

Sigbjørn Hals

IKT i matematikkopplæringen – tidstjuv eller tryllemiddel?

En studie av faktorer som kan påvirke bruken av IKT generelt og GeoGebra spesielt, hos lærere og elever på 10. og 11. årstrinn.

Første veileder: Dr. Ingvald Erfjord, Universitetet i Agder
Andre veileder: Dr. Zsolt Lavicza, University of Cambridge

Masteroppgaven er gjennomført som ledd i utdanningen ved Universitetet i Agder og er godkjent som del av denne utdanningen. Denne godkjenningen innebærer ikke at universitetet inntår for de metoder som er anvendt og de konklusjoner som er trukket.

Universitetet i Agder
Fakultet for teknologi og realfag
Institutt for matematiske fag,
2. juni, 2010

Forord

Jeg vil først takke Nasjonalt senter for matematikk i opplæringa (Matematikksenteret) ved Ingvill Merete Stedøy-Johansen, som gav meg et toårig stipend, og gjorde det mulig å gjennomføre dette studiet. Jeg vil også takke de over 300 lærerne som har tatt seg tid til å svare på det utsendte elektroniske spørreskjemaet. Uten deres tålmodige hjelp hadde jeg naturligvis ikke kunne gjennomføre undersøkelsen som denne oppgaven bygger på. En stor takk fortjener også alle rektorer, avdelingsledere, kontorpersonele og andre rundt om på skolene, som hjalp meg med å få e-postadresser til et stort og representativt utvalg av lærere. Jeg vet at skolene får mange henvendelser om ulike spørreundersøkelser, og er derfor svært glad for og imponert over all den hjelp og vennlighet som jeg ble møtt med.

Mine to forståelsesfulle veiledere Ingvald Erfjord og Zsolt Lavicza, har gitt meg mange konstruktive tilbakemeldinger gjennom hele prosessen, og har gitt raske og fruktbare svar på mine mange spørsmål og innspill. Det har vært svært nyttig å kunne søke råd hos slike dyktige fagpersoner. Jeg vil også takke Maria Luiza Cestari for hennes presise og gode veiledning gjennom MERG-prosjektet, høsten 2009.

Det er i tillegg noen ressurspersoner utenom fagmiljøet på UiA som velvillig har delt av sin brede erfaring i disse spørsmålene. Det er Liv Sissel Grønmo og Marit Kjærnsli på Institutt for Lærerutdanning og Skoleutvikling ved Universitetet i Oslo og Lars Vavik ved Høgskolen Stord/Haugesund. Grønmo og Kjærnsli har vært meget imøtekommende ved alle spørsmål og henvendelser, og bidratt med gode råd og presiseringer. Vavik har også vært svært velvillig, og utdypet funn i Skolefagundersøkelsen 2009 gjennom lange og informative telefonsamtaler.

Jeg sender også en stor takk til Terje Sagstad ved IT-avdelingen på UiA for uvurderlig hjelp med innsamlingsverktøyet Questback, og til Linn-Merethe Rød ved Norsk Samfunnsvitenskaplig Datatjeneste i Bergen for rask og god service ved godkjenning av forskningsprosjektet. Det samme fortjener Mette Andresen og Tomas Lingefjærd for å ha sendt meg sine vitenskaplige studier, som har vært viktige bidrag til denne oppgaven.

Sist, men aller mest, vil jeg takke min uendelig tålmodige Janne og resten av min kjære familie, som har holdt ut med meg i disse to årene arbeidet har pågått.

Sigbjørn Hals
Kristiansand
2. juni 2010

Sammendrag

Denne oppgaven er basert på en studie av svar på et elektronisk spørreskjema som jeg designet ut fra en kombinasjon av egne problemstillinger, relevant forskningslitteratur og tilsvarende internasjonale studier. Jeg mottok svar fra over 300 matematikklærere fra ulike deler av landet. Respondentene jobbet i 10. klasse eller i kursene 1P og/eller 1T i den videregående opplæringen.

Problemstillinger

Målet med oppgaven er å få en større innsikt i hvilke faktorer som er avgjørende for at noen lærere velger å ta i bruk matematisk programvare i opplæringen og andre ikke. Jeg undersøker også hvor utbredt det dynamiske matematikkverktøyet GeoGebra er blant lærere på 10. og 11. trinn, og hvordan dette programmet blir brukt av lærere og elever.

Teoretisk rammeverk

Det teoretiske rammeverket bygger på prosessanalysen (Barth, 1966), der alle deltakerne blir betraktet som rasjonelle verdimaksimerere, ut fra et holistisk perspektiv. Utgangspunktet for min bruk av prosessanalysen er at lærerne, gjennom sine prioriteringer og valg, prøver å oppnå en balanse mellom personlige ønsker og egne og andres forventninger til de mange rollene de skal fylle i hverdagen. Dette er en annen tilnærming til forståelsen av potensialet for endring, enn å dele lærerne inn i kategorier som *tradisjonelle* vs. lærere med *21st century skills*. (Law, m. fl., 2008).

Resultat

Data fra undersøkelsen viser at lærerne i stor grad begrunner pedagogiske valg ut fra hva de mener er til elevenes beste. De legger vekt på det de tror elevene vil ha nytte av på eksamen, men er også opptatt av at matematikkopplæringen skal gjøre elevene i stand til å løse problemer av matematisk art i dagliglivet. Dette gjelder både de som har tatt i bruk IKT i undervisningen, og de som ikke finner en slik bruk formålstjenlig.

Argumentene til de lærerne som velger å ikke bruke IKT i matematikkopplæringen kan deles inn i *praktiske*, *personlige* og *pedagogiske* årsaker. De praktiske går på forhold som tilgang til datamaskiner, og de personlige årsakene handler om manglende kunnskaper og selvtillit i forhold til utstyr og programvare. De hyppigst nevnte argumentene var av pedagogisk art, der lærerne vurderte at nytteverdien for elevene var for liten i forhold til tidsbruken.

Hos de lærerne som bruker IKT i matematikkopplæringen, er motivasjonseffekten for elevene, og det at de sparer tid på eksamen blant de hyppigst nevnte årsakene. Dette viser at de personlige og pedagogiske argumentene er nær knyttet til hverandre, og at lærerne kan komme fram til ulike konklusjoner ut fra de erfaringene og grunnholdningene de har med seg.

Pedagogiske implikasjoner

Dersom skolemyndighetene ønsker at flere lærere og elever skal ta i bruk IKT i undervisningen, er det ikke tilstrekkelig å syte for innkjøp av maskiner og å kurse lærerne i bruk av relevant programvare. En svært viktig tilleggsfaktor er at lærerne i større grad vurderer bruken av IKT som faglig nyttig for elevene. For å få til dette, kan det være et effektivt tiltak å forandre på eksisterende eksamensordning.

Abstract

This thesis is based on a study of answers to a questionnaire, sent electronically to teachers working at grade 10 and in the mathematical courses 1P and/or 1T in upper secondary education in Norway. The questionnaire is designed out of a combination of my own research questions, relevant research literature and former international studies. I received over 300 answers from teachers domiciled in different areas of the country.

The aim of my research

The aim of my research is to identify crucial factors influencing teachers' decisions on whether or not to use mathematical software in their teaching. I also want to investigate to what extent the dynamic software GeoGebra is used by teachers at grade 10 and 11, and how this software is used by teachers and students.

Theoretical framework

The theoretical framework is based on the process analysis (Barth, 1966), where the participants are regarded as rational value maximizers, from a holistic point of view. When using the process analysis in this context, I assume all teachers try to achieve a balance between their personal wishes and their own and others expectations to the different social roles they are supposed to fulfil in their daily tasks. This is a different approach to the understanding of the potential for change than splitting teachers into separate pedagogical categories like *traditional* and teachers with *21st century skills* (Law, et al., 2008).

Results

Data from my research show that teachers, to a great extent, substantiate their pedagogical decisions from what they think is most advantageous to their students. Teachers emphasise what they regard as useful at tests and exams, but they also find the ability to solve everyday problems to be of vital importance. These considerations are shared by teachers using ICT in their mathematical classes and by those who do not find such tools expedient.

One may categorise the arguments of teachers not using ICT in their lessons into *practical*, *personal* and *pedagogical* reasons. The *practical* ones have to do with access to computers and the reliability of equipment and software. The *personal* arguments are connected to lack of self confidence regarding how to handle the equipment and the mathematical programs. However, the most frequently reported arguments for not using ICT, were of a pedagogical kind, as these teachers found the utility of using ICT small, compared to the time requisite.

Among the teachers who actually use ICT in their mathematical teaching, the most common arguments were the effect on motivation, and the time saved for the students during exams. This shows that the personal and pedagogical arguments are closely linked, and that teachers may end up with different conclusions, depending on their dissimilar experiences and pedagogical believes.

Pedagogical implications

If the central school authorities request a more frequent use of ICT for educational purposes, it is not sufficient to provide adequate equipment, software and post-experience courses. A very important supplementary factor is to let more teachers experience the professional benefits from using ICT. To make this happen, it may be necessary to change the existing examination structure.

Innhold

1. Innledning.....	1
1.1 Min egen bakgrunn og avgjørende motiver for å velge dette temaet	1
1.2 Sentrale definisjoner.....	2
1.3 Forskingsspørsmålene	3
1.4 Strukturen i oppgaven	4
2. Forskningslitteratur om læreres undervisningspraksis og bruk av IKT	5
2.1 Forskningslitteratur om læreres undervisningspraksis	5
2.1.1 Læreres undervisningspraksis i et internasjonalt perspektiv	5
2.1.2 Diskusjonen om lærernes undervisningspraksis i Norge.....	9
2.2 Forskningslitteratur om utbredelse og bruk av IKT i undervisningen.....	13
2.2.1 Utbredelse og bruk av IKT i et internasjonalt perspektiv.....	13
2.2.2 Utbredelse og bruk av IKT i norsk undervisningssammenheng.....	18
2.2.3 Bruk av IKT i utforskningen av funksjoner	25
2.3 Forskningslitteratur om dataverktøyet GeoGebra	32
3. Det teoretiske rammeverket.....	39
3.1 Fordeler med en alternativ analytisk tilnærming.....	39
3.2 Bidraget fra prosessanalysen	42
3.3 Bidraget fra spillteorien.....	43
3.4 Bidraget fra teorien om <i>bounded rationality</i>	44
3.5 <i>Fast and frugal heuristics</i> brukt på lærernes vurderinger om bruk av IKT.....	46
3.6 En syntese av bidragene til det teoretiske rammeverket.....	49
4. Metode og gjennomføring	51
4.1. Grunngeving for valg av metode	51
4.2 Konstruksjonen av spørreskjemaet.....	52
4.3 Utvalg av respondenter og innsamling av data.....	68
5. Presentasjon og analyse av forskningsresultat	75
5.1 Vurdering av validitet.....	75
5.1.1. Kjønn.....	75
5.1.2. Alder.....	76
5.1.3. Utdanning	78
5.2. Data fra undersøkelsen som er knyttet til det første forskningsspørsmålet.....	79
5.2.2 Spørsmål 1b.....	83
5.2.3 Spørsmål 1c	86
5.2.4 Spørsmål 1d.....	89
5.2.5 Spørsmål 1e	93
5.2.6 Spørsmål 1f.....	100

5.2.7 Spørsmål 1g.....	104
5.3. Data fra undersøkelsen som er knyttet til det andre forskningsspørsmålet	109
5.3.1 Spørsmål 2a.....	109
5.3.2 Spørsmål 2b.....	110
5.3.3 Spørsmål 2c	115
5.3.4 Spørsmål 2d.....	116
6. Diskusjon og konklusjoner	121
6.1. Diskusjon om det teoretiske rammeverket og den valgte forskningsmetoden	121
6.1.1 Verdien av undersøkelsen	121
6.1.2 Sammenhengen mellom forskningsspørsmål, analyseverktøy og valg av metode.....	121
6.1.3 Gjennomføring	123
6.1.4 Grad av åpenhet.....	124
6.1.5 Etske problemstillinger	124
6.1.6 Troverdighet.....	125
6.1.7 Organisering	126
6.2 Diskusjon om og konklusjon på det første forskningsspørsmålet	127
6.3. Diskusjon om og konklusjon på det andre forskningsspørsmålet	131
7. Pedagogiske implikasjoner.....	135
7.2 Implikasjoner for forskere og lærerutdannere	138
7.3 Implikasjoner for rektorer og øvrig skoleledelse.....	142
7.4 Implikasjoner for kursholdere i bruk av digitale hjelpemidler	144
7.5 Implikasjoner for lærerne	149
7.6 Avsluttende kommentarer	152
8. Referanseliste	155
Vedlegg	164

It's fun to think about how every decision we make leads us in a new direction, as if our lives are an infinite fractal tree. Here's a poem that reflects those decisions...

And keep my conscience clear and bright.
I'll do what I know is right
Next time, who knows? I just might!
"I shouldn't do it," so I thought.
I guess I'm doomed to live this way.
Now the chance has slipped away
Maybe on some other day!

Should I do it? Should I not?
It wasn't worth it, I would say.
Now I'm full of guilty thoughts
But that's a tiny price to pay!

I went and did it anyway.
Tomorrow I will stay away.
I'll just hope I don't get caught
They didn't catch me yesterday!

Michael Naylor

(Naylor, 2001)

1. Innledning

I det første delkapittelet gjør jeg kort greie for min egen bakgrunn, og hvorfor jeg valgte å fokusere på dette temaet. I kapittel 1.2 definerer jeg noen av de mest sentrale begrepene som blir brukt i denne oppgaven, og i 1.3 presenterer jeg forskningsspørsmålene.

Innledningskapittelet blir avsluttet med å vise strukturen i oppgaven.

1.1 Min egen bakgrunn og avgjørende motiver for å velge dette temaet

Jeg ble utdannet lektor med fagene matematikk, fysikk, kjemi og sosialantropologi (hovedfag) i 1982. Etterpå jobbet jeg på Fjell ungdomsskule fram til familien flyttet tilbake til hjemkommunen Vågsøy i 1989. Der har jeg siden undervist i full stilling i matematikk, fysikk og samfunnskunnskap. På midten av 80-tallet tok jeg 30 ekstra studiepoeng i matematikk ved Høyskolen i Bergen, med blant andre Stieg Mellin-Olsen som lærer, og ble inspirert til å jobbe mer med de didaktiske aspektene ved egen matematikkundervisning. I 2005 ble jeg ressursperson for Nasjonalt senter for matematikk i opplæringen (senere kalt Matematikksenteret.)

Ved innføringen av den nye læreplanen for Kunnskapsløftet (LK06), ble det å kunne bruke digitale verktøy definert som en av fem grunnleggende ferdigheter i alle fag. Samtidig ble begrepet dynamisk programvare brukt i kompetansemålene for emnet geometri i kurset R1. Digitale verktøy og digitale hjelpemidler var andre begreper som ble brukt ofte i den nye læreplanen. Dette førte til at jeg begynte å søke på Internett etter programvare som var godt egnet til å bruke i matematikkursene jeg selv underviste i. Etter å ha testet ut Cabri Geometry og GEONExT, kom jeg over programmet GeoGebra, som var utviklet av Markus Hohenwarter fra Østerrike. Jeg likte straks det intuitive brukergrensesnittet i dette gratisprogrammet, og tok kontakt med opphavsmannen for å få de nødvendige opplysningene og godkjenning til å oversette GeoGebra til bokmål og nynorsk. Dette arbeidet ble fullført tidlig våren 2006, og jeg presenterte programmet for andre norske matematikklærere på en konferanse i Trondheim i april samme år. I dag refererer alle de største norske forlagene til GeoGebra i matematikkbøkene sine for den videregående skolen. Et interessant spørsmål er da: I hvor stor grad og på hvilken måte blir GeoGebra faktisk brukt av lærere og elever rundt om i landet?

Som ressursperson for Matematikksenteret har jeg holdt mange kurs i mellom annet bruk av digitale læremidler for lærere som jobber på ulike alderstrinn i skolesystemet. Dette har vært spennende og interessant, og når jeg senere har truffet igjen deltakere fra disse kursene, har jeg ofte spurt om de har tatt i bruk noen av de nye verktøyene vi har jobbet med. Her har svarene variert mye. Noen lærere har vært svært ivrige etter prøve ut de digitale hjelpemidlene i undervisningen, mens andre har oppgitt ulike grunner til at de ikke helt har kommet i gang med dette ennå. Jeg har da ofte lurt på hvilke faktorer som har vært avgjørende for disse ulike valgene, når det gjelder å ta i bruk den nye teknologien. Er det praktiske forhold, som tilgang på datamaskiner og videoprojektører i klasserommene, er det graden av teknologisk selvtillit som er avgjørende, eller ligger forklaringene mer i forskjellige grunnsyn når det gjelder matematikk og pedagogikk?

Fordeler og ulemper med bruk av IKT er hyppig diskutert i media. Jeg gjengir her tre eksempler på avisoverskrifter som har vært egnet til å skape debatt om emnet.

PC-idiotene kommer

Datamaskiner kan stjele tid og oppmerksomhet fra det faglige. Ekspert advarer mot ukritisk PC-bruk som kan svekke lærernes autoritet i klasserommet. (Aftenposten.no, 21.06.06)

Elever vil slippe PC på skolen

Få land har flere PC-er i hjemmene og i skolene enn Norge. PC-bruk svekker karakterene, sier forskerne. Kast PC-en ut av klasserommet, ber elevene. (bt.no 22.01.08)

Flinke lærere lar PC-ene stå i fred

I følge fersk forskning bruker de beste lærerne PC lite. (bt.no 3.09.09)

Et interessant spørsmål er om spissformulerte avisoverskrifter og tabloidisering av utvalgte forskningsartikler kan ha gjort lærere mer skeptiske til å ta i bruk datateknologien. Dette ligger imidlertid utenfor rammen for min undersøkelse. I kapittel 2 vil jeg i stedet fokusere på hva forskningen faktisk sier om bruk av IKT i opplæringen.

Ut fra den pågående debatten og egen bakgrunn, har jeg vært interessert i å undersøke både hvilke faktorer som påvirker bruken av IKT i matematikkopplæringen generelt, og utbredelsen og bruken av programmet GeoGebra spesielt. Som matematikklærer har jeg erfart at dynamisk programvare kan være godt egnet til å studere ulike representasjoner av funksjonsbegrepet. På både 10. og 11. årstrinn er det læreplanmål som presiserer at matematiske funksjoner også skal utforskes digitalt. Jeg har derfor funnet det naturlig å også undersøke hvordan lærere og elever jobber mot disse læreplanmålene i praksis.

Våren 2008 utlyste Matematikksenteret to stipendier som skulle brukes til å ta mastergrader i matematikdidaktikk. Jeg søkte og fikk ett av disse stipendiatstillingene. Det gjorde at jeg kunne ta permisjon fra skolen og starte på videreutdanningen ved Universitetet i Agder i Kristiansand, høsten 2008. Der ble det naturlig å velge et tema for oppgaven som var egnet til å kaste lys over spørsmålene jeg stiller i avsnittene ovenfor.

Det at jeg har oversatt GeoGebra, og har holdt mange kurs i bruk av dette programmet rundt om i landet, kan ha både forskningsmessige fordeler og ulemper. Fordelene er at jeg kjenner mulighetene og begrensningene, og har erfart hva mange lærere kan finne problematisk i innlæringsfasen. Dette gjør det lettere å stille spørsmål om forhold som lærerne kjenner seg igjen i. De forskningsmessige ulempene er at det kan bli ekstra krevende å ha en gjennomført objektiv distanse i spørsmålsformuleringer og dataanalyse. Det kan også hende at noen av respondentene har deltatt på kurs jeg har holdt, og av den grunn kan la svarene være påvirket av hva de antar jeg ønsker eller forventer å finne. Jeg har gjort tre konkrete tiltak for å redusere disse feilkildene. De vil jeg komme tilbake til i innledningen til kapittel 4.

1.2 Sentrale definisjoner

Data for denne oppgaven er hentet inn gjennom bruk av et elektronisk spørreskjema til et utvalg av lærere på 10. og 11. trinn. Med det valgte temaet er det naturlig at begrepene *IKT* og *digitale hjelpemidler* blir brukt ofte, både i spørreskjemaet og i oppgaveteksten. Det samme er tilfelle med uttrykket *matematisk programvare*. For at respondentene skulle få en mest mulig felles forståelse av hva som legges i de brukte begrepene her, valgte jeg å definere dem i innledningen til spørreskjemaet. Denne er gjengitt i vedlegg 2, der det m.a. står:

I denne undersøkelsen brukes begrepene IKT og digitale hjelpemidler synonymt. Begrepene omfatter her enkle lommeregner, grafiske kalkulatorer, regneark og alle typer dataprogrammer som kan brukes til å tegne grafer og matematiske figurer og utføre beregninger, og/eller til å skrive og presentere en matematisk tekst. Den typen digitale hjelpemidler som er understreket ovenfor blir heretter omtalt som matematisk programvare.

I denne oppgaven blir også begrepet *digitale verktøy* brukt synonymt med *digitale hjelpemidler* og *IKT*. *Dynamisk programvare* er et annet uttrykk som blir benyttet i oppgaven, men dette er ikke brukt i spørreskjemaet. På en grafisk kalkulator kan du forandre på utseendet til en graf ved å justere det tilhørende funksjonsuttrykket, men du kan ikke forandre

funksjonsuttrykket ved å dra i grafen. GeoGebra, Cabri, GEONExT, TI-Nspire og ClassPad Manager er eksempler på programvare der forbindelsen mellom et algebraisk uttrykk (som likningen $x^2 + y^2 = 25$) og en grafisk representasjon (sirkelen med sentrum i origo og radius 5) fungerer begge veier. Når en i dette tilfellet flytter sirkelen i grafvinduet, slik at sentrum blir i punktet (2,1), vil likningen automatisk bli oppdatert til $(x - 2)^2 + (y - 1)^2 = 25$. Dynamisk programvare blir her definert som *matematisk programvare der forbindelsen mellom et algebraisk uttrykk og den tilhørende grafiske representasjonen fungerer begge veier*. En forandring av den ene fører da til en umiddelbar oppjustering av den andre representasjonen.

Respondentene blir altså gjort kjent med disse definisjonene i innledningen til det utsendte spørreskjemaet. Håpet mitt var at en slik presisering kunne bidra til en større felles forståelse, og dermed mer pålitelige og lett sammenlignbare data.

1.3 Forskingsspørsmålene

Denne oppgaven handler om prioriteringer og valg som lærere gjør i forhold til bruk av IKT i matematikkopplæringen. Jeg vil først undersøke faktorer som kan påvirke disse prioriteringene når det gjelder bruk av matematisk programvare generelt. Deretter vil jeg utforske utbredelsen av og bruksmåtene til dataprogrammet GeoGebra. Det er to grunner til at jeg velger å fokusere på akkurat dette programmet. Den første er min egen interesse i å finne ut hvor mye et verktøy, som jeg har bidratt til å innføre i det norske matematikkmiljøet, faktisk blir brukt. Den andre grunnen er Opplæringslovens § 9.4, som sier:

Lærebøker og andre læremiddel

I andre fag enn norsk kan det berre brukast lærebøker og andre læremiddel som ligg føre på bokmål og nynorsk til same tid og same pris. I særlege tilfelle kan departementet gjere unntak frå denne regelen.

GeoGebra er, så vidt jeg kjenner til, det eneste dynamiske matematikkprogrammet som er gratis, finnes på både bokmål og nynorsk og som kan dekke alle læreplanens krav om bruk av digitale hjelpemidler i matematikk på 10. og 11. trinn. wxMaxima er også et gratis matematikkprogram som finnes på både bokmål og nynorsk. Dette har sin styrke på symbolregnende operasjoner, men wxMaxima er ikke et dynamisk matematikkprogram, slik GeoGebra er. Dersom lærerne kjenner til GeoGebra, er hindrende faktorer som høye kostnader til programvare og mangel på programmer som tilfredsstillter kravene i opplæringsloven ikke lenger aktuelle. Med bakgrunn i dette har jeg formulert to forskningsspørsmål, som er knyttet til hverandre ut fra argumentasjonen ovenfor. For å gjøre det lettere å nærme meg svar på disse spørsmålene, har jeg også utarbeidet noen underspørsmål. Disse har vært sentrale i utformingen av det utsendte spørreskjemaet.

1. Hvilke faktorer har størst betydning for norske læreres bruk av matematisk programvare i opplæringen på 10. og 11. årstrinn?
 - a) Er det en sammenheng mellom grad av tilslutninger til bruk av IKT i matematikkopplæringen og personlige faktorer som kjønn, alder, utdanning og/eller undervisningserfaring hos lærerne?
 - b) Er det en sammenheng mellom grad av tilslutninger til bruk av IKT i matematikkopplæringen og lærernes generelle IKT-kompetanse?
 - c) Er det en sammenheng mellom grad av tilslutninger til bruk av IKT i matematikkopplæringen og lærernes pedagogiske grunnsyn, målt på en skala fra algoritmeorientert til utforskningsorientert?

- d) Er det en sammenheng mellom grad av tilslutninger til bruk av matematisk programvare i opplæringen og ytre rammebetingelser som tilgang på datamaskiner, videoprojektører, elektroniske tavler og IKT-personale?
- e) Hvilke faktorer legger lærerne selv størst vekt på når de skal velge om de vil ta i bruk matematisk programvare eller ikke i opplæringen?
- f) Baserer lærerne valgene sine på avveininger av fordeler og ulemper ved mange vurderingskriterier, og er det en grunn som er mer avgjørende enn andre?
- g) Hvordan legger lærerne til rette for at elevene skal nå læreplanmål som gjelder bruk av digitale hjelpemidler i arbeidet med funksjoner?

2. I hvilket omfang og på hvilken måte er GeoGebra brukt av lærere og elever som er tilknyttet 10. og 11. årstrinn?

- a) Hvor stor andel av lærerne kjenner til og bruker GeoGebra i matematikkopplæringen?
- b) På hvilke måter blir GeoGebra brukt av lærere og av elever i matematikkopplæringen?
- c) Hvor utbredt er andre dynamiske matematikkprogram i forhold til GeoGebra?
- d) Har bruken av matematisk programvare ført til at det blir jobbet med andre typer oppgaver i matematikktimene enn tidligere?

1.4 Strukturen i oppgaven

I det neste kapittelet vil jeg presentere forskningslitteratur som er viktig for å sette resultatene av mine egne undersøkelser inn i en større sammenheng.

I kapittel 3 gjør jeg greie det teoretiske rammeverket som er viktig for valg av metode, utformingen av spørreskjemaet og analysen av innsamlede data. Rammeverket bygger på den sosialantropologiske prosessanalysen, på spillteori og på Herbert Simon sine teorier om *bounded rationality*. I kapittel 4 presenterer jeg valgte metoder, både i forhold til prosessen ved utvalg av respondenter og utforming og utsending av spørreskjemaet.

I kapittel 5 synliggjør jeg sentrale funn fra innsamlede data, og analyserer disse i lys av relevant forskningslitteratur. Dette gjennomfører jeg systematisk for hvert av delspørsmålene i kapittel 1.3. I kapittel 6 vil jeg rette et selvkritisk blikk på valg av rammeverk og metode og diskutere alternative tolkninger av funn som blir presentert i kapittel 5. Kapittel 6 inneholder også konklusjoner på drøftingene og svar på forskningsspørsmålene.

Opgaven avsluttes i kapittel 7, der jeg vurderer mulige pedagogiske implikasjoner av resultatene fra denne undersøkelsen. Underveis i oppgaven vil jeg også peke på interessante problemstillinger som jeg selv ikke har kunnet forfølge, men som kan være egnet til videre forskning senere. I kapittel 8 er det en liste over relevant faglitteratur som jeg har referert til i oppgaven, og helt bakerst er det vedlegg med innledningen til spørreskjemaet og m.a. lærernes egne svar på de åpne spørsmålene i spørreskjemaet.

2. Forskningslitteratur om læreres undervisningspraksis og bruk av IKT

Denne oppgaven har hovedfokus på faktorer som påvirker læreres bruk av IKT i matematikkopplæringen. De prioriteringene og valgene lærerne gjør i forhold til dette, blir gjort i en pedagogisk kontekst, og jeg vil derfor starte dette kapitlet med å gi en oversikt over noen forskningsmessige beskrivelser av det pedagogiske landskapet som lærerne ferdes i når de skal gjøre sine valg og prioriteringer. Jeg vil gi eksempler på at både norske og utenlandske forskere har valgt å knytte bruk av IKT opp mot en undervisningspraksis der læreren i stor grad lar elevene få *ansvar for egen læring*. Jeg vil også vise at svake norske resultater i store internasjonale undersøkelser har ført til et ønske om at læreren i større grad må stå fram som en tydelig faglig og pedagogisk leder i klassen. I kapittel 1.1 så vi eksempler på spissformulerte avisoverskrifter som uttrykte stor skepsis til bruk av IKT i undervisningen. Når lærerne vurderer om de skal ta i bruk digitale hjelpemidler, er det ikke urimelig at de lar seg påvirke av det media skriver. Jeg vil derfor også gi en analyse av sentral forskningslitteratur som knytter valg av bestemte læringsverktøy sammen med grad av strukturert klasseledelse, og se om det er forskningsmessig grunnlag for å hevde at bruk av IKT har ført til dårligere matematikkresultater.

Utviklingsprosesser har nær sammenheng med lærernes valg og prioriteringer, og dette vil bli et gjennomgående tema både i kapittel 2.1, som handler om den pedagogiske konteksten, og i de etterfølgende delkapitlene. I kapittel 2.2 vil jeg presentere litteratur som er relevant for det første forskningsspørsmålet, som går på hvilke prioriteringer lærerne gjør i forhold til bruk av matematisk programvare innenfor en begrenset tidskapital. Assude (2005) mener tidsperspektivet er en nøkkel til å forstå vilkårene for en vellykket integrering av IKT i undervisningen. Jeg vil derfor også løfte fram forskning som kan gi viktige bidrag til forståelsen av lærernes tidsøkonomisering. I kapittel 2.3 vil jeg se nærmere på studier som er knyttet til utbredelsen og bruken av dataverktøyet GeoGebra.

2.1 Forskningslitteratur om læreres undervisningspraksis

Jeg vil starte med å se på læreres undervisningspraksis i et internasjonalt perspektiv, før jeg fokuserer på den norske debatten om hva lærerne bør gjøre for å legge best mulig til rette for effektiv læring. Selv om hovedfokus er på matematikklærere og bruk av IKT, vil jeg også beskrive noen av de utfordringene lærerne møter, og som er av en mer generell karakter. I kapittel 2.1 beskriver jeg derfor den pedagogiske konteksten for lærernes valg og prioriteringer.

2.1.1 Læreres undervisningspraksis i et internasjonalt perspektiv

Vi kan spore diskusjonen om lærer- og elevrollene tilbake til Sokrates, som sa at du ikke kan lære andre noe, du kan bare legge til rette for at de skal lære selv. Omtrent 2350 år senere la Dewey (1926) fram tilsvarende synspunkter, og var kritisk til et undervisningssyn, der elevene ble oppfattet som passive mottakere av kunnskap.

Why is it, in spite of the fact that teaching by pouring in, learning by passive absorption, are universally condemned, that they are still so entrenched in practice? (Dewey, 1926, s. 46).

Piagets lære om de fire utviklingsstadiene og om at undervisningen burde tilpasses elevens behov, kom delvis som en reaksjon på de type undervisning som Dewey kritiserer, og fikk stor innvirkning på utviklingspsykologiske og pedagogiske teorier på 1960- og 70- tallet. Vygotsky bygget videre på Piagets arbeider, og la vekt på at kognitiv og sosial utvikling var nær forbundet med hverandre. Han introduserte begrepet *zone of proximal development* og bidro på den måten med et viktig supplement til Piagets teorier, hvor det var mer fokus på barnets opplevelser og læring gjennom egne aktiviteter. Vygotsky definerte begrepet *zone of*

proximal development slik:

... is the distance between the actual development level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers (Vygotsky, 1978, s. 86).

Harland (2003) lar en av sine studenter beskrive hvordan et slikt arbeid i utviklingssonen kan være til fordel for begge parter når heterogene par samarbeider i problembasert læring.

... trying to explain something you only half understand to somebody that doesn't understand it [] usually after some struggle you both know what you are talking about (Harland, 2003, s. 270).

Læreren spiller her en viktig rolle på tre områder. For det første må hun velge ut rike og relevante oppgaver som er slik at alle elevene kan utvikle seg i sine proksimale soner. For det andre må hun syte for strukturerte og gode arbeidsforhold, og makte å motivere elevene til å engasjere seg aktivt i problemstillingene. For det tredje må hun kunne gi elevene eller elevparene spørsmål og hint som bringer dem videre, uten at hun tar over løsningen av oppgaven. Det er derfor ikke i tråd med Vygotskys teorier at læreren skal innta en passiv rolle og la elevene bli overlatt til seg selv med individuelt arbeid.

For å kunne velge ut riktige oppgaver, som er egnet til arbeid i elevenes utviklingssoner, må læreren aktivt gå inn for å finne ut hva de ulike elevene kan fra før. Ausubel (1968) mente at dette var essensen av all læringsteori.

If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: the most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him (*sic*) accordingly. (Ausubel, 1968, s. vi)

Jaramillo (1992) argumenterer for at Vygotskys sosiokulturelle teori har påvirket læreplanarbeidet i mange land, og inspirert grupper av lærere til en mer konstruktivistisk inspirert undervisningspraksis.

Although Vygotsky's sociocultural theory (1930s) predates the constructivist movement, I am classifying him as a constructivist, because his theoretical framework contributed immensely to the development of this approach (Jaramillo, 1992 s. 135).

Nye formuleringer i læreplanene, som i mange tilfeller var inspirerte av Vygotskys teorier, førte til en debatt med fornyet kritikk av en pedagogikk der læreren var sender og elevene mottakere av udiskutable fakta.

In the classroom, the teacher and the textbook are the authorities, and mathematics is not a subject to be created or explored. In school, the truth is given in the teachers' explanations and the answer book; there is no zig-zag between conjectures and arguments, and one could hardly imagine hearing the words *maybe* or *perhaps* in a lesson (Lampert, 1990, s. 32).

Lampert bygger sin kritikk på teoriene til m.a. Pólya (1945), som er regnet som en sentral bidragsyteren til utviklingen av strategier for matematisk problemløsning. Pólyas teorier og løsningsstrategier ble populære utover 1980-tallet, delvis som en reaksjon på den meget abstrakte "moderne matematikken" som preget undervisningen tidlig på 1970-tallet.

Thus, a teacher of mathematics has a great opportunity. If he fills his allotted time with drilling his students in routine operations he kills their interest, hampers their intellectual development, and misuses his opportunity. But if he challenges the curiosity of his students by setting them problems proportionate to their knowledge, and help them to solve their problems with stimulating questions, he may give them a taste for and some means of, independent thinking (Polya, 1945, s. xxxi).

For å få fram forskjellen mellom en tradisjonell og en mer utforskende opplæring, har en del forskere og pedagoger delt lærernes undervisningspraksis inn i to motpoler. Ollerton (2009) gir et viktig bidrag til denne debatten, når han refererer til Wigley (1996):

There is a tendency in the debate to polarize teaching and learning styles into two camps:

exploration	induction
invented methods	given methods
creative	imitative
reasoned	rote
informal	formal
progressive	traditional
open	closed
process	content
talking (pupil)	talking (teacher)
listening (teacher)	listening (pupil)

The standard response is to declare oneself to favour of a mixture of the methods, neither entirely didactic nor entirely exploratory. But it is precisely here that a danger of cosy consensus lies. The problem is not *whether* one should use a mixture of methods (of that I have no doubt) but precisely *how* that blend should be achieved (Wigley, som gjengitt i Ollerton, 2009 s. 75).

Wigley (1996) skiller altså mellom to hovedtyper av undervisningstradisjoner. En av disse er bygget på en kombinasjon av tavleundervisning og individuell oppgaveregning. Denne praksisen blir gjerne omtalt som tradisjonell eller *teaching to the test*. (Ollerton, 2009, s. 104). Den andre tradisjonen er mer basert på problemløsning og utforskende aktiviteter, og blir ofte referert til som en *konstruktivistisk tilnærming*. Cestari (1998) viser til sentrale forskjeller på lærer-elev kommunikasjonen i disse to tradisjonene. Wigley understreker at lærerne skifter mellom de to typene, og at de derfor ikke bør betraktes som isolerte motpoler. Vi kan i stedet bruke kjennetegnene til å lage en gradert skala fra algoritmeorientert til utforskningsbasert undervisning, der lærerne beveger seg langs aksens avhengig av situasjonen.

Law m.fl., (2008) har i sin studie av utdanningssystemene i 22 land/regioner delt lærernes undervisningspraksis inn i tre hovedtyper. I en norsk oppsummering av resultatene (Utdanningsdirektoratet, 2008b), blir disse tre kategoriene beskrevet slik:

- Tradisjonell orientering – en orientering mot lærerstyrt, individuelt arbeid med oppgaver, faglig kunnskap og prestasjoner målt med tradisjonelle midler (prøver, eksamener).
- Orientering mot livslang læring – omhandler hvordan elevene blir aktivt mestrende i forhold til egen læring, hvordan de lærer seg høyere ordens ferdigheter slik som evner til å resonnerer, argumentere og løse komplekse problemer.
- *Connectedness* – omhandler hvordan lærerne søker ut av rammene som klasserom og skole setter, ved å søke deltakelse i ulike nettverk og aktiviteter, samt ved å hente faglig ekspertise inn i egen undervisning (Utdanningsdirektoratet 2008b, s. 6).

De to siste hovedtypene blir hos Law omtalt som *21st century skills*. Dette kan nok av mange oppfattes som en normativ betegnelse, i og med at den spiller på hvilken type pedagogikk som lærere "bør" beherske for å henge med i tiden. I en tilsvarende undersøkelse av Pelgrum og Anderson (1999), blir dette kalt for *emerging pedagogy*. Det som er spesielt interessant i relasjon til bruken av IKT, er at disse forskerne knytter bestemte arbeidsmetoder og verktøy til den ene av to pedagogiske hovedretninger. Bruk av IKT blir i begge disse studiene knyttet sterkere til *21st century skills/emerging pedagogy* enn til en mer tradisjonell undervisning. Jeg vil studere nærmere hva litteraturen faktisk sier om disse koblingene i kapittel 2.2.

Hattie (2009) knytter en tilsvarende forbindelse mellom verktøy og pedagogisk orientering når han skiller mellom to lærerroller som han kaller aktivator og fasilitator. Hattie kobler her

IKT-aktiviteter som *web-based learning* og *simulations and gaming* til fasilitator-rollen. Den viktigste forskjellen mellom disse to rollene ligger likevel ikke i ulike valg av undervisningsverktøy, men i om læreren har en klar, strukturert, målrettet og empatisk klasseledelse (er aktivator) eller om han har en tilbaketrukket rolle (er fasilitator) og lar elevene bestemme både retning og reisemåte på veien mot læringsmålene.

This explanation of visible teaching relates to the teacher as activator, as deliberate change agents, and as directors of learning. This does not mean that they are didactic, spend 80 percent or more of the day talking, and aim to get through the curriculum or lesson come what may. Effective teaching is not the drilling and trilling to the less than willing (Hattie, 2009, s. 25).

Det Hattie ønsker å revitalisere, er lærerens betydning som lideskaplig engasjert fagperson, med en klar og strukturert klasseledelse. I Hatties oppsummering av sine viktigste funn, kjenner vi igjen synspunkter fra både Ausubel, Piaget og Vygotsky.

The conclusions are recast as six signposts towards excellence in education:

1. Teachers are among the most powerful influences in learning.
2. Teachers need to be directive, influential, caring, and actively engaged in the passion of teaching and learning.
3. Teachers need to be aware of what each and every student is thinking and knowing, to construct meaning and meaningful experiences in light of this knowledge, and have proficient knowledge and understanding of their content to provide meaningful and appropriate feedback such that each student moves progressively through the curriculum levels.
4. Teachers need to know *the learning intentions* and success criteria of their lessons, know *how well they are attaining* these criteria for all students, and know *where to go next* in light of the gap between students' current knowledge and understanding and the success criteria of: "Where are you going?", "How are you going?", and "Where to next?"
5. Teachers need to move from the single idea to multiple ideas, and to relate and then extend these ideas. It is not the knowledge of the ideas, but the learner's construction of this knowledge and these ideas that is critical.
6. School leaders and teachers need to create school, staffroom and classroom environment where error is welcomed, and where participants can feel safe to learn, re-learn, and explore knowledge and understanding.

(Hattie, 2009, s. 238 – 239).

I punkt 6 kjenner vi også igjen synspunkter hos Pólya (1945) og Mason (1982 s. viii -ix), når Hattie understreker hvor viktig det er for utviklingen av en dypere matematisk forståelse at en ser det som naturlig å gjøre feil og å stå fast. Dette bidrar til å skape det Mason kaller *a conjecturing atmosphere* (en utforskende atmosfære). Hatties syntese av de omfattende forskningsarbeidene er altså ikke en kritikk av bestemte undervisningsmetoder eller verktøy. Det er derimot en dokumentasjon av hvor viktig det er med strukturerte og faglig dyktige lærere som evner å engasjere elevene.

Jeg innledet dette kapittelet med Deweys bekymring for manglende endringsvilje hos lærerne. Cuban (1983) har undersøkt læreres undervisningspraksis i USA fra 1890 til 1980, og konkluderer med at det har vært svært små forandringer. Han bekrefter dermed at denne bekymringen fortsatt er like aktuell.

Ten thousand new teachers each year enter the New York City system as a result of retirement, death, job turnover, and attrition. These new teachers come from all over the country. They represent all religions, races, political persuasions, and educational institutions. But the amazing thing is that, after three weeks in the classroom, you can't tell them from the teachers they replaced (Cuban, 1983, s. 159).

Hattie (2009) støtter denne oppfatningen. Han argumenter for at mange lærere synes å ha en personlig interesse av å opprettholde status quo og er lite villige til å vurdere effekten av egen undervisningspraksis.

Many years ago Alessi (1988) reviewed more than 5000 children referred to school psychologists because they were failing at school. Not one located the problem as due to a poor instructional program, poor school poor school practices, a poor teachers, or something to do with school (Hattie, 2009, s. 253).

De fleste er vel villige til å innrømme at det finnes noen lærere som ikke holder mål, men vi vil i det lengste tro at dette er de sjeldne unntakene. Hattie lar oss ikke slippe så lett:

As the evidence in this book shows, we can do damage in schools – and by this I do not just mean those teachers that have 0 or negative gains over the years: I mean those teachers and schools who do not aim and achieve the h-point (+d = 0,40) effects that so many of our children *do* receive. The others are condemned to mediocrity and lesser opprtunities. These high effects can be obtained – they *are* obtained by many teachers in our schools. This is no dream; it is a reality for many students. But for just as many students, the reality is the ordinary – the devil in the story is not the negative, criminal and incompetent teacher, but the average, let's get through the curricula, behave, be busy, we are "all friends here" teacher who has no idea of the damage he or she is doing (Hattie, 2009, s. 257-258).

Jeg kan oppsummere forskningslitteraturen i dette delkapittelet i fire punkt:

- Majoriteten av lærerne har, som gruppe, ikke forandret undervisningspraksis i særlig grad opp gjennom tidende.
- Etter inspirasjon av læringsteoretikere og pedagoger som Dewey, Piaget, Vygotsky, Ausubel og Pólya, har det vokst fram en undervisningstradisjon som legger mer vekt på at elevene skal konstruere sin egen kunnskap gjennom utforskende og problemløsende aktiviteter i samarbeid med andre. Dette har ført til at en del forskere deler lærernes undervisningspraksis inn i to motpoler.
- Noen forskere har knyttet bestemte læringsverktøy som prosjektarbeid og bruk av IKT til den ene av de to undervisningstradisjonene.
- Pedagoger som Ollerton (2009) og forskere som Hattie (2009) argumenterer for at aktive elever ikke er synonymt med en passiv lærer, og at en aktiv og strukturert lærer ikke trenger virke passiviserende på elevene.

Disse observasjonene viser at det er et stort behov for å finne eller utvikle et egnet analyseverktøy, som kan være til hjelp for å forstå hvilke faktorer som virker hemmende på utviklingen. Jeg vil presentere et slikt verktøy i kapittel 3, men først vil jeg gjøre greie for den norske debatten om lærernes undervisningspraksis, og gi en oversikt over litteratur som er relevant for de to forskningsspørsmålene.

2.1.2 Diskusjonen om lærernes undervisningspraksis i Norge

Diskusjonen om lærer- og elevrollen har også lange tradisjoner i Norge. Den pedagogiske "pendelen" svinger også her gjerne mellom to ytterpunkter. Når det i dag snakkes om at det er nødvendig med en mer aktiv lærerrolle og strukturert klasseledelse, kan det være nyttig å minne hverandre om at dette alene ikke er noen garanti for effektiv læring. Det blir tydelig demonstrert i dette utdraget fra Alexander Kiellands roman *Gift*, som han skrev i 1883:

Hele klassen summet så smått i den varme middagstime; hver beskjeftiget med sitt. Noen gjorde ingenting, men satt med hendene i lommen og glodde ut i luften; en skrev latinske gloser bak et berg av bøker; en annen hadde lagt sitt hode ned på armene og sov stille; ved vinduet satt en og stirret på rektorens fire epler, mens han fantaserte over hvor mange der vel kunne være på den annen side av treet, som han ikke kunne se, samt hvorvidt det skulle kunne la seg gjøre å klatre over muren en aftenstund, når det blev mørkere (Kielland, 1883/1987, s. 10–11).

Allerede *Normalplanen av 1938* understreket behovet for en pedagogikk som baserte seg på elevaktivitet, men verdien av automatiserte basisferdigheter ble også vektlagt.

Denne elevaktivitet er skapende, produktiv, ikke bare reproduserende. Reproduksjonen har sin plass, hukommelsen sin oppgave; den blir bare ikke grunnlag og utgangspunkt, men en tjener under det produktive arbeide og dertil et middel til å magasinere de selverhvervede kunnskaper, de skapte resultater (Kirke- og undervisningsdepartementet, 1938, s. 31).

Dale og Wærness (2007) viser til at dette er uttrykk for en mer nyansert pedagogisk tenkning enn å dele lærernes undervisningspraksis inn i to motpoler, for så å erklære seg som tilhenger av den ene av disse.

Det er viktig å understreke det som blir sagt her. *Reproduksjonen har sin plass* i en arbeidsskole basert på elevaktivitet. Poenget er at grunnlaget for skolen flyttes fra elevens reproduksjon til elevens eget arbeid: Det sentrale i denne tankegangen er at lærestoffet må bearbeides av eleven. Dette krever at eleven har kjennskap til forskjellige arbeidsmåter. Klasseundervisning trekkes fram som ”et hensiktsmessig middel til å fremme elevaktivitet”. Forhåndsgjennomgåelsen trekkes frem som spesielt viktig. Her er det viktig at læreren evner å stille elevene gode spørsmål som øker nysgjerrigheten deres og som leder elevene inn i stoffet på en måte som gjør at de kan oppdage noe nytt (Dale & Wærness, 2007, s. 51).

Noen vil kanskje si at nå er ”ringen sluttet”. Et hovedbudskap hos Alseth og Røsseland (2010) er at en trenger *både* faglig relaterte elevaktiviteter og engasjerte og strukturerte lærere som bruker felles klasseundervisning til å klargjøre mål, gi nyttig informasjon og til å samle trådene i slutten av opplæringsøkten.

Det vi bør gjøre er å gjenreise læreren som faglig leder, ressurs, formidler og inspirator for alle elevene. I stedet for å dele elevene i spor og nivå, bør vi som utgangspunkt ha elevene organisert i klasser/faste grupper. Det gir lærerne mulighet til

- å gi felles innledninger til nytt fagstoff hvor elevenes tidligere erfaringer hentes fram og fagstoffet knyttes til livet utenfor skolen
- å gi grundige forklaringer, som eventuelt utdypes ut fra elevenes respons
- å la elevene utveksle erfaringer
- å oppsummere aktiviteter og dermed trekke fram og belyse de vesentlige matematiske poengene i det elevene har gjort (Alseth & Røsseland, 2010, s. 72).

Mellom 1938 og 2010 har den pedagogiske ”pendelen” svinget i flere retninger, og forskerne her hjemme har også forsøkt å forklare hovedtendensene ved å beskrive en pedagogisk polarisering. Bjørgen (2008) bruker for eksempel begrepene *amputert* og *helhetlig* læring.

Amputert læring

- Får gitt en læringsoppgave
- Pålegges å arbeide med den
- Organiserer stoffet for å huske det
- Arbeider med sikte på en prøve

Helhetlig læring

- Møter et problem
- Blir interessert
- Knytter det til sin erfaring
- Lærer for livet

(Bjørgen, 2008, s. 866)

Et annet eksempel på denne todelingen er Lie m.fl. (1997), som deler lærernes undervisningspraksis inn i *Undervisning 1* og *Undervisning 2*. Den første av disse er karakterisert av det disse forskerne har valgt å kalle en ”moderne” eller ”elevsentrert” matematikkundervisning.

Den sistnevnte representerer en typisk lærerstyrt undervisning. Jeg vil komme nærmere inn på denne undersøkelsen i kapittel 2.2, i forbindelse med diskusjonen om bruk av IKT.

Undervisning 1 er nok inspirert av formuleringer i Mønsterplanen av 1987 (M87) om at elevene i større grad bør ”konstruere sin egen kunnskap”. På denne tiden dukket også begrepet ”ansvar for egen læring” opp i den generelle delen av den nye læreplanen R94, som ble innført i den videregående skolen i 1994.

God undervisning skal gi elevene erfaringer i å lykkes i sitt arbeid, gi tro på egne evner og utvikle ansvar for egen læring og eget liv (Utdanningsdirektoratet, 2005, s. 10).

I R94 ble det også pekt på bestemte arbeidsmetoder, og uttrykt ønske om en endret lærerrolle.

Med mer utstrakt bruk av teamundervisning og prosjektarbeid blir lærerne viktigere både som partnere og arbeidsledere (Utdanningsdirektoratet, 2005, s. 13).

Begrepet ”ansvar for egen læring” ble for mange skoleledere og lærere synonymt med mer individualisering, en utstrakt bruk av arbeidsplaner og en mer tilbaketrukket og mindre styrende lærerrolle. Dette kan virke underlig, i og med at Vygotsky la stor vekt på sosial interaksjon, og kyndig rettleiding for at eleven skulle utvikle seg og lære i forhold til sitt potensiale. Dewey har vært fødselshjelper for begrepet *learning by doing and reflecting*. En del norske lærere kombinerte dette med ideen om ansvar for egen læring, og det førte i mange tilfeller til at det kunne bli mye *doing* rundt om i klasserommene, men ikke fullt så mye *learning and reflecting*. I følge Geir Botten (2005), har denne *ureflekterte moromatematikken* resultert i et farlig lavt læringstrykk.

Jeg blir mer og mer tvilende til om denne ureflekterte moromatematikken fører til læring i faget. Jeg synes å registrere at det er en overdreven tro på at aktivitet i seg selv fører til læring av matematikk, og at dersom en bare har det moro i faget, vil det automatisk medføre at elevene får den nødvendige indre motivasjon og lyst til å lære matematikk (også de formelle sidene ved faget) (Botten, 2005, s. 3)

Botten er, som Hattie, likevel ingen tilhenger av ”drilling and trilling to the less than willing”. Han tar i stedet til orde for det han kaller *reflektert moromatematikk*.

En stor utfordring i tida framover er å utvikle den reflekterte moromatematikken. Vi trenger de gode eksemplene der elevene bygger opp kunnskap gjennom aktivitet, gjennom skapende og kreative prosesser, men der aktivitetene og prosessene kobles sammen med utvikling av også formelle matematikkunnskaper. I dette arbeidet er læreren helt sentral. Vi trenger kunnskapsrike, nysgjerrige og reflekterte lærere for å utvikle gode eksempler på læringssituasjoner som knytter sammen moromatematikken og den nødvendige refleksjonen for at matematikklæring skal skje. Jeg vet vi er mange som på ulike måter gjerne både vil og kan bidra i dette arbeidet (Botten, 2005, s. 4).

Botten er ikke alene om å være bekymret for effekten av manglende styring og faglig fokus. En svekket strukturert klasseledelse og for sterk vektlegging av individualisering, er trukket fram som to av de viktigste grunnene til at norske elever gjør det så dårlig i internasjonale tester. I en analyse av resultatene etter *TIMSS Advanced* argumenterer Grønmo og Onstad (2009) med at læreren bør innta en mer målrettet og styrende rolle i norske klasserom. Dette forutsetter en tilsvarende reduksjon av tiden elevene blir overlatt til seg selv med individuelle oppgaver.

En praksis som innebærer en for ensidig prioritering av individuelt arbeid, vil imidlertid kunne føre til en underbruk av det naturlige læringsfellesskapet som klassen utgjør, og gi elevene liten trening i å kommunisere sin matematiske forståelse til andre. I tillegg vil en slik praksis kunne redusere lærerens

muligheter til å korrigere elevenes eventuelle misoppfatninger eller mangelfulle begrepsforståelse som lett kan utvikles når elevene blir overlatt til seg selv (Grønmo & Onstad, 2009, s. 128).

Ett av virkemidlene for å realisere ideen om *ansvar for egen læring*, er arbeidsplaner som strekker seg over en til to uker, slik at elevene selv kan bestemme når de vil utføre de ulike oppgavene på planen. Klette (2008) har studert bruken av slike planer, og er meget kritisk til om dette er et velegnet og effektivt pedagogisk virkemiddel.

Satt litt på spissen kan vi hevde at bruk av arbeidsplaner bidrar til at noen elevgrupper får ansvaret for så å si å forvalte egen ulykke. Slik sett forsterker individualiserte arbeidsformer allerede etablerte forskjeller mellom elevene. Stikk i strid med sine egne intensjoner bidrar dermed arbeidsplaner til å forsterke og sementere forskjeller snarere enn å utjevne dem (Klette, 2008, s. 11).

På samme måte som Grønmo og Onstad (2009) rettet søkelyset mot den økende individualiseringen som en av årsakene til de svake norske prestasjonene i TIMSS, peker Kjærnsli m.fl. (2007) på ideen om ansvar for egen læring, her representert ved bruken av arbeidsplaner, som en mulig medvirkende faktor for de svake norske resultatene i PISA-undersøkelsene.

Vi frykter at de svakhetene ved arbeidsplaner som det er pekt på ovenfor, kan ha vært en medvirkende årsak til de svekkete resultatene vi ser i PISA. Det har vært relativt lite diskusjon om arbeidsplaner, sett på bakgrunn av hvor mye de i dag ser ut til å styre læringsarbeidet i skolen, og vi mener at tida nå er moden for en debatt om arbeidsplanenes sterke og svake sider (Kjærnsli m.fl., 2007, s. 260).

Kari Bachmann og Peder Haug peker på at forskningen selv kan ha bidratt til at det i for stor grad er blitt satt likhetstegn mellom tilpasset opplæring og individualisering

Det kan derfor spørres om også forskningen litt ensidig har etterspurt tilpasset opplæring som individualisering i form av individuelt arbeid, individuell veiledning og elevens valg, og med fravær av såkalt kateter- eller fellesskapsundervisning. (Bachmann & Haug, 2006, s. 48).

Diskusjonen om årsakene til de dårlige norske prestasjonene har reist en rekke sentrale spørsmål om lærere, undervisningsmetoder og hva vi bruker tiden til i skoletimene. Jeg vil oppsummere innholdet i dette delkapittelet med å formulere noen av de viktigste av disse spørsmålene:

- Har norske lærere nok faglige og didaktiske kunnskaper?
- Har elevene fått for mye ”ansvar for egen læring”?
- Er læringsmålene for utydelige og læringstrykket for lite?
- Er det mulig å ha tydelige mål, strukturert og god klasseledelse, høyt læringstrykk, engasjerte og aktive elever og en utforskende atmosfære som inkluderer målrettet bruk av IKT samtidig?
- Er bruk av IKT tvert i mot en tidstjuv, som vi må redusere til et minimum?

De fleste av disse problemstillingene ligger utenfor rammen av min oppgave, men de to siste spørsmålene her blir et sentralt tema i neste delkapittel.

2.2 Forskningslitteratur om utbredelse og bruk av IKT i undervisningen

I dette delkapittelet vil jeg først se på internasjonal forskning om faktorer som påvirker bruk av IKT i undervisningen. Deretter flytter jeg fokuset mot forskeres beskrivelse av den tilsvarende situasjonen i Norge. Kapittel 2.2 avsluttes med en gjennomgang av studier knyttet til funksjonsbegrepet, og hvilke utfordringer og muligheter som bruk av digitale verktøy kan gi når elevene arbeider med funksjoner på ulike trinn. Funksjonsbegrepet har fått en spesiell oppmerksomhet, fordi den norske læreplanen LK-06 inneholder krav om bruk av digitale hjelpemidler i kompetansemål om funksjoner på både 10. og 11. trinn.

2.2.1 Utbredelse og bruk av IKT i et internasjonalt perspektiv

Vygotsky (1978 s. 27) definerer pedagogikk som "the interactive process by which a student's learning is mediated by teachers using a range of tools." Slike læringsverktøy kan, i følge Somekh (2008), inkludere språk, tankemessige strukturer og fysiske gjenstander som bøker og datamaskiner.

These tools, including language, conceptual frameworks and artifacts such as books and computers, are continually developing and changing. As we become skilled in their use we develop social practices to incorporate them as extensions of ourselves. (Somekh, 2008, s. 450).

Det er imidlertid flere forskere som har vist at integreringen av IKT som læringsverktøy har gått tregere enn forventet, og at det i liten grad har skjedd en tilhørende endring av læreres undervisningspraksis. Cuban (2001) oppsummerer sine undersøkelser av IKT-bruken i ulike pedagogiske institusjoner, fra barnehager til universiteter i Silicon Valley slik:

- Abundant availability of a "hard" infrastructure (wiring, machines, software) and a growing "soft" infrastructure (technical support, professional development) in schools in the late 1990s has not led, as expected, to frequent or extensive teacher use of technologies for tradition-altering classroom instruction.
- Students and teachers use computers and other technologies more at home than at school.
- When a small percentage of computer-using teachers do become serious or occasional users, they--contrary to expectations largely maintain existing classroom practices rather than alter customary practices (Cuban, 2001, s. 171).

Cuban får støtte for dette synet fra Hennessy m.fl. (2005) i deres gjennomgang av forskningslitteratur på området.

The research literature offers little support for the popular (though perhaps unrealistic) rhetoric about technology revolutionizing teaching and learning or teachers fundamentally re-working their lesson plans and pedagogy (Hennessy m.fl., 2005, s. 156).

Mangel på integrering av ny teknologi i undervisningen strekker seg lenger tilbake i historien enn til introduksjonen av datamaskiner. Cuban (1986) dokumenterer et tilsvarende misforhold mellom forventet nytteverdi og faktisk bruk ved lanseringen av både film, radio og TV.

I believe that the motion picture is destined to revolutionize our educational system and that in a few years it will supplant largely, if not entirely the use of textbooks. I should say that on the average we get about two percent efficiency out of schoolbooks as they are written today. The education of the future, as I see it, will be conducted through the medium of the motion picture... where it should be possible to obtain one hundred percent efficiency. Thomas Edison, 1922 (Cuban, 1986, s. 9).

En diskusjon om lærerne, i ytterste konsekvens, kan erstattes av teknologiske nyvinninger strekker seg altså tilbake til 1920-tallet. Lærerne gav, da som nå, uttrykk for sin frustrasjon over ivrige teknokrater som setter økonomiske hensyn foran de pedagogiske.

“Antiquated”
Dikt av en lærer i California, skrevet i 1925.

Innlegg i VG 22.09.2009,
av lektor Karl Eirik Kval.

Mr Edison says
That the radio will supplant the teacher.
Already one may learn languages by
means of Victrola records.
The moving picture will visualize
What the radio fails to get across.
Teachers will be relegated to the backwoods,
With fire-horses.
And long-haired women;
Or, perhaps shown in museums.
Education will become a matter
Of pressing the button.
Perhaps I can get a position at the switchboard.

En lærer koster skolen cirka 600 000
kroner i året. Hvis en PC varer i fem år,
betyr det at man kan utstyre en hel
skole med 500 elever med nye PC-er
for kostnaden av én lærer. Innføring av
datamaskiner er billig, og har den
effekten at man kan slå seg på brystet
og si at man har gjort noe.

(Johnsen, 2010, s. 21).

(Cuban, 1986, s. 4-5).

Redselen for å bli overflødiggjort og erstattet av maskiner, er neppe noen sentral del av forklaringen på at integreringen av IKT i matematikkopplæringen har gått tregere enn forventet. Skal vi lykkes i å forstå de hindrende faktorene, må vi, i følge Assude (2005), se på lærernes prioriteringer ved forvaltningen av det de opplever som en knapp og dyrebar tidskapital. Assude har studert disse forholdene i forbindelse med integrering av det dynamiske geometriprogrammet Cabri.

What are the conditions and constraints that make possible the integration of Cabri in teaching without creating a clash between tradition (i.e. what is usually done) and innovation (Assude, 2005, s. 184).

Assude fokuserer på tidsbegrepene *time-capital* (total tid til rådighet med elevene), *didactic time* (tiden som blir brukt til å jobbe med ”pensum”) og *pace* (fremdrift som blir definert som didaktisk tid dividert på total tidskapital). Innenfor den tilmålte tidskapitalen skal det være plass til gjennomgang av nytt stoff, oppsummeringer, elevaktiviteter og prøver. En del tid forsvinner også til utenomfaglige aktiviteter, og dersom noe nytt skal inn, må lærerne redusere på noe annet.

Time capital cannot be stretched, and if a decision is made to use some of it on integrating Cabri, one should be aware that certain items on the outline will have to be dropped (Assude, 2005, s. 192).

Første gang lærere skal ta i bruk nye digitale hjelpemidler i klassen, er de usikre fordi de ikke vet hvor mye av tidskapitalen som går med til å lære elevene å bruke selve verktøyet, før de kan begynne å bruke det til fagrelaterte aktiviteter på en meningsfull måte. En kan ikke ”spare” særlig med tid ved å øke fremdriften, for da klarer ikke elevene å henge med. Lærerne blir gjerne frustrerte fordi de ikke lenger har kontroll over tidsbruken når de registrerer at fremdriftsplanene som fungerte så godt året før, ikke lenger kan følges.

The shift from ”day-to-day” management to a more global control over didactic time appears to us to be another essential condition of integration (Assude, 2005, s. 192-193).

Disse forskerne fulgte en klasse over tre år, og registrerte at de klarte å finne matter å ”spare tid på” når de hadde vært gjennom et innledende år med mye prøving og feiling. Da så de lettere hvordan de kunne unngå en del tidkrevende og unødvendige aktiviteter, og ved hjelp av godt planlagte utforskende aktiviteter, kunne de la elevene gå direkte til kjernen av det matematiske innholdet.

The strategies observed in our work were as follows:

- fine-tuning of the individual/collective relationship;
- using material or symbolic means such as posters that make it possible to condense pupils' work information by freezing the dynamic properties of Cabri;
- knowing when to go to the heart of the matter, which is not unconnected with control over didactic time;
- changing the order in which material is taught, either to revise aspects where difficulties persist (for example, diagonals) or to change the relationship to an object (for example, use of the compass to transfer lengths); and
- making intermediate syntheses or "small" authoritative contributions (Assude, 2005, s. 201).

For disse lærerne blir det viktig at nytteverdien står i forhold til den tiden som går med. Assude mener dette er et så sentralt tema at det fortjener mer oppmerksomhet fra forskerne. Som jeg vil vise i kapittel 3, er verdimaksimering i forhold til tidsbruk et sentralt poeng i min egen undersøkelse. Jeg kan derfor bidra med ferske data og et nytt analytisk perspektiv på disse viktige problemstillingene.

I slutten av kapittel 2.1.2, stilte jeg spørsmålet om det er mulig å ha tydelige mål, strukturert og god klasseledelse, høyt læringstrykk, engasjerte og aktive elever og en utforskende atmosfære som inkluderer målrettet bruk av IKT samtidig. Vi så fra Assudes studie at dette lot seg gjøre, og at det faktisk var nødvendig med en streng organisering og nøye planlegging fra lærernes side, om en skulle unngå at de digitale hjelpemidlene stjal av de knappe tidsressursene.

Også i Crisans (2007) undersøkelse er lærerne opptatt av tidsbruken ved integrering av IKT.

Against the national norms, the three schools were academically successful and, on several occasions, the teachers mentioned the pressure to work hard to finish the syllabus well before the exams and start revising for the exams. In consequence, most of the teachers felt that the mathematics syllabus, in particular at Key Stage 4 (14 to 16 years-old pupils) and AS and A level (16 to 18 years-old pupils), did not allow room or time for pupil's exploration with ICT. Also at these levels, ICT was regarded as an add-on, as something extra since it was not available to pupils in the exam. As a result, the teachers used ICT in their mathematics lessons mainly at Key Stage 3 level (aged 11-14 years) (Crisan, 2007, s. 27-28).

Når elevene og læreren i tillegg til det selvpålagte "pensumspresset" får trusselen om en sentralgitt eksamen å forholde seg til, blir kravet om effektiv tidsbruk ekstra påtrengende. Vi ser da nytten av å ha diskutert ulike undervisningsmåter i kapittel 2.1, for her kommer vi rett inn i debatten om hva som er god og effektiv undervisning. Det skjønnlitterære sitatet fra Kiellands *Gift* minner oss om at strukturert klasseledelse og gjennomgang av "pensum" ikke nødvendigvis er en garanti for effektiv læring. Johnsens (2010) observasjoner av de to lærerne Olaf og Olav illustrerer at klar og målrettet klasseledelse er en nødvendig, men ikke tilstrekkelig forutsetning for god utnyttelse av tiden. Evnen til å engasjere og skape interesse må også være til stede.

Crisan peker også på andre viktige faktorer for en vellykket integrering av IKT i matematikkopplæringen. Han deler disse inn i kontekstuelle og personlige faktorer. Noen eksempler på kontekstuelle faktorer er forventninger fra foreldre, elever og skolens ledelse, tilgang til utstyr, tilgang til programvare, oppmuntring fra kollegaer, nøkkelpersoner med gode IKT-ferdigheter og lærernes egen IKT-kompetanse. De personlige faktorene inkluderer lærernes kunnskaper om matematisk programvare, kjennskap til læreplanens krav om bruk av digitale hjelpemidler, syn på hva faget matematikk egentlig går ut på, og deres pedagogiske grunnsyn. De erfaringene lærerne har fra situasjoner der de selv skulle lære å bruke IKT,

hører også inn under de personlige faktorene. Jeg har tatt hensyn til de fleste av disse faktorene når jeg konstruerte spørreskjemaet som skulle brukes i min egen undersøkelse.

Det er ikke enkelt for lærere som føler seg utrygge på bruken av IKT, å ta dette i bruk sammen med elevene. Her påpeker Crisan hvor viktig det er at lærerne selv har opplevd fordelene ved datateknologien i arbeidet med det aktuelle lærestoffet.

Practicing teachers are expected to incorporate ICT into their practices without real understanding of the benefits of doing so; they have to offer their pupils experiences of learning mathematics in an environment in which they had not necessarily experienced mathematics themselves (Crisan, 2007, s. 22).

Det hviler da et spesielt ansvar på lærerutdannerne og kursholdere i bruk av matematisk programvare. Dette vil jeg komme tilbake til i kapittel 7, i forbindelse med de pedagogiske implikasjonene for disse gruppene.

One of the main findings of this study, namely the teachers' own experience with ICT was of paramount importance in their uptake and implementation of ICT, suggests that the use of the transmission mode to teach student teachers about these components is ineffective (Crisan, 2007, s. 37).

Til tross for disse manglene, fant Crisan, i likhet med Assude, at når lærerne var blitt trygge nok på programvaren, kunne de selv finne bruksmåter som gjorde at de *sparte* tid i forhold til den tradisjonelle undervisningen.

Other teachers used instead ICT to teach about transformation of graphs, geometry proofs and transformation of shapes. They felt that ICT enabled them to teach more effectively these mathematics topics, which they would have been apprehensive to teach in the past (Crisan, 2007, s. 33).

Uten denne erfaringen, blir det vanskeligere å se nytteverdien i verktøyet, og all bruk av IKT kan da lett oppfattes som bortkastet tid, dersom det ikke ligger ideologiske grunner bak valget om å ta i bruk de nye hjelpemidlene. Billington (2009) gir oss et eksempel på at dette kan være tilfelle.

Tools were introduced as required in relation to the mathematical tasks. I cannot document the time spent by the teachers in learning to use the new software but it is clearly an ongoing and time consuming task and as such can be interpreted as a change in practice justified at the time in this case by personal ideology of the PC being the tool of the future and beliefs about teaching and learning (Billington, 2009, s. 242).

Goos (2005) peker på noen viktige faktorer som kan virke hindrende for integreringen av IKT. Hun viser til egne studier, der nyutdannede lærere har fått god opplæring, og er motiverte for å ta de nye hjelpemidlene i bruk. Problemene består i manglende samsvar mellom opplæringen og anbefalingene fra utdanningsinstitusjonene, og situasjonen rundt om på skolene. Der kan det være både mangel på utstyr og lite interesse hos kollegaer og administrasjon for å ta i bruk de nye hjelpemidlene. For å gi oss et analyseverktøy til å beskrive slike misforhold, tar Goos utgangspunkt i Vygotskys begrep *Zone of Proximal Development* (ZPD).

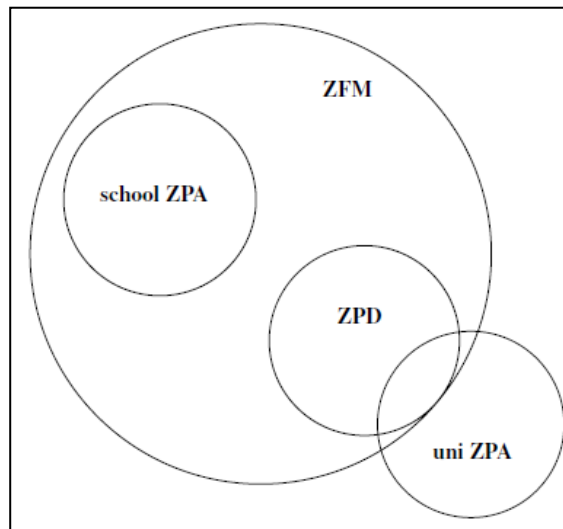
In a teacher education context, the ZPD can be thought of as a symbolic space where the novice teacher's emerging skills are developing under the guidance of more experienced people (Goos, 2005, s. 37).

Goos benytter seg også av begrepene *Zone of Free Movement* (ZFM) og *Zone of Promoted Action* (ZPA). ZFM er hele handlingsrommet som den nyutdannede læreren kan gjøre sine valg innenfor, og ZPA er den undervisningspraksis som utdanningsinstitusjonen eller

ledelsen/skolekulturen på den nye arbeidsplassen legger vekt på. Det er ikke alltid det er samsvar mellom disse promoteringene.

While the ZFM suggests which teaching actions are possible, the ZPA represents the efforts of a teacher educator, supervising teacher or more experienced teaching colleague to promote particular teaching skills or approaches (Goos, 2007, s. 38).

Goos bruker Venn-diagram til å illustrere manglende samsvar mellom det den nyutdannede læreren ønsker å få til, og det som oppleves som mulig ut fra rammebetingelser og skolekultur på den nye arbeideidsplassen.



Figur 2.1: Manglende samsvar mellom ZFM, skolens ZPA og lærerutdanningens ZPA (Goos, 2007, s. 48).

Goos mener dette er et nyttig analyseverktøy for å forstå hvilke endringer som må til for å skape mest mulig samsvar mellom skolens ZPA, lærerutdanningens ZPA og lærerens egen ZPD. Hun ser på dette verktøyet som et skritt bort fra en mer funksjonalistisk forklaringsmodell.

Such approaches view teachers as being passively moulded by external forces to fit the existing culture of the school – thus producing the common explanation for why beginning teachers are unable to implement innovative approaches that they may have experienced during their pre-service courses (Goos, 2007, s. 37).

For å understreke dette poenget, viser Goos til en nyutdannet lærer i hennes egen undersøkelse, som ikke bare lot seg passivt forme, men tok egne grep for å endre på rammebetingelsene. Han klarte da å utvide ZFM, og å få til en viss overlapp mellom sin egen ZPD og de to ZPA fra arbeidsplassen og sin egen lærerutdanning.

Geoff was an active agent in his own development as a teacher, not simply reproducing the practices he observed nor yielding to environmental constraints, but instead re-interpreted these social conditions in the light of his own professional goals and beliefs (Goos, 2007, s. 55).

Goos har rett i at dette gir oss utvidet forståelse i forhold til en rent funksjonalistisk beskrivelse av læreren som et produkt av omgivelsenes kryssende forventninger, men modellen er ikke så godt egnet til å forklare *hvorfor* denne læreren handler slik han gjør. Jeg vil illustrere dette poenget ved å vise til forskjellen mellom to ulike sosialantropologiske forklaringsmodeller, og deres tilnærminger til forandring og utvikling.

Cuban (1986) viser til krysskulturelle undersøkelser utført av antropologen Edward Spicer (1952) like etter andre verdenskrig. Spicers undersøkelser avdekker noen felles trekk på tvers av kulturer, når det gjelder motstand mot forandring.

- People resist changes that appear to threaten basic securities.
- People resist proposed changes they do not understand.
- People resist being forced to change.
- Changes generated in one subculture where science and technology are highly valued, if they are to be accepted in another subculture, must be made understandable and given clear value (Cuban, 1986, s. 108).

Spicer var elev av antropologen Radcliffe-Brown, som er regnet som en av grunnleggerne av strukturfunksjonalismen. I denne retningen av antropologien, blir samfunnet ofte betraktet som en organisme hvor det må være balanse og harmoni mellom de ulike delene for at samfunnet skal fungere. Spicers betraktninger om motstand mot forandring må derfor vurderes ut fra denne teoretiske tilnærmingen. Barth (1966) kritiserer en strukturfunksjonalistisk betraktningssmåte, og argumenterer for at denne er lite egnet til å forklare lokale variasjoner og forandring over tid.

To study form, it may be sufficient to describe it. To explain form one needs to discover and describe the processes that generate the form ... Models descriptive of form merely permit one to lay out typological series and point to differences and similarities, or to specify the logically unrestricing transformations whereby one form may be converted into another. The adequacy of a generative model, on the other hand, is tested by its process or failure in generating the observed forms; it contains implicit hypotheses about "possible" and "impossible" systems which may be falsified by comparative data (Barth, 1966 s. v).

Jeg viste i slutten av kapittel 2.1.1 at det var behov for et analyseverktøy som kunne forklare *hvorfor* lærerne prioriterer slik de gjør, og *hvorfor* det ikke blir den forandringen av pedagogisk praksis som de generelle delene av læreplanene legger opp til. I dette kapittelet har vi sett at integreringen av IKT som læringsverktøy har møtt de samme hindringene, og at en beskrivelse av eksisterende mønster eller strukturer ikke har kunne gi noen god forklaring på hva som skal til for å skape forandring. Siden dette gjelder både lærernes undervisningspraksis generelt og bruk av digitale verktøy spesielt, blir behovet for et egnet analyseverktøy enda sterkere. Et slikt analyseverktøy vil jeg altså presentere i kapittel 3.

2.2.2 Utbredelse og bruk av IKT i norsk undervisningssammenheng

Den første norske læreplanen som sa noe om bruk av datateknologien var, så vidt jeg kjenner til, M87. Der stod det at datamaskiner ville være et egnet hjelpemiddel til å illustrere matematiske forhold og til å undersøke matematiske sammenhenger. Utbredelsen av datamaskiner var på denne tiden likevel så begrenset, at slike hjelpemidler ikke var obligatorisk. Denne læreplanen var også inspirert av Pólyas problemløsningsstrategier, som en motvekt til den abstrakte mengdelæren fra den midlertidige planen M71 (Kirke- og undervisningsdepartementet, 1971), som frustrerte mange elever, lærere og foreldre tidlig på 1970-tallet.

Selv om det har vært en enorm økning i tilgangen til datamaskiner siden innføringen av M87, har integreringen av IKT i matematikkopplæringen på ingen måte holdt følge.

Problemløsning, utforskende aktiviteter og bruk av matematisk programvare blir ofte nevnt samtidig. I kompetansemålene i LK06 for 10. klasse står det for eksempel under emnet *Tall og algebra*:

Mål for opplæringa er at eleven skal kunne bruke, med og utan digitale hjelpemiddel, tal og variablar i utforsking, eksperimentering, praktisk og teoretisk problemløysing og i prosjekt med teknologi og design (Utdanningsdirektoratet, 2009, s. 7).

Å lære elevene problemløysing og kritisk tenkning er ikke et prioritert utdanningsområde i Norge. I følge den internasjonale rapporten for TIMSS Advanced, hadde bare 6 % av de norske 3MX-lærerne fra 2008 deltatt på etterutdanningskurs i slike problemstillinger de to siste årene (Mullis, m.fl. 2009, s. 155). De tilsvarende tallene for Russland og Slovenia er 55 % og 42 %. Det er ingen grunn til å anta at ungdomsskolelærerne har fått mer opplæring i problemløysing og kritisk tenkning enn sine kollegaer i den videregående skolen. Når læreplanen krever at en skal lære elevene både dette og bruk av digitale læremidler, kan det bli mye å forholde seg til for lærerne. Erfjord (2008) kaller denne utfordringen *double innovation*.

Hence, teachers are asked to undertake what I denote as a double innovation:

- To implement computer software which for many teachers are fairly new tools in mathematic teaching compared to for example use of ruler, compasses and textbooks.
- To apply the computer software with a particular approach like investigation, visualizing etc listed above. Such an approach could, for many teachers, be experienced as new in teaching and also different from how they themselves have been taught (Erfjord, 2008, s. 35).

Denne doble nyorienteringen for lærerne kan være en av grunnene til at bruken av IKT i matematikkopplæringen har gått treigere enn det de sentrale skolemyndighetene hadde regnet med. I følge Kjærnsli m.fl (2007, s. 186) svarte 83 % av norske 15-åringer i 2000, at de sjelden brukte læringsprogrammer, for eksempel i matematikk, i timene. I 2006 var denne andelen elever økt til 85 %. Det hadde altså ikke skjedd noen datarevolusjon på ungdomstrinnet mellom 2000 og 2006.

Rapporten *Skolens digitale tilstand 2009* (Kløvstad, 2009) viser at andelen lærere som bruker datamaskin i matematikktimene ukentlig eller oftere er 14,3 % på 9. trinn og 25,9 % på vg2. Forskjellen mellom trinnene er blitt større fra 2003 til 2009.

Resultatene fra perioden 2003 til 2009 viser at det har vært ulik utvikling i bruk av IKT for elevene i grunnskolen og videregående skole. Forskjellen innebærer at videregående skole har kommet lengre med å ta i bruk IKT i faglig og pedagogisk arbeid. Skillet mellom grunnskolen og den videregående skolen ser ut til å øke, og blant våre informanter har aldri forskjellen vært så stor som i 2009 (Kløvstad, 2009 s. 5).

Kløvstad peker på en naturlig årsak til denne forskjellen mellom bruken av datamaskiner i grunnskolen og i den videregående opplæringen:

Fra skoleåret 2008/2009 har mange fylkeskommuner utstyrt (og finansiert på ulike måter) VG1-elever med bærbar datamaskiner. En slik tilgjengelighet åpner for mer direkte og personlig læring med IKT. Tall fra Utdanningsdirektoratet (2009) og Frischsenteret (Hægeland, Kirkebøen & Raaum, 2009) viser at dekningen for datamaskiner i grunnskolen er forbedret de siste årene. Dekningen på videregående skole er likevel svært mye bedre sammenlignet med grunnskolen (Kløvstad, 2009 s. 28).

I *TIMSS Advanced* er det kartlagt hvor ofte elevene på de høyeste matematikkurset brukte kalkulator når de løste matematikkoppgaver. Vi ser fra tabell 2.1 at norske, svenske og nederlandske elever bruker kalkulator i nesten hver time.

Tabell 2.1: Bruk av kalkulator i det høyeste matematikkurset i videregående opplæring i ulike land, 2008

Exhibit 5.17 **Students' Reports of Frequency of Using Different Technologies in Advanced Mathematics Lessons**

TIMSS Advanced 2008
Advanced Mathematics

Country	Frequency of Using Calculators							
	Every or Almost Every Lesson		About Half the Lessons		Some Lessons		Never	
	Percent of Students	Average Achievement	Percent of Students	Average Achievement	Percent of Students	Average Achievement	Percent of Students	Average Achievement
Armenia	36 (2.3)	446 (8.3)	16 (1.9)	442 (14.6)	37 (2.2)	432 (7.2)	11 (1.2)	432 (13.3)
Iran, Islamic Rep. of	5 (0.6)	461 (11.8)	16 (1.2)	456 (7.2)	50 (1.2)	493 (5.9)	30 (1.6)	534 (8.6)
Italy	28 (2.0)	460 (8.0)	21 (1.1)	461 (8.3)	38 (1.5)	442 (8.5)	13 (1.2)	426 (11.7)
Lebanon	48 (1.5)	547 (2.6)	27 (1.1)	549 (4.5)	24 (1.2)	538 (4.8)	1 (0.3)	~ ~
Netherlands	92 (0.8)	553 (2.7)	6 (0.7)	557 (5.0)	2 (0.4)	~ ~	0 (0.1)	~ ~
Norway	92 (1.9)	442 (4.5)	4 (0.5)	393 (16.2)	2 (0.7)	~ ~	3 (1.1)	438 (22.2)
Philippines	49 (2.4)	350 (7.8)	27 (1.3)	356 (6.2)	23 (1.8)	360 (6.8)	1 (0.3)	~ ~
Russian Federation	22 (2.1)	549 (12.1)	16 (0.7)	555 (10.0)	38 (2.0)	562 (7.5)	24 (2.0)	574 (8.0)
Slovenia	52 (2.6)	474 (5.2)	32 (1.8)	449 (5.1)	15 (1.3)	427 (7.1)	1 (0.2)	~ ~
Sweden	91 (1.5)	416 (5.0)	5 (0.9)	412 (18.8)	2 (0.6)	~ ~	1 (0.3)	~ ~

SOURCE: IEA/TIMSS Advanced 2008 ©

(Mullis m.fl., 2009, s. 168).

Norske og svenske elever gjør det svært dårlig i TIMSS Advanced, mens nederlandske elever gjør det meget godt. En forhastet slutning ville da være at bruk av kalkulator ikke hadde noen samvariasjon med oppnådde resultater. Konklusjonen er forhastet fordi bare 3,5 % av de nederlandske elevene tar det mest avanserte kurset. I Norge og Sverige er de tilsvarende andelen 10,9 % og 12,8 %. Grønmo m.fl. (2010) antyder at den høye bruken av kalkulator i Norge og Sverige kan ha en sammenheng med de dårlige resultatene for disse to landene.

Det er et tankekors at Slovenia og Italia, de to referanselandene med best resultat tatt i betraktning at de tester henholdsvis vel 40 % og 20 % av årskullet i TIMSS Advanced, er de to landene som synes å være mest tilbakeholdne med bruk av kalkulator. Tilsvarende tankevekkende er det at de to landene som har den mest markerte tilbakegangen fra forrige studie, Norge og Sverige, utmerker seg som to land som synes å bruke kalkulator mye (Grønmo m.fl., 2010 s. 21).

Dersom det var en årsakssammenheng her, ville vi forvente å finne en tilsvarende samvariasjon innenfor hvert land, slik at de elevene som gjorde det best i et land var de som brukte kalkulator minst og omvendt. Vi ser fra tabell 2.1, at dette ikke er tendensen. De italienskeske, armenske og norske elevene, som rapporterer om at de bruker kalkulator nesten hver time, gjør det alle bedre enn sine respektive landsmenn som aldri bruker kalkulator. I Russland og Iran er det omvendt. Her gjør de elevene som ikke bruker kalkulator det bedre enn landsmenn som bruker kalkulator nesten hver time. Det disse tallene forteller oss, er at vi må være meget forsiktige med å si noe om årsak og virkning, selv om vi kan observere en samvariasjon. Grønmo m.fl. kan likevel ha rett i at norske elever kan ha brukt kalkulator og regelbok som "krykke", slik at de har forsømt automatisering av basisferdigheter. Etter at denne undersøkelsen ble avsluttet er det norske 3MX-kurset erstattet med R2. I alle skriftlige eksamener i matematikk fra 10. klasse til R2, er det nå en todelt prøve, der elevene ikke kan bruke kalkulator eller regelbok/formelsamling på del 1. Det vil bli spennende å se om dette bidrar til at norske elever gjør det bedre på neste tilsvarende TIMSS-test.

Vi kan også ha utbytte av å studere bruken av datamaskiner i undervisningen fra tabell 2.2. 7 % av de norske 3MX-elevene oppgav at de brukte datamaskin nesten hver time. Disse hadde i snitt en høyere poengsum i TIMSS Advanced (450) enn dem som aldri brukte datamaskin (438). I Russland gjør de som bruker datamaskin i noen timer (586) det mye bedre

enn russiske elever som aldri bruker datamaskin (555). Dette betyr ikke at vi kan hevde at bruk av datamaskin *fører til* bedre matematikkresultater. For det første er det svært få respondenter i noen av gruppene. For det andre er det like lite grunnlag her som tidligere for å hevde at en samvariasjon er det samme som en kausalitet.

Tabell 2.2: Bruk av datamaskin i det høyeste matematikkurset i videregående opplæring i ulike land, 2008

Country	Frequency of Using Computers							
	Every or Almost Every Lesson		About Half the Lessons		Some Lessons		Never	
	Percent of Students	Average Achievement	Percent of Students	Average Achievement	Percent of Students	Average Achievement	Percent of Students	Average Achievement
Armenia	2 (0.7)	~ ~	2 (0.5)	~ ~	14 (1.6)	461 (15.0)	82 (1.9)	438 (5.3)
Iran, Islamic Rep. of	1 (0.3)	~ ~	2 (0.3)	~ ~	17 (1.0)	499 (10.1)	80 (1.2)	500 (6.2)
Italy	1 (0.2)	~ ~	2 (0.5)	~ ~	15 (1.9)	461 (13.8)	82 (2.1)	448 (7.4)
Lebanon	2 (0.4)	~ ~	4 (0.5)	506 (8.4)	19 (1.2)	547 (5.1)	74 (1.2)	549 (2.6)
Netherlands	1 (0.3)	~ ~	2 (0.7)	~ ~	30 (3.0)	554 (3.7)	67 (3.2)	553 (2.8)
Norway	7 (2.6)	450 (11.4)	2 (0.7)	~ ~	8 (1.6)	450 (11.9)	83 (3.5)	438 (4.9)
Philippines	1 (0.2)	~ ~	4 (0.6)	354 (17.8)	27 (1.6)	347 (8.2)	68 (1.9)	359 (5.6)
Russian Federation	1 (0.3)	~ ~	3 (0.4)	557 (14.0)	19 (2.1)	586 (11.5)	78 (2.4)	555 (6.7)
Slovenia	1 (0.6)	~ ~	4 (0.9)	443 (17.0)	28 (4.0)	462 (7.3)	66 (4.2)	457 (5.1)
Sweden	0 (0.1)	~ ~	0 (0.2)	~ ~	10 (1.7)	414 (11.9)	89 (1.7)	414 (5.4)

(Mullis m.fl., 2009, s. 168).

Begrepet *bruk av IKT* sier lite om hvilken programvare som blir benyttet, og hvordan denne blir brukt i en faglig sammenheng. I kapittel 2.1.1 og 2.1.2 så vi eksempler på at forskere knyttet bruk av digitale verktøy opp mot en bestemt undervisningspraksis med vekt på stor elevaktivitet. Vi så også at ideen om ”ansvar for egen læring” av mange lærere ble tolket som at de skulle innta en mer tilbaketrukket veiledersrolle i forhold til elevene. De svake norske resultatene på TIMSS- og PISA-testene har satt fokus på hva slags lærerrolle som er best egnet til å fremme effektiv læring. En kritikk av svak klasseledelse fører ut fra en slik argumentasjonsrekke til krav om at en må redusere bruken av IKT i matematikkopplæringen. Vavik m.fl. (2010) har brukt et sitat fra Lie m.fl. (1997) som fanger opp essensen i en slik argumentrekke.

Det er for oss et tankekors at arbeidsmåter som anbefales sterkt for tiden; prosjektarbeid, gruppearbeid og bruk av IKT ser ut til å henge sammen med svake resultater i matematikk (Lie m.fl., 1997, s. 203).

Ser vi på dette sitatet isolert, kan det se ut som at forskernes data gir grunnlag for å hevde at bruk av IKT i seg selv fører til svake resultater i matematikk. Dette inntrykket blir ytterligere forsterket gjennom et punkt i oppsummeringen i den samme rapporten.

Resultatene kan tyde på at bruk av datamaskin i undervisningen, slik dette blir brukt av de aktuelle lærerne, gir svakere faglig utbytte i realfagene (Lie m.fl., 1997, s. 213).

I det første sitatet er det brukt korrelasjonssynonymet ”henge sammen med”, men i det siste kan ordet ”gir” lett tolkes som kausalitetsbegrepet ”fører til”. Forskerne sier imidlertid ikke noe i rapporten om grunnlaget for å beskrive en årsakssammenheng, men advarer i stedet mot å blande disse begrepene:

Vi vil også presisere at korrelasjonskoeffisienter sier noe om sammenhenger mellom variable som ikke uten videre kan tolkes med årsak – virkning. Hvis en variabel korrelerer positivt med skåre i matematikk, behøver det absolutt ikke bety at variabelen ”påvirker” matematikkunnskapene (Lie m.fl., 1997, s. 180).

Jeg vil nå se nærmere på disse problemstillingene, og prøve å finne ut mer om bakgrunnen for inndelingen i *Undervisning 1* og *Undervisning 2*. I følge rapporten, er dette samlevariabler som er konstruert ut fra utvalgte spørsmål til elevene. Jeg vil derfor gjengi både selve konstruksammensetningen og spørsmålet som danner grunnlag for konklusjonen om bruk av datamaskiner i matematikktimene.

UNDERVISN 1 (matematikk): Dette er en samlevariabel som forteller om omfanget av noe som kan oppfattes som ”moderne” eller ”elevsentrert” matematikkundervisning. (Verdier fra 1 til 4 for svaralternativene i tabell 7.19 og 7.20)

prosjekt:	Prosjektarbeid
grupper 1:	Gruppearbeid
grupper 2:	Klassen begynner et nytt emne med gruppearbeid
datamaskin:	Bruk av datamaskin
rette hv a:	Elevene retter lekser for hverandre

UNDERVISN 2 (matematikk): Dette er en samlevariabel som er satt sammen av variable som til sammen forteller om en nokså lærerstyrt matematikkundervisning (verdier fra 1 til 4 for svaralternativene i tabellene 7.19-7.22)

oppg. lærer:	Lærer viser oppgaveløsning
gi lekse:	Lærer gir hjemmelekse
kontr. Lekse:	Lærer kontrollerer hjemmelekse
regler:	Lærer begynner nytt emne merd å forklare regler og definisjoner
lærebok:	Lærer begynner nytt emne med å snakke mens elevene ser i læreboka

(Lie m.fl., 1997, s. 198).

Jeg gjengir også tabell 7.19 i rapporten, da det er her vi finner spørsmålet om bruk av datamaskin.

Som vi ser av tabellen, er det ikke spurt etter hvilken programvare som ble brukt, hvilken faglig kontekst dataverktøyene ble brukt i, eller i hvilken grad læreren hadde en målrettet styring av undervisningen. Det går heller ikke fram av denne tabellen om det er læreren som bruker datamaskin til instruksjonsformål, eller om det er elevene som benytter seg av dette hjelpemiddelet. Slik konstruktet er laget, kan man derfor ikke si noe om den pedagogiske og faglige konteksten datamaskinene er brukt i. Dette har disse erfarne forskerne tatt høyde for ved å bruke reservasjonen: ”slik dette ble brukt av de aktuelle lærerne.”

Tabell 2.3: Kopi av tabell 7.19 i Lie m.fl., 1997, s. 193

	Aldri	Noen timer	Ganske ofte	De fleste timene	Korrelasjon Matematikk	
					6.kl	7.kl
Lærer viser oppgaveløsning	1	19	29	51	-	0,12
Vi skriver av fra tavla	12	52	22	14	-0,10	-0,11
Vi har prøve	1	62	34	4	-0,06	-0,13
Vi arbeider med oppgaver	10	42	28	21	-0,07	-
Vi arbeider med prosjekter	55	36	6	3	-0,16	-0,13
Vi bruker lommeregner	29	26	25	20	-	0,09
Vi bruker datamaskin	86	13	1	1	-0,10	-0,13
Vi arbeider i små grupper / to og to	35	45	13	6	-0,10	-0,05
Vi bruker ting fra hverdagen i oppg.	31	46	18	5	0,05	0,07
Lærer gir hjemmelekse	1	4	21	74	0,11	0,14
Vi begynner å gjøre hjemmelekse	29	40	17	15	-	-0,06
Lærer kontrollerer hjemmelekse	8	23	32	37	-	-
Vi retter leksene for hverandre	71	22	4	3	-	-0,09
Vi diskuterer lekser vi har gjort	27	39	23	12	-0,08	-

Tabell 7.19 Hvor ofte forekommer disse aktivitetene i matematikktimene?

Tabellen viser videre at 86 % av elevene mener de *aldri* bruker datamaskin i matematikktimene, og bare 2 % svarer *ganske ofte* eller *i de fleste timene*. En må derfor finne andre forklaringer enn utstrakt bruk av datamaskiner til at ”norske elever i 6. kl. (461 poeng) ligger 24 poeng lavere enn gjennomsnittet for alderstrinnet, noe som kan tolkes som at våre elever ligger nesten ett år ”etter”.” (Lie, m.fl., 1997, s. 25).

Når en leser hele rapporten, ser en at denne er mye mer nyansert enn det enkeltstående sitatet kan gi inntrykk av.

Når vi sammenholder spørsmålet vårt om lærerstyring i forhold til elevsentrering, slik dette fremtrer i spørsmålene i UNDERVISN 1 og UNDERVISN 2, med de prinsippene som er referert her, får vi en annen oppfatning av hva som fremmer god læring. Vi kan vanskelig tenke oss annet enn at læreren som person må være faglig styrende i alle prinsippene som her er nevnt. Kort sagt, det er opp til læreren å tilrettelegge undervisningssituasjonen ut fra prinsippene, men det er elevene selv som må bygge opp kunnskapene gjennom sine egne handlinger og refleksjoner. Når det for eksempel gjelder praktisk arbeid, er dette en aktivitet i seg selv, men arbeidet er ikke læringsinnholdet. På tilsvarende måte gir ikke konkretiseringsmaterieell kunnskaper av å bli brukt mekanisk, men det kan være nyttig for at en bestemt sammenheng skal tre fram. Igjen er det refleksjonen over det faglige som gir læring, ikke materialet i seg selv (Lie m.fl., 1997, s. 209).

Her ser vi en klar kritikk av den tilbaketrukne lærerrollen, og av det som Botten (2005) kalte ”ureflektert moromatte”. Det er derimot ikke en kritikk av spesielle læringsverktøy i seg selv, og dette gjelder også for bruk av digitale hjelpemidler:

Det er ikke slik at bruk av datamaskin alene gir økt læringsutbytte, læringsutbyttet er fortsatt avhengig av de nevnte prinsippene, men teknologien gir muligheter for å inkludere en del av disse prinsippene (Lie m.fl., 1997, s. 210).

Nyanseringen blir ytterligere understreket i de avsluttende kommentarene i Kjærnsli m. fl. (2007).

Vi føler oss enda sikrere denne gangen på at for svak pedagogisk ledelse i klasserommet er et hovedmoment for å forstå den faglige nedgangen. Vi argumenterer ikke mot elevaktive læringsformer i seg selv, men observasjoner fra klasserommet tyder på at slike metoder i større grad trenger en fast

didaktisk leder som hjelper elevene til å styre mot læringsmålene, og som stiller krav og konsoliderer og etterprøver læringsutbyttet (Kjærnsli m.fl., 2007, s. 262).

Denne gjennomgangen viser hvor viktig den pedagogiske konteksten er for å forstå hvordan en kan få til en læringsfremmende integrering av IKT i matematikkopplæringen. Det er grunnen til at jeg valgte å bruke kapittel 2.1 til en diskusjon av forskningslitteratur om lærernes undervisningspraksis.

Budskapet i det siste sitatet finner vi også igjen i boka ”Hvem skal hjelpe fremtiden? Et varsko om læremidlene og skolen” (Johnsen, 2010). Det sies at et bilde kan fortelle mer enn tusen ord, og i dette tilfellet kan en narrativ framstilling fortelle mer enn mange forskningsartikler, selv om en fortelling ikke kan brukes som dokumentasjon. Jeg vil oppsummere dette delkapittelet med et sitat fra denne boka. Fordi sitatet er nokså langt, har jeg innhentet forfatterens tillatelse til å gjengi det i denne sammenhengen.

Takket være en vennlig lærer (avdelingsleder) får jeg en regnværsdag i oktober anledning til å dumpe uanmeldt inn i en naturfagtime hos Olaf. Det første som slår meg, er at tavlen er kommet tilbake. Nå er den elektronisk og brukes glimtvis, men med lange intervaller. Det som da vises, er punkter og animasjoner som - slik de brukes her - klargjør sentrale poenger på et minimum av tid. I denne timen driver de med batterier. Dagen før har klassen vært i laboratoriet og viet seg produksjonen av batterier. Siden har de, dels på arbeidsrom og dels hjemme, registrert erfaringene på hver sin PC og tatt utskrift av notatene. Nå leder læreren en samtale der gårdsdagen, notatene, boken og skjermen utnyttes til en samtale om batteriets hemmeligheter. En elev rekker hand en i været - Olaf har nevnt noe om syre som ikke stemmer helt med teksten i læreboken. Alle er med, uansett om de måtte ønske batteriet dit svovelen strømmer. De er hos Olaf, og da er man bare med.

Avdelingslederen hvisker at Olaf er skolens beste lærer. Noen dager senere får jeg et annet sted anledning til å bli kjent med en dårlig lærer. La oss kalle ham Olav. Det er ombygging ved skolen, og jeg må ta meg inn i klassen hans via en provisorisk bakvei. Sleip som en gammeldags inspektør glir jeg på mine gummisåler sidelengs bak rekkene; de merker meg knapt. Alle synes oppslukt av hver sin PC. Av noen ord på tavlen (kritt!) forstår jeg at de har norsk. Her nederst i klassen observerer jeg det som PC-hatere har fortalt meg om; De sitter der og diller med hvert sitt mer eller mindre tilfeldige nettsøk uten tilknytning til norskfaget. Senere får jeg vite at det er sånn det er i Olavs timer. Han har erklært at han stiller seg åpen for det nye, selv om han ikke er noe særlig inne i sakene selv. Skulle jeg konsentrere denne rapporten, måtte det lyde slik; Vi må forhindre at digitaliseringen overtar en foreldet klasseromspraksis hvor elevene, velvillig mønstret av lærer, halvsover over hver sin bok. Det var nok slik at lærebøkene til en viss grad kunne kjøpe fritid til uforstandige eller bedagelige lærere. Med digitale ressurser økes muligheten for å ”frigjøre” ukyndige lærere på samme negative måte. Det må ikke skje. Olav må enten belæres eller fjernes.” (Johnsen, 2010, s. 15).

Det som går fram av disse eksemplene, og diskusjonen av innholdet i den aktuelle faglitteraturen, er at bruk av IKT må, som andre verktøy, brukes faglig og bevisst for å kunne bidra til effektiv læring. Læreren må være faglig styrende og aktivitetene må knyttes til målrettet matematisk refleksjon. Ut fra den refererte faglitteraturen, er det ikke grunnlag for å hevde at bruk av datamaskiner i seg selv fører til bedre eller dårligere resultater. Det er ikke verktøyet i seg selv, men måten det blir brukt på i en faglig sammenheng, som kan gi læringsmessig tap eller gevinst.

Arbeidet med funksjoner er en slik faglig kontekst der læreplanen peker på klare forbindelseslinjer mellom kompetansemålene og digitale hjelpemidler. Dette er temaet for neste delkapittel.

2.2.3 Bruk av IKT i utforskningen av funksjoner

I dette delkapittelet fokuserer jeg på forskningsresultater om vanlige misoppfatninger hos elever som jobber med funksjonsbegrepet. Deretter ser jeg på litteratur som vurderer om bruk av digitale hjelpemidler kan bidra til å forebygge og rette opp slike misoppfatninger, og om lærerne mener de har tid til å ta i bruk slike verktøy.

Jeg vil starte med å sitere tre læreplanmål om funksjoner for ungdomstrinnet, 1P og 1T. Dette gjør jeg fordi funksjonsanalyse er et tema som er felles for kompetansemålene i de tre elevgruppene. I disse kompetansemålene er det også et krav om at elevene skal arbeide med funksjonene digitalt.

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne...

- 10. kl.
lage, på papiret og digitalt, funksjoner som beskriver numeriske sammenhenger og praktiske situasjoner, tolke dem og omsette mellom ulike representasjoner av funksjoner, som grafer, tabeller, formler og tekst.
- 1P
gjøre greie for begrepet lineær vekst, vise gangen i slik vekst og bruke dette i praktiske eksempler, også digitalt.
- 1T
bruke digitale hjelpemidler til å undersøke polynomfunksjoner, rasjonale funksjoner, eksponentialfunksjoner og potensfunksjoner.

Å omsette mellom ulike representasjoner, som det står i kompetansemålet for 10. klasse, er det sentrale temaet i Grønmo & Rosén (1997) sin artikkel om Janviers matrise for slike overganger.

Till / Från	Situation	Tabell	Graf	Algebraisk uttrykk
Situation		Mätning (1)	Skissning (2)	Modellering (3)
Tabell	Avläsning (4)		Ritning (5)	Tolkning (6)
Graf	Tolkning (7)	Avläsning (8)		Anpassning (9)
Algebraisk uttrykk	Tolkning (10)	Beräkning (11)	Ritning (12)	

Figur 2.2: Janviers tabell for overganger mellom ulike funksjonsrepresentasjoner

I følge Grønmo og Rosén har elevene mange misoppfatninger knyttet til funksjonsbegrepet. De nevner spesielt tre av de vanligste, som går ut på at

- elevene betrakter en graf som et bilde av en situasjon,
- elevene tror at alle linjer skal avbildes som rette linjer,
- elevene ser ingen forskjell mellom en grafisk fremstilling i statistikk og den som brukes som representasjonsform for funksjoner.

Mevarech & Kramarsky (1997) bruker ikke betegnelsen misoppfatninger, men *alternative conceptions* (alternative begrepsforståelser). De påpeker at problemet gjelder for elever og studenter i mange aldersgrupper, fra de helt unge til fysikkstudenter på universitetsnivå.

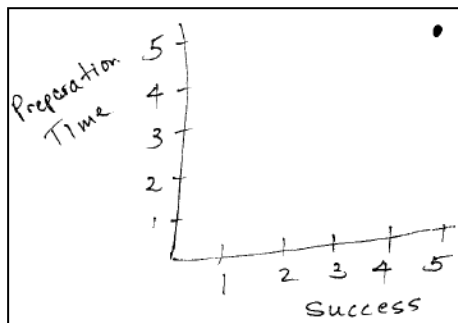
Although graphing has long been considered a fundamental part of mathematics and science curricula, recent studies have indicated that students' understandings of graphs is rather limited. Many students have difficulties when asked to shift between different modes of presentations ... Others cannot use graphs for either imparting or extracting information.... Still others cannot apply what they have learned about graphs in mathematics class to physics and/or other subject matter.... There is ample evidence that difficulties relating to graph interpretation are widespread ... manifest at all levels of education including students attending an honour section of a calculus-based university physics course (Mevarech & Kramarsky, 2008, s.191).

Mevarech & Kramarskys studie av 92 elever i alderen 12-14 år, minner oss om at elevene har med seg tidlige oppfatninger når de møter et "nytt" emne i matematikken. Disse oppfatningene er ikke alltid i overensstemmelse med det læreren ønsker at elevene skal sitte igjen med etterpå. Målet med Mevarech & Kramarskys undersøkelse var å avdekke alternative begrepsforståelser og å se hvor "motstandsdyktige" disse var i møtet med en tradisjonell opplæring om grafer. For å kartlegge elevenes korrekte og alternative oppfatninger, fikk elevene følgende oppgave før opplæringen:

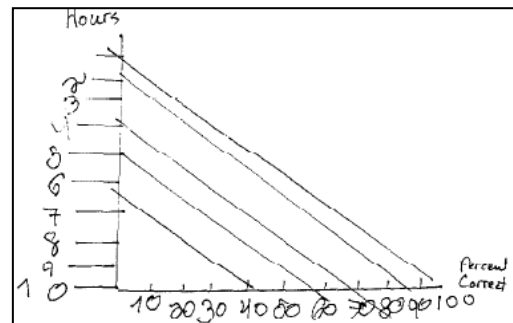
Sarah, Rivka, Rachel, and Leah discussed the question of whether or not their success on tests is related to the amount of time that they prepare for the tests.

- A. Sarah claimed that the more she studies, the better her grades are. Please construct a graph that represents Sarah's claim.
- B. Rivka argued that no matter how long she studies, she always gets the same grade. Please construct a graph that represents Rivka's claim.
- C. Rachel, however, said that when she studies up to three hours, the longer she studies the better her grades; but, beyond three hours, she becomes tired and her grades are lower. Please construct a graph that represents Rachel's claim.
- D. Leah confessed that for her, generally, when she studies more, her grades decrease. Please construct a graph that represents Leah's claim (Mevarech & Kramarsky, 1997, s. 234).

Et par av løsningene er vist på figur 2.3 og 2.4 nedenfor. (Mevarech & Kramarsky, 1997, s. 239-240).



Figur 2.3: Misoppfatning av graf som punkt



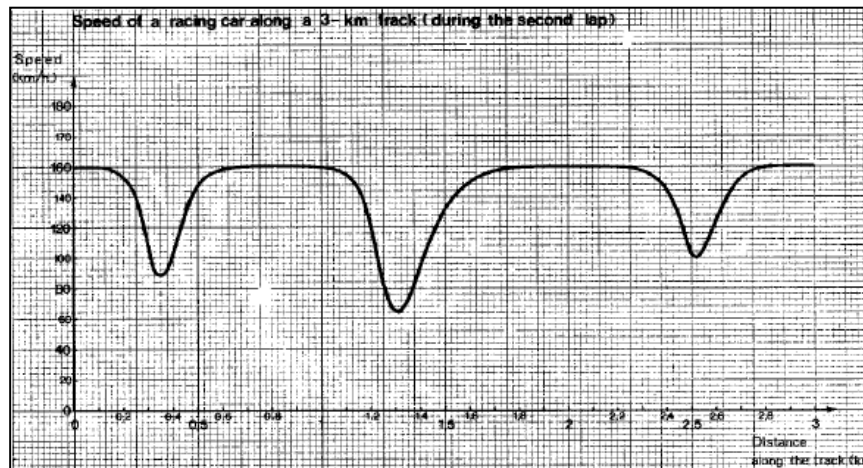
Figur 2.4: Misoppfatning med flere grafer for en situasjon

Etter å ha gjennomgått en tradisjonell opplæring i emnet, fikk elevene den samme oppgaven på nytt. Det viste seg da at 37 % holdt fast på den alternative oppfatningen at en graf kan fremstilles som et punkt (figur 2.2), og 36 % fremstilte fortsatt en serie grafer (figur.2.4).

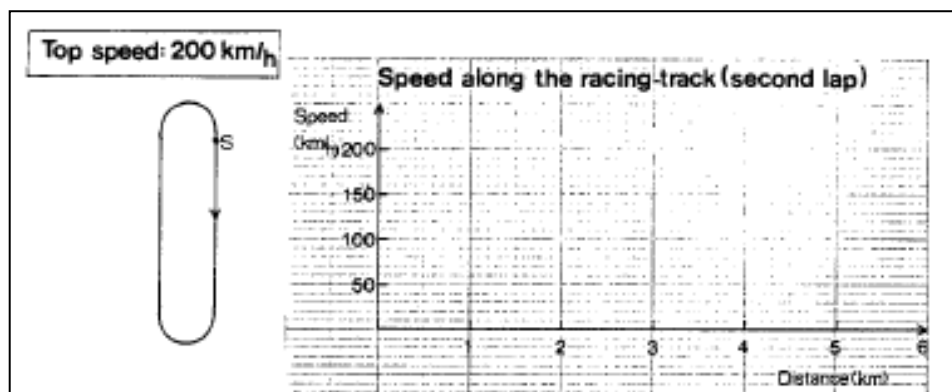
...where serious misconceptions exist they cannot be removed simply by teaching the correct idea; the learner needs to become aware of what is going wrong in his thinking about the situation, and to see how the correct approach differs from his current one. Too many lessons are given on the assumption that the students have no ideas about a given topic by the situation until it is explained to them by the teacher. Such teaching can at best be simply memorized; it cannot be assimilated into the student's working body of knowledge (Mevarech & Kramarsky, 1997 s. 260).

Denne studien viser hvor viktig det er å følge Ausubels (1968) råd, som jeg presenterte i kapittel 2.1.1, om å skaffe seg greie på hva elevene kan, inkludert hvilke misoppfatninger de har, og å legge til rette for læring deretter.

Janvier (1981) har undersøkt hvordan en gruppe elever i alderen 11-15 år klarte å omsette informasjon fra en graf til en situasjon og omvendt. Figur 2.4 og 2.5 viser eksempler på oppgaver som ble brukt i forsøket (Mevarech & Kramarsky, 1997, s. 115-116).



Figur 2.5: Figuren viser fartsgrafen til en racerbil. Hvor mange svinger har banen?



Figur 2.6: Figuren viser banen til en racerbil. Kan lage en skisse av fartsgrafen?

Et spesielt interessant funn hos Janvier, var at mange elever klarte å bruke grafen på figur 2.5 til å trekke ut riktig informasjon om for eksempel maksimumsfart, for like etterpå å tolke grafen som et bilde av selve banen. Janvier fant også at guttene i forsøket (som hadde mer erfaring med å leke med bilbaner) i gjennomsnitt klarte disse oppgavene bedre enn jentene. I læreplanmålet for 1P, stod det at en skulle knytte lineær vekst til praktiske eksempler. Janvier's studie viser da hvor viktig det er at lærere må bruke varierte hverdags situasjoner i eksemplene, slik at en tar hensyn til at elevene har forskjellig erfaringsbakgrunn.

Janvier trekker også en annen viktig konklusjon ut av denne studien, og understreker verdien av verbale "holdepunkter" når elevene skal omkode informasjon fra en funksjonsrepresentasjon til en annen.

In other words, we observed that the only successful strategy was to give 'verbal tags' to the elements involved and afterwards work basically from those "spoken" tags. Not enough is known about the role

of language in concept formation and its interrelationship with mathematics thinking as Austin and Howson (1979) mention. However, our research gave us sufficient evidence to regard as basic 'internal verbal activity' as studied by Luria and Yudovich (1971) in young children and consequently to worry about the growing use of worksheets in classrooms which replace spoken explanation by written information (Janvier, 1981, s. 121).

Dette gir støtte til bekymringene hos Kjærnsli m.fl. (2007), Klette (2008), Grønmo & Onstad (2009) og Alseth & Røsseland (2010), som jeg refererte til i kapittel 2.1.2.

Javier har også en advarsel til lærere, læreplanutformere, forskere og lærebokforfattere om at bruk av dagligdagse eksempler ikke er noe tryllemiddel i seg selv for å ”konkretisere” abstrakte matematiske sammenhenger.

During the entire research project, we gradually gained the conviction that the use of situations was not the panacea which guarantees 'concretisation' of abstract notions. At the outset, the main intention in writing this paper been to share this conviction with teachers, curriculum designers, textbook authors and other researchers especially as textbooks today at all levels are full of 'illustrated' situations which often increase the number of elements the pupils have to attend to and, thus, are far from making abstract materials concrete (Janvier, 1981, s. 121-122).

For å redusere misoppfatninger knyttet til funksjonsbegrepet, anbefaler både Janvier og Grønmo & Rosén (1997) at elevene får jobbe med varierte oppgaver knyttet til alle overgangene mellom de ulike funksjonsrepresentasjonene, slik figur 2.1 viser.

Janvier understreker vikten av at eleven får göra erfarenheter av och reflektera över flera representationsformer och övergången från en till en annan. Erfarenheterna - knutna till rutorna i matrisen – blir på det sättet viktiga byggstenar i elevens utveckling av ett eget funktionsbegrepp (Grønmo & Rosén, 1997, s. 43).

Studiene jeg har referert til hittil i dette delkapittelet har hatt fokus på yngre elever enn dem som går i 10. kl. og i 1P/1T. Rønningstad (2009) har i sin mastergradsoppgave sett på misoppfatninger hos over 200 elever på vg1 og vg2, som har valgt *program for studiespesialisering*. Hun legger vekt på skillet mellom strukturell og operasjonell kunnskap.

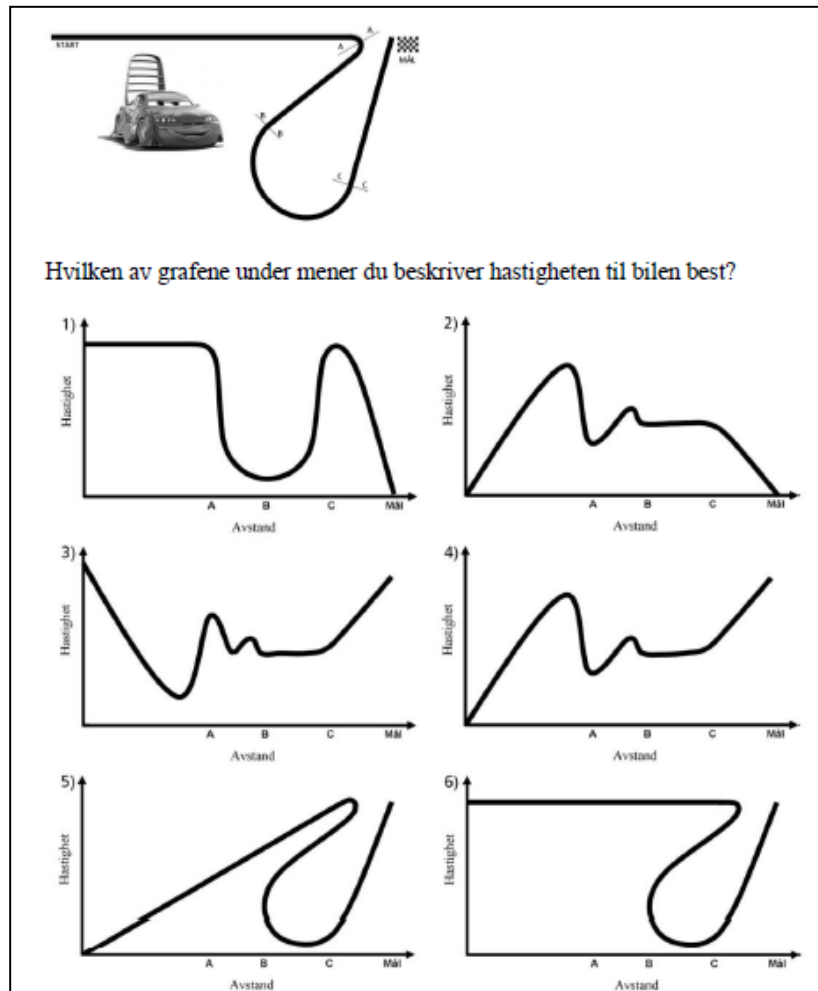
Dersom hensikten med en oppgave er å lese av verdier på en graf, trengs kun operasjonell kunnskap. Det samme gjelder oppgaver som kan løses med en kjent algoritme. For eksempel å tegne grafen til en lineær likning. For å kunne løse en slik oppgave, kreves operasjonell kunnskap. Men for å kunne tolke en graf, for å kunne ”se” den abstrakte informasjonen, trengs strukturell kunnskap (Rønningstad, 2009, s. 76).

Vi kan se dette sitatet i sammenheng med Janviers (1981) observasjon av elever som kunne finne den største hastigheten til en racerbil ut fra en fartsgraf, men som like etterpå tolket grafen som et bilde av banen. Dette kan skyldes at eleven hadde operasjonell kunnskap til å lese av maksimumsverdier, men manglet en dypere strukturell kunnskap som var nødvendig for å tolke og forstå grafen. Rønningstad finner den samme tendensen til å forveksle en graf med et bilde av en situasjon hos disse elevene på videregående skole. Hun avdekker også flere andre misoppfatninger.

Undersøkelsen viser at en stor andel av elevene har problemer med å gjøre om fra algebraisk uttrykk til graf. I disse oppgavene var det mange ulike svar, noe som tyder på stor usikkerhet hos elevene. Tilsvarende mange hadde også problemer med å gå fra graf til algebraisk uttrykk. Det viser seg at det er forholdsvis mange som sliter med tolking av grafer som viser til bestemte situasjoner. Det å koordinere og se relasjoner mellom en situasjon og en graf og relasjoner mellom to variable i en graf er for mange elever problematisk. Elever som ikke har nådd abstrakt nivå, som ikke klarer å forholde seg til en graf som et objekt, har en tendens til behandle grafen som et bilde av situasjonen. Videre fant vi at en del

elever har problemer med å bestemme hvor en graf vokser mest (finne stigningstall). Høyest på grafen forveksles med størst stigning (Rønningstad, 2009, s. 82).

En av oppgavene som ble brukt i undersøkelsen er vist i figur 2.7 nedenfor. (Rønningstad, 2009, s. 82).



Figur 2.7: Oppgave om forholdet mellom en beskrevet situasjon og en tilhørende graf

Eleven ”Kari” (K) valgte graf nr. 3, og blir intervjuet av læreren (L) om begrunnelsen for dette valget etterpå:

Eleven virket litt utilpass og ikke helt fortrolig med situasjonen.

K: ”Har jeg svart galt?” Hun peker på graf 5 og spør ”Er det den da?”

Jeg ba henne om å se på den grafen hun først hadde svart, graf 3.

L: ”Kan du ut fra grafen forklare meg hvorfor du mener denne passer best til fartsetappen på figuren over?”

K: ”Bilen kjører fort frem til A og da må den bremse ned før svingen.”

L: ”Hvis du ser på grafen, når er farten lavest?”

L: ”Hvordan er farten til bilen i punktet A?”

Eleven ser av grafen at farten er på vei opp igjen lenge før bilen kommer til svingen i A og begynner å lete etter en annen graf som passer bedre.

L: ”Hva vet vi om farten til bilen på START?”

K: ”Bilen står stille.”

L: ”Se en gang til på den grafen du mente passet best. Kan du si noe om farten til bilen når den starter?”

K: "Denne er den riktige", sier hun og peker på graf 4. "Her starter farten til bilen på null." (Rønningstad, 2009, s. 87).

Jeg har valgt å ta med dette omfattende utdraget fra Rønningstads undersøkelse, fordi det illustrerer et meget viktig poeng hos Janvier (1981): Nå eleven "Kari" får spørsmål fra læreren som hjelper henne til å knytte verbale holdepunkter (*verbal/spoken tags*) til viktige hovedtrekk ved situasjonen, blir det lettere for henne å se sammenhengen mellom situasjonen og fartsgrafen. Denne observasjonen understreker også hvor viktig det er med en strukturerende lærer som kan stille de rette spørsmålene og få gitt eleven de nødvendige verbale holdepunktene. Disse vil kunne fungere som døråpnere, og gjøre det lettere å utvikle seg i den proksimale sonen.

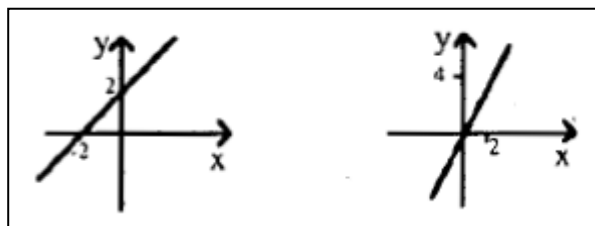
Siden denne oppgaven handler om bruk av IKT, er det et naturlig neste skritt å spørre om digitale hjelpemidler kan hjelpe elevene til å forstå overganger mellom ulike representasjoner. Det finnes i dag flere dynamiske matematikkprogram som er slik at en forandring av for eksempel en tabellverdi kan føre til en automatisk justering av grafen og funksjonsuttrykket. Dette kan muligens gjøre det lettere for elevene å se sammenhenger mellom de ulike representasjonene. På den andre siden kan en ureflektert bruk av digitale verktøy føre til nye misoppfatninger.

Lingefjärd (2000) har studert slike feilslutninger, og advarer mot å la resultatene som de digitale verktøyene viser bli en dominerende autoritetskilde.

Misconceptions about functions when using technology appear in at least two contexts. First, students may believe that a real-world phenomenon behaves in a way that is impossible or unlikely. They may contend that growth is exponential, for example, when other evidence shows that an exponential function makes no sense for phenomenon. Second, they may uncritically accept trendlines or regression curves provided by the software that lead to contradictions. For example, students may conclude from a linear model that record times for an athletic event will eventually drop to zero or below. The uncritical use of technology is related to the authority that students see it as possessing (Lingefjärd, 2000, s. 21).

Eksemplene med eksponentiell vekst og regresjon er spesielt aktuelt for elevene i 1T, som har dette med i det siterte kompetansemålet.

Noen av de enkleste funksjonene er de som kan representeres grafisk av rette linjer, men også her kan elever i midten av tenårene ha mange misoppfatninger, i følge Duval (1999).



Figur 2.8: Duvals "Figur 2". (Duval, 1999, s. 7).

Cartesian graphs are very common examples because they look visually easy to grasp. But many observations have shown that most 15-17 year old students cannot discriminate the equations $y = x + 2$ and $y = 2x$ when looking at the two graphs presented in Figure 2. Notwithstanding this kind of failure, students succeed in the standard tasks such as constructing the graph from a given equation or reading the coordinates of a point! (Duval, 1999, s. 6).

En dynamisk endring av stigningstal og konstantledd kan være godt egnet for elevene til å forstå sammenhengen mellom funksjonsuttrykk og graf. I Ruthven og Hennessys studie

(2005), gir lærerne uttrykk for at bruk av grafplottere kan hjelpe elevene til å få en dypere forståelse av disse forbindelsene.

We've got a graph plotting package which isn't particularly sophisticated...but it makes it nice and easy for the kids to use... Actually drawing a graph and seeing it on the screen, they can very quickly see what's happened to the graph. So using IT in that respect, it makes a significant difference in the depth of the understanding and the speed in which it takes to learn skills... You may get there in two lessons rather than three, so you can gain a lesson (Ruthven & Hennessy, 2002, s. 71).

Denne læreren var en av flere i undersøkelsen som mente at denne bruken av IKT var både effektiv og læringsfremmende.

It saves a lot of time as well with the Further Maths and the graphing that we did. It would have taken forever to actually plot all the points and see what happens when you transform certain shapes. Whereas it was done in a flash and they could see and they learnt an awful lot. So then they were ready and they'd accepted it because they'd seen it happening... Whereas it would have taken many lessons if we'd actually plotted all these graphs, they'd have just got bored by it. So that definitely helped just kept the pace going (Ruthven & Hennessy, 2002, s. 64).

I kapittel 2.2.1 så vi at Assude (2005) dokumenterte lærernes bekymring for tidsbruken i matematikktimene.

How can didactic time be made to advance more rapidly while increasing the tool time? (Assude, 2005, s. 196).

Assude (2005) og Crisan (2007) fant, i likehet med Ruthven & Hennessy, eksempler på at lærere mente de "sparte tid", samtidig som elevene fikk en dypere matematisk forståelse.

The teachers regarded supplementing their oral presentation with accurately drawn shapes and nicely written board notes, as a welcome refreshment to their usual practices, of doing the same thing all the time. In a sense, such use of technology simply assisted teachers to realise an established form of practice, but in their views ICT enabled them to employ this practice more effectively. When using a graph plotter application, the teachers were able to generate lots of examples in a short amount of time, speeding up the pace of the lesson: 'I just think that you can demonstrate a lot more, much more quickly and can recall the diagrams quickly' (Crisan, 2007, s. 34).

Det finnes altså mange eksempler på at bruk av IKT kan være både en tidsbesparende og effektiv måte å la elevene utforske og erfare egenskaper ved grafer, og finne ut hvordan disse henger sammen med de andre representasjonene, slik de utvalgte læreplanmålene legger opp til.

Tabellen til Janvier viser de mange overgangene mellom ulike funksjonsrepresentasjoner. I noen av disse kan det være en fordel med digitale hjelpemidler. I andre er det best å bruke papir og blyant eller et annet læringsverktøy. Det blir derfor viktig at både læreren og elevene vet når det kan være en fordel å bruke IKT, og når det er best å la være. I læreplanen for fellesfaget matematikk for grunnskolen og Vg1 (Utdanningsdirektoratet, 2009), er denne bevisstheten om fordeler og begrensninger ved de verktøyene en velger, inkludert i kravet om å kunne bruke digitale verktøy i matematikkopplæringen.

Å kunne bruke digitale verktøy i matematikk handler om å bruke slike verktøy til spel, utforsking, visualisering og publisering. Det handler òg om å kjenne til, bruke og vurdere digitale hjelpemiddel til problemløsning, simulering og modellering. I tillegg er det viktig å finne informasjon, analysere, behandle og presentere data med høvelege hjelpemiddel, og vere kritisk til kjelder, analysar og resultat (Utdanningsdirektoratet, 2009, s. 4).

Det er så langt gjort lite forskning på den mulige læringseffekten av de nye dynamiske matematikkprogrammene. GeoGebra er et eksempel på et slikt dynamisk verktøy, der elevene kan se en direkte forbindelse mellom tre ulike funksjonsrepresentasjoner samtidig. Det kan være en interessant problemstilling for et senere forskningsprosjekt å undersøke om GeoGebra eller et tilsvarende verktøy, kan bidra til å øke forståelsen for begrepet funksjoner. Forskning om GeoGebra er temaet for neste delkapittel.

2.3 Forskningslitteratur om dataverktøyet GeoGebra

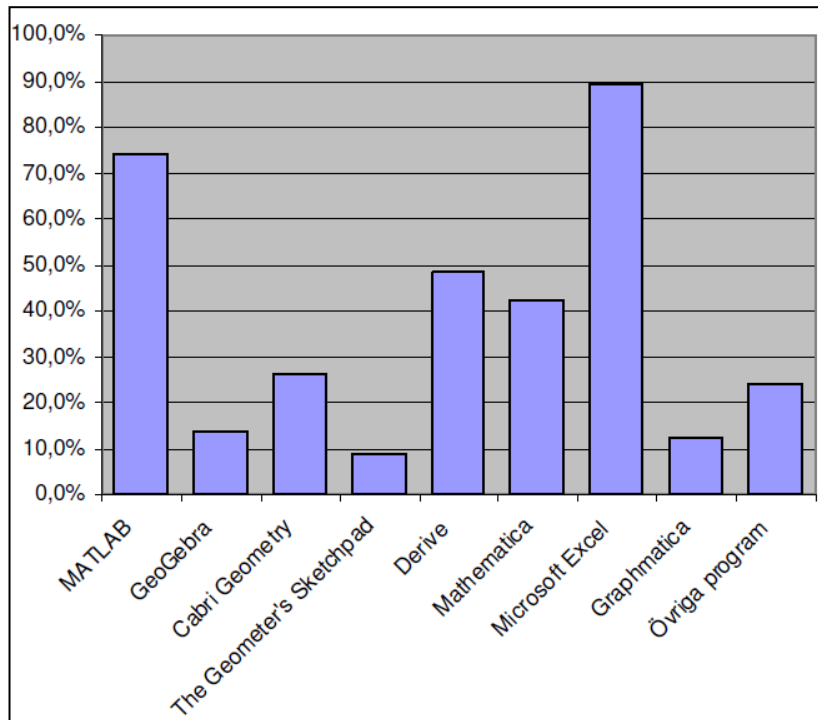
Den første versjonen av GeoGebra ble gjort tilgjengelig i 2002. Versjon 3.2 ble lansert i juni 2009, og der ble m.a. et regneark og muligheter for regresjon inkludert i programmet. I versjon 4.0, som er planlagt lansert i slutten av 2010, blir det også tatt med et CAS-verktøy. Da GeoGebra er forholdsvis nytt, finnes det ikke mye forskning om utbredelsen og bruken av dette programmet, slik tilfellet er for Cabri og The Geometer's Sketchpad. Mye av forskningslitteraturen, som omhandler dynamisk geometri, vil kunne ha stor overføringsverdi for brukere av GeoGebra.

Det finnes i skrivende stund noen få doktorgradsavhandlinger, mastergradsoppgaver og forskningsartikler om bruken av det sistnevnte programmet, og om hva lærere og kursholdere bør være spesielt oppmerksomme på når de ønsker å introdusere dette som et naturlig undervisnings- og læringsverktøy. Jeg vil derfor bruke dette delkapittelet til å presentere hovedtrekk fra disse publikasjonene.

Sangwin (2007) har beskrevet de viktigste særtrekkene ved GeoGebra, og peker på at programmet kan benyttes på flere trinn fra grunnskole til universiteter. Sangwin bruker selv GeoGebra i sin matematikkundervisning ved University of Birmingham.

GeoGebra, the brainchild of Markus Hohenwarter, (...) joins geometry, algebra and calculus. On the one hand, GeoGebra is a dynamic geometry system in which you work with points, vectors, segments, lines, and conic sections. On the other hand, equations and coordinates can be entered directly. Functions can be defined algebraically and then changed dynamically afterwards. GeoGebra has a simple CAS in the background which has the ability to deal with variables for numbers, vectors and points, find derivatives and integrals of functions and offers commands like Root or Extremum. These two views are characteristic of GeoGebra: an expression in the algebra window corresponds to an object in the geometry window and vice versa. Although GeoGebra has been designed for education in secondary schools, it certainly has uses in Higher Education for demonstrations in lectures or for students to use in exploring functions, graphs and so on (Sangwin, 2007, s. 36).

Jeg kjenner bare til en kvantitativ studie om utbredelse og bruk av GeoGebra. Det er Balke & Hutts (2009) undersøkelse av nesten 3000 matematikklærere i *gymnasiet* i Sverige, og deres bruk av digitale verktøy. Respondentene til Balke & Hutt ble spurt om hvilke matematikkprogram de hadde hørt om, og hvilke de brukte selv. Figur 2.9 viser hvor stor andel av lærerne som hadde hørt om GeoGebra og en del andre matematikkprogram.



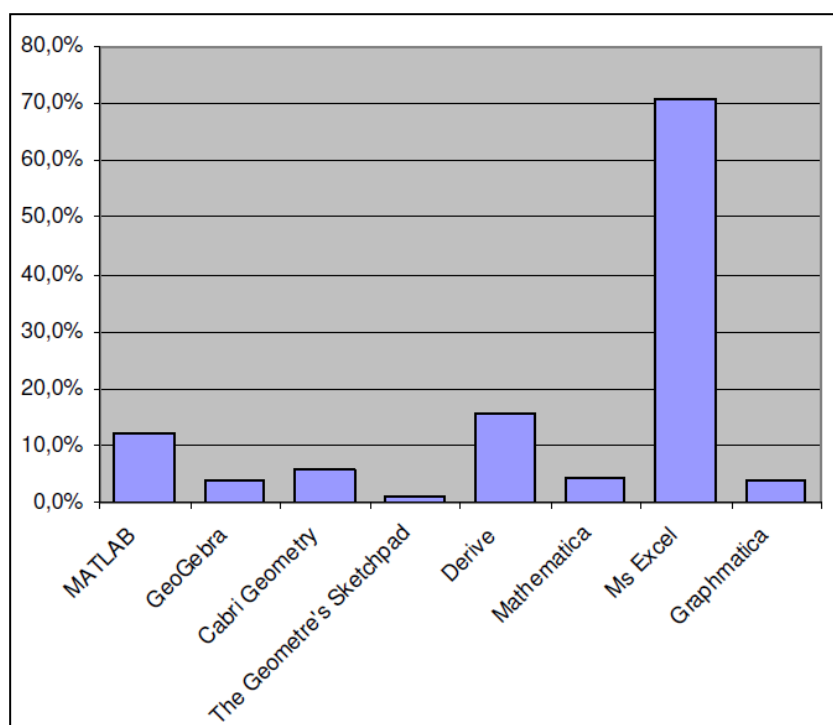
Figur 2.9: Andelen svenske matematikklærere på *gymnasiet* som har hørt om noen utvalgte dataprogram (Balke & Hutt, 2009, s. 25)

Vi ser at GeoGebra er forholdsvis lite kjent i Sverige. Bare 13,7 % har hørt om dette programmet. Her er det Excel (89,3 %), MATHLAB (74,1 %), Derive (48,4 %), Mathematica (42,1 %) og Cabri (26,2 %) langt mer kjente. Andelen norske lærere som har hørt om GeoGebra blir presentert i kapittel 5.3, og i kapittel 6.3 vil jeg peke på noen mulige årsaker til forskjeller mellom landene på dette området. Her vil jeg bare gjengi de svenske forskernes egne kommentarer til registrerte forskjeller.

Omkring programmet har det vuxit fram en foreteelse som kallas *International GeoGebra Institute* bestående av lærere och forskare från hela världen. Institutet verkar för att främja matematiskt lärande med hjälp av programvaran GeoGebra. Under sig har instituttet ett antal lokala institut. I Europa finns sex länder representerade bland dessa lokala institut, däribland Danmark och Norge. (GeoGebra, 2008). Sverige har inget GeoGebra-institut vilket innebär att främjandet av användningen av GeoGebra står och faller med att enskilda lärare arbetar för det. I länder som Danmark och Norge finns istället organiserade krafter som arbetar för en utveckling inom området (Balke & Hutt, 2009, s. 5).

Balke & Hutt har også sett på hvor mange som bruker de ulike programmene, hva de bruker dem til, og hvor egnet lærerne syntes programmene var i en undervisningssammenheng.

Bare 3,9 % av disse lærerne bruker GeoGebra i undervisningen. Både Excel (70,8 %), Derive (15,6 %), MATHLAB (11,9 %) og Cabri Geometry (5,7 %) er mer brukt enn GeoGebra i Sverige.



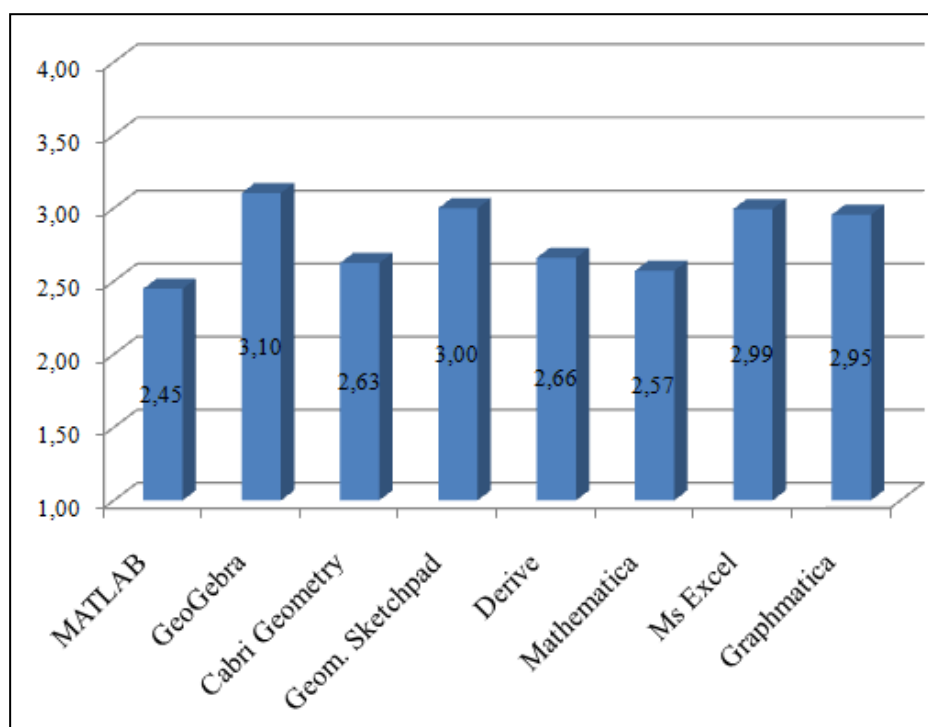
Figur 2.10: Andelen svenske matematikklærere på *gymnasiet* som bruker noen utvalgte dataprogram i undervisningen (Balke & Hutt, 2009, s. 26)

Jeg velger også å gjengi tabellen med svarfordelingen på hvor godt egnet lærerne mente programmene var til bruk i undervisningen.

Tabell 2.4: Fordelingen av svar på hvor godt egnet svenske lærere mente ulike matematikkprogram var i undervisningen (Balke & Hutt, 2009, s. 27).

Svarsalternativ / Program	1 (Fungerar inte alls i undervisning)	2	3	4 (Fungerar utmärkt i undervisning)
MATLAB	25 (15,0%)	61 (36,5%)	62 (37,1%)	19 (11,4%)
GeoGebra	0 (0%)	13 (27,1%)	17 (35,4%)	18 (37,5%)
Cabri Geometry	4 (5,6%)	30 (41,7%)	27 (37,5%)	11 (15,3%)
Geom. Sketchpad	2 (15,4%)	1 (7,7%)	5 (38,5%)	5 (38,5%)
Derive	4 (2,5%)	71 (43,8%)	63 (38,9%)	24 (14,8%)
Mathematica	7 (11,1%)	22 (34,9%)	25 (39,7%)	9 (14,3%)
Ms Excel	14 (1,7%)	211 (25,0%)	386 (45,7%)	234 (27,7%)
Graphmatica	0 (0%)	15 (34,1%)	16 (36,4%)	13 (29,5%)

Gjennomsnittverdiene for disse vurderingene er gjengitt i figur 2.11. Vi ser at det er forholdsvis få av de svenske respondenter som har vurdert de minst kjente programmene, og vi må derfor være forsiktige med å generalisere. Figuren viser at disse respondentene er gjennomsnittlig mest fornøyde med å bruke GeoGebra i undervisningen, og minst fornøyde med Mathematica og MATLAB. Disse sistnevnte er avanserte programmer som er ikke spesielt designet med tanke på bruk for elever på ungdomstrinnet eller videregående skole. MATLAB har sin styrke i numeriske operasjoner, og er det mest brukte verktøyet til numerisk matematikk ved NTNU i følge nettsidene der. (<http://www.ntnu.no/adm/it/brukerstotte/programvare/matlab>). Mathematica er et annet avansert program som noen mener er bedre egnet enn MATLAB til avanserte algebraiske beregninger. Det kan virke som disse programmene har et noe tungt brukergrensesnitt for denne målgruppen.



Figur 2.11: Gjennomsnittsverdier for hvor egnet ulike programmer var til bruk i undervisningen, i følge svenske matematikklære på gymnasiet

Lagrange (2005) understreker også hvor viktig det er med et brukergrensesnitt som er tilpasset den målgruppen programmet skal brukes av, og finner noen av de mest vanlige CAS-verktøyene lite egnet til bruk i matematikkopplæringen for elever.

Standard CAS were created for mathematicians without concern for teaching/learning specificities like students' knowledge or educational goal (Lagrange, 2005, s. 179).

Lagrange beskriver et prosjekt der en utvikler et dataverktøy (Casyopée) som blir tilpasset ut fra de aktuelle læreplanmålene og lærernes undervisningspraksis. Hans beskrivelse av de ønskede egenskapene til et slikt program, har mange fellestrekk ved Sangwins tidligere siterte beskrivelse av GeoGebra.

To avoid the complexity of fusing two applications and to provide a transition from geometrical generation to algebraic modeling, we are thinking of the possibility of diversifying the way users can introduce a function: as an algebraic formula but also from geometrical definitions – lines and other geometrical objects, best fit to a set of points (functions of regression) -, or from a relationship between variable geometrical objects (Lagrange, 2005, s. 178).

På samme måte som Lagrange, er også Little (2008) opptatt av at dataverktøyet må ha et enkelt brukergrensesnitt, slik at det blir lett for lærerne å sette seg inn i. Han mener dette er ett av de tre viktige forutsetninger for at lærere skal ta i bruk IKT i matematikkopplæringen.

Although computers and calculators have had a massive effect on some areas of school mathematics, some evidence suggests that geometry teaching has been slow to utilise computer software. This paper discussed three barriers to implementing dynamic geometry in the classroom:

- curriculum scope: teachers need to be convinced that they can teach geometry more effectively
- accessibility of computers: teachers and/or students need ready and regular access to computers
- accessibility of programs: they must be easy to learn so that the emphasis is on learning the maths, not the program.

With the development of internet-based freeware, such as GeoGebra, it is possible that these barriers may be being overcome (Little, 2008, s. 49).

Resultatene fra Balke & Hutt gir støtte til Littles synspunkter, da GeoGebra var det programmet de svenske matematikklærerne var mest fornøyde med, og sammen med Graphmatica, det eneste programmet der ingen av respondentene krysset av for *Fungerar inte alls i undervisningen*. Jeg vil her nok en gang minne om det var få respondenter som vurderte flere av de aktuelle programmene, og at vi derfor må være forsiktige med å overføre resultatene til hele populasjonen av matematikklærere.

Den svenske undersøkelsen er altså den eneste som jeg kjenner, utenom min egen, som kartlegger kvantitativt kjennskap til og bruk av programmet GeoGebra. Det er derimot gjennomført noen kvalitative studier som viser hvordan GeoGebra kan brukes for å øke motivasjonen og den matematiske forståelsen hos elevene.

Chrysanthou (2008) viser hvordan programmet brukes til utforskning av π på en barneskole på Kypros. Hun understreker at bruk av IKT ikke er et mål i seg selv, og ingen garanti for økt forståelse. Det er lærerens kompetanse og hvordan programmet blir brukt som er avgjørende for suksess.

Providing GeoGebra and technology in general to schools or teachers will not necessarily make a difference. The way that it is used by pupils and teachers is what makes the difference (Chrysanthou, 2008, s. 71).

Når disse elevene skulle finne et forhold mellom omkretsen og diameteren på en sirkelformet gjenstand, hadde de først utført målingene på konkrete gjenstander, men her kom de naturlig nok fram til ulike resultater. Dette kunne brukes som utgangspunkt til å diskutere målenøyaktighet, men var lite overbevisende i forhold til å finne en nøyaktig verdi for π . Etter bruk av det dynamiske verktøyet var elevene overbeviste og læreren fornøyd. Sitatene nedenfor er fra en elev og en lærer som deltok i prosjektet.

I liked that we didn't have to use our rulers to measure stuff, which usually means that each one of us gets a different result. In these lessons we measured quickly and accurately. We cooperated with our classmates and ended up with the same results...

In previous years when I challenged the students to examine the relationship [between the circumference and the diameter] it wasn't that accurate... they found 3.17, 3.20, 3.05, 3.07 and they had to trust teacher's judgment that the average is 3.14 and not all of them were convinced... today it was different; they all saw that every example was 3.14... it was clear and convincing... (Chrysanthou, 2008, s. 50).

En tilsvarende øvelse kunne selvsagt vært utført med Cabri eller et annet dynamisk geometriprogram, men GeoGebra har den fordel at det er gratis, og kan derfor frigi midler hos skolene til innkjøp av annet skolemateriell.

Lu (2008) har gjennomført en annen kvantitativ studie, der hun sammenlignet bruken av GeoGebra hos lærere på videregående skoler i England og Taiwan. Hun fant at måten de brukte programmet på var sterkt knyttet til de ulike lærernes kulturelle bakgrunn og matematiske grunnsyn. Dette er ikke overraskende, og er nok en observasjon som en ville funnet for flere matematiske programmer.

The English teachers imbued a more positive attitude towards technology than their Taiwanese counterparts. However, teachers in both countries expressed favorable opinions regarding GeoGebra's agreeable contribution to their teaching ... It appeared that the English teachers associated GeoGebra primarily with geometric topics. Conversely, Taiwanese teachers worked with GeoGebra on both

geometric and algebraic topics as they did not consider algebra and geometry to be necessarily separate; possibly as a result of the structure of Taiwanese curriculum and textbook-oriented culture (Lu, 2008, s. 64).

I kapittel 2.1 presenterte og analyserte jeg litteratur om lærernes undervisningspraksis, og viste at mange forskere i dag fremhever betydningen av en strukturert og dyktig lærer som evner å engasjere elevene i felles matematiske diskusjoner. En av lærerne som Lu intervjuet gav uttrykk for at GeoGebra var godt egnet til å skape interesse for matematiske sammenhenger. Spørsmål av typen: ”Hva skjer dersom...?” kan få eleven til å gjøre kvalifiserte gjetninger, slik Pólya anbefaler.

We can spend a proper amount of time talking about what happens if I move this to the left. And only at the very end of that discussion, do we then actually do it... then wonderfully pupils want to know: can you make it a decimal? That's how they call it, what happens if I make this point to the centre? Can you make it negative? What happens if that's a zero? There are very nice things you can do with this. (Lu, 2008, s. 49).

Preiner (2008) skriver i sin doktorgradsavhandling om hvor viktig lærernes første møte med et nytt dataprogram er for at dette skal bli et nyttig og naturlig tillegg i lærernes pedagogiske verktøykasse. Kursholdere må sørge for at det blir ”kjærlighet ved første klikk”. Dette bør være et mål ved introduksjon av all programvare, men Preiner har gått spesielt systematisk til verks for å oppnå dette. Hun har delt verktøyene i GeoGebra inn i grupper etter vanskegrad, og utviklet detaljerte retningslinjer for gjennomføringen av kurs og verksteder.

Hohenwarter, Hohenwarter & Lavicza (2009) bygget videre på arbeidet til Preiner, og gjennomførte en undersøkelse på hvilke vansker 44 lærere på barne- og ungdomstrinnet i USA møtte på et toukers sommerkurs i bruk av GeoGebra og en del andre matematikkverktøy. Data fra spørreundersøkelser til kursdeltakerne viste m.a. at lærere som brukte ei ekstern mus, syntes det var lettere å lære å bruke programmet enn dem som brukte *touch pad*. Undersøkelsen gav også større innsikt i hvilke verktøy deltakerne fant lettest å bruke, og hvilke som ble oppfattet som mest krevende av nye brukere. Disse opplysningene har Hohenwarter, Hohenwarter & Lavicza tatt hensyn til ved utviklingen av kurs- og opplæringsmateriell for GeoGebra.

Et interessant spørsmål er om bruk av GeoGebra kan gi læringsmessige gevinster for både faglig trygge elever og for dem som søker mye hjelp hos læreren, for å bli ledet trinnvis fram mot en løsning av problemet. Iranzos (2009) har undersøkt nettopp dette i sin doktorgradsavhandling. Han delte en gruppe på 12 elever fra en videregående skole i Catalonia inn i tre grupper, ut fra hvor sikre og selvstendige de var, og forsket på ev. synergieffekter mellom bruk av papir og blyant og GeoGebra i utforskningen av noen geometriske problemer. De tre gruppene ble kalt usikre (*not confident*), trygge (*confident*) og selvstendige (*autonomous*). Han fant at evnen til å visualisere ble styrket hos alle elevene, mens evnen til deduksjon bare ble forbedret hos de mest selvstendige i løpet av de fire timene som observasjonsmaterialet dekker.

We have found evidence that the use of GeoGebra, in the context of the proposed tasks, helped the students in the process of visualization. We have no evidence of relevant improvement in the deductive competence for *not confident* and *confident* students. We hypothesize that a longer teaching experiment would be necessary (Iranzo, 2009, s. 222).

Som jeg skrev i innledningen til dette kapittelet, finnes det ennå lite forskning om bruken av GeoGebra. Bortsett fra studien til Balke og Hutt (2009), kjenner jeg ikke til at andre har gjennomført en kvantitativ studie om utbredelsen av og bruksmåtene til GeoGebra tidligere,

selv om det finnes mye forskningslitteratur om utbredelsen av og bruksmåtene for IKT generelt. De andre forskningsprosjektene jeg har referert til i dette delkapittelet, er alle kvalitative studier av et lite antall lærere og/eller elever. Vi trenger flere slike for å kunne undersøke virkning og ev. læringseffekt av ulike bruksmåter. Det er ikke temaet for min egen undersøkelse, men jeg håper likevel at den kan være et bidrag til forståelsen av de digitale hjelpemidlenes plass i lærernes pedagogiske og faglige vurderinger.

De forskningsresultatene jeg har presentert her vil, sammen med resultatene av mine egne undersøkelser, være avgjørende for vurderingen av de pedagogiske implikasjonene som jeg gjør greie for i kapittel 7.

I hele kapittel 2 har mulighetene for endring av undervisningspraksis dannet bakgrunn for den presenterte litteraturen. Jeg har ingen interesse av å pådytte lærere en forandring de ikke selv ønsker. Som sitatet av Spicer (1952) i kapittel 2.2.1. viser, avviser folk påtvungne forandringer. Dersom vi tar målsettingene i LK06 om m.a. styrket problemløsnings- og hjelpemiddelkompetanse for gitt, kan det likevel være interessant for både politikere, skolemyndigheter, forskere, lærerutdannere og rektorer å få større innsikt i hva lærerne selv mener er avgjørende for at de skal velge annerledes. Det neste kapittelet viser oppbyggingen av et analyseverktøy, som kan være til hjelp for å forstå grunnlaget for disse endringsprosessene.

3. Det teoretiske rammeverket

I dette kapittelet presenterer jeg det teoretiske rammeverket som jeg bruker i analysen av innsamlede data, og argumenterer for at dette er egnet til å gi oss en ny forståelse av lærernes prioriteringer og valg i forhold til bruk av IKT i undervisningen.

I det første delkapittelet viser jeg fordelene med en alternativ tilnærming til deler av dette temaet. I kapittel 3.2, 3.3 og 3.4 beskriver jeg de tre hovedkomponentene i rammeverket, og i 3.5 viser jeg konkrete eksempler på bruk av *bounded rationality*, når lærere skal velge om de vil ta i bruk IKT i matematikkopplæringen eller ikke. Kapittel 3 avsluttes med en syntese av de tre hovedkomponentene til et helhetlig analyseverktøy.

3.1 Fordeler med en alternativ analytisk tilnærming

I tillegg til å kartlegge utbredelse og bruk av dataverktøyet GeoGebra, er hensikten med denne oppgaven å finne ut *hvorfor* noen lærere velger å ta i bruk IKT i matematikkopplæringen, mens andre er mer tilbakeholdne med dette. Det blir da ikke tilstrekkelig å se på statistiske opplysninger om faktisk bruk, og om det er samvariasjon mellom tilslutning/skepsis til bruk av IKT og lærernes pedagogiske praksis ellers. For å kunne gi svar på spørsmål om både *hvorfor* og *hvordan*, må jeg ha et rammeverk som kan fange opp de prosessene som genererer forandring. Analyseverktøyet må derfor være egnet til å forklare både generelle tendenser, interne variasjoner og faktiske endringer i lærernes prioriteringer, i forhold til bruk av IKT i undervisningen.

I kapittel 2.1 så vi flere eksempler på at forskere har delt lærernes pedagogiske praksis inn i to hovedgrupperinger. Lie m.fl. (1997) brukte begrepene *Undervisning 1* og *Undervisning 2* og Law m.fl. (2008) skrev om *21st century skills vs. traditional orientation*. Bruk av IKT ble av begge disse forskergruppene knyttet til den ene av de to pedagogiske orienteringene. Monaghan (2004) gir flere eksempler fra forskningslitteraturen på at dette er en veletablert betraktningstype. For eksempel tar Schwartz (1989) til orde for at å ta i bruk IKT, forutsetter en total omlegging av pedagogisk orientering, med mer vektlegging av utforskende aktiviteter og kreativitet. (Schwartz, 1989 s. 51). Han er også av den oppfatning at dette krever en annen type lærerrolle som overlater mer av initiativet til elevene.

...classroom roles must and do shift. It is no longer possible for teachers to serve as ex catedra authorities (Schwartz, 1989, s. 57).

Fasilitator og *aktivator* er en annen inndelingsmåte for lærernes pedagogiske praksis. Den førstnevnte har mange fellestrekk med *Undervisning 1*.

In the implementation of computer-based laboratory explorations, the teacher must become a technical assistant, a collaborator and a facilitator (Heid m.fl., 1990, s. 132).

I kapittel 2 refererte jeg til dokumentasjon på at norske elever gjorde det dårlig i internasjonale matematikktester. Både TIMSS- og PISA-rapportene konkluderte med at noe av forklaringen på dette kan være en tilbaketrukket lærerrolle og elever som ble overlatt for mye til seg selv, under mottoet *ansvar for egen læring*. Jeg viste også til at dette er en pedagogisk tilnærming som hører inn under *Undervisning 1* eller *21st century skills*. Vi så at med denne betraktningstypen blir en kritikk av disse undervisningsformene automatisk til et krav om mindre bruk av IKT. En deskriptiv kategorisering av lærernes undervisningspraksis har ut fra dette tre avgjørende begrensninger.

1. Å dele lærernes undervisningspraksis inn i to hovedretninger, kan dekke over det faktum at lærerne ofte skifter mellom ulike pedagogiske tilnærminger. Det er dessuten

ikke nødvendigvis noen motsetning mellom det å ha en orientering mot faglig kunnskap og prestasjoner og å bruke IKT, eller å ha en undervisning med vekt på problemløsning. (Hattie, 2009, s. 210, 220-227 og Ollerton, 2009 s. 75-78.)

2. Å knytte bruken av en type læringsverktøy (som IKT) fast til en bestemt pedagogisk orientering, vil redusere mulighetene til å gjennomføre en nyansert analyse av hvilke sider av den pedagogiske praksisen som bør justeres for å øke elevenes læringsutbytte.
3. Et ensidig fokus på strukturer i pedagogisk praksis, er ikke egnet til å forklare at lærere med nokså like pedagogiske grunnholdninger og felles rammebetingelser, kan ha svært ulik praksis i forhold til bruk av digitale hjelpemidler. En strukturorientert betraktningssmåte vil heller ikke være egnet til å fange opp de prosessene som genererer forandringer i lærernes IKT-bruk. (Monaghan, 2004, s. 330.)

Jeg ønsker å bruke et analyseredskap som går utenom disse begrensningene. For å få til dette, tar jeg utgangspunkt i den enkelte lærers egne synspunkter på fordeler og ulemper med å ta i bruk IKT i matematikkopplæringen. Læreren vurderer i dette perspektivet nytteverdi og kostnader ved de ulike pedagogiske valgene han/hun står overfor, og betrakter tid som et verdifullt og knapt gode, slik Goos (2005) dokumenterer.

Prosessanalysen er et slikt analytisk rammeverk som er egnet til å forklare endring og lokale variasjoner. Denne betraktningssmåten har lenge stått sentralt i det norske sosialantropologiske miljøet. Prosessanalysen er inspirert av den norske sosialantropologen Fredrik Barths eget feltarbeid i Swat-dalen mellom Pakistan og Afghanistan. Sterke stammelederes muligheter til å inngå allianser med ulike grupperinger i et verdimaksimeringsspill, kan ikke uten videre overføres til prioriteringer foretatt av norske lærere. Det er imidlertid utført en rekke antropologiske studier på norske grupperinger, med utgangspunkt i prosessanalysen. Mest kjent er kanskje Gullestads (2001) feltarbeid hos unge arbeiderklassekvinner i en bydel i Bergen.

Det er også utført noen få antropologiske studier på skoleelever og undervisning. To av dem er Ambjørnssons (2004) doktorgradsavhandling om kjønnsidentitet og klassetilhørighet hos svenske ”gymnasietjejer” og Lidéns (2000) doktorgradsavhandling om læring og etnisitet. Begge disse er kvalitative undersøkelser. Carlsen (2006) benytter også kvalitative metoder, når hun i sin doktorgradsavhandling studerer beslutningsprosessene hos norske fastleger i forhold til pasientenes videre behandling. Carlsen kaller disse legene *gatekeepers* (GPs), og de må ofte fatte viktige beslutninger på kort tid.

In an attempt to merge the perspective of GPs as rational actors making deliberative choices to maximize utilities with the perspective of altruism and the importance of professional norms, I have taken the holistic approach as interpreted by Fredrik Barth, as my starting point in this work. Fredrik Barth (119, 120) outlined the anthropological approach to Neumann and Morgenstern's *Theory of Games* (121), and Barth's approach has since become an established model for analyzing individual choices and social patterns of behavior (Carlsen, 2006, s. 19).

Carlens studier har to likhetstrekk med mine egne undersøkelser. For det første er fokuset i begge tilfellene på mellommenneskelige relasjoner og beslutningsprosesser. Carlens studier handler om i hvilken grad legene lar pasientene få medbestemmelse på innholdet av egen behandling.

I use the term *patient involvement* to indicate some degree of patient involvement between the extremes of the passive patient and the consumerist patient who dominates decisions... During the last 30-40 years, there has been an ongoing process of shifting power from doctor to patient in general practice, and patient involvement in decision-making is now an ideal promoted in a growing number of countries (Carlsen, 2006, s. 21-22).

Lærerne vurderer på samme måte graden av medbestemmelse fra elevene, og i følge Ollerton (2009) og Vavik m.fl. (2010), skifter dette fra situasjon til situasjon. Ser vi diskusjonen om pasientmedvirkning i sammenheng med diskusjonen om ”ansvar for egen læring”, er det et stort sprang fra situasjonen i Albert Engströms humoristiske og treffende kritikk av en overdreven autoritetstro, til det utenkelige at en lege opererer som ”fasilitator” og lar pasienten få nøkkelen til medisinskapet.

Gubben Göran ligger på sitt yttersta och man har i sista ögonblicket skickat efter doktorn. När doktorn kommer in och får se Göran, utbrister han: -Gubber er ju redan död. Då svarer Göran med darrande stämma: -Näe, som väl ä, så lever ja än!. Men detta tal föll icke Inga-Marie, Görans hustru, i smaken utan hon sade: -Töst du, Göran lelle, dä vet la doktorn bätter än du! (Öhman, 1976, s. 96).

Det andre likhetstrekket i mellom Carlsens studier og mine egne er at både fastlegene og lærerne møter mange ytre faktorer som begrenser valgmulighetene. Fastlegene må ta hensyn til begrenset kapasitet på spesialisttjenester, og må finne en balanse mellom økonomiske kostnader og hva de mener er etisk og medisinsk forsvarlig. Lærerne, spesielt på ungdomstrinnet, må ta hensyn til begrenset tilgang til spesialrom med datamaskiner og til andre rammebetingelser som timeplanmessige begrensninger og felles prøver.

At schools where teaching in mathematics is governed by institutional rules, implementation processes of new tools are more complex, since teachers have to collaborate and agree in order to have development in teaching (Erfjord, 2008, s. 278).

Det tredje likhetstrekket er at Carlsen også bruker prosessanalysen som verktøy. Hun nevner selv behovet for å ta hensyn til begrensningene i valgmuligheter, og det var hennes begrep *limited rationality*, som gav meg ideen om å integrere økonomen Simons (1957) teorier om *bounded rationality* i mitt analytiske rammeverk.

Within theories about rational decision-making, it is common to distinguish between the classical theories of pure rational choice and modern theories of limited rationality, which incorporate constraints on rational choice, such as imperfect information, influence of other factors, unclear preferences or the tendency to form habits or decision rules (Carlsen, 2006, s. 14).

Teoriene om *fast and frugal heuristics* (Gigerenzer m.fl., 1999) bygger videre på Simons arbeider, og kan sies å være et analyseverktøy som er testet ut empirisk på en rekke ulike fagområder. Forskerne på *The Center for Adaptive Behaviour and Cognition* ved *Max Planck Institute for Human Development* kom fra ulike felt som psykologi, matematikk, datateknologi, økonomi og biologi. Etter å ha dokumentert effekten av disse metodene gjennom flere empiriske studier, konkluderer forskerne slik:

Models of reasoning need not forsake rationality for psychological plausibility, nor accuracy for simplicity. The mind can have it both ways (Gigerenzer, m.fl., 1999, s. 365).

Det er disse bidragene til mitt teoretiske rammeverk fra prosessanalysen, spillteorien og *fast and frugal heuristics* som jeg nå vil presentere mer detaljert. Etterpå vil jeg vise noen konkrete eksempler på at dette analyseverktøyet kan gi ny innsikt i forståelsen av lærernes beslutningsprosesser.

3.2 Bidraget fra prosessanalysen

I 1981 fullførte jeg et hovedfag i sosialantropologi ved Universitetet i Bergen. Der var prosessanalysen, slik den ble introdusert av Fredrik Barth (1966), et sentralt analyseverktøy. Prosessanalyse er en kritikk av strukturfunksjonalismen som, i følge Barth, fokuserte på mønster av handlinger, og forklarte disse som et resultat av de retter og plikter som personene føler seg moralsk bundet av.

The structuralist's view has been, as I have understood it, that these constraints on choices are moral: society is a moral system... The model does not depict any intervening social process between the moral injunction and the pattern. There is indeed no science of social life in this procedure, no explanation of how actual forms, much less frequency distributions in behavior, come about, beyond the axiomatic: what people do is influenced by moral injunctions (Barth, 1966 s. 1-2).

En strukturalistisk analyse av læreres faktiske valg i forhold til bruk av IKT i matematikkopplæringen, ville altså være bergrenset til å se på mønsteret av faktiske valg, og å analysere disse utelukkende i lys av den lojalitet lærerne følte overfor skolemyndigheter, den lokale administrasjonen, kollegaer, elever, foreldre osv. Dette ville være lite egnet til å forklare endringsprosesser og lokale variasjoner i det observerte mønsteret. Prosessanalysen blir en modell som gjør det mulig å forklare strukturene, ved å fokusere på det observerte mønsteret av handlinger som et resultat av bevisste valg. Disse valgene er gjort av aktører som alle er rasjonelle verdimaksimerere, ut fra sitt ståsted og verdigrunnlag.

Put this way, one may see that transactions have a structure which permits analysis by means of a strategic model, as a game of strategy. They consist of reciprocal prestations, which represent successive moves in a game. There must be a ledger kept of valued gained and lost; and each successive action or move affects that that ledger, changes the strategic situation, and thus canalizes subsequent choices.... In such a model the incentives and constraints on choice are effective through the way they determine what can be gained and lost... The structure depicted in this model is a successional one over time – in other words, it is a model of process (Barth, 1966, s. 4).

Benytter vi prosessanalysen på læreres valg i forhold til bruk av IKT i matematikkopplæringen, må vi se på hvilke fordeler og ulemper den enkelte lærer ser for seg i de ulike valgmulighetene han/hun står overfor. Det blir da viktig å kartlegge mest mulig av det verdi- og erfaringsgrunnlaget som lærerne baserer sine prioriteringer og valg på. Her kan både egenopplevd kompetanse og selvtillit i forhold til bruk av IKT, faglig og didaktisk kompetanse og egne grunnholdninger til matematikk og pedagogikk spille en viktig rolle. Jeg har derfor forsøkt å kartlegge flest mulig av slike variabler som kan påvirke lærernes prioriteringer og valg da jeg utformet det aktuelle spørreskjemaet.

Sosialantropologisk forskning har tradisjonelt vært knyttet til kvalitative studier med lange feltarbeid. Gullestad (2001) fulgte for eksempel de unge kvinnene i Bergen gjennom to år med åpen deltagende observasjon. Det har ikke vært vanlig å bruke prosessanalysen som rammeverk for kvantitative studier. Et unntak er Scarlett Epsteins (1975) utviklingsstudier fra India, der hun som utdannet økonom og sosialantropolog argumenterer for de forskningsmessige gevinstene ved å kombinere bidrag fra de ulike fagfeltene.

My return to the same Mysore villages I had studied 15 years earlier provided me with the comparatively rare opportunity to reexamine, quantitatively as well as qualitatively, the same socioeconomic variables. This study of the same small societies at two different points in time enables me to show conclusively that the rich have become richer while the poor became poorer, not only relatively but also in absolute terms. (Scarlett Epstein, 1975, s. 38).

Ovenfor har jeg vist eksempler på at prosessanalysen er blitt brukt på flere vestlige samfunn og grupperinger, og at det også har vært et nyttig verktøy til å analysere beslutningsprosesser som har flere fellestrekk med lærernes valgssituasjon. Scarlett Epsteins studier viser at det kan

være fruktbart å binde sammen kvantitative metoder med en sosialantropologisk innfallsvinkel. Dette er imidlertid en sjelden kombinasjon, og jeg kjenner ikke til noen andre undersøkelser der en har kombinert en sosialantropologisk tilnærming med kvantitative metoder i en kontekst med fokus på IKT og utdanning. I de neste delkapitlene vil jeg derfor gi flere argumenter og eksempler på at dette er et formålstjenlig verktøy for min egen undersøkelse.

3.3 Bidraget fra spillteorien

Som vist i kapittel 3.2, baserer prosessanalysen seg på at individene foretar en nytte- og kostnadsanalyse ved de ulike alternativene de har å velge mellom. En slik betraktningssmåte er nær beslektet med spillteorien, som fikk innflytelse på m.a. økonomiske og militære strategier, etter at John von Neumann beviste *minimaks-teoremet for nullsum-spill* i 1928. Innflytelsen ble ytterligere forsterket etter utgivelsen av von Neumann og Morgensterns legendariske *Theory of games and economical behaviour* i 1944 (Davis, 1970; von Neumann & Morgenstern, 1944).

Barth refererer også til spillteorien i sin presentasjon av prosessanalysen, og låner begreper som verdimaksimering og strategiske valg fra denne.

It is meaningless to say that something has value unless people in real life seek it, prefer it to something of less value. This can only be true if they usually act strategically with respect to it, that is, make it the object of transactions between themselves and others (Barth, 1966 s. 5).

Det er nettopp dette interaksjonselementet i spillteorien Barth legger størst vekt på, og som han vurderer som det sentrale elementet i sitt analyseverktøy.

The particular formalism of the Theory of Games is not as important for anthropological purposes as is the theory's fundamental character as a generative model. It can serve as a prototype for a processual model of interaction; and in concentrating on *transaction* as the analytical isolate in the field of social organization, I am emulating what I regard as the most crucial aspect of the theory for our purposes (Barth, 1966 s. 5).

Minimaks-teoremet, som von Neumann beviste, har som utgangspunkt at den ene spilleren vinner det den andre taper. Det er altså et *nullsum-spill*, der deltakerne betrakter hverandre som konkurrenter. Dette er selvsagt ikke det normale utgangspunktet når lærere skal vurdere om de vil ta i bruk IKT i matematikkopplæringen. I deres vurderinger inngår det flere aktører som elever, kollegaer, elevenes foreldre, skoleledelsen, de sentrale skolemyndighetene og familie og venner. Å fatte beslutninger som ivaretar både sine egne og alle de andre grupperingenes forventninger på en balansert måte, har flere fellestrekk med spill som ender opp i en *Nash-likevekt*. Dette er en situasjon som oppstår når ingen av deltakerne vil tjene på å endre sin strategi/beslutning, under forutsetning av at de andre deltakerne opprettholder sine valg (Shor, 2005).

En slik betraktningssmåte kan være et nyttig perspektiv for skolemyndighetene om de ønsker en mer utbredt bruk av IKT i matematikkopplæringen. Dersom lærerne legger stor vekt på hva de mener er nyttig for elevene på eksamen, og har gjort sine valg ut fra dette, må skolemyndighetene utføre trekk som gjør det mer eksamensmessig lønnsomt for lærere og elevene å jobbe med digitale hjelpemidler i timene.

Noen vil her stille spørsmål om drilling av eksamensoppgaver er den beste måten å få elevene til å tenke matematisk. Boalers (1997) sitat av en dyktig students frustrasjoner over ikke å få tid til å fordype seg i forståelsen av problemene, er et illustrerende eksempel på dette.

All we've been doing for weeks is practising exam papers, but even that, you just zoom through it, you can't take your own time to do it, and then, it's when you come to the lesson, he's just zooming through it, and still you can't get, you don't understand it properly (Boaler, 1997, s.170).

Intensjonene om en opplæring som gir rom for utforskende aktiviteter og jakt på en dypere forståelse, er grunnfestet i LK06. I kapitlet om formålet med matematikkfaget, står det m.a.:

Opplæringa vekslar mellom utforskande, leikande, kreative og problemløysande aktivitetar og ferdigheitstrening (KD, 2006, s. 1).

Ut fra et spillteoretisk perspektiv nytter det ikke å moralisere, og ønske at lærerne skulle handlet annerledes, med større vekt på slike aktiviteter. For å oppnå dette og/eller mer bruk av IKT i opplæringen, må myndighetene gjøre endringer som bidrar til at spillet endres, og det blir lønnsomt for lærere og elever å endre sin egen praksis. Lærere som føler at de befinner seg i en Nash-likevekt i forhold til egen tidsbruk, vil oppleve at de nå taper på å endre undervisningen, så lenge de andre aktørene ikke gjør nye trekk. Dette er problemstillinger jeg vil komme tilbake til i kapitlet 7, som handler om pedagogiske implikasjoner.

3.4 Bidraget fra teorien om *bounded rationality*

I kapittel 3.3, så vi på det spillteoretiske bidraget til analyseverktøyet. Jeg viste der at det å være rasjonelle verdimaksimerere ikke er det samme som å handle rent egoistisk. Vi må altså vurdere dette i et holistisk perspektiv, der rolledefinerte forpliktelser overfor andre, og ens egne ønsker om å ivareta disse forpliktelsene på en god måte, inngår i vurderingene.

I *The autobiography of Charles Darwin, 1809-1882*, som kom ut i originalutgave i 1887, er det gjengitt en fornøylig historie som illustrerer bruken av denne nytte- og kostnadsanalysen i viktige valg situasjoner. Det er gjerne litt uvanlig å ta med narrative fremstillinger i en masteroppgave, men jeg velger å gjøre det fordi historien er spesielt godt egnet til å illustrere forskjellen mellom to sentrale vurderingsmåter. Darwin overveide om han skulle gifte seg, og skrev med blyant på et ark overskriften "This is the question." Under lagde han to kolonner og satte opp alle fordeler og ulemper han kunne tenke seg forbundet med ekteskapet.

MARRY

Children-(if it please God)-constant companion, (friend in old age) who will feel interested in one, object to be beloved and played with-better than a dog anyhow-Home, and someone to take care of house-Charms of music and female chit-chat. These things good for one's health. Forced to visit and receive relations but terrible loss of time. My God, it is intolerable to think of spending one's whole life, like a neuter bee, working, working and nothing after all.-No, no won't do.- Imaging living all one's day solitarily in smoky dirty London House.- Only picture to yourself a nice soft wife on a sofa with good fire, and books and music perhaps-compare this vision with the dingy reality of Grt Marlboro's St.

Not MARRY

No children, (no second life) no one to care for one in old age.... Freedom to go where one liked_ Choice of Society *and little of it*. Conversation of clever men at clubs.-Not forced to visit relatives, and to bend in every trifle-to have the expense and anxiety of children-perhaps quarrelling. *Loss of time*-Cannot read in the evening-fatness and idleness-anxiety and responsibility-less money for books etc.-if many children forced to gain one's bread-(But then it is very bad for one's health to work too much.) Perhaps my wife won't like London; then the sentence is banishment and degradation with indolent idle fool-

(Darwin, 1887/1969 s. 232-233)

Det hører med til historien at Darwin konkluderte med å skrive: "Marry – Marry – Marry Q.E.D."

Benjamin Franklin tok til orde for å bruke en slik *moralsk algebra* i viktige beslutninger i livet. Han skrev opp alle fordeler og ulemper han kunne komme på i to kolonner, og strøk ut argumenter av lik vekt, til han stod igjen med et flertall av grunner i den ene kolonnen, og fattet en beslutning ut fra dette ”regnskapet”. Denne metoden er ofte omtalt som *Franklins regel* eller *Franklins algebra*. I en hektisk hverdag, der vi må foreta mange fortløpende valg, har de fleste verken tid eller kapasitet til å analysere alle fordeler og ulemper som er forbundet med de ulike alternativene. Dette er utgangspunktet for nobelprisvinneren i økonomi, Herbert Simon, sin teori om *bounded rationality*.

The capacity of the human mind for formulating and solving complex problems is very small compared to the size of the problems whose solution is required for objectively rational behavior in the real world (Simon, 1957).

Simon er, på tilsvarende måte som Barth, opptatt av at prioriteringer og valg er påvirket av mange ulike faktorer, og skiller mellom faktabaserte og verdimessige premisser.

In its most basic form, a decision is made from a set of premises. These premises can be divided into two types: value premises and factual premises. Although factual premises may contain value elements and vice versa, factual premises generally can be thought of as descriptive statements about the environment and how it functions. Value premises, in contrast, define the decisionmaker’s preferences and desires. Using both types of premises, a decisionmaker infers what courses of action might solve a particular problem and what consequences each of these alternatives produces. In the final step, the decisionmaker chooses one course of action based on inferences from the two sets of premises (Ibrahim, 2009, s. 4).

Denne todelingen er også viktig i utformingen av spørreskjemaet som jeg bruker i denne undersøkelsen. Jeg ønsker derfor å kartlegge både de materielle rammebetingelsene, og det verdimessige grunnlaget for beslutningene.

Simon bidrar med et nytt og viktig element i analysen av beslutningsprosesser, gjennom sine modeller for hvordan vi løser misforholdet mellom informasjonsmengde og tilgjengelig tid og tankekapasitet. Han beskriver analytiske snarveier som vi faktisk benytter oss av i reelle valgsituasjoner, og som gjør det mulig å foreta prioriteringer i et uoversiktlig informasjonslandskap.

Darwins liste over fordeler og ulemper ved ekteskapet kan neppe sies å være komplett. Han ville dessuten få problemer med å tallfeste verdien av de ulike argumentene i forhold til hverandre, fordi fordeler og ulemper fra ulike områder da måtte konverteres til en felles ”valuta”. Vi har ikke informasjon om hva som ble utslagsgivende for Darwins beslutning, men noen ville gjerne kunne trekke en konklusjon ut fra de siste to setningene før han konkluderer: ”Imagine living all one’s day solitarily in smoky dirty London House. Only picture yourself a nice soft wife on a sofa...” Det er nettopp slike analytiske snarveier som blir benyttet i reelle beslutningsprosesser, og som Gigerenzer m.fl. (1999) omtaler som *fast and frugal heuristics*. De refererer til forsøk som viser at disse kan være like treffsikre som -, og mye raskere enn omfattende sammenligninger av alle mulige fordeler og ulemper knyttet til ulike valgalternativer.

I denne oppgaven ønsker jeg også å få et innblikk i *hvordan* lærere kommer fram til sine konklusjoner når det gjelder å ta i bruk IKT i matematikkopplæringen eller ikke. Det utsendte spørreskjemaet inneholder derfor en kartlegging av om lærerne tenker gjennom mange fordeler og ulemper før de bestemmer seg, og om de baserer konklusjonen sin på ett eller flere avgjørende forhold. Alle disse mulighetene er undergrupper av *fast and frugal heuristics*.

For å vise nytteverdien av disse beslutningsmessige snarveiene i forhold til læreres prioriteringer, vil jeg i neste delkapittel gi fire konkrete eksempler, som har to formål. For det første skal de illustrere noen av de mest brukte valgstrategiene i teoriene om *bounded rationality*. For det andre skal de synliggjøre sammenhengen mellom det teoretiske rammeverket og min egen undersøkelse, og vise hvordan valgstrategiene har innvirkning på utformingen av spørreskjemaet. Denne sammenhengen vil jeg utdype videre i kapittel 4.

3.5 *Fast and frugal heuristics* brukt på lærernes vurderinger om bruk av IKT

I eksemplene som følger har jeg valgt ut seks mulige nøkkelindikatorer eller vurderingskriterier. I disse valgstrategiene, som er tilfeller av *fast and frugal heuristics*, blir beslutningen tatt på bakgrunn av en enkelt nøkkelindikator. Det er viktig å merke seg at det her ikke er snakk om optimaliseringsteknikker, men raske og effektive metoder for intuitivt å velge et alternativ som kjennes riktig eller akseptabelt.

Many, if not most, researchers in cognitive science, economics and animal behavior interpret the term “bounded rationality” as synonymous with optimization under constraints, a (mis)use we strongly reject... - rationality need not be optimization, and bounded need not be constraints.” (Gigerenzer & Todd, 1999, s. 12)

I de valgte eksemplene trenger ikke beslutningstakeren å rangere vekten av indikatorene, eller undersøke disse i en bestemt rekkefølge. Det han trenger er en formening om hvorvidt verdien på indikatoren taler for eller mot ett av alternativene. I alle eksemplene bruker vi vurderingskriteriene i den uprioriterte listen nedenfor. Listen er blitt til ut fra essensen av forskningslitteraturen som jeg presenterte i kapittel 2, og fra de momentene jeg valgte å ta med i spørreskjemaet. Kulepunkt i stedet for nummerering viser at de ulike indikatorene i listen ikke er satt opp ut fra noen form for rangering. Dette indikerer her at det er tilfeldig hva som står på toppen av lista.

- Nytte på eksamen?
- Økt læringsutbytte?
- Tilgang på datamaskiner?
- Merarbeid for læreren?
- Positiv opplevelse for læreren?
- Motiverende for elevene?

Eksempel 1: Minimalisering

Vi tenker oss her en lærer som har matematikkurset 1P. I denne strategien velger læreren et vurderingskriterium tilfeldig. Han starter på toppen av den uprioriterte lista og spør om elevene vil ha nytte av dette på eksamen. Så fortsetter han nedover til en av indikatorene gir en fordel for det ene alternativet.

Tabell 3.1: Eksempel på bruk av den heuristiske metoden minimalisering med treff på fjerde indikator

Vurderingsgrunnlag	Vurdering fra denne læreren	Tar i bruk IKT	Tar ikke i bruk IKT
Nytte på eksamen?	Alle eksamensoppgaver i del to skal kunne løses med grafisk kalkulator.	Fordel? Nei. Ulempe? Nei.	Fordel? Nei. Ulempe? Nei.
Økt læringsutbytte?	Dette vet vi ikke noe sikkert om.	Fordel? Nei. Ulempe? Nei.	Fordel? Nei. Ulempe? Nei.
Tilgang på datamaskiner?	Dette er ikke noe problem her.	Fordel? Nei. Ulempe? Nei.	Fordel? Nei. Ulempe? Nei.
Merarbeid?	Ja, absolutt. Jeg er usikker på bruk av programvaren.	Fordel? Nei. Ulempe? Ja.	Fordel? Ja. Ulempe? Nei.

Denne læreren stopper søket etter vurderingen av merarbeid, og konkluderer med at han ikke vil ta i bruk IKT i matematikkopplæringen i denne omgang. Dersom læreren føler seg svært usikker på hvordan han skal bruke det aktuelle dataprogrammet, vil han kanskje i praksis ha foretatt rangering av kriteriene og vurdere merarbeidet før han evaluerer de andre faktorene. Vi har da et eksempel på en heuristisk metode som Gigerenzer og Todd kaller *Take the best*. Denne er nøyaktig lik fremgangsmåten ved *minimalisering*, med unntak av at vurderingskriteriene er rangert i en prioritert rekkefølge, som illustrert i listen nedenfor. Jeg har her bestemt rekkefølgen uten noen andre vurderingskriterier enn at listen skal være egnet til å illustrere forskjellen på *minimalisering* og *Take the best*.

1. Merarbeid for læreren?
2. Tilgang på datamaskiner?
3. Økt læringsutbytte?
4. Nytte på eksamen?
5. Motiverende for elevene?
6. Positiv opplevelse for læreren?

Det er klart at det vil variere med personlighet og livssituasjon hvor mye en lærer vektlegger spørsmålet om merarbeid. Vilje og reell mulighet til å utforske ny programvare på egenhånd er viktig for beslutningen, og jeg har derfor tatt med spørsmål om dette i spørreskjemaet. Dette blir presentert nærmere i kapittel 4.

Eksempel 2: Minimalisering med treff på den første indikatoren

Vi tenker oss her en lærer på 1T, som har eksperimentert mye med dynamisk matematisk programvare og CAS-verktøy på egenhånd. Hun vurderer den første indikatoren på den uprioriterte lista, og finner allerede der verdier som taler for å ta i bruk IKT i matematikkopplæringen. Denne læreren stopper da søket og vurderingen og fatter sin beslutning.

Tabell 3.2: Eksempel på bruk av den heuristiske metoden minimalisering med treff på den første indikatoren

Vurderingsgrunnlag	Vurdering fra denne læreren	Tar i bruk IKT	Tar ikke i bruk IKT
Nytte på eksamen?	Elevene vil kunne spare tid på å slippe en del kontrollregninger ved bruk av CAS-verktøy. Hun mener også at de vil få til en raskere og mer effektiv funksjonsanalyse dersom de behersker et dynamisk verktøy.	Fordel? Ja. Ulempe? Nei.	Fordel? Nei. Ulempe? Ja.

Et viktig poeng med de to første eksemplene, er at forskjellig bakgrunn og erfaringer kan føre til ulike vurderinger av fordeler og ulemper med det samme kriteriet. Det blir derfor viktig å ta med spørsmål om både egenvurdering av generell IKT-kompetanse, om det er tilbudt kursing i matematisk programvare i arbeidstiden, og om ønske om -, og mulighet til å bruke av egen fritid til å sette seg inn i relevant programvare.

Eksempel 3: Vurder kriteriet du brukte sist. (Personlig og pedagogisk indikator)

Vi tenker oss her en lærer fra ungdomstrinnet. Læreren velger i dette tilfellet ut det vurderingskriteriet som ble avgjørende sist han var i en lignende situasjon. Denne læreren har vært med en erfaren kollega da denne lot elevene sine utforske betydningen av stigningstall og konstantledd samt andregradsfunksjoner med dynamisk programvare på datarommet. Det var ingen tekniske problemer, og elevene jobbet konsentrert og målrettet. De gav uttrykk for at de syntes dette var kjekt og lærerikt.

Tabell 3.3: Eksempel på å vurdere det sist brukte kriteriet. (Personlig og pedagogisk indikator)

Vurderingsgrunnlag	Vurdering fra denne læreren	Tar i bruk IKT	Tar ikke i bruk IKT
Positiv opplevelse for læreren?	De positive erfaringene sammen med kollegaen gjør at denne læreren ønsker å prøve det samme opplegget på egne elever. Han fikk med seg et eksemplar av et detaljert opplæringshefte som kollegaen hadde laget, og som elevene så ut til å mestre, og ha utbytte av.	Fordel? Ja. Ulempe? Nei.	Fordel? Nei. Ulempe? Nei.

Denne læreren konkluderer med at han vil ta i bruk IKT i neste matematikktime, og bestiller datarommet, som da er ledig.

Eksempel 4. Vurder kriteriet du brukte sist. (Praktisk indikator)

Vi tenker oss her en lærer på ungdomstrinnet som har stor kompetanse i bruk av digitale hjelpemidler. På den tidligere arbeidsplassen viste hun elevene hvordan de kunne bruke regneark og dynamisk programvare, hvor dette var fordelaktig. Elevene der ble effektive og målrettede brukere av IKT, som ett av flere verktøy i løsning av matematiske problemer. Som i eksempel 3, er dette et tilfelle der læreren gjør sine valg ut fra erfaringene med vurderingskriteriet som ble avgjørende sist hun var i en lignende situasjon på den nye arbeidsplassen. Hun tok da elevene med til et datarom der det var for få maskiner i utgangspunktet. Flere av datamaskinene virket ikke, og det tok lang tid å få startet dem opp. Det måtte sitte tre elever på hver maskin, og det ble en lite vellykket økt. Læreren avbrøt opplegget etter halvgått tid, og tok med elevene tilbake til klasserommet.

Tabell 3.4: Eksempel på å vurdere det sist brukte kriteriet. (Praktisk indikator)

Vurderingsgrunnlag	Vurdering fra denne læreren	Tar i bruk IKT	Tar ikke i bruk IKT
Tilgang på datamaskiner?	Læreren vurderte bruken av datamaskiner som bortkastet tid på grunn av dårlig og mangelfullt utstyr.	Fordel? Nei. Ulempe? Ja.	Fordel? Ja. Ulempe? Nei.

Situasjonen i eksempel 4 og lærerens erfaringer og konklusjoner der, passer kanskje bra med veivalget som er beskrevet i denne versjonen av diktet *Decision three* av Michael Naylor.

And keep my conscience clear and bright.
 I'll do what I know is right
 Next time, who knows? I just might!
 "I shouldn't do it," so I thought.
 I guess I'm doomed to live this way.
 Now the chance has slipped away
 Maybe on some other day!
Should I do it? Should I not?
It wasn't worth it, I would say.
Now I'm full of guilty thoughts
 But that's a tiny price to pay!
I went and did it anyway.
 Tomorrow I will stay away.
 I'll just hope I don't get caught
 They didn't catch me yesterday!

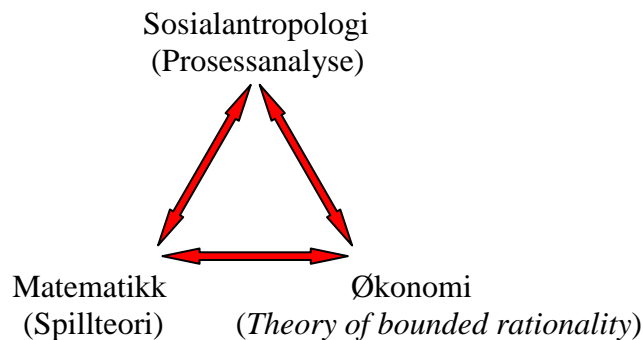
Michael Naylor
 (Naylor, 2001)

Vi ser fra eksempel 3 og 4 at tidligere positive erfaringer og høy egenkompetanse og motivasjon kan være nødvendige, men ikke tilstrekkelige faktorer for å ta i bruk IKT i matematikkopplæringen. Uten god tilgang til effektivt utstyr, vil en elevaktiv og utbytterik

IKT-bruk være vanskelig. De fire konstruerte eksemplene viser at *fast and frugal heuristics* kan være meget godt egnet til å forklare *hvorfor* lærere kan komme fram til ulike konklusjoner om bruk av IKT i matematikkopplæringen, selv om flere av de ytre rammebetingelsene kan være felles. Eksemplene illustrerer også at bruken av IKT ikke behøver å være knyttet til en bestemt pedagogisk grunnholdning slik inndelingen i *Undervisning 1* og *Undervisning 2* forutsetter.

3.6 En syntese av bidragene til det teoretiske rammeverket

Det teoretiske rammeverket er, ut fra det jeg har presentert i de foregående delkapitlene, en kombinasjon av bidrag fra sosialantropologi (prosessanalyse), matematikk (spillteori) og økonomi (*theory of bounded rationality*, representert ved *fast and frugal heuristics*).



Figur 3.1: Bidragene til det teoretiske rammeverket

von Neumann og Morgenstern (1944) viste hvordan en kunne kombinere bidrag fra økonomisk teori og matematikk. Barth (1966) pekte selv på nytten av spillteoretiske bidrag for prosessanalysen, og Scarlett Epstein (1975) knyttet sjeldne bånd mellom makroøkonomiske betraktninger og sosialantropologi.

Barth (1969) benyttet også prosessanalysen til å gi oss en dypere forståelse av begrepet etnisitet. Hans viktigste bidrag her er, i følge Vermeulen & Govers (1994), skiftet fra beskrivelser av statiske strukturer til et fokus på verdier, prioriteringer og dynamiske prosesser i mellommenneskelige relasjoner.

Fredrik Barth has been the social scientist perhaps most responsible for the shift from static to interactional approaches to ethnicity... The shift from static to interactional approaches was accomplished by differentiating the notion of ethnicity from that of culture. Barth presented ethnicity or ethnic identity as an aspect of social organization, not of culture (Vermeulen & Govers, 1994, s. 2).

Jeg har brukt Barths modell i en alternativ analyse av lærernes pedagogiske praksis. I stedet for statiske beskrivelser av pedagogiske motpolar, der bruk av IKT inngår i det ene ytterpunktet, ønsker jeg at lærerne blir betraktet som rasjonelle verdimaksimerere i et holistisk perspektiv, der de skifter mellom didaktiske virkemidler og verktøy ut fra hva de finner mest formålstjenlig. Dette er prosessanalysens bidrag til det teoretiske rammeverket.

Betraktninger av kostnad og nytte i vurderingen av de ulike pedagogiske alternativene er nær knyttet til valg av pedagogiske virkemidler og verktøy er. Dette er spillteoriens bidrag til analyseverktøyet.

En ren matematisk analyse av fordeler og ulemper, byr imidlertid på to store utfordringer når vi prøver å overføre dette til dagliglivets komplekse valgsituasjoner. For det første krever en

analyse basert på *Franklins algebra* at verdiene av nokså ulike goder må konverteres til en felles ”valuta”. Dette ville i praksis være meget vanskelig og tidkrevende. For det andre har en i praksis hverken tilgang til all nødvendig informasjon eller tid til å utføre de omfattende beregningene av alle tenkelige fordeler og ulemper ved de aktuelle mulighetene. Her kommer teorien om *bounded rationality* oss til unnsetning, og beskriver empirisk testede beslutningssnarveier, som er i samsvar med slik vi virkelig tenker når vi skal fatte raske beslutning i en hektisk hverdag. Dette er bidraget fra *fast and frugal heuristics*, og dermed er den siste av de tre integrerte delene i det teoretiske rammeverket på plass.

Så vidt jeg kjenner til, har ikke et slikt analytisk rammeverk blitt brukt tidligere i forbindelse med studier av undervisning og lærernes valg og prioriteringer. Ambjörnsson (2004) og Lidén (2000) har riktignok begge forsket på skolerelaterte problemstillinger, men bruker helt andre tilnærminger i sine antropologiske studier.

Som beskrevet i kapittel 3.2, er antropologisk forskning oftest forbundet med langvarige feltarbeid med deltagende observasjon. Noen vil gjerne undre seg over hvorfor jeg har valgt å bruke en kvantitativ metode for å innhente nødvendige data. Det er temaet for starten av neste kapittel.

4. Metode og gjennomføring

I dette kapitlet presenterer jeg valgte metoder, og beskriver detaljert hele prosessen fra utvalg av skoler og lærere til tiltak for å øke svarprosenten.

4.1. Grunngeving for valg av metode

Det er seks grunner til at jeg har valgt å bruke et elektronisk spørreskjema til å innhente data for denne undersøkelsen.

1. Det er tidligere utført svært få nordisk mastergradsoppgaver eller doktorgradsavhandlinger om bruk av IKT i matematikkopplæringen, der det er benyttet kvantitative metoder. Et unntak er Balke & Hutt (2009), som jeg refererte til i kapittel 2. Derimot finnes det en rekke kvalitative studier om emnet. Jeg vil her bare nevne doktorgradsavhandlingene til, Lingefjård (2000), Andresen (2006), Engström (2006), Erfjord (2008) og Billington (2009) som alle er kvalitative studier av bruk av IKT til undervisningsformål.
2. Balke & Hutt kartlegger også kjennskapen til og bruken av GeoGebra. Bortsett fra den studien kjenner jeg ikke til noen norske eller internasjonale kvantitative studier om GeoGebra. De tre doktorgradsarbeidene til Hohenwarter (2006), Preiner (2008) og Iranzo (2009) bygger alle på kvalitative metoder. Det samme gjør mastergradsoppgavene til Chrysanthou (2008) og Lu (2008).
3. Som en del av mastergradsutdanningen i matematikdidaktikk, gjennomførte jeg våren 2009 en kvalitativ studie av matematikkundervisningen i en R1-klasse. Gjennom dette MERG-prosjektet fikk jeg prøve ut arbeidsmåter som lyd-, og videoopptak med tilhørende transkribering, samt intervju og ikke-deltagende observasjon. Dette var meget interessant og lærerikt, men for å få en bredest mulig metodemessig opplæring og erfaring, ønsket jeg nå å se på matematikkopplæringen gjennom andre metodiske briller.
4. Min andre veileder, Zsolt Lavicza (2008), har skrevet sin doktorgradsavhandling om bruk av CAS hos matematikere på universiteter i Ungarn, Storbritannia og USA. Der har han benyttet en kombinasjon av kvalitative og kvantitative metoder, og har m.a. brukt et elektronisk spørreskjema for å få en oversikt over viktige argumenter som matematikerne gir for å ta i bruk CAS-verktøy eller ikke. Jeg ville gjerne se om tilsvarende framgangsmåte også var mulig i forhold til norske lærere på 10. og 11. trinn.
5. I et klassisk antropologisk perspektiv, bruker forskeren langvarige feltarbeid for å få innsikt i sider ved virkeligheten som de mener ikke blir avdekket gjennom intervjuer og spørreskjemaer. Antropologene søker en innsikt som gjør at de kan se på samfunnet de studerer mest mulig gjennom deltakernes egne kulturelle og verdimeslige briller. Etter 7 år som lærer på ungdomstrinnet, 20 år i den videregående skolen og 5 år som kursholder for Matematikksenteret i m.a. bruk av matematisk programvare, kjenner jeg det "samfunnet" jeg skal studere rimelig godt. Denne erfaringen gjør det lettere å stille nøkkelspørsmål, som det ville ta lenger tid å se verdien av for en utenforstående forsker med en antropologisk tilnærming. Utfordringen blir å skape nok analytisk distanse til det emnet jeg skal undersøke, men det er en spennende del av opplæringen.

6. Da jeg skrev hovedfagsoppgaven min i sosialantropologi, brukte jeg selv den klassiske metoden feltarbeid med deltagende observasjon. Jeg hadde derfor lyst til å gjennomføre en studie der jeg beholdt perspektivet med deltakerne som rasjonelle verdimaksimerere, men der jeg brukte kvantitative metoder til å få en oversikt over respondentenes vurderinger.

4.2 Konstruksjonen av spørreskjemaet

For at undersøkelsen skal være så objektiv som mulig, og være minst mulig preget av mitt eget engasjement som kursholder i bruk av digitale hjelpemidler, har jeg gjort tre konkrete tiltak.

- Jeg skrev i invitasjonen til deltagelse at alle synspunkt er like interessante og alle svar like ”riktige”, ut fra et forskningsmessig perspektiv. Denne innledningen er gjengitt i vedlegg 2.
- Jeg har gjort spørreskjemaet anonymt, slik at det ikke kan knyttes til navn, skole eller e-postadresse. Dette er gjort for at lærerne i mindre grad skal bli fristet til å svare slik de tror jeg ønsker eller forventer.
- Jeg har gjort et balansert utvalg av spørsmål, med påstander som gjenspeiler både en tilsluttende og en mer skeptisk innstilling til bruk av IKT i matematikkopplæringen.

Selve spørreskjemaet ble utformet høsten 2009, ut fra m.a. Brymans råd om hvilke hensyn en bør ta i slike undersøkelser. (Bryman, 2001, s. 239 – 250). Skjemaet ble laget slik at de ulike delene til sammen skal kunne gi svar på forskningsspørsmålene.

- Jeg prøvde å gjøre spørsmålene så korte, presise og entydige som mulig, og hadde flere runder der jeg selv inntok rollen som kverulantisk og lite velvillig respondent, for å nærme meg dette målet. Ideelt sett burde jeg ha kjørt et pilotprosjekt, der noen få utvalgte respondenter fikk gi tilbakemeldinger om spørreskjemaet før den endelige versjonen ble sendt ut. Tidsperspektivet og det strenge og fornuftige kravet til anonymitet fra *Personvernombudet ved Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste*, gjorde at jeg ikke gjennomførte en slik pilottest. Gjennom de mange utviklingsrundene som spørreskjemaet var gjennom, fikk jeg imidlertid mange nyttige råd og innspill fra veilederne mine.

...in a self completing questionnaire the respondent may be tempted to omit such (long) questions or to skim them and therefore not give them sufficient attention (Bryman, 2001, s. 240-241).

- Alle spørsmålene skulle være relevante for undersøkelsen, og jeg fjernet dem som kunne være interessante å få svar på, men som falt utenfor rammene av det jeg primært skulle undersøke. Dette bidro også til at hele spørreskjemaet var mulig å fullføre på ca 15 minutter. Jeg mottok bare en tilbakemelding om at spørreskjemaet var for omfattende til at denne respondenten ønsket å fullføre det.

...there is little point in asking questions that do not relate to your research questions. It is also not fair to waste your respondent's time answering questions that are of little value (Bryman, 2001, s. 239).

- Jeg gjorde spørreskjemaet tilgjengelig på både bokmål, nynorsk og engelsk. Engelsk ble også tatt med fordi vi erfaringsmessig har en del fremmedspråklige lærere, som gjerne føler seg tryggere på presisjonsnivået, når de får lese og svare på engelsk. En av respondentene svarte på engelsk.

- Jeg valgte fem svaralternativ på de fleste flervalgsspørsmålene, bortsett fra noen ja/ nei spørsmål, og spørsmål om bakgrunnsinformasjon som kjønn, utdanning osv. I spørsmål om grad av enighet med påstander, får respondentene da også mulighet til å velge det midterste alternativet. Dersom antallet svaralternativ var et partall, ville en naturlig nok ikke hatt denne muligheten, og en ble da tvunget til å ta stilling for eller mot påstanden. Dette er for eksempel valgt hos Vavik, m.fl., (2010). Det kan ha den fordel at respondentene ikke kan velge ”minste motstands vei”, og krysse av for det ”nøytrale” alternativet når de ikke orker å tenke gjennom spørsmålet. Jeg har likevel valgt å la respondentene ha muligheten til å erklære seg ”nøytrale” til en påstand eller et spørsmål, fordi det kan være tilfeller der respondentene faktisk ikke har noen klar preferanse.

The chief argument for including the ”don’t know” option is that *not* to include one risks forcing people to express views that they do not really hold (Bryman, 2001, s. 244).

- I spørsmål som går på hyppighet i bruk, har jeg bevisst unngått alternativer som *Svært sjelden*, *Sjelden*, *Av og til* osv. Disse svaralternativene er brukt i noen andre undersøkelser, men det kan variere mye hva de ulike respondentene legger i disse subjektive begrepene. Jeg har derfor heller brukt tidsalternativ som *minst en gang per uke* og lignende uttrykk for å øke presisjonsnivået.

Avoid terms such as ”often” and ”regularly” as measures of frequency. They are very ambiguous, because respondents will operate with different frames of reference when employing them (Bryman, 2001, s. 240).

- Jeg valgte å balansere spørsmålene og påstandene en skulle ta stilling til opp mot hverandre, slik at spørreskjemaet sett under ett, framstod som mest mulig nøytralt for dem som skulle svare. Jeg passet også på at svaralternativene var balanserte. Bryman (2001, s. 243) viser til et eksempel der svaralternativene er *Excellent*, *Good*, *Acceptable* og *Poor*. Her er det to positive, ett nøytralt og ett negativt svaralternativ. Mine svaralternativer var av typen *Svært enig*, *Nokså enig*, *Nøytral*, *Nokså uenig* og *Svært uenig*.

Etter å ha klargjort retningslinjene, vil jeg nå grunngi hvorfor jeg valgte å ta med hvert av spørsmålene i undersøkelsen. Jeg tar med spørsmålene, slik de ble presenterte for respondentene, etter hver grunngivning. Det er gjort for at leseren skal slippe å bla fram og tilbake mellom denne delen av oppgaven og vedlegget, der det ellers ville vært naturlig å plassere spørreskjemaet. Innledningen til spørreskjemaet er gjengitt i vedlegg 2.

Del A: Generell informasjon

Spørsmål 1 – 6

I prosessanalysen er en opptatt av å få innsikt i flest mulig av de sosiale rollene en person inngår i, og hvilke forventninger og verdier som er knyttet til disse. Det er avgjørende for å kunne se en valgsituasjon gjennom den enkeltes egne verdimeslige og kulturelle brilleglass. En er ikke bare lærer, men kanskje også forelder, ektefelle, sønn/datter, medlem i det lokale idrettslaget osv. Alle disse rollene, med sine forventninger og verdisett vil m.a. ha innvirkning på i hvilken grad den enkelte har mulighet for, og er villig til å bruke av fritiden sin for å lære å mestre den nye teknologien i en undervisningssammenheng. Det faller utenfor rammene av denne oppgaven å kartlegge alle disse påvirkningsfaktorene, men jeg har tatt med spørsmål om bakgrunnsdata som kjønn, alder, undervisningserfaring og egen utdanning i matematikk/matematikkdidaktikk og IKT. Disse opplysningene kan også brukes til å se om de

som har svart på undersøkelsen utgjør et representativt utvalg. Det kan vi gjøre ved å se på tilsvarende opplysninger i store undersøkelser som for eksempel TIMSS og PISA.

1	Kjønn?
	<input type="checkbox"/> Kvinne <input type="checkbox"/> Mann
2	Hvilken aldersgruppe tilhører du?
	<input type="checkbox"/> <25 <input type="checkbox"/> 26-35 <input type="checkbox"/> 36-40 <input type="checkbox"/> 41-45 <input type="checkbox"/> 41-45 <input type="checkbox"/> 46-50 <input type="checkbox"/> 51-55 <input type="checkbox"/> 56-60 <input type="checkbox"/> 60+
3	Hvor mange års undervisningserfaring har du? (Ikke regn med ev. praksis i utdanningen.)
	<input type="checkbox"/> Jeg er lærerstudent <input type="checkbox"/> 0-1 <input type="checkbox"/> 2-5 <input type="checkbox"/> 6-10 <input type="checkbox"/> 11-15 <input type="checkbox"/> 16-20 <input type="checkbox"/> 21-25 <input type="checkbox"/> 26+
4	Hvilket årstrinn eller kurs underviser/underviste du på dette skoleåret/forrige skoleår? (Du kan merke av for flere.)
	<input type="checkbox"/> 10. kl <input type="checkbox"/> 1P <input type="checkbox"/> 1T
5	Hvilken utdanning har du i matematikk? Vennligst velg ett alternativ (30 studiepoeng = 10 vektall.)
	<input type="checkbox"/> 0 – 29 studiepoeng [0 – ½ år> <input type="checkbox"/> 30 – 59 studiepoeng [½–1 år> <input type="checkbox"/> 60 – 89 studiepoeng [1 –1½ år> <input type="checkbox"/> 90 –119 studiepoeng [2 – 2½ år> <input type="checkbox"/> 120 –180 studiepoeng [2 – 3 år] <input type="checkbox"/> Mastergrad eller hovedfag i matematikdidaktikk <input type="checkbox"/> Mastergrad eller hovedfag i matematikk <input type="checkbox"/> Doktorgrad i matematikdidaktikk <input type="checkbox"/> Doktorgrad i matematikk <input type="checkbox"/> Annet, vennligst spesifiser: _____ _____
6	Hvilken utdanning har du i IKT? Vennligst velg ett alternativ.
	<input type="checkbox"/> 0 – 29 studiepoeng [0 – ½ år> <input type="checkbox"/> 30 – 59 studiepoeng [½–1 år> <input type="checkbox"/> 60 – 89 studiepoeng [1 –1½ år> <input type="checkbox"/> 90 –119 studiepoeng [2 – 2½ år> <input type="checkbox"/> 120 –180 studiepoeng [2 – 3 år> <input type="checkbox"/> Mer enn 3 år <input type="checkbox"/> Annet. Vennligst spesifiser: _____ _____

Spørsmål 7

Dette spørsmålet handler om lærernes egenvurdering av generell IKT-kompetanse. Jeg vil bruke dette for å teste ut om det er en indre korrelasjon mellom de områdene som blir undersøkt her, og om det er en forbindelse mellom selvtillit i forhold til generelle IKT-ferdigheter og bruk av IKT i matematikktimene.

7 Hvor god kompetanse har du i bruk av disse IKT-verktøyene i jobbsammenheng?						
Vennligst velg det alternativet som du mener passer best:		Svært god	God	Middels	Dårlig	Ingen
a	Skriveprogram (for eks. Word, Writer eller Pages)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Regneark (for eks. Excel, Calc eller Numbers)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Presentasjonsverktøy (for eks. Power Point, Impress eller Keynote)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	LMS (for eks. Fronter eller It's Learning)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	E-post	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Surfing på Internett etter fagstoff (med for eks. Internett Explorer, Firefox, Opera, Safari eller andre nettlelere.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	Bruk av elektronisk tavle ("smart board")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Del B: Spørsmål om egen undervisningspraksis

Spørsmål 8 - 9

Disse spørsmålene går på lærernes oppfatninger av og syn på matematikkundervisning generelt, og er ment å skulle gi et bilde av hvilken av de to hovedtilnærmingene som ble beskrevet i delkapittel 2, de ulike lærerne ligger nærmest. Dette er viktig for å kunne gi et svar på delspørsmål 1c.

8 Vennligst merk av hvor vanlig eller uvanlig hver av disse undervisningsformene er i dine matematikktimer						
Velg det alternativet som du mener passer best:		Svært vanlig	Nokså vanlig	Nøytral	Nokså uvanlig	Svært uvanlig
a	Når jeg introduserer et nytt matematisk emne for elevene, starter jeg vanligvis med å presentere reglene og formlene. Deretter fortsetter jeg med å vise noen eksempler før jeg lar elevene regne tilsvarende oppgaver fra læreboka.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Når jeg introduserer et nytt matematisk emne for elevene, starter jeg vanligvis med å presentere et spørsmål eller en oppgave som elevene skal utforske.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9 Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.						
Velg det alternativet som du mener passer best:		Svært enig	Nokså enig	Nøytral	Nokså uenig	Svært uenig
a	Undervisningen må veksle mellom utforskende, lekende kreative og problemløsende aktiviteter og ferdighetstrening.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Innholdet i læreboka er så omfattende at det ikke er tid til utforskende aktiviteter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Det er for tidkrevende å la elevene oppdage de matematiske reglene selv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

d	Elevene husker mye lettere hva de har oppdagert selv enn det de er blitt fortalt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Å lære matematikk handler først og fremst om å ha en god hukommelse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Det er absolutt verdt å bruke tid på å prøve å forstå hvorfor en løsningsmåte fører til rett svar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Del C: Praktiske forhold

Spørsmål 10 - 16

I teorien om *bounded rationality* blir det trukket et skille mellom faktaforhold (fysiske rammebetingelser) og verdimeslige faktorer som påvirker valgene vi gjør. De fysiske rammebetingelsene kan både gå på tilgangen til maskiner og programvare og på om disse fungerer slik de skal. Eksempel 4 i kapittel 3 viser hvor viktige slike rammebetingelser kan være. Det blir også understreket av Ruthven (2007).

Computer infrastructure in schools remains unreliable, leading not infrequently to lessons being disrupted. Indeed, teachers commonly report that they feel obliged to plan fallback lessons as a matter of course, against the ever-present possibility of technical difficulties (Ruthven, 2007, s. 7).

Svar på disse spørsmålene er viktige for å forstå i hvilken grad det er manglende tilgang på datamaskiner, videoprojektører og programvare som er de sterkeste begrensende faktorene i forhold til å ta i bruk IKT i matematikkopplæringen.

10	Vennligst skriv antallene i kolonnen til høyre. Dersom du har mer enn en matematikklasserom, velg da den som du mener er mest typisk for den vanlige undervisningssituasjonen. Svar så ut fra forholdene i denne klassen og dette klasserommet.
Svar:	
Hvor mange elever er det i matematikklassen?	

11	Vennligst skriv antallene i kolonnen til høyre. Dersom du har mer enn en matematikklasserom, velg da den som du mener er mest typisk for den vanlige undervisningssituasjonen. Svar så ut fra forholdene i denne klassen og dette klasserommet. Du kan skrive 0 dersom det ikke er slike objekter tilgjengelig.
Svar:	
Hvor mange bærbare datamaskiner er fast tilgjengelig for elevene i klasserommet?	

12	Vennligst skriv antallene i kolonnen til høyre. Dersom du har mer enn en matematikklasserom, velg da den som du mener er mest typisk for den vanlige undervisningssituasjonen. Svar så ut fra forholdene i denne klassen og dette klasserommet. Du kan skrive 0 dersom det ikke er slike objekter tilgjengelig.
Svar:	
Hvor mange bærbare datamaskiner kan hentes fra andre steder på skolen til klasserommet ved behov?	

13	Vennligst skriv antallene i kolonnen til høyre. Dersom du har mer enn en matematikkklasse, velg da den som du mener er mest typisk for den vanlige undervisningssituasjonen. Svar så ut fra forholdene i denne klassen og dette klasserommet. Du kan skrive 0 dersom det ikke er slike objekter tilgjengelig.
Svar:	
Hvor mange stasjonære datamaskiner er fast tilgjengelig for elevene i klasserommet?	

14	Vennligst svar Ja eller Nei på disse spørsmålene.		
		Ja	Nei
a	Er der en datamaskin som du kan bruke til undervisningsformål i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Disponerer du en bærbar datamaskin som du kan ta med deg til klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Er det installert en videoprojektør i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	Er det en bærbar videoprojektør på skolen som du kan ta med deg til klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Er det en elektronisk tavle (smart board) i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15	Vennligst velg ett av svaralternativene.		
	Ja, i full stilling	Ja, i deltid	Nei
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har skolen tilsatt en IKT-ansvarlig?			

16	Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.					
	Velg det alternativet som du mener passer best:	Svært enig	Enig	Nøytral	Uenig	Svært uenig
a	Det er ikke nok teknisk utstyr i klasserommet dersom jeg skulle ønske å bruke IKT til å demonstrere noe for elevene i matematikktimene.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Det er ikke nok bærbare eller stasjonære datamaskiner for elevene i klasserommet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Det er vanskelig å få tilgang til et datarom dersom vi trenger det.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	Det er ikke nok datamaskiner tilgjengelig på datarommet dersom jeg skulle ta elevene med dit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Det tar for lang tid å ta med elevene til et datarom.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Det er mangel på god og nyttig matematisk programvare.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	Mangelen på teknisk assistanse gjør det vanskelig å bruke IKT i klasserommet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Del D: Læreplanmål

Spørsmål 17

Dette spørsmålet er tatt med for å undersøke om det er læreboka eller læreplanen som er mest styrende for innholdet i undervisningen, og om en ev. preferanse vil ha noen sammenheng med bruken av IKT.

17		Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.				
Velg det alternativet som du mener passer best:		Svært enig	Enig	Nøytral	Uenig	Svært uenig
a	Læreplanen er viktigere for meg enn læreboka når det gjelder å planlegge innholdet i matematikktimene.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Jeg bruker ikke mye tid på å studere læreplanen, fordi jeg regner med at læreplanmålene er dekket i læreboka.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Spørsmål 18 - 20

Utforskning av funksjoner med digitale hjelpemidler er med i læreplanmålene for både 10. kl, 1P og 1T. Siden dette er et felles krav for alle gruppene jeg har valgt å studere, er det naturlig å spørre hvordan lærerne møter denne utfordringen i praksis rundt om på skoler med ulike rammebetingelser.

18	Dette spørsmålet er kun for lærere som underviser/underviste i matematikk i 10. klasse: Hvordan legger du vanligvis opp undervisningen for at elevene skal nå <u>den delen av læreplanmålet nedenfor som omhandler digitale hjelpemidler</u> ? Vennligst velg det alternativet som du mener passer best.	
Funksjoner <i>Mål for opplæringen er at eleven skal kunne</i> <ul style="list-style-type: none"> lage, på papiret og digitalt, funksjoner som beskriver numeriske sammenhenger og praktiske situasjoner, tolke dem og omsette mellom ulike representasjoner av funksjoner, som grafer, tabeller, formler og tekst. 		Svar
Det er ikke praktisk mulig å jobbe med digitale hjelpemidler på vår skole.		<input type="checkbox"/>
Det er ikke tid til å jobbe med digitale hjelpemidler om vi skal nå de andre læreplanmålene.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene bruke en enkel kalkulator til å beregne verditabeller. De tegner alltid grafene for hånd.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene bruke en grafisk kalkulator når de jobber med dette læreplanmålet.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene lage verditabeller og tegne grafer ved hjelp av et regneark av typen Excel, Calc eller Numbers.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene bruke dataprogrammet _____ (Ikke regneark som Excel, Calc eller Numbers).		<input type="checkbox"/>

19	Dette spørsmålet er kun for lærere som underviser/underviste i 1P: Hvordan legger du vanligvis opp undervisningen for at elevene skal nå <u>den delen av læreplanmålet nedenfor som omhandler digitale hjelpemidler</u>? Vennligst velg det alternativet som du mener passer best.	
Funksjoner		Svar
<i>Mål for opplæringen er at eleven skal kunne</i>		
<ul style="list-style-type: none"> gjøre greie for begrepet lineær vekst, vise gangen i slik vekst og bruke dette i praktiske eksempler, også digitalt 		
Det er ikke praktisk mulig å jobbe med digitale hjelpemidler på vår skole.		<input type="checkbox"/>
Det er ikke tid til å jobbe med digitale hjelpemidler om vi skal nå de andre læreplanmålene.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene bruke en enkel kalkulator til å beregne verditabeller. De tegner alltid grafene for hånd.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene bruke en grafisk kalkulator når de jobber med dette læreplanmålet.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene lage verditabeller og tegne grafer ved hjelp av et regneark av typen Excel, Calc eller Numbers.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene bruke dataprogrammet _____ (Ikke regneark som Excel, Calc eller Numbers).		<input type="checkbox"/>

20	Dette spørsmålet er kun for lærere som underviser/underviste i 1T: Hvordan legger du vanligvis opp undervisningen for at elevene skal nå <u>den delen av læreplanmålet nedenfor som omhandler digitale hjelpemidler</u>? Vennligst velg det alternativet som du mener passer best.	
Funksjoner		Svar
<i>Mål for opplæringen er at eleven skal kunne</i>		
<ul style="list-style-type: none"> bruke digitale hjelpemidler til å undersøke polynomfunksjoner, rasjonale funksjoner, eksponentialfunksjoner og potensfunksjoner 		
Det er ikke praktisk mulig å jobbe med digitale hjelpemidler på vår skole.		<input type="checkbox"/>
Det er ikke tid til å jobbe med digitale hjelpemidler om vi skal nå de andre læreplanmålene.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene bruke en enkel kalkulator til å beregne verditabeller. De tegner alltid grafene for hånd.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene bruke en grafisk kalkulator når de jobber med dette læreplanmålet.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene lage verditabeller og tegne grafer ved hjelp av et regneark av typen Excel, Calc eller Numbers.		<input type="checkbox"/>
Jeg lar elevene bruke dataprogrammet _____ (Ikke regneark som Excel, Calc eller Numbers).		<input type="checkbox"/>

Del E. Synspunkter på bruk av IKT i matematikktimene

Spørsmål 21 - 22

I kapittel 2 presenterte jeg forskningslitteratur som viser betydningen av læreres pedagogiske grunnsyn for bruken av IKT til undervisningsformål. Spørsmål 21 – 22 er utformet med bakgrunn i lærdommen fra disse forskningsartiklene.

21 Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.						
Vennligst velg det alternativet som du mener passer best:		Svært enig	Nokså enig	Nøytral	Nokså uenig	Svært uenig
a	Det er for mye fokus på bruk av IKT i læreplanen i matematikk.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Det er flere fordeler enn ulemper med å ta i bruk IKT i matematikktimene.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	IKT kan hjelpe elevene til å få rette svar, men det fører ikke til at de lærer mer matematikk.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	IKT er godt egnet til å visualisere matematiske sammenhenger, og gjør det på den måten lettere for elevene å virkelig forstå matematikk.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Bruk av IKT i klasserommet er så tidkrevende at det ikke står i forhold til et ev. økt læringsutbytte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Bruk av IKT i klasserommet gir så mye i form av økt læringsutbytte at det absolutt er verdt merarbeidet og tidsbruken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	Bruk av IKT i klasserommet fører til at elevene jobber mer med matematikk, fordi det øker motivasjonen og utholdenheten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h	Bruk av IKT i klasserommet fører til at elevene jobber mindre med matematikk, fordi de lett blir fristet til å bruke tiden på andre ting enn matematikk.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

22 Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.						
Vennligst velg det alternativet som du mener passer best:		Svært enig	Nokså enig	Nøytral	Nokså uenig	Svært uenig
a	Siden myndighetene pålegger oss å ta i bruk IKT i timene, burde de redusere noen av de andre pliktene våre på skolen, slik at vi kunne få tid til å lære å bruke programvaren skikkelig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Det er så interessant å lære seg de forskjellige verktøyene og mulighetene i et godt matematikkprogram at jeg gjerne bruker mange timer av fritiden min til å utforske dette.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Matematiske fakta er evige, men teknologien forandrer seg så raskt at det ikke er verdt å kaste bort tid på å lære seg å bruke et dataprogram som snart blir umoderne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	Matematikkundervisningen bør dra nytte av dagens tilgjengelige teknologi, fordi denne åpner et nytt landskap av utforskende oppgaver og aktiviteter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Elever som behersker et godt matematisk dataprogram vil ha fordel av dette på eksamen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

f	Å lære seg å bruke et matematisk dataprogram er så tidkrevende at det vil gå ut over eksamensresultatene, fordi eleven da ikke får tid til å lære andre viktige deler av pensum.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
---	--	--

Spørsmål 23

Selv om jeg ikke har kunnet kartlegge forhold som påvirker mulighetene til å bruke av egen fritid til utforsking av matematisk programvare, har jeg funnet det naturlig å be lærerne vurdere hvor enige eller uenige de er i disse to påstandene:

23 a *Siden myndighetene pålegger oss å ta i bruk IKT i timene, burde de redusere noen av de andre pliktene våre på skolen, slik at vi kunne få tid til å lære å bruke programvaren skikkelig.*

23b *Det er så interessant å lære seg de forskjellige verktøyene og mulighetene i et godt matematikkprogram at jeg gjerne bruker mange timer av fritiden min til å utforske dette.*

I analysen vil jeg undersøke om det er en negativ korrelasjon mellom lærernes vurderinger av disse to påstandene, og se om det er en sammenheng mellom svarene her og bruken av IKT generelt. Prosessanalysen bidrar i dette tilfellet med en oppfordring til forsiktighet i konklusjonene, fordi villigheten er forbundet med anledning, og fordi vi ikke har informasjon om de ulike rolleforventningene som påvirker disponeringen av fritiden.

23	Hvor viktige er disse spørsmålene i forhold til om du vil bruke et dataprogram i matematikktimene?					
Velg et tall på skalaen, der 4 står for "Svært viktig" og 0 står for "Uten betydning":		4	3	2	1	0
a	Er utstyret og programmet så enkelt å bruke at jeg kan lære dette raskt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Er det fleksibelt, slik at det kan brukes til flere formål?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Vil programmet motivere elevene?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	Er innholdet i programmet relevant i forhold til de kompetansemålene vil skal jobbe med?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Er utstyret og programvaren til å stole på?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Dersom noe ikke fungerer, er det da noen som kan og vil ordne det?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	Vil tiden jeg bruker på å lære å bruke systemet gi nok tilbake i form av større læringsutbytte hos elevene?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h	Vil bruken av datamaskiner svekke autoriteten min i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i	Står det at vi skal bruke et tilsvarende dataprogram i læreplanen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j	Står det eksempler på bruk av et slikt dataprogram i lærebøkene?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k	Er det tilgang til nok datamaskiner i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

l	Er det tilgang til nok datamaskiner på et datarom, dersom det ikke er nok datamaskiner i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m	Har jeg tilgang til en datamaskin i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n	Er det tilgang til en videoprojektør i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o	Er det tilgang til en elektronisk tavle (smart board) i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
p	Får jeg støtte og oppmuntring fra administrasjonen i forhold til bruk av dataprogrammer i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
q	Får jeg støtte og oppmuntring fra kollegaer i forhold til bruk av dataprogrammer i klasserommet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
r	Får jeg mulighet til å delta i en organisert opplæring/kursing for å lære å bruke utstyret og programmet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s	Blir ferdighetene i å bruke slike verktøy testet og vurdert ved eksamen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t	Sier forskningen at det er en positiv sammenheng mellom bruk av slike verktøy og eksamensresultater?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
u	Sier forskningen at det er en positiv sammenheng mellom bruk av slike verktøy og elevenes evne til å løse problemer av matematisk art i dagliglivet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Spørsmål 24 – 25

I presentasjonen av det teoretiske rammeverket, så vi på forskjellene mellom *Franklins regel* og *fast and frugal heuristics* som metoder for å komme fram til en beslutning. Spørsmål 24 skal avdekke om lærerne mener de legger mest vekt på en fullstendig komparativ analyse av alle fordeler og ulemper, eller om de går ut fra en intuitiv/heuristisk metode. Spørsmål 25 skal gi svar på om det blir lagt vekt på ett eller flere vurderingskriterier for å skille mellom strategiene *Take the last* vs. *Take the best*.

24		Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.				
Velg det alternative som du mener passer best:		Svært enig	Enig	Nøytral	Uenig	Svært uenig
a	Når jeg skal bestemme meg for om jeg vil ta i bruk matematisk programvare i matematikktimene, vurderer jeg nøye alle fordeler og ulemper opp mot hverandre før jeg bestemmer meg for hva jeg skal gjøre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Når jeg skal bestemme meg for om jeg vil ta i bruk matematisk programvare i matematikktimene, bygger jeg mer på egne følelser av hva som er rett enn på grundige studier av forskningsresultater og vurderinger av alle fordeler og ulemper.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

25		Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.				
Velg det alternative som du mener passer best:		Svært enig	Enig	Nøytral	Uenig	Svært uenig
a	Når jeg skal bestemme meg for om jeg vil ta i bruk matematisk programvare i matematikktimene eller ikke, er det én avgjørende grunn som jeg legger mer vekt på enn alle andre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Når jeg skal bestemme meg for om jeg vil ta i bruk matematisk programvare i matematikktimene eller ikke, tar jeg hensyn til mange ulike grunner.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Spørsmål 26

I kapittel 2 refererte jeg til Ruthven og Hennessy (2002), som vektlegger hvor viktig det er å få innsikt i lærernes egne forklaringer og begreper. Dette har jeg prøvd å imøtekomme ved å lage noen åpne spørsmål, der lærerne fikk skrive fritt hvilke faktorer de mener er de viktigste for om de vil ta i bruk matematisk programvare eller ikke. Spørsmålet er egnet til å få lærernes egne ord på vurderingene.

26	<p>Du kan hoppe over dette spørsmålet dersom du <u>ikke</u> bruker matematisk programvare i matematikktimene.</p> <p>Vennligst skriv ned de tre viktigste grunnene til at du velger å bruke matematisk programvare i matematikktimene. OBS: Dersom det er <u>en</u> grunn som er mye viktigere enn alle andre, trenger du bare å skrive ned denne ene grunnen.</p>
	<p>1. _____ _____</p> <p>2. _____ _____</p> <p>3. _____ _____</p>

Spørsmål 27

I presentasjonen av relevant forskningslitteratur, så vi at Cubans studier (Cuban, 2001) viste liten grad av endring i måten elevene arbeidet på etter innføring av IKT. Hennessy og Ruthven (2005) gjorde andre observasjoner i sine undersøkelser, og fant at hos noen lærere førte bruken av IKT til en endring til mer utforskende oppgaver. Formålet med spørsmål 27 var å finne ut i hvilken grad bruk av digitale hjelpemidler har endret oppgavetyper hos norske matematikklærere på 10. og 11. trinn. Det kunne også vært interessant å se om andre oppgavetyper også førte til andre arbeidsmåter og en endret elev- og lærerrolle. Dette har jeg ikke undersøkt i denne oppgaven, men det kunne være et interessant tema for en kvalitativ tilleggsstudie senere.

27	<p>Du kan hoppe over dette spørsmålet dersom du ikke bruker matematisk programvare i matematikktimene.</p> <p>Har bruken av matematisk programvare ført til at du og elevene jobber med andre typer oppgaver enn tidligere?</p> <p><input type="checkbox"/> Nei, vi jobber stort sett med samme type oppgaver som vi gjorde tidligere.</p> <p><input type="checkbox"/> Ja. (Vennligst forklar kort om forandringene.)</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
-----------	--

Spørsmål 28

Dette spørsmålet er motivert ut fra samme ønske som i nr. 26, men er rettet mot dem som har valgt å ikke ta i bruk matematisk programvare i opplæringen.

28	<p>Du kan hoppe over dette spørsmålet dersom du bruker matematisk programvare i matematikktimene.</p> <p>Vennligst skriv ned de tre viktigste grunnene til at du velger å <u>ikke</u> bruke matematisk programvare i matematikktimene. OBS: Dersom det er <u>en</u> grunn som er mye viktigere enn alle andre, trenger du bare å skrive ned denne ene grunnen.</p>
	<p>1. _____ _____</p> <p>2. _____ _____</p> <p>3. _____ _____</p>

Del F. Spørsmål om GeoGebra

Spørsmål 29

Spørsmålene så langt har handlet om IKT og matematisk programvare generelt, men dette er med for å kunne gi svar på i hvilken grad norske matematikklærere kjenner til og bruker programmet GeoGebra.

29	<p>Hvilke erfaringer har du med matematikkprogrammet GeoGebra? Vennligst velg ett svaralternativ.</p> <p><input type="checkbox"/> Jeg kjenner ikke til GeoGebra. <input type="checkbox"/> Jeg har hørt om programmet, men har ikke prøvd det selv. <input type="checkbox"/> Jeg har prøvd programmet, men ikke nok til å kunne bruke det selv i undervisningen. <input type="checkbox"/> Jeg kjenner de grunnleggende verktøyene i programmet. <input type="checkbox"/> Jeg er en nokså erfaren bruker av GeoGebra. <input type="checkbox"/> Jeg er en svært erfaren bruker av GeoGebra.</p>
-----------	--

Spørsmål 30

Et minst like viktig spørsmål som om lærerne bruker GeoGebra, er hva de ev. bruker dette programmet til i undervisningen. Er det i hovedsak brukt av læreren til visualisering, eller er det også brukt av elevene til utforskende problemløsningsoppgaver?

Vennligst hopp over neste spørsmål dersom du valgte ett av de tre første svaralternativene i spørsmålet ovenfor.

30		Disse spørsmålene handler om din egen og elevenes bruk av GeoGebra. (Ordene fil og filer gjelder filer eller applikasjoner som er laget med GeoGebra.)				
Velg det alternativet som du mener passer best:		Minst en gang per uke	Minst en gang per måned	Av og til, men ikke hver måned	Konsentrert om en avgrenset periode	Aldri
a	Hvor ofte i matematikktimene bruker du (ikke elevene) ferdiglagde GeoGebra-filer som andre har laget?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Hvor ofte i matematikktimene bruker du ferdiglagde GeoGebra-filer som du har laget selv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Hvor ofte starter du med en tom GeoGebra-fil og viser trinn for trinn hvordan elevene kan løse matematiske problemer eller oppgaver?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	Hvor ofte viser du i fellesskap for hele klassen hvordan elevene kan bruke forskjellige verktøy i GeoGebra?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Hvor ofte bruker elevene GeoGebra til å løse oppgaver ut fra en ferdiglaget trinnvis "løsningsoppskrift"?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Hvor ofte bruker elevene GeoGebra til å utforske matematiske problemer der de ikke kjenner en direkte vei til løsningen på forhånd?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Spørsmål 31

GeoGebra er bare ett av mange dynamiske matematikkprogram. Spørsmål 31 kartlegger bruken av andre dataverktøy enn GeoGebra.

Dersom du ikke bruker et annet dynamisk matematikkprogram enn GeoGebra (som Cabri , GEONExT, ClassPad Manager, TI-Nspire eller andre), kan du hoppe over de to siste spørsmålene.

31	Hvilket dynamisk matematikkprogram bruker du i stedet for GeoGebra? Vennligst skriv navnet på programmet:

Spørsmål 32

Dette spørsmålet er det samme som spørsmål 30, men er nå knyttet til annen dynamisk programvare. Som vi vil se i kapittel 5, var det relativt få respondenter som oppgav andre dynamiske matematikkprogram enn GeoGebra. Det var derfor ikke mulig å foreta en reell sammenligning i bruksområder for de ulike programmene. Jeg fjernet da et opprinnelig delspørsmål som gikk på dette, slik at svarene på spørsmål 32 ikke er knyttet til noen av delspørsmålene.

32 Disse spørsmålene handler om din egen og elevenes bruk av andre dynamiske dataprogrammer enn GeoGebra. (Ordene fil og filer gjelder filer eller applikasjoner som er laget med det aktuelle programmet.)						
Velg det alternativet som du mener passer best:		Minst en gang per uke	Minst en gang per måned	Av og til, men ikke hver måned	Konsentrert om en avgrenset periode	Aldri
a	Hvor ofte i matematikktimene bruker du (ikke elevene) ferdiglagde filer som andre har laget?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Hvor ofte i matematikktimene bruker du ferdiglagde filer som du har laget selv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Hvor ofte starter du med ei tom programfil og viser trinn for trinn hvordan elevene kan løse matematiske problemer eller oppgaver?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	Hvor ofte viser du i fellesskap for hele klassen hvordan elevene kan bruke forskjellige verktøy i det dynamiske programmet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Hvor ofte bruker elevene programmet til å løse oppgaver ut fra en ferdiglaget trinnvis "løsningsoppskrift"?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Hvor ofte bruker elevene programmet til å utforske matematiske problemer der de ikke kjenner en direkte vei til løsningen på forhånd?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Avslutning

Når respondentene har tatt seg bryet med å svare på et slikt omfattende spørreskjema, er det på sin plass å takke dem for dette. Spørreskjemaet avsluttes derfor med teksten: "Takk for at du fullførte dette spørreskjemaet!"

Sammenhengen mellom underspørsmålene som jeg presenterte i kapittel 1.3 og innholdet i det utsendte spørreskjemaet, kan oppsummeres i tabellen nedenfor.

Tabell 4.1: Forbindelsen mellom delspørsmål og de ulike delene av spørreskjemaet

Delspørsmål til forskningsspørsmålene:	Spørreskjema:
1a	Spørsmål 1 – 6
1b	Spørsmål 7
1c	Spørsmål 8 – 9, 17
1d	Spørsmål 10 – 16
1e	Spørsmål 21 – 23, 26 og 28
1f	Spørsmål 24 – 25
1g	Spørsmål 18 – 20
2a	Spørsmål 29, 30
2b	Spørsmål 30
2c	Spørsmål 31
2d	Spørsmål 27

Spørreskjemaet inneholder altså både en kartlegging av praktiske forhold, som tilgang på datamaskiner, videokanon og elektronisk tavle for lærere og elever, og spørsmål som går på lærernes pedagogiske grunnsyn og på grad av tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen. Dette er i samsvar med teorien om *bounded rationality*, der Simon understreker at beslutninger blir tatt på bakgrunn av både fysiske rammebetingelser og verdimessige vurderinger.

4.3 Utvalg av respondenter og innsamling av data

Tidlig i planleggingsfasen var jeg inne på tanken om å spørre de store forlagene om jeg kunne få tilsendt e-postlistene med matematikklærere som de har opparbeidet. Det er tre grunner til at denne fremgangsmåten ble forkastet. For det første kan det være prinsipielt uheldig å blande sammen forskningsoppgaver med kommersielle aktører i markedet. For det andre er det ikke sikkert at disse listene utgjør et representativt utvalg av lærere. E-postlistene består gjerne av lærere som har meldt seg på kurs i regi av forlagene, eller som har kontaktet forlagene av andre grunner. Det kan være en mulighet for at disse lærerne er mer interesserte og engasjerte enn gjennomsnittet av norske matematikklærere. For det tredje er det slett ikke sikkert at forlagene ville frigi disse listene til dette formålet. Uformelle sonderinger gav et bestemt inntrykk av at forlagene ville verne strengt om sin egen kontaktbase. Det er et forståelig og rosverdig standpunkt.

For å få et stort nok og representativt utvalg, ble lærerne derfor valgt ut etter følgende fremgangsmåte:

- Jeg brukte den fritt tilgjengelige skoleoversikten på www.pedlex.no og fant først ut hvor mange videregående skoler det er i Norge. Her tok jeg med både private og offentlige, og fant også fram til fordelingen av videregående skoler per fylke.
- Jeg valgte ut 100 videregående skoler fra hele landet fordelt slik tabell 4.2 viser.
- Jeg valgte også ut 100 ungdomsskolene eller kombinerte barne- og ungdomsskoler. Fordelingen av disse går fram av tabell 4.3.

Det samlede antallet grunnskoler med ungdomstrinn og videregående skoler er $1161 + 615 = 1776$. Jeg kontaktet 200 skoler fordi dette var et rundt tall som utgjorde over 10 % av den totale populasjonen. Det ble sendt inn e-postadresser fra 155 skoler, og dette utgjør ca. 9 % av det aktuelle antallet. Til sammenligning ble det i en så stor og omfattende undersøkelse som Skolefagundersøkelsen 2009, valgt ut ca. 15 % (172) av de 1161 skolene med ungdomstrinn.

Det finnes utvalgskalkulatorer på nettet, der du får regnet ut størrelsen på utvalget når du oppgir størrelsen på populasjonen, konfidensnivået og konfidensintervallet. Et utvalg på 200 av en populasjon på 1776, svarer til et konfidensintervall på ca. 6,5 når konfidensnivået er 0,95. Det vil si at dersom 40 % av utvalget svarer ja på et spørsmål, kan en med 95 % sannsynlighet si at andelen ja-svar i populasjonen er $(40 \pm 6,5) \%$. Se eksempel på utvalgskalkulator på <http://www.surveysystem.com/sscalc.htm>

Når det var en skole som sa fra tidlig at lærerne der ikke ønsket å være med i undersøkelsen, tok jeg kontakt med en erstatningsskole fra samme fylke, og av omtrent samme type som den opprinnelige. Det ville ikke nytte å lage en liste over erstatningsskoler på forhånd, fordi det var umulig å vite hvilke skoler som ville melde avbud. Det ble satt inn sju erstatningsskoler på ungdomstrinnet. Seks av disse sendte inn e-postadresser. På videregående ble det satt inn seks erstatningsskoler. En av disse sendte inn adresser.

Determine Sample Size

Confidence Level: 95% 99%

Confidence Interval:

Population:

Sample size needed:

Figur. 4.1: Eksempel på utvalgskalkulator på Internett

Den utvalgsmetoden jeg har brukt på de videregående skolene, kalles i litteraturen for proporsjonal stratifisert trekking. Jeg har delt alle enhetene (de videregående skolene) inn i undergrupper (etter fylke) og gjort et utvalg i hvert fylke som er tilnærmet proporsjonalt med det totale antallet videregående skoler der.

Stratifiserte utvalg trekkes ved at en først deler inn alle enhetene i surveypopulasjonen i undergrupper eller strata, f.eks. etter kjønn og alder. Deretter trekker en et rent tilfeldig utvalg innen hvert stratum. Dersom størrelsen på disse utvalgene er proporsjonal med størrelsen på strataene (f.eks. at en velger et 10 % utvalg fra hvert stratum), snakker en om proporsjonal stratifisert trekking. Proporsjonal stratifisert trekking (med rent tilfeldig trekking innen hvert stratum) gir estimater som alltid er like presise eller mer presise enn de vi får ved rent tilfeldig trekking (Aarø, 2007, s. 27).

Dette er den samme fremgangsmåten som er utgangspunktet for undersøkelsen til Vavik m.fl. (2010).

Utvalget av skoler fra hvert fylke er tilpasset slik at det er proporsjonalt med det totale antall av lærere innenfor regionen (proporsjonal stratifisering). Dette vil si at fylker med mange lærere, som for eksempel Akershus, Oslo og Hordaland, også vil ha det største antallet av deltakere i undersøkelsen (Vavik. m.fl., 2010, s. 20-21).

Jeg finner det likevel vanskelig å forklare at et slikt utgangspunkt skal resultere i at bare 4 % av lærerne i Østfold (36 av 920) er med i utvalget i Skolefagundersøkelsen, når 21 % (133 av 628) av de aktuelle lærere fra Telemark er med.

Tabell 4.3 viser at den fylkesvise fordelingen av det totale antallet skoler med 10. trinn er noe forskjellig fra fordelingen av videregående skoler. For eksempel er grunnskoler fra Finmark og Nordland underrepresenterte i utvalget, mens grunnskoler fra Hordaland og Oslo er overrepresenterte. Dette er fordi det ikke er utført en proporsjonal stratifisert trekking med hensyn til undergruppen skoleslag. Ut fra det totale antallet skoler av hver kategori, skulle det vært tatt med forholdsvis flere grunnskoler, og disse skulle vært fordelt annerledes fylkesvis. Jeg valgte likevel å ha det samme antallet grunnskoler som videregående skoler fra de ulike fylkene. Dette ble gjort for å få et mest mulig likt antall lærere fra de ulike skoleslagene fra hvert fylke. På den måten håpet jeg å redusere feilkilden at ev. registrerte forskjeller mellom skoleslag kunne skyldes fylkesvise variasjoner.

Pedlex angir at det er 3205 grunnskoler i Norge. Det er langt fra alle ungdomsskoler eller kombinerte barne- og ungdomsskoler som har ordet ungdomsskole i navnet. For å finne ut hvilke av grunnskolene i Pedlex sin oversikt som inneholdt 10. trinn, måtte jeg derfor har gått inn på nettsidene til samtlige av disse 3205 skolene. Det ville være en bortimot uoverkommelig jobb. I tabell 4.3 har jeg derfor brukt tall fra Vavik m.fl. (2010) for antall skoler med ungdomstrinn. Det hender at ulike kilder opererer med et litt forskjellig antall

skoler. Jeg mottok for eksempel også lister over videregående skoler fra Utdanningsdirektoratet. Her var det totale antallet, medregnet Svalbard 539, og den fylkesvise fordelingen var også forskjellig fra oversikten i Pedlex. Jeg anser likevel ikke bruk av ulike kilder for de to skoleslagene å være problematisk.

Det kunne vært interessant å sett på den fylkesvise svarfordelingen, men i og med at svarene var anonyme, har jeg ikke oversikt over hvilke fylker de ulike respondentene kommer fra.

Tabell 4.2: Fylkesmessig fordeling av videregående skoler

	Skoler i alt		Utvalgte skoler	
Akershus	41	7 %	8	8 %
Aust-Agder	20	3 %	3	3 %
Buskerud	37	6 %	4	4 %
Finnmark	19	3 %	2	2 %
Hedmark	26	4 %	4	4 %
Hordaland	75	12 %	13	13 %
Møre og Romsdal	30	5 %	5	5 %
Nord-Trøndelag	16	3 %	3	3 %
Nordland	35	6 %	4	4 %
Oppland	24	4 %	3	3 %
Oslo	64	10 %	10	10 %
Rogaland	52	8 %	10	10 %
Sogn og Fjordane	18	3 %	3	3 %
Svalbard	1	0 %	0	0 %
Sør-Trøndelag	38	6 %	6	6 %
Telemark	25	4 %	4	4 %
Troms	24	4 %	5	5 %
Vest-Agder	25	4 %	5	5 %
Vestfold	20	3 %	3	3 %
Østfold	25	4 %	5	5 %
I alt	615	100 %	100	100 %

Tabell 4.3: Fylkesmessig fordeling av skoler med 10. trinn

	Skoler i alt		Utvalgte skoler	
Akershus	81	7 %	8	8 %
Aust-Agder	29	2 %	3	3 %
Buskerud	51	4 %	4	4 %
Finnmark	58	5 %	2	2 %
Hedmark	41	4 %	4	4 %
Hordaland	99	9 %	13	13 %
Møre og Romsdal	74	6 %	5	5 %
Nord-Trøndelag	47	4 %	3	3 %
Nordland	129	11 %	4	4 %
Oppland	42	4 %	3	3 %
Oslo	56	5 %	10	10 %
Rogaland	93	8 %	10	10 %

Sogn og Fjordane	50	4 %	3	3 %
Sør-Trøndelag	67	6 %	6	6 %
Telemark	43	4 %	4	4 %
Troms	79	7 %	5	5 %
Vest-Agder	40	3 %	5	5 %
Vestfold	40	3 %	3	3 %
Østfold	42	4 %	5	5 %
I alt	1161	100 %	100	100 %

Jeg konkluderer ut fra det totale bildet i tabell 4.2 og 4.3, at den geografiske spredningen i utvalg av skoler var tilfredsstillende.

I tillegg til fylkesmessige hensyn, la jeg også vekt på andre forutsetninger ved utvalg av skoler og lærere.

- Undersøkelsen skulle være helt anonym, slik at verken navn, skole eller e-postadresse kan knyttes til respondenten.
- Jeg passet på å få en blanding av små, mellomstore og store skoler. I utvalget var der også en rimelig fordeling mellom byskoler og skoler fra mindre tettbygde områder.
- Utvalget av lærere fra hver skole måtte også være representativt, slik at ikke de mest entusiastiske IKT-brukerne ble valgt ut. Jeg sendte de fleste forespørslene til rektor ved den utvalgte skolen, med kopi til postmottaket. Disse e-postadressene fant jeg som nevnt på nettsidene til Pedlex. Der det var referert til en eksisterende og operativ hjemmeside for skolen, forsøkte jeg å finne e-postadresse og telefonnummer til en ev. realfags-/ matematikkansvarlig på hver skole. Der jeg fant en slik mellomleder, ble forespørselen sendt til denne personen i stedet for til rektor. Jeg sendte også her kopi til postmottaket. Rektor eller den matematikkansvarlige ble så bedt om å plukke ut tre lærere, i alfabetisk rekkefølge, sortert etter etternavn. Dette måtte være lærere som har det aktuelle faget/kurset i 2009/2010 eller som hadde det forrige skoleår.

Ved å bruke disse utvalgsmetodene, har jeg forsøkt å unngå at det blir en overvekt av respondenter som er ivrige IKT-brukere, i forhold til det som er typisk for den aktuelle populasjonen. Dette skulle altså bidra til å gjøre utvalget mest mulig representativt.

Med 200 skoler og tre lærere fra hver skole, var det maksimale antallet respondenter 600. Det gikk tregt å få inn svar fra noen av de utvalgte skolene, så jeg sendte to e-poster der jeg vennlig minnet om tidligere utsendte oppfordring. Jeg ringte også til samtlige utvalgte skoler, som jeg ikke hadde fått respons fra, og klarte på den måten å øke antallet e-postadresser betraktelig. Etter ringerunden, økte antallet mulige respondenter fra ungdomstrinnet fra 57 til 216, og på videregående skole fra 147 til 214. Jeg endte altså opp med en liste med 430 lærere som oppfylte kriteriene om å ha matematikk på 10. trinn, 1P eller 1T, i år eller forrige skoleår.

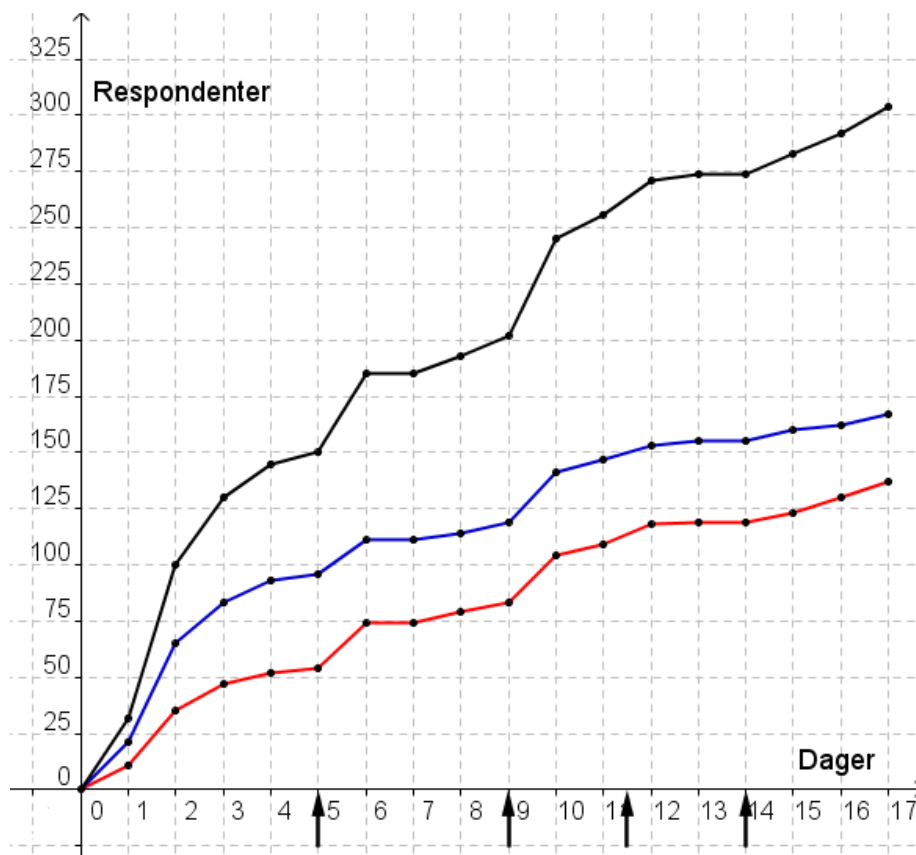
Den ulike organisasjonsstrukturen på ungdomstrinnet og videregående skole kan være noe av forklaringen på at jeg i starten fikk tilsendt få adresser fra ungdomstrinnet. Jeg erfarte at det var lettere å finne fram til en seksjonsleder med ansvar for matematikkfaget på 11. trinn enn på 10. trinn. Ringerundene viste at forespørselen i noen tilfeller hadde stoppet opp hos ungdomsskolerektorene uten å ha blitt sendt videre, mens andre hadde videresendt en oppfordring om å delta i prosjektet til utvalgte matematikklærere på egen skole. Det viste seg

at terskelen for å melde seg til tjeneste selv, var høyere enn å si ja til en direkte forespørsel fra en avdelingsleder/matematikkansvarlig, som så sendte de aktuelle adressene videre til meg.

Kontorpersonalet på skolene har ofte har en meget god oversikt over hva de ulike lærerne underviser i. De var også svært imøtekommende med å sende meg e-postadresser i de mange tilfellene der rektorene og lærerne var opptatt med møter eller undervisning. Skolehverdagen er hektisk for tilsatte i alle ledd, men jeg ble likevel møtt med stor vennlighet og velvilje fra både kontorpersonale, lærere og rektorer. Dette gjorde jobben med å ringe rundt til skolene til en hyggelig opplevelse.

Det var forventet at jeg ville få færre svar på selve spørreundersøkelsen fra lærere på ungdomstrinnet, fordi jeg hadde fått flere av disse adressene uten at lærerne hadde blitt spurt på forhånd. I de tilfellene der dette skjedde, gjorde jeg en avtale med rektor eller den jeg snakket med i resepsjonen, om at dersom disse lærerne ikke ønsket å delta, kunne de bare la være å svare på invitasjonen som ble sendt ut senere.

Selve spørreskjemaet ble sendt ut til de 430 e-postadressene 10. januar 2010. Figur 4.1 viser utviklingen av innkomne svar fra de to skoleslagene. Den røde grafen viser svar fra ungdomsskolelærere og den blå fra lærere fra 1P og 1T. Den svarte grafen viser summen av de to andre. De vertikale pilene mot x -aksen viser utsendte påminninger om undersøkelsen til dem som da ikke hadde svart. Dette ble gjort automatisk av undersøkelsesverktøyet Questback, når jeg hadde lagt inn datoene for slike utsendinger. Jeg hadde valgt ut noen påminningsdatoer på forhånd, men jeg justerte senere disse til der jeg så grafen var i ferd med å flate ut.



Figur 4.2: Utviklingen av antall svar på spørreskjemaet

Da undersøkelsen ble avsluttet 26. januar, hadde jeg fått inn 137 svar fra ungdomstrinnet og 167 svar fra lærere på 1P og 1T. Dette utgjorde 63 % av tilsendte adresser fra 10. trinn og 78

% av adressene fra 11. trinn. Denne forskjellen er rimelig, i og med at de fleste av de aktuelle lærerne fra videregående skole hadde sagt ja til å delta i prosjektet på forhånd, mens dette ikke var tilfellet for ungdomsskolelærerne. Dersom vi sammenligner svarene med de 2 ganger 300 lærerne vi ønsket å komme i kontakt med, blir svarprosentene 46 på 10. trinn og 56 på 11. trinn. Det er to grunner til at jeg ikke betrakter disse tallene som reelle mål for svarandelen. For det første var noen av skolene små, og hadde ikke tre matematikklærere som underviste på de aktuelle trinnene. Det maksimale antallet respondenter lå derfor nærmere 560 enn 600. For det andre var det noen av skolene vi aldri fikk kontakt med, og noen sa fra svært sent at de ikke ønsket å delta i undersøkelsen. Dette førte til at det ikke var nok tid til å kontakte erstatningsskoler fra samme fylke og med omtrent like mange elever i disse tilfellene, slik det ble gjort for skoler som reservert seg på et tidlig tidspunkt.

Ut fra argumentasjonen ovenfor, finner jeg det mest riktig å regne svarprosenten ut fra de e-postadressene jeg faktisk hadde fått tilsendt. Jeg er rimelig godt fornøyd med en svarandel på 63 % og 78 %. Til sammenligning var svarandelen i Skolefagundersøkelsen 2009 på 44 % (Vavik. m.fl., 2010 s. 21).

Tabell 4.4: Nøkkeltall for den innledende fasen av undersøkelsen

	Skoler som ble kontaktet	Skoler som sendte e-postadresser	Antall mottatte e-postadresser	Mottatte svar på spørreskjemaet	Svarandel ut fra tilsendte e-postadresser
10. kl	100	77	216	137	63 %
1P /1T	100	78	214	167	78 %
I alt	200	155	430	304	71 %

Jeg regner tallmaterialet som stort og representativt nok til at en kan se etter mønster og tendenser, som det kan være grunn til å studere grundigere i senere og mer omfattende undersøkelser. Det er disse mønstrene og tendensene jeg vil presentere i det kommende kapitlet.

5. Presentasjon og analyse av forskningsresultat

Dette kapitlet starter med en presentasjon av bakgrunnsdata for respondentene, fordelt etter skoleslag. Der blir disse opplysningene sammenlignet med tilgjengelig statistikk og andre undersøkelser, for å se om mine respondenter er et rimelig representativt utvalg av den aktuelle lærerpopulasjonen. I kapittel 5.2 vil jeg beskrive funn som er knyttet til det første forskningsspørsmålet, og i kapittel 5.3 presenterer jeg data som er relevante for forskningsspørsmål nummer to.

Underveis i presentasjonen, vil jeg peke på mulige sammenhenger som kan være egnet for senere forskningsprosjekter, og som ligger utenfor rammen av denne oppgaven. Jeg vil også gjøre leseren oppmerksom på interessante funn, der jeg ikke har nok statistisk grunnlag i egne data til å trekke klare konklusjoner. Innsamlede rådata er anonymiserte og er lagret på UiA i samsvar med gjeldende retningslinjene fra. Interesserte forskere kan ev. søke UiA og *Personvernombudet for forskning* om å få bruke dette omfattende materialet til egne analyser.

5.1 Vurdering av validitet

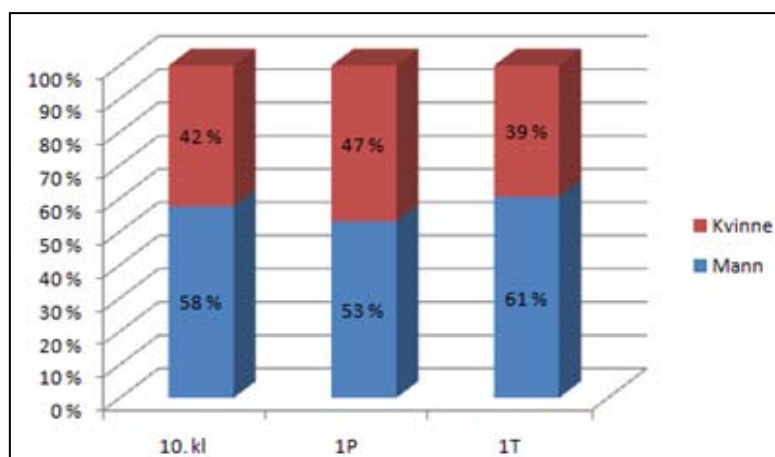
Jeg vil her presentere egne bakgrunnsdata for kjønn, alder og utdanning, og sammenligne disse med tall fra større undersøkelser, for å få et inntrykk av om utvalget mitt er representativt.

5.1.1. Kjønn

Fordelingen av kjønn inndelt etter skoleslag var slik tabell 5.1 og den tilhørende grafen i figur 5.1 viser.

Tabell 5.1: Fordeling av kjønn. Antall personer

	10. kl	1P	1T
Kvinne	58	45	45
Mann	79	51	69
Sum	137	96	114



Figur 5.1: Fordeling av kjønn i prosent

Ved henvendelse til Utdanningsdirektoratet, får jeg opplyst at det ikke finnes direkte tall for kjønnsfordelingen hos matematikklærere i 10. klasse og på kursene 1P og 1T. Lagerstrøm (2007) har innhentet svar fra 2270 lærere som underviser i matematikk på ulike trinn i grunnsopplæringen. Her er 1242 (55 %) menn og 1028 (45 %) kvinner. Da barnetrinnet har en større overvekt av kvinnelige lærere enn ungdomstrinnet, er det ingen grunn til å anta at

andelen kvinnelige matematikklærere er større når vi ser på ungdomstrinnet isolert. 58 % menn og 42 % kvinner, som er fordelingen hos mine respondenter fra ungdomstrinnet, virker derfor ikke å være en spesielt atypisk fordeling. I Sites 2006 (Law m.fl., 2008), er det med 179 (61 %) menn og 114 (39 %) kvinner. Dette gjelder norske matematikklærere på 8. trinn, og tallene her viser tilnærmet samme kjønnsfordeling som mine egne data. På ungdomstrinnet er det vanlig at en lærer ”følger” elevene gjennom de tre årene fra 8. til 10. klasse. Det er derfor stor sannsynlighet for at den samme fordelingen gjelder for de lærerne som underviser i faget på 10. trinn.

Det er ofte en annen praksis i forhold til dette på videregående skole. Der er det gjerne de med høyest formell matematisk kompetanse som underviser i matematikk på Vg2 og Vg3 (tidligere Vkl og VklII). En større undersøkelse viser at 24 % av lærerne som underviste i matematikk på Vg1 har mer enn 2 års utdanning i matematikk, mens 38 % av lærerne som underviste i 3MX/3MZ på VklII hadde denne formelle kompetansen. (Turmo & Aamodt, 2007 s. 37 – 38). Vi kan kombinere dette med opplysninger i den samme rapporten om at de kvinnelige lærerne er gjennomsnittlig yngre enn de mannlige, med tilsvarende kortere erfaring. Det er også en større andel menn enn kvinner som har mer enn 2 års fordypning i matematikk. I *TIMSS Advanced 2008* var andelen mannlige respondenter i 3MX 82 %. (Grønmo & Onstad, 2009.) Dette er en betydelig høyere andel enn tilfellet er for mitt utvalg av 1P- og 1T-lærere, men kan delvis forklares av argumentasjonen ovenfor.

Utvelgelsesprosessene har vært omtrent identiske for lærere fra ungdomstrinnet og videregående skole. Det faktum at kjønnsfordelingen hos mine respondenter på ungdomstrinnet samsvarer med funn i større undersøkelser, underbygger også antagelsen om at den kjønnsmessige fordelingen i utvalget fra videregående skole er representativ. Ut fra tilgjengelige tilleggsdata, er det derfor ikke grunnlag for å anta at utvalget mitt er kjønnsmessig skeivfordelt i forhold til hele populasjonen.

5.1.2. Alder

Det er lettere å finne et sammenligningsgrunnlag for aldersspredning enn for kjønnsfordeling hos de aktuelle lærergrupperingene. I spørreskjemaet mitt er det imidlertid en annen aldersinndeling enn i undersøkelsene jeg bruker som referanse. Jeg har derfor måtte gå ut i fra at oppgitt alder er noenlunde jevnt fordelt innenfor hvert intervall, og har med bakgrunn i det utført en omkodning som gjør det lettere å sammenligne aldersfordelinger direkte. Dette kan være en feilkilde, fordi vi ikke vet noe om den faktiske fordelingen innenfor hvert intervall.

Tabell 5.2: Aldersfordeling etter antall personer

	10. kl	1P	1T
< 25	1	0	0
26 - 35	40	22	24
36 - 40	21	19	14
41 - 45	17	16	16
46 - 50	15	12	11
51 - 55	14	10	13
56 - 60	18	7	14
60 +	11	10	22
Sum	137	96	114

Tabell 5.3: Aldersfordeling etter omkodning

	10. kl	1P	1T
< 30	17	9	10
30 - 39	41	28	26
40 - 49	33	29	28
50 - 59	31	18	26
60, 60+	15	11	25
Sum	137	96	114

Vi kan nå sammenligne aldersfordelingen på egne respondenter med tilsvarende fordeling i to store undersøkelser. Fordelen med tallene fra Lagerstrøm (2007), er at de handler om lærere

som underviser i matematikk. Den eksterne validiteten i forhold til mine data blir svekket, ved er at Lagerstrøms respondenter kommer fra både barne- og ungdomstrinnet. Tallene som er tilgjengelige i Vavik m.fl (2010) omhandler bare lærere fra ungdomstrinnet. Ulempen i forhold til et godt sammenligningsgrunnlag er at denne aldersfordelingen gjelder for lærere som undervisning i flere fag. Tallene fra Sites, 2006, gjelder norske matematikklærere som underviser i 8. klasse (Law, m. fl, 2008).

Tabell 5.4: Aldersfordeling i prosent for lærere på ungdomstrinnet

	10. kl	Lagerstrøm, 2007	Vavik m.fl., 2009	Sites, 2006
< 30	15 %	8 %	9 %	10 %
30 - 39	27 %	31 %	34 %	35 %
40 - 49	24 %	23 %	22 %	17 %
50 - 59	23 %	29 %	26 %	38 % (Andel > 49 år)
> 59	11 %	9 %	10 %	
Sum	100 %	100 %	100 %	100 %
N=	137	2270	963	274

Den største forskjellen her ligger i andelen lærere under 30 år. Den relativt høye andelen under 30 år i mine data, kan skyldes feil forutsetning i omkodingen av grupper. Jeg regnet der med en jevn fordeling av de 40 respondentene som er i gruppen 26 – 35 år, slik at 16 (40 %) var under 30 år, og resten i alderen 30 – 39. Det kan likevel godt være at disse ikke er jevnt fordelt over intervallet, slik at det er mindre enn 40 % i gruppen 26 – 35 som er under 30 år.

Vi må også se på tall fra videregående skole, og sammenligne data fra egen undersøkelse med tall fra en stor undersøkelse som er gjennomført på dette skoleslaget (Turmo & Aamodt, 2007).

Tabell 5.5: Aldersfordeling i prosent for lærere på videregående skole

	1P	1T	Turmo & Aamodt
< 30	9 %	8 %	5 %
30 - 39	30 %	22 %	21 %
40 - 49	31 %	24 %	24 %
50 - 59	19 %	23 %	36 %
> 59	12 %	22 %	14 %
Sum	100 %	100 %	100 %
N=	96	114	4164

Vi ser at det er en forholdsvis høy andel i gruppen under 30 år i mitt materiale, sammenlignet med utvalget i den store undersøkelsen. I Turmo og Aamodts data, er der også en mye større andel i gruppen 50 – 59 år. Dette kan skyldes at denne undersøkelsen omfatter lærere i mange fag og på alle trinn, mens mitt materiale bare dekker matematikklærere i 1P og 1T. Mitt utvalg representerer en jevnere fordeling av respondentene på ulike aldersgrupper. Det er ikke lett å si om dette skyldes at det blir fokusert på ulike grupperinger, eller om det er en reell underrepresentasjon i mitt materiale for aldersgruppen 50 – 59 år. En arbeidshypotese kan være at personer i denne aldersgruppen var mest skeptiske til bruk av IKT, og derfor i større grad unngikk å delta i undersøkelsen. Dette kunne i utgangspunktet skyldes at respondentene skulle svare elektronisk, og at undersøkelsen handlet om bruk av IKT. Det er to forhold som

taler imot dette. For det første skulle vi da ha en tilsvarende liten andel i gruppen som er 60 år eller mer, men det er ikke tilfellet. For det andre ble det sagt klart fra i invitasjonen om at alle svar var like velkomne, uansett om en brukte IKT i undervisningen eller ikke.

En annen forklaring kan være at det er de mest erfarne lærerne som bruker å undervise i kursene R1 og R2. Turmo og Aamodts undersøkelse inkluderer også disse lærerne, mens mitt materiale bare dekker lærere på de innledende matematikkursene. Det kan også være at mine data har fanget opp en reell fornyelse av lærerstanden fra 2007 til 2010, og at dette kan være en liten del av forklaringen på de observerte forskjellene.

Ut fra tilgjengelige tilleggsdata kan vi ikke konkludere med at utvalget mitt er aldersmessig skeivfordelt, med et lite forbehold om at gruppen 50 – 59 år kan være underrepresentert og gruppen av lærere under 30 år kan være noe overrepresentert.

5.1.3. Utdanning

Dette er den siste bakgrunnsvariabelen jeg vil undersøke i forhold til representativitet. For ungdomstrinnet vil jeg sammenligne egne data med Lagerstrøm (2007), og med Vavik m.fl. (2010). For videregående skole vil jeg bruke tall fra den store undersøkelsen til Turmo og Aamodt (2007). I denne oversikten har jeg ikke med respondenter som har krysset av for alternativet *Annet, vennligst spesifiser*.

For å få en felles skala som kan benyttes for alle undersøkelsene, har jeg valgt å dele utdanningsalternativene i tre kategorier. Vi skiller da ikke mellom dem som har mastergrad/hovedfag i matematikk og dem som har ett års matematikkstudier. Dette kan selvsagt bidra til å skjule store kompetanseforskjeller, men jeg velger å la det være slik fordi det er gjort i en av de større undersøkelsene.

Tabell 5.6: Formell matematisk kompetanse etter studiepoeng og årstrinn

Stp.	10. kl.	Lagerstrøm	Stp.	1P	1T	Turmo & Aamodt
0 - 30	19,4 %	40,0 %	0 - 30	3,6 %	0,0 %	11,0 %
30 - 59	41,0 %	31,5 %	30 - 59	17,9 %	7,4 %	18,0 %
> 59	39,6 %	28,5 %	> 59	78,5 %	92,6 %	71,0 %
Sum	100,0 %	100,0 %	Sum	100,0 %	100,0 %	100,0 %
N=	134	845	N=	84	108	417

Forskjellen mellom Turmo og Aamodt sine data og mine egne tall fra 1P og 1T kan skyldes at den store undersøkelsen omfatter lærere som underviser i matematikk på alle programområder. På yrkesfaglige studieretninger blir det gjerne prioritert en nær sammenheng mellom de praktiske fagene og teorifagene. Fordelen er at disse lærerne kan være flinkere til å vise overføringsverdier av matematikken til praktiske situasjoner. På den andre siden kan en del av disse lærerne ha noe mindre av formell matematikkutdanning.

Det er derimot ikke lett å finne en rimelig forklaring på den store forskjellen mellom mine data for lærere på 10. trinn og Lagerstrøms undersøkelse. Det ser her ut til at mine respondenter fra ungdomstrinnet har en gjennomgående høyere formell matematisk utdanning enn det som er typisk for denne populasjonen. Denne antagelsen blir ytterligere styrket av at Vavik m.fl. (2010) finner en nokså tilsvarende fordeling som det Lagerstrøm har avdekket. I undersøkelsen fra Høgskolen Stord/Haugesund, hadde 43,7 % av matematikklærerne på ungdomstrinnet mindre enn 30 studiepoengs "fordypning" i dette faget.

I følge Lagerstrøm (2007) har nesten åtte av ti matematikklærere på ungdomstrinnet ”fordypning” i faget. Ordet fordypning blir her brukt om alt fra 1 studiepoeng og oppover. I hans undersøkelse med tall fra 2005, er det bare 28,5 % av matematikklærerne på ungdomstrinnet som tilfredsstillende det nye kravet om minst 60 studiepoeng med fordypning i matematikk. For vg1 er det tilsvarende andelen som har denne formelle kompetansen 71 %.

Jeg ser seks mulige logiske tolkninger av den høyre registrerte matematikkompetansen hos mine respondenter fra ungdomstrinnet:

1. Noen av lærerne har misforstått spørsmålet, og tatt med mer enn den rene matematikkutdanningen.
2. Fra 1. august 2003 ble kravet om fordypning i matematikk i allmennlærerutdanningen hevet fra 15 til 30 studiepoeng. (Fra 1. august 2008 er kravet 60 studiepoeng fordypning i matematikk for å bli tilsatt i dette faget på ungdomstrinnet.) Lagerstrøms undersøkelse er fra høsten 2005. Det kan derfor hende at det er blitt en reelt høyere andel lærere på ungdomstrinnet med minimum 30 studiepoeng enn tidligere.
3. Lærerne har oppgitt en høyere formell matematikkompetanse enn de egentlig har. Dette alternativet er lite trolig, da spørreundersøkelsen var helt anonym, og ikke kunne spores tilbake til den som svarte.
4. Rektorene og de andre kontaktpersonene har ikke fulgt oppfordringen om å plukke ut lærerne i alfabetisk rekkefølge, men valgt ut de lærerne som de mente kunne representere skolen på en positiv måte. Dette er også lite trolig, da navnelistene jeg mottok oftest var ordnet i alfabetisk rekkefølge. Det ble også opplyst på forhånd om at svarene ikke kunne spores tilbake til de enkelte skolene. Mitt inntrykk er at rektorene her gjorde en meget god og samvittighetsfull jobb.
5. Antagelsen min om at matematikklærerne på ungdomstrinnet fulgte klassene gjennom tre år, slik at kompetansen var tilfeldig spedt mellom årstrinnene kan være feil. Det kan tenkes at det på en del skoler er slik at de lærerne som har flest studiepoeng i faget underviser på 10. trinn hvert år.
6. Utvalget mitt fra ungdomstrinnet kan av tilfeldige eller andre ikke identifiserte årsaker, ha en reelt høyere formell kompetanse i matematikk enn det som er typisk for denne populasjonen.

Jeg har størst tiltro til at forskjellen skyldes en kombinasjon av årsakene i punkt 1, 2, 5 og 6. Vi har imidlertid ikke datagrunnlag for å si noe sikkert om dette. Muligheten for at utvalget ikke er helt representativt på dette området må resultere i at jeg blir ekstra forsiktig med å generalisere ut fra de funn jeg nå vil presentere fra egne innsamlede data.

5.2. Data fra undersøkelsen som er knyttet til det første forskningsspørsmålet

Etter å ha vurdert i hvilken grad utvalget i denne undersøkelsen er representativt, vil jeg nå presentere data som kan gi svar på hvert av underspørsmålene som ble lansert i kapittel 1, og som er knyttet til det første forskningsspørsmålet.

Det er mange spørsmål i det utsendte skjemaet, og for å få et mest mulig pålitelig resultat, har jeg gjennomført faktoranalyser, og testet den innbyrdes korrelasjonen i grupper av spørsmål som omhandler samme tema. Der den indre konsistensen er høy, har jeg samlet disse variablene i en fellesvariabel eller et konstrukt. Jeg satte en nedre grense for reliabiliteten på konstruktene til 0,7 målt med *Cronbachs alfa*. Dette er den samme grensen som er brukt i

konstrukt i PISA-undersøkelsene. (Kjærnsli m.fl., 2007, s. 292.) Jeg vil gjøre greie for sammensetningen av konstruktene, og gjengi mål for reliabiliteten etter hvert som samlevareblene blir laget med utgangspunkt i hvert delspørsmål. I vurderingen av korrelasjon mellom ulike konstrukt og mellom konstrukt og enkeltvariabler, har jeg satt en nedre grense for r på 0,3 for at samvariasjonen skulle regnes som betydelig. Jeg har likevel kommentert en del signifikante korrelasjoner mellom 0,2 og 0,3 som interessante. Dette er i samsvar med praksis hos Vavik, m.fl. (2010).

5.2.1 Spørsmål 1a

Er det en sammenheng mellom grad av tilslutning til bruk av IKT i matematikkopplæringen og personlige faktorer som kjønn, alder, utdanning og/eller undervisningserfaring hos lærerne?

For å kunne svare på dette, trenger jeg en samlevarebl for *grad av tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen*. Jeg valgte da ut påstandene som er gjengitt i spørsmål 21 og 22 i spørreskjemaet, som mulige kandidater til et slikt konstrukt.

Her er i alt tolv påstander som respondentene skulle ta stilling til. Seks av dem uttrykker en positiv innstilling til bruk av IKT i matematikktimene, og seks påstander er uttrykk for skepsis til slik bruk. I analyseprogrammet får svaret *Svært enig* tallverdien 1 og *Nokså enig* verdien 2. Slik fortsetter det opp til 5 for *Svært uenig*. Fordi halvparten av påstandene uttrykker skepsis må vi ”snu” verdiene for disse variablene ved å skrive ”6 –” foran variabelnavnet. Vi får da tolv variabler som vi kan foreta en reliabilitetstest på. SPSS gir oss en Cronbachs Alfa på 0,88. Dette blir regnet for å være en meget høy verdi. Uansett hvilken av variablene vi fjerner fra konstruktet, vil verdien på Cronbachs Alfa fortsatt være på minst 0,86. Jeg velger derfor å beholde alle i en samlevarebl som adderer seks tilslutningsvariabler og seks ”snudde” skepsisvariabler. Verdien på konstruktet kan da ligge mellom 12 og 60, der den høyeste verdien indikerer en gjennomgående skeptisk innstilling til bruk av IKT i matematikkopplæringen. Til lavere tallverdi, til mer tilsluttende holdning har respondenten.

Ved å kjøre en regresjonsanalyse på den nye samlevareblen opp mot alle bakgrunnsvariablene, finner vi ingen betydelige samvariasjoner. Det betyr at graden av tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen ser ut til å være rimelig uavhengig av både kjønn, alder, undervisningserfaring, skoleslag/kurs og utdanning. Dette stemmer godt overens med funn i andre undersøkelser som Law m.fl. (2008) og Vavik m.fl. (2010).

Tabell 5.7: Korrelasjon mellom tilslutningskonstruktet og ulike bakgrunnsvariabler. (Korrelasjoner merket med stjerne indikerer signifikante forskjeller.)

	Kjønn	Alder	Undervisnings- erfaring	10. kl.	1P	1T	Utdanning i matematikk	Utdanning i IKT
Pearsons r	0,127 *	0,079	0,013	-0,130 *	0,092	0,030	0,071	-0,21
Sig. (“tohalet”)	0,027	0,171	0,815	0,024	0,109	0,604	0,219	0,717

Fordi noen av samvariasjonene var små men signifikante, ønsket jeg få et bilde av størrelsesordenen på forskjellene. Korrelasjonskoeffisientene sier ikke noe om dette, så jeg valgte å lage tabeller over gjennomsnittsverdiene for samlevareblen ut fra de ulike bakgrunnsvariablene.

Tabell 5.8: Sammenligning av gjennomsnittsverdier ut fra kjønn

Kjønn	Gjennomsnitt	N	Standardavvik	Median	Min	Maks
Kvinne	29,39	131	6,804	30	12	45
Mann	31,23	173	7,362	31	15	55
Totalt	30,43	304	7,174	31	12	55

Tabell 5.9: Sammenligning av gjennomsnittsverdier ut fra trinn

Kjønn	Gjennomsnitt	N	Standardavvik	Median	Min	Maks
10. kl	29,41	137	6,632	29	14	55
1P/1T	31,28	167	7,505	32	12	55
Totalt	30,43	304	7,174	31	12	55

Samlevariabelen går fra 12 til 60 og har midtverdien 36. Det samlede gjennomsnittet er på 30,4. Det betyr at lærerne i uvalget, i gjennomsnitt er mer positive enn skeptiske til bruk av IKT i matematikkopplæringen.

Tabell 5.10: Sammenligning av gjennomsnittsverdier ut fra alder

Alder	Gjennomsnitt	N	Standardavvik	Median	Min	Maks
<25	30,00	1		30	30	30
26-35	30,58	73	6,517	32	17	44
36-40	29,40	48	5,931	29	14	43
41-45	28,44	41	6,816	28	15	55
46-50	32,49	35	7,717	34	17	55
51-55	29,31	32	8,074	30	15	42
56-60	30,78	37	6,969	31	12	45
>60	32,41	37	8,623	31	17	55

Tabell 5.11: Sammenligning av gjennomsnittsverdier ut fra undervisningserfaring

Erfaring	Gjennomsnitt	N	Standardavvik	Median	Min	Maks
Student	30,00	1		30	30	30
0-1	33,33	6	6,346	33,5	26	43
2-5	31,05	60	5,919	32	16	43
6-10	29,47	57	7,177	29	14	44
11-15	29,53	47	6,420	29	17	45
16-20	29,74	31	7,252	31	17	45
21-25	32,28	25	8,173	33	19	55
>25	30,68	77	8,188	31	12	55

Tabell 5.12: Sammenligning av gjennomsnittsverdier ut fra utdanning i matematikk

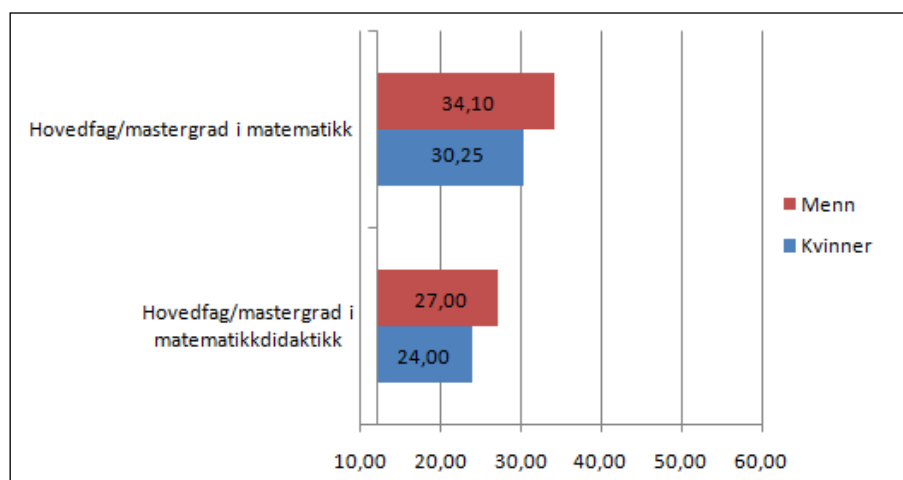
Studiepoeng	Gjennomsnitt	N	Standardavvik	Median	Min	Maks
0-29	28,72	29	6,886	28	15	41
30-59	29,75	75	6,323	29	14	43
60-89	30,54	107	7,693	31	12	55
90-119	33,29	40	6,000	33,5	20	45
120-180	27,77	13	10,224	28	16	49
Master/hovedfag i matematikdidaktikk	25,13	8	8,493	26,5	15	36
Master/hovedfag i matematikk	33,00	14	7,666	34	19	46
Doktorgrad i matematikk	32,50	2	3,326	32,5	23	36

Tabell 5.13: Sammenligning av gjennomsnittsverdier ut fra utdanning i IKT

Studiepoeng	Gjennomsnitt	N	Standardavvik	Median	Min	Maks
0-29	30,97	199	7,069	31	12	55
30-59	27,83	40	7,411	27,5	16	39
60-89	29,62	21	7,606	29	17	42
90-119	31,00	5	10,977	30	20	45
120-180	33,57	7	5,062	33	28	40
Mer enn tre år	25,00	3	14,000	19	15	41

Vi ser fra alle tabellene at forskjellene mellom gjennomsnittsverdiene er relativt små, og de danner ikke noe entydig mønster ut fra kategoriene i bakgrunnsvariablene.

Tabell 5.12 viser imidlertid en meget interessant forskjell mellom lærere med mastergrad/hovedfag i matematikk og lærere med mastergrad/hovedfag i matematikdidaktikk. Deler vi disse gruppene etter kjønn, får vi resultatet som går fram av figur 5.2.



Figur 5.2: Tilslutning/skepsis til bruk av IKT, fordelt på type hovedfag/mastergrad og kjønn

En sammenligning av aldersfordelingen hos disse to gruppene, viser at respondentene med hovedfag/mastergrad i matematikdidaktikk var yngre enn sine kollegaer med tilsvarende utdanning i matematikk. Dette er ikke urimelig, da matematikdidaktikk er et forholdsvis nytt utdanningstilbud i Norge. Jeg dokumenterte tidligere at det ikke var noen vesentlige forskjeller i tilslutning/skepsis til bruk av IKT, ut fra de målte bakgrunnsvariablene. Ulik alder kan derfor ikke være en utfyllende forklaring på de observerte forskjellene mellom ”didaktikere” og ”matematikere”.

Det er alt for få respondenter med hovedfag/mastergrad i min undersøkelse, til at jeg kan si noe sikkert om dette. Det kan imidlertid være en spennende hypotese å forske på senere, at lærere med hovedfag/mastergrad i matematikk er mer skeptiske til bruk av IKT i matematikkundervisningen enn dem som har hovedfag/mastergrad i matematikdidaktikk.

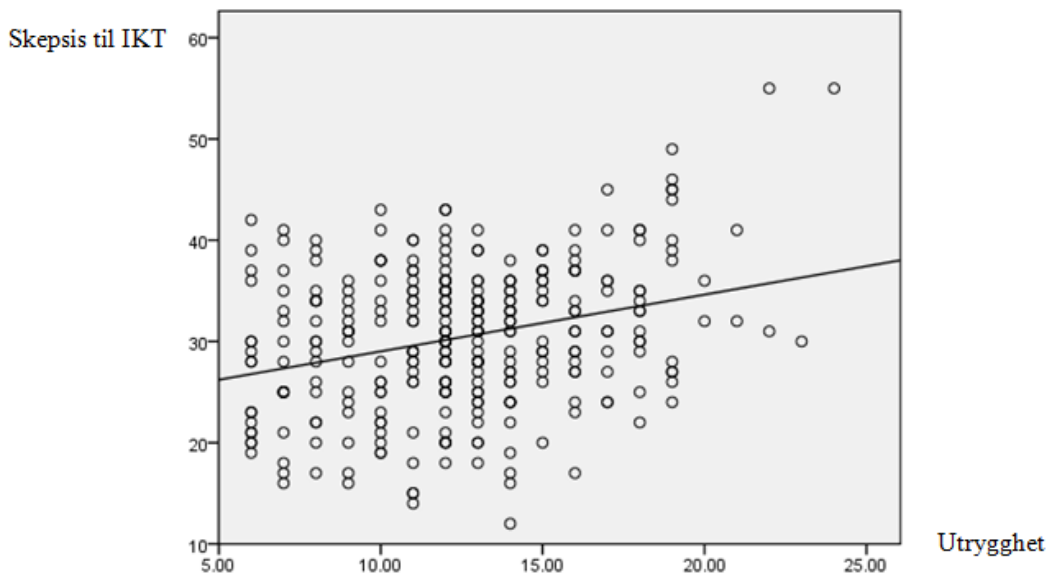
Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 1a slik:

- Det er ingen vesentlige forskjeller i tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen hos respondentene i forhold til kjønn, alder, undervisningserfaring, skoleslag eller utdanning.
- Det kan likevel være verdt å undersøke senere om lærere med hovedfag/mastergrad i matematikk er mer skeptiske til bruk av IKT i matematikkopplæringen enn lærere som har hovedfag/mastergrad i matematikdidaktikk.

5.2.2 Spørsmål 1b

Er det en sammenheng mellom grad av tilslutning til bruk av IKT i matematikkopplæringen og lærernes generelle IKT-kompetanse?

For å kunne svare på dette spørsmålet, trenger vi et konstrukt som er egnet til å si noe om lærenes generelle IKT-kompetanse i jobbsammenheng. Jeg summerte svarverdiene i spørsmål 7 i det utsendte skjemaet, og hadde i utgangspunktet tatt med alle delspørsmålene der. Ved en validitetsanalyse viste det seg at ved å fjerne delspørsmålet om bruke av elektronisk tavle, økte Cronbachs alfa fra 0,829 til 0,859. Fjerning av en av de andre variablene ville føre til en reduksjon i validiteten. Jeg konstruerte derfor en samlevariabel som jeg kalte *Egenvurdering*, og som er summen av svarverdiene på de seks første delspørsmålene i spørsmål 7. Svaralternativene har disse tallverdiene i analyseverktøyet SPSS: *Svært god* = 1, *God* = 2, *Middels* = 3, *Dårlig* = 4 og *Ingen* har fått verdien 5. Konstruktet har derfor verdier fra 6 til 30, der 6 betyr at læreren har svart *Svært god* på alle de etterspurte enkeltkompetansene.



Figur 5.3: Sammenheng mellom skepsis til IKT og egenvurdering av IKT-ferdigheter

 Tabell 5.14: Statistisk informasjon knyttet til samvariasjonen mellom konstruktene *Tilslutning* og *Egenvurdering*

Variabel	Ustandardiserte koeffisienter		Standardiserte koeffisienter	t	p
	B	Standardfeilen SE(B)	$Beta$		
Konstant	23,413	1,377		17,006	0,000
Egenvurdering	0,561	0,105	0,293	5,322	0,000

$Beta$ (r) er her tilnærmet 0,3. Ut fra p -verdien, er det mer enn 99,95 % sannsynlighet for at samvariasjonen mellom konstruktene *Tilslutning* og *Egenvurdering* er reell. Den høye t -verdien, korrelasjonskoeffisienten $Beta$ og signifikanssannsynligheten er alle mål for at det er en meget signifikant samvariasjon mellom konstruktene *Tilslutning* og *Egenvurdering*. Tendensen er at skepsisen til bruk av IKT i matematikkopplæringen øker med minkende selvtillit i generell bruk av IKT.

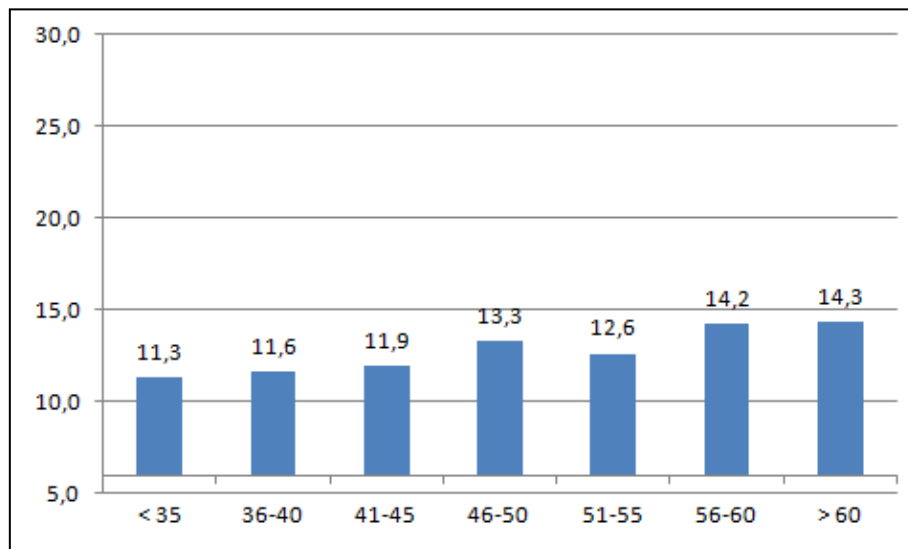
Resultatene i tabell 5.14 er ikke overraskende, og stemmer godt overens med tilsvarende funn i Vavik, m.fl. (2010). Det er viktig å understreke at vi her ikke kan si noe om retningen fra årsak til virkning. Den kan virke fra utrygghet på bruk av generelle verktøy til skepsis mot bruk av IKT i matematikkopplæringen eller motsatt vei. Det kan også være en eller flere bakenforliggende variabler som påvirker resultatene for begge disse konstruktene.

Det kan være interessant å se om egenvurderingen av generelle IKT-ferdigheter varierer med de presenterte bakgrunnsvariablene. Til dette kan vi bruke verktøyet for lineær regresjon i SPSS, og se hvilke av disse som korrelerer reelt med egenvurderingen.

Tabell 5.15: Samvariasjon mellom bakgrunnsvariabler og konstruktet for vurdering av generell IKT-kompetanse

Variabel	Ustandardiserte koeffisienter		Standardiserte koeffisienter	t	p	Partielle korrelasjoner	Toleranse
	B	Standardfeil	$Beta$				
Konstant	9,681	0,980		9,874	0,000		
Kjønn	0,403	0,411	0,053	0,980	0,328	0,057	0,979
Alder	0,570	0,190	0,321	3,000	0,003	0,172	0,253
Erfaring	0,020	0,205	0,011	0,099	0,921	0,006	0,255
Klassetrinn	0,645	0,446	0,086	1,446	0,149	0,084	0,824
Utdanning i matematikk	-0,019	0,108	-0,011	-0,175	0,862	-0,010	0,777
Utdanning i IKT	-0,347	0,113	-0,175	-3,069	0,002	-0,165	0,896

De viktigste tallene er p -verdiene for alder og utdanning i IKT. De forteller at det er en signifikant korrelasjon mellom alder og egenvurdering av generell IKT-kompetanse, og mellom utdanning i IKT og denne egenvurderingen. $Beta$ -verdien for samvariasjon med utdanning i IKT er likevel så mye mindre enn 0,3, at jeg ikke legger spesielt mye vekt på denne. For at vi lettere skal få dannet et bilde av disse sammenhengene, plottes jeg gjennomsnittsverdiene for de ulike aldersgruppene.



Figur 5.4: Middelværdier for egenvurdering av generelle IKT-ferdigheter etter alder

Vi ser av figuren at de yngste lærerne har den største selvtiliten i forhold til egen generell IKT-kompetanse.

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 1b slik:

- Det er en sammenheng mellom liten selvtilit i forhold til egne generelle IKT-ferdigheter og skepsis til bruk av IKT i matematikktimene. Selv om det er mange eksempler på lærere med høy generell IKT-selvtilit som er skeptiske til IKT i matematikktimene og omvendt, er tendensen klar: Lærere med høy selvtilit i forhold til generelle verktøy, er mest tilsluttende og lærere med liten selvtilit her er mest skeptiske.

- Selvtilliten i forhold til generelle IKT-ferdigheter er større hos yngre enn hos eldre lærere, selv om vi har mange eksempler på trygge IKT-brukere blant de erfarne lærerne, og yngre respondenter med lav selvtillit på dette området.

Vi kan heller ikke her si noe om årsak og virkning ut fra data fra undersøkelsen.

5.2.3 Spørsmål 1c

Er det en sammenheng mellom grad av tilslutning til bruk av IKT i matematikkopplæringen og lærernes pedagogiske grunnsyn, på en skala fra algoritmeorientert til utforskningsorientert?

For å kunne svare på dette spørsmålet, ønsket jeg å lage en ny samlevariabel som var egnet til å fange opp lærernes pedagogiske grunnsyn, slik dette ble diskutert og definert i kapittel 2.2. Jeg undersøkte alle påstandene i spørsmål 8 og 9 i spørreskjemaet, ”snudde” 8b, 9a, 9d og 9f, og testet ulike kombinasjoner av disse for innbyrdes korrelasjon og reliabilitet. Den kombinasjonen som var nærmest ved å oppfylle kravet, og gav den høyeste verdien for Cronbachs alfa, var svarene på påstand 8a, 8b ”snudd”, 9a ”snudd”, 9b og 9c. Det gav en reliabilitetsverdi på 0,672. Denne verdien er lavere enn 0,7, som ofte blir satt som en nedre grense for et konstrukt. (Kjærnsli m.fl., 2007, s. 292). Jeg valgte derfor ikke å lage et konstrukt for pedagogisk grunnholdning, men testet i stedet alle påstandene enkeltvis opp mot konstruktet for tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen. Cronbachs alfa er også avhengig av antallet variabler som blir tatt med i konstruktet, men jeg fant ingen aktuelle tillegg som kunne bidra til å øke reliabiliteten. Jeg prøvde å kombinere svar fra spørsmål 8 og 9 med svar fra spørsmål 17, men det var ingen samlevariabler som oppfylte det strenge selvpålagte reliabilitetskravet.

Resultatene av enkelttestene er vist i tabell 5.16. Jeg bruker her de opprinnelige, ”usnudde” variablene, og tester hver av disse for en ev. samvariasjon med konstruktet for tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen. Svaralternativene på spørsmål 8 var *Svært vanlig*, *Nokså vanlig*, *Nøytral*, *Nokså uvanlig* og *Svært uvanlig*. På spørsmål 9 var alternativene *Svært enig*, *Nokså enig*, *Nøytral*, *Nokså uenig* og *Svært uenig*. Det første svaralternativet fikk verdien 1 og det siste 5. Det betyr at til lavere gjennomsnittstall en får, til mer enig er gruppen av lærere med påstanden. Dette gjelder for spørsmål 8 og 9.

Tabell 5.16: Test av samvariasjon mellom svarene på spørsmål 8 og 9 i spørreskjemaet opp mot konstruktet for tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen

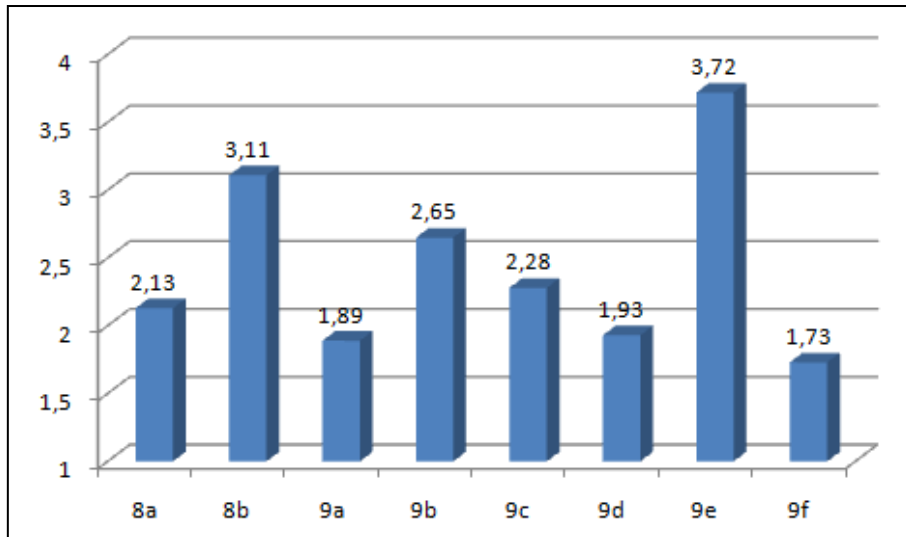
Nr	Påstand	<i>r</i>	<i>p</i>	N
8a	Når jeg introduserer et nytt matematisk emne for elevene, starter jeg vanligvis med å presentere reglene og formlene. Deretter fortsetter jeg med å vise noen eksempler før jeg lar elevene regne tilsvarende oppgaver fra læreboka.	-0,177	0,002	304
8b	Når jeg introduserer et nytt matematisk emne for elevene, starter jeg vanligvis med å presentere et spørsmål eller en oppgave som elevene skal utforske.	0,179	0,002	304
9a	Undervisningen må veksle mellom utforskende, lekende kreative og problemløsende aktiviteter og ferdighetstrening.	0,370	0,000	304
9b	Innholdet i læreboka er så omfattende at det ikke er tid til utforskende aktiviteter.	-0,294	0,000	304
9c	Det er for tidkrevende å la elevene oppdage de matematiske reglene selv.	-0,272	0,000	304
9d	Elevene husker mye lettere hva de har oppdaget selv enn det de er blitt fortalt.	0,250	0,000	304
9e	Å lære matematikk handler først og fremst om å ha en god hukommelse.	-0,098	0,089	304
9f	Det er absolutt verdt å bruke tid på å prøve å forstå hvorfor en løsningsmåte fører til rett svar.	0,168	0,003	304

Vi ser fra tabellen at det er en signifikant samvariasjon mellom graden av tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen, og responsen på alle påstandene, bortsett fra den i 9e. Det er mer enn 99,95 % sannsynlig at disse samvariasjonene ikke skyldes tilfeldigheter. Det er imidlertid bare påstandene i 9a, 9b, 9c og 9d som har en korrelasjonskoeffisient regnet mot tilslutningskonstruktet, som er tilnærmet lik eller større enn 0,3.

Det er altså en tendens til at lærere som er skeptiske til bruk av IKT i matematikkopplæringen er mest enige i påstandene i 9b og 9c, og minst enige i utsagnene i 9a og 9d. De lærerne som er mest positive til bruk av IKT er mest enige i påstandene 9a og 9d og mest uenige i 9b og 9c. Det ser altså ut til at de sistnevnte respondentene er de som er mest villige til å bruke tid på utforskende aktiviteter.

Gjennomsnittsverdiene kan fortelle oss noe om hvilke påstander lærerne som gruppe var mest enige og uenige i. Vi finner en oversikt over disse i figur 5.5.

I figur 5.5 betyr tall høyere enn 3 at lærerne er mer uenige enn enige i påstanden. Vi ser at lærerne som gruppe, var mest uenige i påstanden i 9e. Siden det ikke var en signifikant samvariasjon mellom svarene på denne påstanden og tilslutningskonstruktet, tyder dette på at lærerne var uenige i denne påstanden uavhengig av om de var tilhengere av eller skeptiske til bruk av IKT.



Figur 5.5: Grad av enighet med påstandene i tabell 5.21

Det er verdt å merke seg at lærerne var mer enige enn uenige i alle påstandene i spørsmål 9, bortsett fra den i 9d. Jeg fant ingen vesentlige forskjeller mellom gjennomsnittsverdiene ut fra kjønn, alder eller skoleslag, eller noen av de andre bakgrunnsvariablene. Det var derimot en meget klar forskjell når jeg sammenlignet svarene fra dem som har mastergrad/hovedfag i matematikk med dem som har tilsvarende i matematikdidaktikk. Det er få respondenter med denne bakgrunnen, men tabell 5.17 viser at det kan være interessant om noen vil undersøke forskjeller mellom disse gruppene mer inngående i en senere studie.

Tabell 5.17: Forskjell mellom gjennomsnittverdier på spørsmål 8 og 9 for lærere med mastergrad/hovedfag i matematikdidaktikk og i matematikk

	N	8a	8b	9a	9b	9c	9d	9e	9f
Mastergrad/hovedfag i matematikdidaktikk (14)	8	2,63	2,63	1,38	2,88	2,63	1,38	3,88	1,25
Mastergrad/hovedfag i matematikk	14	1,93	3,43	2,00	2,57	2,00	2,07	4,00	1,71

Det kan virke som disse to gruppene av lærere er svært uenige om de fleste påstandene, bortsett fra i 9b og 9e. Det er kanskje ikke overraskende at ”didaktikerne” ser ut til å legge mer vekt på utforskende aktiviteter enn ”matematikerne”. Begge grupper er likevel enige om at det er et stort tidspres, og at matematikk er mer enn bare å huske regler. Fordi det er få respondenter i hver gruppe, vil jeg ikke generalisere ut fra dette, men bare understreke at det her er interessante tendenser som det kan være verdt å studere nærmere for andre senere.

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 1c slik:

- Det er en korrelasjon mellom grad av tilslutning til bruk av IKT i matematikkopplæringen og graden av vektlegging av utforskende aktiviteter. Samvariasjonen går ut på at lærere som er tilhengere av IKT i matematikkopplæringen, er de sterkeste tilhengerne av utforskende matematikkaktiviteter.
- Lærerne var som gruppe mest enige i påstanden om at det var vel verdt å bruke tid på å prøve å forstå hvorfor en algoritme fører til rett svar. De var mest uenige i at det å lære

matematikk først og fremst handlet om å ha en god hukommelse. Det er i dette tilfellet ikke snakk om enighet eller uenighet mellom lærerne, men hvordan lærerne som samlet gruppe forholder seg til påstandene.

- Det var ingen vesentlige forskjeller i responsen på påstandene i spørsmål 8 og 9, ut fra kjønn, alder, undervisningstrinn eller andre bakgrunnsvariabler. Det kan likevel være verdt å undersøke videre om det er viktige forskjeller i synet på hva som er god matematikkopplæring, mellom lærere med mastergrad/hovedfag i matematikk og lærere med tilsvarende utdanning i matematikdidaktikk. Mitt tallmateriale er for lite til å kunne trekke noen generelle konklusjoner om dette.

5.2.4 Spørsmål 1d

Er det en sammenheng mellom grad av tilslutning til bruk av matematisk programvare i opplæringen og de ytre rammebetingelsene som tilgang på datamaskiner, videoprojektører, elektroniske tavler og IKT-personale?

Jeg vil starte dette delkapittelet ved å presentere tall som illustrerer de fysiske rammebetingelsene som jeg refererer til i spørsmålet ovenfor. Tabell 5.24 viser nøkkelopplysninger for situasjonen på 10. og 11. trinn. Vi ser fra tabellen at utstyrssituasjonen er svært forskjellig mellom 10. klasse og 1P/1T. På 11. trinn har omtrent 8 av 10 klasser en situasjon der hver elev har en datamaskin til disposisjon. I 10. klasse er dette tilfellet i bare ca 1 av 10 klasser. Utstyr som gjør det mulig for læreren å visualisere ved hjelp av IKT er også ulikt fordelt mellom de to skoleslagene. I 1P/1T-kursene trenger bare et lite mindretall av lærerne å hente utstyr til klasserommet eller å ta med elevene til et eget datarom. Det eneste tilfellet der ungdomstrinnet er bedre utrustet enn de undersøkte klassene på videregående skole, er når det gjelder elektroniske tavler i klasserommet. Det er over dobbelt så vanlig i 10. klasse som på kursene 1P/1T. Dette kan nok være med på å forklare de ulike vurderingene av hvor viktig det er med tilgang til slike tavler. Vi skal se nærmere på det i kapittel 5.2.5.

Dersom en studerer tabell 5.18 nøye, får en et mye mer detaljert bilde av utstyrssituasjonen i norske skoler, enn om en bare regner ut gjennomsnittlig antall elever per maskin. Det som er interessant for læreren er ikke hvor mange datamaskiner eller elektroniske tavler det er på skolen, men hvor enkelt det er å få tilgang til disse for hans/hennes elever. Er det få maskiner på et stort antall rom, blir det svært vanskelig for læreren å administrere en effektiv opplæring. Opplysningene i tabell 5.18 er derfor et bedre grunnlag for å ta en beslutning om bruk av IKT enn generelle statistiske opplysninger for skolen sett under ett.

Tabell 5.18: Nøkkeltall for tilgjengelig datautstyr i matematikktimer på 10. og 11. trinn

	10. kl.	1P/1T
Tall på respondenter	137	167
Gjennomsnitt antall elever i matematikklansene	23,5	22,3
Typetall for antall elever i matematikklansene	27	25
Klasser med minst 1 bærbar datamaskin i klasserommet per elev	9,5 %	79,0 %
Klasser med minst ½ bærbar datamaskin i klasserommet per elev	15,3 %	81,4 %
Klasser med minst 1 datamaskin i klasserommet (stasjonær eller bærbar) per elev	11,7 %	80,2 %
Klasser med minst ½ datamaskin i klasserommet per elev	19,7 %	83,2 %
Klasser med minst 1 datamaskin per elev, dersom en henter bærbare fra andre rom	63,5 %	90,4 %
Klasser med minst ½ datamaskin per elev, dersom en henter bærbare fra andre rom	81,0 %	93,4 %
Klasser med en fast datamaskin for læreren i klasserommet	38,7 %	52,7 %
Klasser med en bærbar datamaskin som læreren kan ta med til klasserommet	84,7 %	92,2 %

Klasser med fast videoprojektør i klasserommet	58,4 %	93,4 %
Klasser med bærbar videoprojektør som læreren kan ta med til klasserommet	87,6 %	73,1 %
Klasser med fast elektronisk tavle i klasserommet	22,6 %	10,2 %
Respondenter som rapporterte at skolen hadde tilsatt en IKT-ansvarlig i full stilling *	8,8 %	74,9 %
Respondenter som rapporterte at skolen hadde tilsatt en IKT-ansvarlig i delstilling *	86,1 %	23,3 %
Respondenter som rapporterte at skolen ikke hadde tilsatt en IKT-ansvarlig *	5,1 %	1,8 %

* Disse tallene kan ikke uten videre overføres til andelen skoler som har tilsatt en IKT-ansvarlig. Grunnen til det er at anonymiteten gjør det umulig å vite hvor mange respondenter det er fra hver skole. Dette tallet kan variere fra 0 til 3. Forskjellen mellom skoleslagene er likevel tydelig.

Grunnen til at jeg også har sett på andelen som har ½ datamaskin per elev, er muligheten for å jobbe parvis. Hattie (2009) refererer til forskning som viser at å arbeide parvis kan gi mer effektiv læring enn å jobbe alene med hver sin maskin.

Using computers in pairs is much more effective than when computers are used alone and in larger groups. Peers can be involved in problem solving, suggesting and trying new strategies, and working through possible next steps. As is noted in the section on group learning above (cooperation or competition), students can learn most effectively when working together, as it exposes them to multiple perspectives, revision of their thinking, varied explanations for resolving dilemmas, more sources of feedback and correction of errors, and alternative ways to construct knowing (Hattie, 2009, s. 225-226).

Tuset (2010) viser til funn hos Vavik m.fl. (2010), der 56 % av lærerne rapporterer at de har tilgang til elektronisk tavle i klasserommet. Dette er over dobbelt så stor andel som mine data tilsier. Forskjellen kan skyldes at jeg har stilt spørsmål om situasjonen i det klasserommet der læreren har sin matematikkundervisning til vanlig. Hos Vavik m.fl. (2010) ser det ut til at begrepet *tilgang til* inkluderer muligheten til å ta elevene med til et klasserom på skolen som har elektronisk tavle.

Undersøkelsen viser at 79 % av lærerne sier de har tilgang til elevmaskiner tilkoblet internett i klasserommet, der 20 % sier de alltid har tilgang. Videre har 56 % av lærerne tilgang til Smartboard i klasserommet (Tuset, 2010, s. 41).

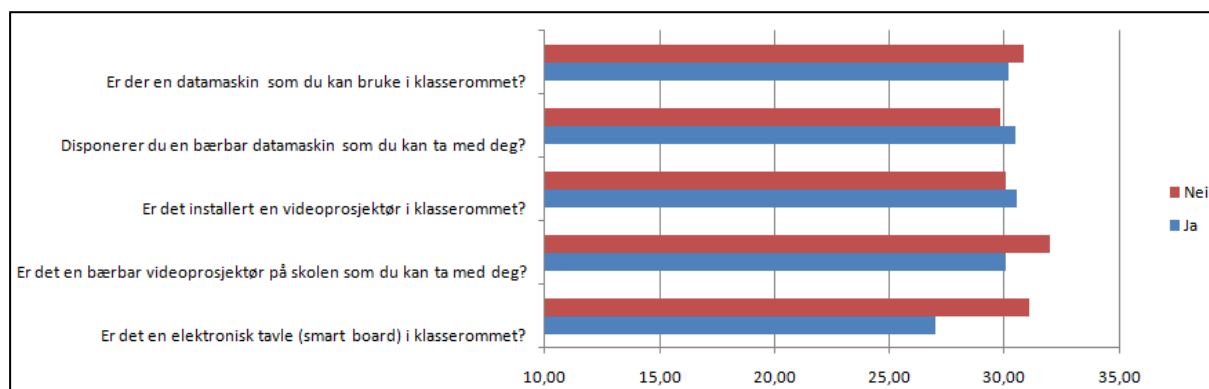
De 20 prosentene som alltid har tilgang samsvarer godt med de 19,7 prosentene av respondentene i min undersøkelse som har fast tilgang til minst ½ maskin per elev.

Etter å ha presentert noen viktige fysiske rammebetingelser for bruk av IKT, vil jeg nå fokusere på den delen av spørsmålet som går på grad av tilslutning til bruk av slike verktøy. Jeg undersøker da om det er en sammenheng mellom tilgangen på det ulike utstyret og tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkundervisningen. Det er viktig å merke seg at dette spørsmålet ikke dreier som om faktisk bruk av IKT, men om synet som lærerne har på denne bruken.

Tabell 5.19: Korrelasjon mellom tilslutningskonstruktet og tilgang på ulikt utstyr. (Korrelasjoner merket med dobbel stjerne indikerer sterkt signifikante forskjeller)

	Er der en datamaskin for læreren i klasserommet?	Disponerer læreren en bærbar datamaskin?	Er der en videoprojektør i klasserommet?	Er der en videoprojektør som læreren kan ta med?	Er der en elektronisk tavle i klasserommet?
Pearsons r	0,034	-0,029	-0,027	0,108	0,208**
Sig. ("tohalet")	0,552	0,617	0,639	0,059	0,000
N	304	304	304	304	304

Som vi ser av tabellen viser denne undersøkelsen en signifikant forbindelse mellom grad av tilslutning til bruk av IKT og om det er installert en elektronisk tavle i klasserommet. Korrelasjonskoeffisienten r er mindre enn 0,3, så samvariasjonen er forholdsvis liten, selv om den er signifikant. Det er ingen tilsvarende forbindelse mellom tilslutning/skepsis og tilgang til det andre utstyret eller om skolen har tilsatt en IKT-ansvarlig eller ikke. Det siste forholdet er ikke tatt med i tabellen ovenfor, men der er korrelasjonskoeffisienten 0,014 og $p = 0,806$. Vi ser tendensen i tabell 5.19 enda mer tydelig ved å sammenligne gjennomsnittsverdiene for tilslutningskonstruktet med tilgangen på de ulike utstyralternativene.



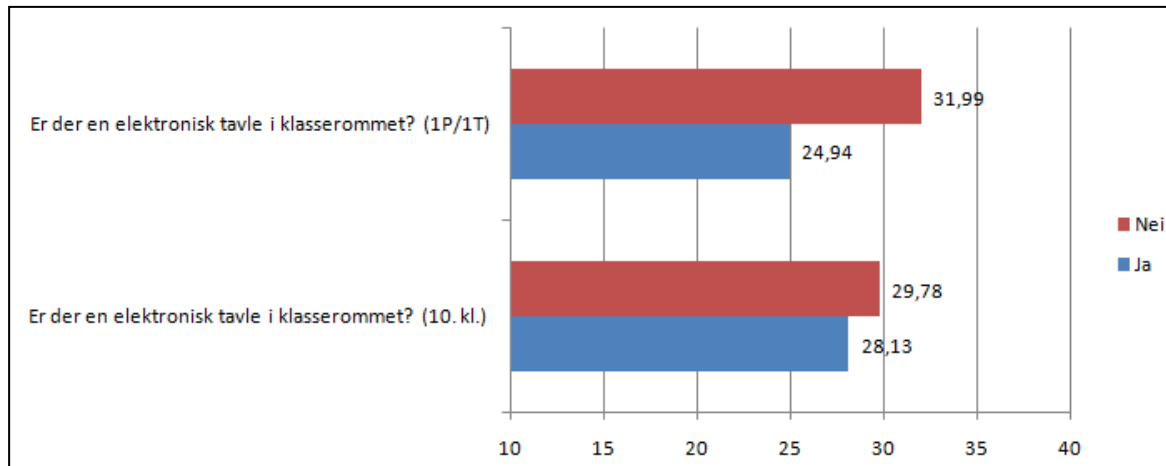
Figur 5.6: Gjennomsnittsverdier for tilslutningskonstrukt og tilgang på ulike typer utstyr

Jeg analyserer dette videre ut fra opplysningen om at elektroniske tavler er mye mer utbredt på ungdomstrinnet enn på de videregående skolene i utvalget mitt. Da ser vi at det er en mer tydelig positiv korrelasjon mellom tilslutning til bruk av IKT og tilgang på elektronisk tavle hos lærere på 1P/1T, men ingen tilsvarende korrelasjon på ungdomstrinnet.

Tabell 5.20: Korrelasjon mellom tilslutningskonstruktet og tilgang på elektronisk tavle. (Korrelasjoner merket med dobbel stjerne indikerer sterkt signifikante forskjeller)

	Er det en elektronisk tavle i klasserommet? (10. kl.)	Er det en elektronisk tavle i klasserommet? (1P/1T)
Pearsons r	0,105	0,285 **
Sig. ("tohalet")	0,223	0,000
N	137	167

Figur 5.7 viser forskjellen mellom de to skoleslagene på dette området.



Figur 5.7: Gjennomsnittsverdier for tilslutningskonstrukt for tilgang på elektronisk tavle på ulike trinn

Lærerne i denne undersøkelsen uttrykte svak egenkompetanse i bruk av elektronisk tavle. 71 % av lærerne på 1P/1T oppgav at de hadde *dårlig* eller *ingen* kompetanse i bruk av dette hjelpemiddelet. For matematikklærerne i 10. klasse utgjorde denne andelen 66 %. 15 % på både ungdomstrinnet og 1P/1T oppgav at de hadde *god* eller *svært god* kompetanse på dette området. Tabell 5.21 viser en sammenligning av konstruktet for tilslutning til bruk av IKT og de ulike egenvurderingene i bruk av elektronisk tavle. Her ser vi at det bare er de som oppgir å ha *svært god* kompetanse i bruk av elektronisk tavle, som skiller seg ut på skalaen for tilslutning/skepsis til bruk av IKT.

Tabell. 5.21: Gjennomsnittsverdier av tilslutningskonstrukt ut fra egen kompetanse i bruk av elektronisk tavle

Egenvurdering av kompetanse i bruk av elektronisk tavle.	Gjennomsnitt	N	Standardavvik	Median	Min	Maks
Svært god	24,20	5	9,524	21	16	39
God	30,00	40	6,895	31	16	42
Middels	29,45	51	6,491	30	16	43
Dårlig	31,85	66	6,531	32	14	45
Ingen	30,47	142	7,586	31	12	55
Sum	30,43	304	7,174	31	12	55

Data fra denne undersøkelsen sier ingenting om årsaker til de ev. forskjellene som figur 5.7 antyder. Antallet som har merket av for *Svært god* er dessuten veldig lavt. Jeg vil derfor nøye meg med å markere denne observasjonen som en mulig sammenheng det kan være interessant for andre å undersøke nærmere i senere studier.

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 1d slik:

- Det er i gjennomsnitt færre elever i klassene i 1P og 1T enn det som er vanlig for matematikktimene i 10. klasse.
- Elever og lærere på de videregående kursene har en mye større tilgang på egne datamaskiner og videoprojektører.
- Det en større andel av klasserommene på ungdomstrinnet som har elektronisk tavle enn tilfellet er for kursene 1P/1T.

- Med unntak av tilgangen til elektroniske tavler på 11. trinn, er det ikke påvist noen signifikant korrelasjon mellom tilgang på utstyr eller IKT-personell og tilslutning til bruk av IKT i matematikkopplæringen. Det er viktig å understreke at dette gjelder generelle synspunkter på -, og ikke faktisk bruk av IKT.

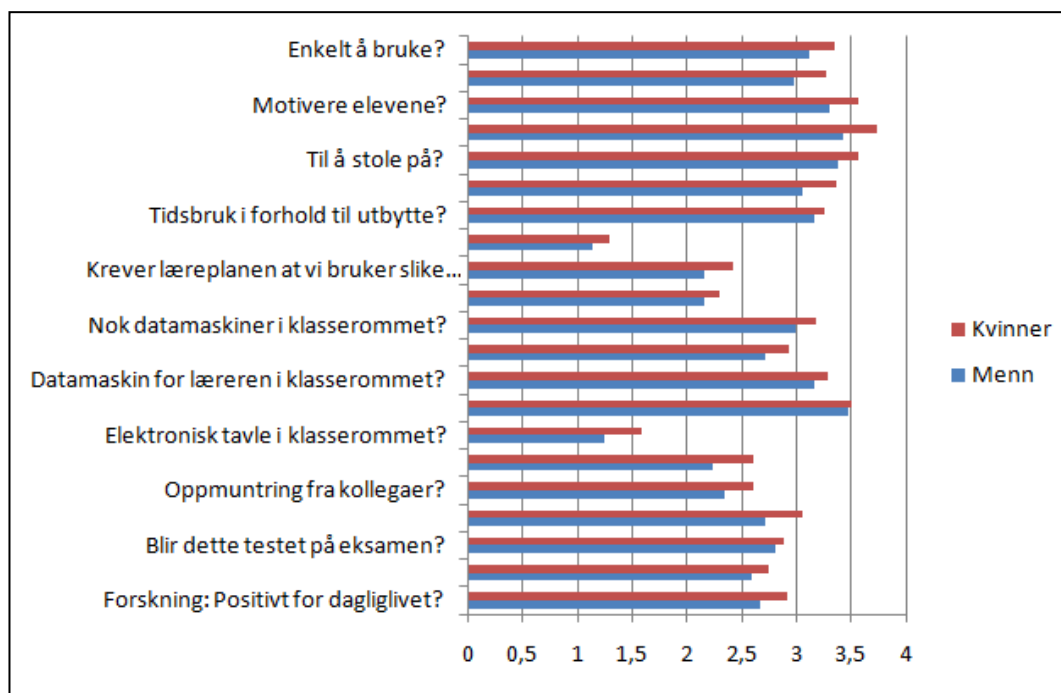
5.2.5 Spørsmål 1e

Hvilke faktorer legger lærerne selv størst vekt på når de skal velge om de vil ta i bruk matematisk programvare eller ikke i opplæringen?

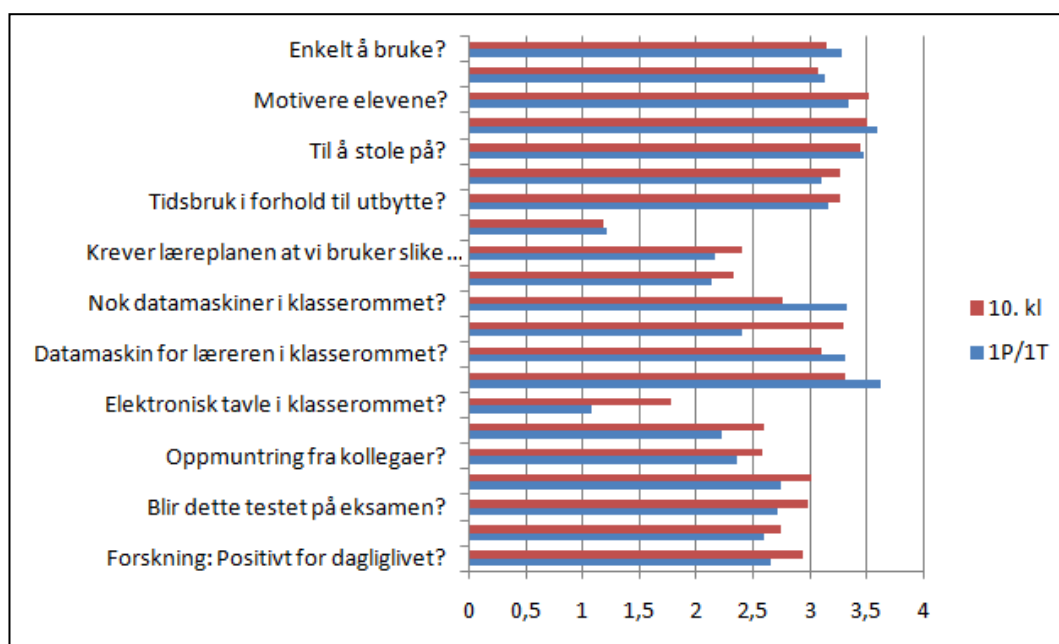
Her er det ikke spurt etter bruken av IKT, men etter bruken av matematisk programvare, slik dette ble definert i innledningsskapittelet. For å få svar på spørsmålet, har jeg valgt å angripe dette fra to kanter. Først analyserer jeg svarene på spørsmål 23 i spørreskjemaet. Lærerne skulle her ta stilling en rekke faktorer, og vurdere hvor viktige hver av disse var for bruk av digitale hjelpemidler i egne matematikktimer. Respondentene skulle krysse av på en skala fra 0 til 4 der 4 var *Svært viktig* og 0 var *Uten betydning*. Figur 5.8 og 5.9 viser resultatene fordelt etter kjønn og skoleslag.

Det er interessant å merke seg at de kvinnelige lærerne mener at samtlige av faktorene er viktigere enn det mennene vurderer dem til. Uenigheten mellom kjønnene er størst i vurderingen av hvor viktig det er med en elektronisk tavle i klasserommet. Ingen av gruppene synes dette er spesielt viktig, men kvinnene mener dette er mer nødvendig enn det menn vurderer elektroniske tavler til å være. Det er minst uenighet om nødvendigheten av en videoprojektør i klasserommet. Dette synest både kvinner og menn er viktig.

Ser vi på 10. og 11. årstrinn hver for seg, finner vi større vurderingsmessige forskjeller enn dem vi registrerte mellom kjønnene. Lærerne i 1P/1T er mer opptatt enn sine kollegaer på 10. trinn av at det må være en videoprojektør og nok datamaskiner i klasserommet. Dette er ikke så overraskende, fordi utstyrssituasjonen i de to skoleslagene er svært forskjellig. Vi så dette i analysen av svarene på delspørsmål 1 d.



Figur. 5.8: Ulike faktors innvirkning på bruk av matematisk programvare i matematikkopplæringen, målt etter kjønn



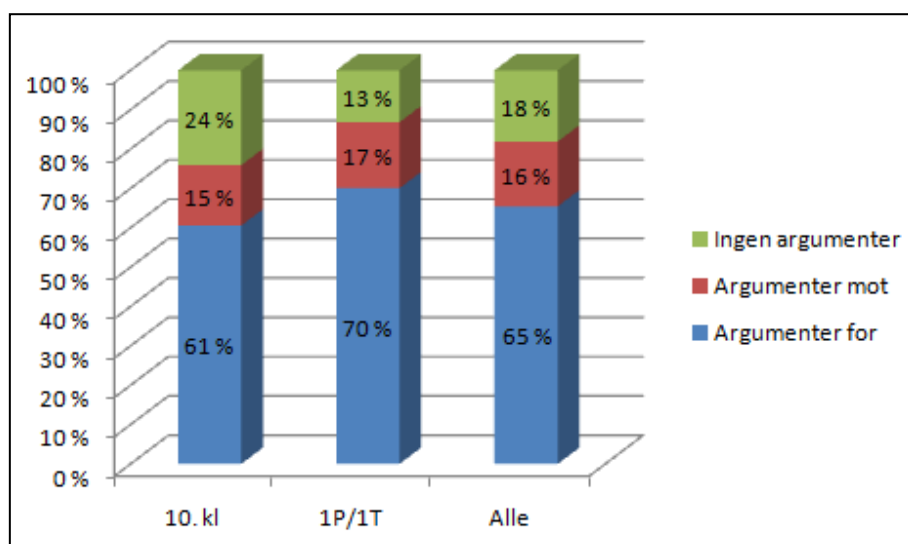
Figur. 5.9: Ulike faktorerers innvirkning på bruk av matematisk programvare i matematikkopplæringen, målt etter skoletrinn

De åtte første spørsmålene er en direkte oversettelse av hva Cuban (2001) mente var de aller viktigste vurderingene som lærerne gjorde før de ev. tok i bruk IKT i undervisningen. Mine respondenter mener at de sju første av disse spørsmålene er viktige i forhold til egne prioriteringer, men de bryr seg mindre om i hvilken grad bruk av matematisk programvare vil svekke autoriteten deres.

I kapittel 2 presenterte jeg Ruthven og Hennessys (2002) betraktninger om hvor viktig det var å få lærernes egne beskrivelser av deres pedagogiske betraktninger og praksis. I tråd med dette lot jeg lærerne selv formulere hvilke faktorer de mente var de viktigste når de skulle vurdere om de ville ta i bruk matematisk programvare eller ikke. (Alle disse svarene er gjengitt i vedlegg 3.) Fordelingen av svarene er gjengitt i tabell 5.22 og figur 5.10.

Tabell 5.22: Fordeling av respondenter med argumenter for og mot bruk av matematisk programvare i matematikkopplæringen.

	Antall, 10. kl	Antall, 1P/1T	Antall, alle
Respondenter med argumenter for å bruke IKT i matematikkopplæringen	83	117	200
Respondenter med argumenter mot å bruke IKT i matematikkopplæringen	21	28	49
Respondenter som ikke gav argumenter verken for eller mot.	33	22	55
Sum	137	167	304



Figur 5.10: Fordeling av respondenter med argumenter for og mot bruk av matematisk programvare i matematikkopplæringen

Jeg har systematisert disse svarene og talt opp hvor mange som hadde tatt med noenlunde likelydende beskrivelser av de ulike argumentene. Tabell 5.23 og 5.24 viser de svarene som fem eller flere av respondentene hadde tatt med.

Tabell 5.23: Lærernes egne argumenter for å velge å ikke bruke IKT I matematikkopplæringen

	Antall, 10. kl	Antall, 1P/1T	Antall, alle
Tidspress.	9	8	17
Det går med for mye tid i forhold til nytteverdien.	8	5	13
Jeg er usikker på bruken av programmet/utstyret.	8	5	13
Noen elever er på div. nettsteder i stedet for å jobbe med matematikk.	3	7	10
Det har lite med matematikk å gjøre. Lite læringsutbytte		7	7
For få maskiner i klasserommet.	2	3	5

Tabell 5.24: Lærernes egne argumenter for å velge å bruke IKT I matematikkopplæringen

	Antall, 10. kl	Antall, 1P/1T	Antall, alle
Det motiverer elevene	36	31	67
Læreplanen krever det	28	37	65
Det er godt egnet til visualisering, slik at elevene lettere ser sammenhenger	12	48	60
Det gir variasjon i undervisningen	23	28	51
Det øker forståelsen/læringsutbyttet	13	31	44
Det er nyttig/tidsbesparende på eksamen	27	11	38
Det er nyttig i dagliglivet/arbeidslivet (Her ble det ofte referert til Excel.)	21	7	28
Det forenkler oppgaveløsningen og gjør arbeidet mer effektivt	11	14	25
Det er tidsbesparende	5	17	22
Programvaren er tilgjengelig og hensiktsmessig, med lav brukerterskel		21	21
Det gir mer nøyaktige grafer og finere utskrifter som er lettere å forstå	3	11	14
En kan forandre parametere, slik at det er egnet til utforskende aktiviteter		13	13
Det er dynamisk og gir fleksibilitet ved problemløsning/oppgaveløsning	10	1	11
Det er et viktig verktøy og hjelpemiddel	10		10
Det øker IKT-kompetansen	4	6	10
Nyttig i senere utdanning	4	2	6
Ledelsen på skolen har bestemt det	1	4	5
Det er en god måte å lære matematikk på i enkelte tema		5	5

Det som er spesielt interessant med resultatene fra begge disse tabellene, er at lærerne uttrykker en sterk lojalitet til hva de mener er nyttig og lønnsomt for elevene. Resultatene av mine undersøkelser samsvarer helt med en av konklusjonene i Per Sigurd Hundeland sin doktorgradsavhandling fra Universitetet i Agder.

Lærerne er villige til å endre sin praksis når de ser det er til fordel for elevene og der en slik forandring ikke kommer i konflikt med de rådende rammene som de arbeider innenfor (Hundeland, 2009, s. 246).

Det kan virke som et paradoks at noen lærere oppgir at bruk av matematisk programvare er tidsbesparende og en god og effektiv måte å lære matematikk på, samtidig som andre ser på bruken av slik programvare som sløsing med knappe tidsressurser, og lite relevant for det pensumet som skal læres. Her er det teoretiske rammeverket jeg har valgt, med beskrivelsen av lærerne som strategiske verdimaksimerere, et nyttig verktøy for å forstå årsakene til prioriteringene. De ulike perspektivene bygger på forskjellige erfaringer med -, og selvtillit i forhold til bruk av digitale verktøy i matematikkopplæringen. De kommer fram til ulike konklusjoner, men har alle elevenes beste som rettesnor for sin verdimaksimering. Nedenfor har jeg gjengitt noen direkte sitater fra respondentene som illustrerer dette.

”Jeg velger å bruke datamaskin i matematikktimene dersom dette er enklere for elevene, gir like mye forståelse og er i tråd med læreplanen.”

”1. Eg brukar ped. programvare fordi læreplanen krev det.
2. Eg vurderer om det, ut frå faglege grunnar, er tenleg å bruke ped. prog. i eit bestemt tema.”

”1. At det er til fordel for elevene.
2. At det står i læreplanen.”

“1. Vurdering av best mogleg læringseffekt.
2. Om det er hensiktsmessig i høve til emnet.
3. Om det hjelper til å nå måla for timen.”

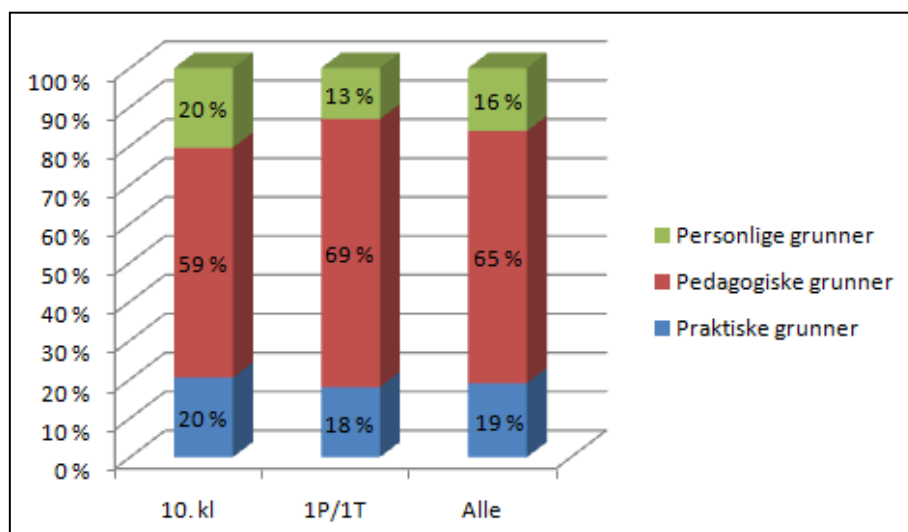
”1. Kunnskap og kursing om programvaren. (Viktig med meir enn eingongskurs!)
2. Tidsbruk ved innlæring i høve læringsverdi.
3. Tilgang til naudsynt utstyr.”

Disse sitatene er typiske for de vurderingene som lærerne legger vekt på når de skal bestemme seg for om de vil bruke matematisk programvare eller ikke. Det siste sitatet fanger opp en viktig tredeling av de presenterte argumentene. Jeg har studert alle argumentene mot bruk av matematisk programvare i opplæringen, og delt disse inn i det jeg kaller *praktiske*, *pedagogiske* og *personlige* argumenter. Den siste kategorien går på lærernes selvtillit i forhold til nødvendig digital kompetanse, og om han/hun føler de får nok støtte hos kollegaer og administrasjonen. Argumentgruppene er naturligvis nær knyttet til hverandre. Dersom du ikke har nok teknisk utstyr tilgjengelig, eller du er usikker på hvordan du skal bruke det, er det en fornuftig pedagogisk vurdering å la være å kaste bort tid på dette. Likevel kan en slik tredeling gi oss en indikasjon på hvor stor rolle hver av de ulike argumentgruppene spiller for de lærerne som konkluderer med at de ikke vil/kan bruke matematisk programvare.

Tabell 5.25: Grunner til å ikke ta i bruk matematisk programvare

	10. kl	1P/1T
Praktiske grunner	9	11
Pedagogiske grunner	26	42
Personlige grunner	9	8
Totalt	44	61

I oversikten i tabell 5.25 har jeg tatt med alle grunnene som respondentene har oppgitt. I noen tilfeller inneholder setningene argumenter av to ulike kategorier. Jeg har da tatt med begge disse i oversikten. I figur 5.11 blir ikke summene alltid 100 %. Dette skyldes avrundningene.



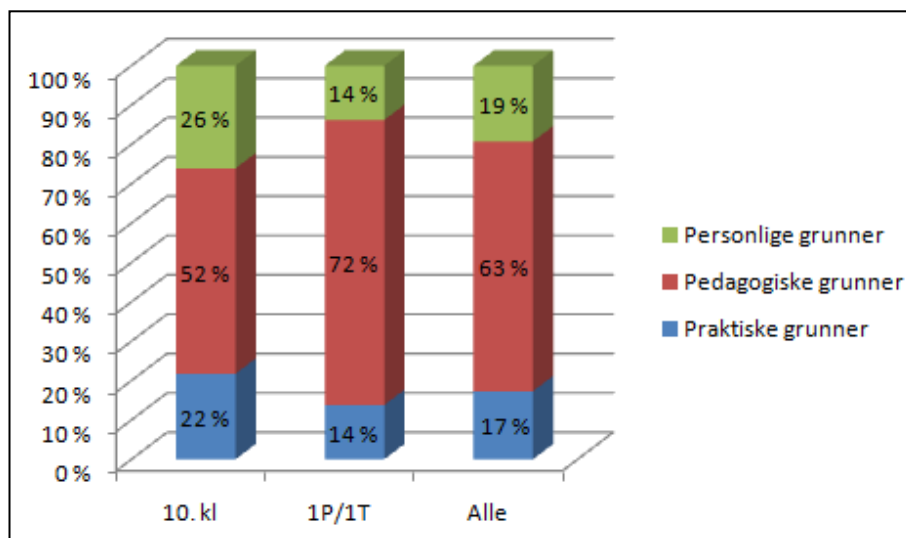
Figur 5.11: Grunner til å ikke ta i bruk matematisk programvare

Oversikten kan være litt misvisende, fordi noen respondenter tar med 3 eller 4 grunner, og andre skriver bare en. Jeg har derfor også laget en oversikt der jeg bare har tatt med den første grunnen som disse lærerne oppgir for å ikke ta i bruk matematisk programvare i matematikkopplæringen. Resultatet er gjengitt i tabell 5.26 og figur 5.12.

Tabell 5.26: Viktigste grunner til å ikke ta i bruk matematisk programvare

	10. kl	1P/1T
Praktiske grunner	5	4
Pedagogiske grunner	12	21
Personlige grunner	6	4
Totalt	23	29

Vi ser ingen dramatiske forandringer i fordelingen av svartyper i forhold til da vi regnet med alle de oppgitte grunnene. Fordelingen av svartypene for begge skoleslagene sett under ett, er omtrent uendret i forhold til resultatet i figur 5.11.



Figur 5.12: Viktigste grunn til å ikke ta i bruk matematisk programvare

Fuglestad (2008) har rett i at situasjonen har forbedret seg, men når over 20 % av matematikklærerne i 10. klasse oppgir praktiske årsaker som det viktigste hinderet for å ta i bruk matematisk programvare i opplæringen, er det kanskje litt for optimistisk å hevde at "lack of equipment is no longer a problem." (Fuglestad, 2008, s. 192.) Noen klasserom er utstyrt med nok datamaskiner, og læreren kan i mange andre tilfeller ta med elevene til et eget datarom. Likevel blir merarbeidet med en slik flytting, som skyldes manglende utstyr i klasserommet, opplevd som problematisk.

Resultatene viser at det absolutt ikke er tilstrekkelig å kjøpe inn utstyr og sørge for at lærerne får kursing i å bruke utstyret og programvaren, dersom skolemyndigheter og politikere ønsker mer bruk av matematisk programvare i opplæringen. Den store andelen av pedagogiske argumenter viser at dette bare vil lykkes dersom lærere og elever opplever at en slik bruk er nyttig. Som rasjonelle verdimaksimerere prioriterer lærerne de aktivitetene som de, ut fra sin pedagogiske overbevisning og erfaringsbakgrunn, mener er til beste for elevene. For lærerne på ungdomstrinnet som brukte matematisk programvare, var nytteverdien på eksamen den tredje viktigste grunnen de oppgav (etter "Læreplanen krever det" og "Det motiverer elevene"). Bruk av regneark har vært obligatorisk på avgangseksamen i 10. klasse i flere år, men det har ikke vært krav om bruk av annen matematisk programvare. Erfjord (2008) argumenterer med at dette er en viktig årsak til at systematisk bruk av dynamiske matematikkprogram ennå er nokså begrenset på ungdomstrinnet. Erfjords argumentasjon støttes av resultatene fra min egen undersøkelse.

Lack of inclusion of any other computer software than spreadsheets in the National Examination in mathematics at Grade 10 in Norway, has made institutional support in the implementation process of new computer software tool difficult for teachers. By institutional support I include students, parents, other teachers and leaders at school (Erfjord, 2008, s. 276-277).

Disse problemstillingene vil jeg komme tilbake til i kapittel 7, som handler om de pedagogiske implikasjonene av resultatene jeg presenterer her.

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 1e slik:

- Når lærerne skal bestemme seg for om de vil ta i bruk matematisk programvare i opplæringen, legger de spesielt vekt på de forhåndsdefinerte spørsmålene som er gjengitt nedenfor. Tallene i parentes er lærernes gjennomsnittverdier for vurderingen av hvor viktige hver av disse spørsmålene var, på en skala fra 0 til 4, der 4 står for *Svært viktig*.
 - ✓ Vil programmet motivere elevene? (3,6)
 - ✓ Er det tilgang til en videoprojektør i klasserommet? (3,5)
 - ✓ Er innholdet i programmet relevant i forhold til de kompetansemålene vil skal jobbe med? (3,5)
 - ✓ Er det tilgang til en datamaskin for læreren i klasserommet? (3,2)
 - ✓ Er utstyret og programmet så enkelt å bruke at jeg kan lære dette raskt? (3,2)
 - ✓ Er utstyret og programvaren til å stole på? (3,2)
 - ✓ Dersom noe ikke fungerer, er det da noen som kan og vil ordne det? (3,2)
 - ✓ Vil tiden jeg bruker på å lære å bruke systemet gi nok tilbake i form av større læringsutbytte hos elevene? (3,2)
 - ✓ Er det fleksibelt, slik at det kan brukes til flere formål? (3,1)
 - ✓ Er det tilgang til nok datamaskiner i klasserommet? (3,1)
- Når lærerne skulle definere selv hva som var de viktigste grunnene til at de valgte å bruke matematisk programvare i opplæringen, var dette de seks typesvarene som ble oftest nevnt:
 - ✓ Det motiverer elevene.
 - ✓ Læreplanen krever det.
 - ✓ Det er godt egnet til visualisering, slik at elevene lettere ser sammenhenger.
 - ✓ Det gir variasjon i undervisningen.
 - ✓ Det øker forståelsen/læringsutbyttet.
 - ✓ Det er nyttig/tidsbesparende på eksamen.
- Når lærerne skulle definere selv hva som var de viktigste grunnene til at de valgte å ikke bruke matematisk programvare i opplæringen, var dette de seks faktorene som ble oftest nevnt:
 - ✓ Tidspress.
 - ✓ Det går med for mye tid i forhold til nytteverdien.
 - ✓ Jeg er usikker på bruken av programmet/utstyret.
 - ✓ Noen elever er på div. nettsteder i stedet for å jobbe med matematikk.
 - ✓ Det har lite med matematikk å gjøre. Lite læringsutbytte.
 - ✓ For få maskiner i klasserommet.
- Det er langt flere som gir argumenter for at de bruker matematisk programvare i opplæringen (200), enn dem som gir argumenter for at de lar være (49).

- Både de som bruker matematisk programvare og de som ikke gjør dette, begrunner valget sitt ut fra hva de mener er til beste for elevene og hva de føler seg forpliktet til i forhold til læreplanen og eksamen.
- 63 % av lærerne som ikke bruker matematisk programvare, oppgir pedagogiske vurderinger som den viktigste grunnen til dette. Resten av disse lærerne oppgir manglende egenkompetanse (19 %) og mangel på godt utstyr (17 %) som viktigste årsak til at de ikke vil/kan bruke matematisk programvare i opplæringen.

5.2.6 Spørsmål 1f

Baserer lærerne valgene sine på avveininger av fordeler og ulemper ved mange vurderingskriterier, og er det en grunn som er mer avgjørende enn andre?

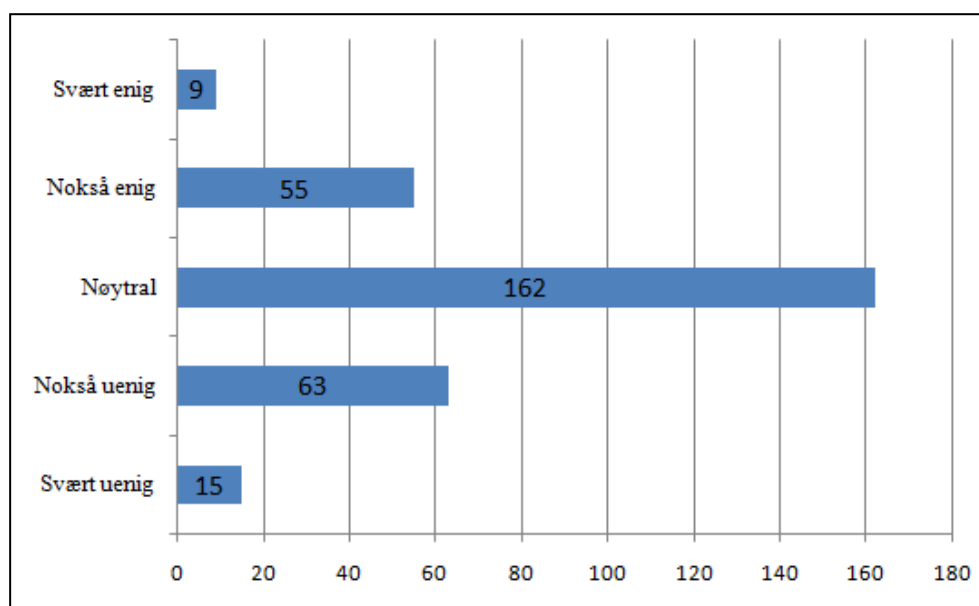
Noen ville kanskje ha skrevet "...eller er det en grunn som er mer avgjørende enn andre?", men analysen av dataene bekrefter at det ikke er noen motsetning mellom det å vurdere flere argumenter, og å ende opp med å legge mest vekt på ett av dem. Dette er også helt i samsvar med beskrivelsene av *fast and frugal heuristics*, som er en viktig del av det teoretiske rammeverket i denne oppgaven, og som jeg beskrev detaljert i kapittel 3.

Dette rammeverket gjør oss i stand til å analysere *hvordan* lærerne kommer fram til beslutningene sine. Etter å ha sett på hvilke grunner de legger vekt på, kan det nemlig være interessant å analysere hvordan de er kommet fram til denne beslutningen. Har de foretatt en omfattende vurdering av fordeler og ulemper ved mange ulike faktorer etter *Franklins algebra*, eller vektlegger de kanskje bare ett avgjørende argument? Svarene på spørsmål 25 i spørreskjemaet gir oss en første pekepinn på dette. Svaralternativene med tilhørende tallverdier der var: *Svært enig* = 1, *Nokså enig* = 2, *Nøytral* = 3, *Nokså uenig* = 4 og *Svært uenig* = 5.

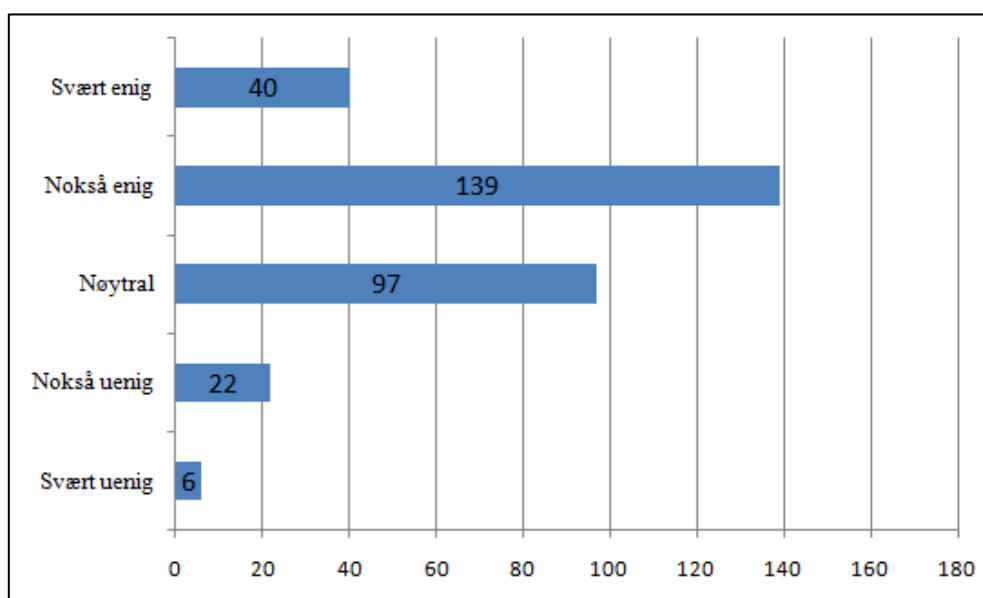
Påstandene i spørsmålet var:

- 25 a *Når jeg skal bestemme meg for om jeg vil ta i bruk matematisk programvare i matematikktimene eller ikke, er det én avgjørende grunn som jeg legger mer vekt på enn alle andre.*
- 25 b *Når jeg skal bestemme meg for om jeg vil ta i bruk matematisk programvare i matematikktimene eller ikke, tar jeg hensyn til mange ulike grunner.*

Svarene på de to spørsmålene fordeler seg slik figur 5.13 og 5.14 på neste side viser.



Figur 5.13: Svarfordeling på spørsmål 25a



Figur 5.14: Svarfordeling på spørsmål 25b

Vi kan oppsummere svarene på spørsmål 25 slik: De fleste tar hensyn til mange ulike grunner, når de skal bestemme seg for om de vil ta i bruk matematisk programvare eller ikke. Det er noen flere som er uenige enn enige i at de legger størst vekt på ett argument. Dette blir også bekreftet av svarene på de åpne spørsmålene 26 og 28 i spørreskjemaet, slik tabellene 5.27 og 5.28 viser. Vi ser der at andelen som legger hovedvekten på bare ett argument, er mye høyere hos dem som ikke bruker matematisk programvare enn hos dem som bruker det. Dette blir enda tydeligere når vi ser på lærerne fra 10. og 11. trinn under ett. Andelen lærere som legger hovedvekten på bare ett argument er over tre ganger så høy hos dem som ikke bruker matematisk programvare, som hos dem som bruker slike verktøy.

Tabell 5.27: Ett eller flere argumenter for og mot å bruke matematisk programvare. 10. og 11. trinn hver for seg

	Ett argument	Flere argumenter	Andel med ett argument
Respondenter med argument(er) for bruk av matematisk programvare, 10. kl.	7	76	0,08
Respondenter med argument(er) mot bruk av matematisk programvare, 10. kl	6	15	0,29
Respondenter med argument(er) for bruk av matematisk programvare, 1P/1T	13	104	0,11
Respondenter med argument(er) mot bruk av matematisk programvare, 1P/1T	10	18	0,36
Totalt	36	213	0,14

Tabell 5.28: Ett eller flere argumenter for og mot å bruke matematisk programvare. 10. og 11. trinn samlet

	Ett argument	Flere argumenter	Andel med ett argument
Respondenter med argument(er) for bruk av matematisk programvare, 10. kl og 1P/1T	20	180	0,10
Respondenter med argument(er) mot bruk av matematisk programvare, 10. kl og 1P/1T	16	33	0,33

Da svarene i spørsmål 26 og 28 er av typen fritekst, er det ikke så lett å få utført en signifikanstest med rådata i SPSS. Det er derimot lett å finne en χ^2 -verdi manuelt. Vi trenger da forventede verdier, om vi går ut fra at det ikke er noen forskjell i andelen som oppgir ett argument i de to gruppene *For* og *Mot*.

Tabell 5.29: Forventede verdier dersom det ikke var forskjell på andelen med ett svar i de to gruppene

	Ett argument	Flere argumenter	Sum
Respondenter med argument(er) for bruk av matematisk programvare, alle trinn	28,9	171,1	200
Respondenter med argument(er) mot bruk av matematisk programvare, alle trinn	7,1	41,9	49
Sum	36	213	249

Verdiene i tabellen ovenfor utgjør en binomial fordeling. Fordi χ^2 -fordelingen er kontinuerlig, foreslo den engelske statistikeren Frank Yates å korrigere for dette ved å addere $\frac{1}{2}$ til de observerte verdiene som lå under forventet verdi, og subtrahere $\frac{1}{2}$ fra de observerte verdiene som lå over forventningsverdien (Moroney, 1975).

Tabell 5.30: Yates-justerte observerte verdier

	Ett argument	Flere argumenter	Sum
Respondenter med argument(er) for bruk av matematisk programvare, alle trinn	20,5	179,5	200
Respondenter med argument(er) mot bruk av matematisk programvare, alle trinn	15,5	33,5	49
Sum	36	213	249

Vi kan nå regne ut $\chi^2 = \frac{(15,5 \cdot 179,5 - 20,5 \cdot 33,5)^2 \cdot 249}{200 \cdot 49 \cdot 36 \cdot 213} \approx 14,6$.

Med én frihetsgrad er det her mer enn 99 % sannsynlig at det er en reelt større preferanse for ett avgjørende argument hos dem som ikke bruker matematisk programvare.

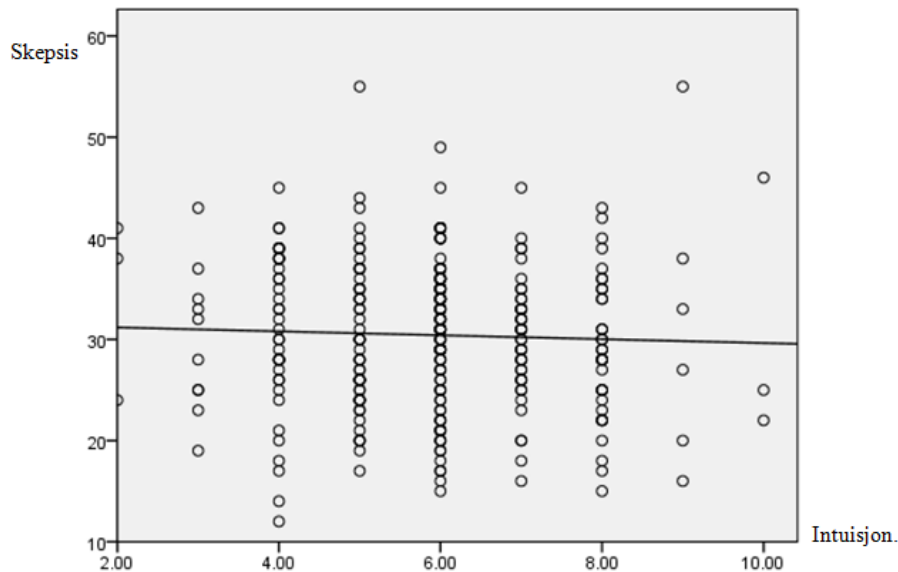
Et viktig spørsmål er da om de som ikke bruker slik programvare legger mindre vekt på logiske vurderinger, og mer på intuisjon. Det ligger ikke noen form for normativ vurdering i et slikt skille. I følge Doxiadis (2000), var selv en så stor matematiker som Poincaré klar over det underbevisstes betydning i matematisk forskning.

In his seminal work *The Nature of Mathematical Discovery*, Henri Poincaré demolishes the myth of the mathematician as a totally rational being. With examples drawn from history, as well as from his own research experience, he places special emphasis on the role of the unconscious in research. (Doxiadis, 2000, s. 97).

Spørsmål 24 i spørreskjemaet er tatt med for å finne svar på hvilket av disse aspektene som spiller størst rolle i beslutningsprosessen. Svaralternativene er de samme som i spørsmål 25, og de to påstandene der var:

- 24 a *Når jeg skal bestemme meg for om jeg vil ta i bruk IKT i matematikktimene, vurderer jeg nøye alle fordeler og ulemper opp mot hverandre før jeg bestemmer meg for hva jeg skal gjøre.*
- 24 b *Når jeg skal bestemme meg for om jeg vil ta i bruk IKT i matematikktimene, bygger jeg mer på egne følelser av hva som er rett enn på grundige studier av forskningsresultater og vurderinger av alle fordeler og ulemper.*

Svaret *Svært enig* har tallverdien 1 og *Svært uenig* er satt til verdien 5. Jeg ”snudde” da spørsmål 24a ved å skrive 6 – koden for spørsmål 24b og sjekket så at svarene på spørsmål 24a og den snudde versjonen av 24b korrelerte. Jeg laget så det enkle konstruktet som er summen av svarene på spørsmål 24a og svarene på det ”snudde” 24b. Når jeg sjekker om det er en ev. korrelasjon mellom konstruktet som måler tilslutning/skepsis til bruk av IKT og det nye konstruktet for rasjonalitet, finner jeg ingen signifikant samvariasjon. Korrelasjonskoeffisienten er -0,039 og p er 0,503. På figur 5.16 går verdiene for ”rasjonalitet” fra 2 til 10, der 2 står for en sterk vektlegging av en logisk tilnærming og 10 står for sterk tiltro til en intuitiv ”magefølelse” for hva som er rett. y -aksen på diagrammet går fra 12 til 60, der skepsisen til bruk av IKT stiger med voksende tallverdi.



Figur 5.16: Mangel på sammenheng mellom skepsis/tilslutning til IKT og rasjonalitet/intuisjon

Analysen ovenfor viser at de som er skeptiske til bruk av IKT, legger like mye vekt på logikk og fornuft i sine argumenter som tilhengerne av IKT-bruk. Resultatene av undersøkelsen tyder på at mange av dem som er skeptiske til bruk av IKT bruker en annen form for rasjonalitet i sin beslutningsprosess. Det som kjennetegner en større andel av disse, er at ett av argumentene får betydelig mer gjennomslagskraft enn andre. Dette er viktig kunnskap for politikere og skolemyndigheter som ønsker en akselerert bruk av IKT i undervisningen. Sammen med svarene på delspørsmål 1e, blir dette helt sentralt for de pedagogiske implikasjonene som er drøftet i kapittel 7.

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 1f slik:

- Flertallet av lærerne (179 av 304) sier seg *svært enig* eller *nokså enig* i at de vurderer flere argumenter før de bestemmer for om de vil ta i bruk matematisk programvare.
- 64 av 304 lærere sier at det er en grunn som de legger mye mer vekt på enn alle andre.
- En større andel av ikke-brukerne enn av brukerne legger mest vekt på ett argument i beslutningsprosessen.
- Det er ingen signifikant forskjell mellom brukere og ikke-brukere av matematisk programvare når det gjelder vektlegging av rasjonalitet vs intuisjon i denne beslutningsprosessen.

5.2.7 Spørsmål 1g

Hvordan legger lærerne til rette for at elevene skal nå læreplanmål som gjelder bruk av digitale hjelpemidler i arbeidet med funksjoner?

Delspørsmålene så langt har handlet om lærernes vurderinger og praktiske rammebetingelser. Svarene på disse har vist at lærerne er lojale mot læreplanmålene og det de mener er til beste for elevene, i forhold til eksamen, senere studier og arbeidsliv. Flere av lærerne som gjør bruk av slike verktøy skrev at disse var spesielt godt egnet til å utforske funksjoner. Samtidig oppgav mange av lærerne at de følte et stort tidspress i forhold til å nå læreplanmålene. For både 10. klasse, 1P og 1T er det læreplanmål om funksjoner, der det står klart at det skal benyttes digitale hjelpemidler. Svarene på spørsmål 1g kan derfor gi oss økt forståelse av

hvordan lærerne finner en praktisk balanse mellom læreplanens krav om bruk av IKT og det store tidspresset.

Problemstillingen i spørsmål 18, 19 og 20 i spørreskjemaet var:

- Hvordan legger du vanligvis opp undervisningen for at elevene skal nå den delen av læreplanmålet nedenfor som omhandler digitale hjelpemidler? Vennligst velg det alternativet som du mener passer best.

De tre læreplanmålene, som også ble presenterte i kapittel 2.2.3 og 4.2 var:

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne...

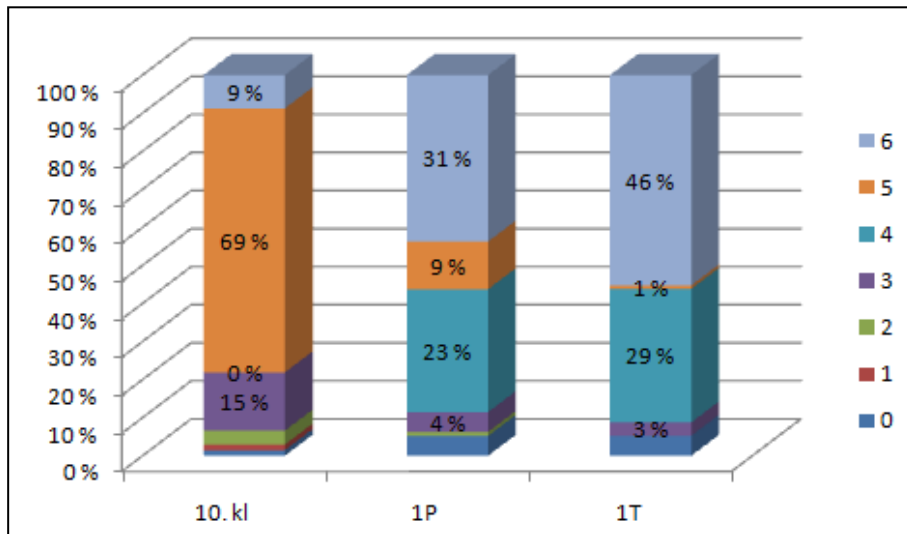
- 10. kl.
lage, på papiret og digitalt, funksjoner som beskriver numeriske sammenhenger og praktiske situasjoner, tolke dem og omsette mellom ulike representasjoner av funksjoner, som grafer, tabeller, formler og tekst.
- 1P
gjøre greie for begrepet lineær vekst, vise gangen i slik vekst og bruke dette i praktiske eksempler, også digitalt.
- 1T
bruke digitale hjelpemidler til å undersøke polynomfunksjoner, rasjonale funksjoner, eksponentialfunksjoner og potensfunksjoner.

Svaralternativene og fordelingen går fram av tabell 5.31.

Tabell 5.31: Fordeling av svar på hvordan lærerne møter læreplanens krav om bruk av IKT i funksjonsanalyse

	10. kl	1P	1T
0. Ikke registrert svar	2	5	6
1. Det er ikke praktisk mulig å jobbe med digitale hjelpemidler på vår skole	2	0	0
2. Det er ikke tid til å jobbe med digitale hjelpemidler om vi skal nå de andre læreplanmålene	5	1	0
3. Jeg lar elevene bruke en enkel kalkulator til å beregne verditabeller. De tegner alltid grafene for hånd	21	5	4
4. Jeg lar elevene bruke en grafisk kalkulator når de jobber med dette læreplanmålet	0	31	40
5. Jeg lar elevene lage verditabeller og tegne grafer ved hjelp av et regneark	95	12	1
6. Jeg lar elevene bruke dataprogrammet _____ (Ikke regneark.)	12	42	63
Sum	137	96	114

Figur 5.16 illustrerer fordelingen av de ulike måtene lærerne møter læreplankravet om bruk av IKT til funksjonsdrøfting. Tallene refererer til nummereringen av svaralternativene i tabell 5.31.



Figur 5.16: Hvordan lærerne møter læreplankrav om bruk av IKT til funksjonsanalyse. (Tallene svarer til de nummererte alternativene i tabell 5.31)

Vi ser at på ungdomstrinnet er regneark det dominerende verktøyet. Dette har nok sammenheng med at i tidligere eksamensoppgaver for 10. klasse har IKT nærmest vært synonymt med regneark, som er det eneste obligatoriske verktøyet på eksamen. (Jfr. Erfjord, 2008, s. 276 – 277.) Regneark blir også brukt en del til funksjonsanalyse i 1P, mens det er nesten fraværende til dette formålet i 1T. En av årsakene til at 1P-lærerne velger å bruke regneark til å lage verditabeller og tegne grafer, kan være at elevene med praktisk matematikk også jobber en del med regneark i forbindelse med læreplanmålene i økonomi. 9 av de 12 lærerne på 1P som bruker regneark til å tegne funksjoner, oppgir at de er nokså erfarne brukere av programmet GeoGebra (3 respondenter), eller de kjenner de viktigste verktøyene der (6 respondenter). De fleste som har tegnet grafer med både regneark (som Excel, Calc eller Numbers) og med GeoGebra vil nok finne at det er enklere å utføre dette med det sistnevnte programmet. I tråd med verdimaksimeringstanken, kan disse lærerne likevel ha vurdert at det er best for elevene å holde seg til ett program, som de likevel må bruke i økonomidelen av pensum. Vi har imidlertid ingen data som underbygger disse antagelsene. Det er bare en av flere mulige forklaringer på at lærere som kjenner alternative muligheter, velger å la elevene tegne grafer vha regneark.

Andelen som bruker andre matematikkprogram enn regneark er størst hos lærere på 1T. Vi vet ikke noe sikkert om grunnene til disse forskjellene. Det kan skyldes at funksjonsanalysen er mer omfattende i 1T, og inkluderer regresjon, som er spesielt enkelt å utføre med dynamisk programvare. Det vi har data på, er *hvilke* matematikkprogram lærerne på de ulike kursene har valgt. (En del av respondentene har oppgitt at de bruker flere programmer.)

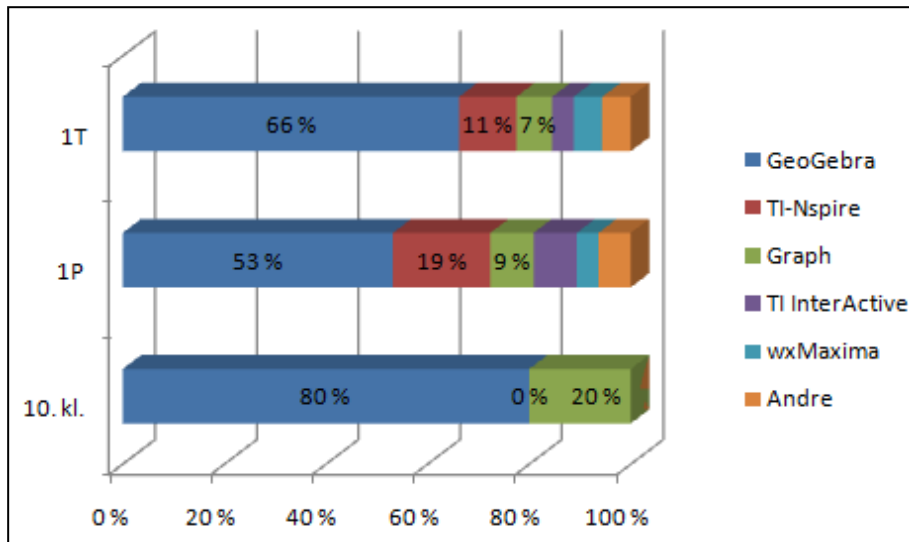
Tabell 5.32: Antall lærere som oppgir å bruke disse matematikkprogrammene i arbeidet med funksjoner

Program	10. kl	1P	1T
GeoGebra	8	25	47
wxMaxima		2	4
Graph	2	4	5
Kalkulatoren på ParAbel			1
TI-Nspire		9	8
TI InterActive!		4	3
Maple			1
MathCad			1
Grafisk Casio-kalkulator på PC		1	
Forlagets nettsider		2	1
Sum	10	47	71

Figur 5.17 viser hvor stor andel av de ulike matematikkprogrammene (bortsett fra regnearkene) utgjør hos lærerne på de ulike trinnene. De fire øverste programmene i tabell 5.31 er gratis. Noen av forlagene har også gratis nettsider med animasjoner og interaktive tilleggssressurser.

Den menystyrte norske versjonen av wxMaxima er omarbeidet og tilpasset den norske læreplanen av Bjørn Ove Thue, og inneholder m.a. et CAS-verktøy som gjør det mulig å få utført symbolske operasjoner. Programmet med bruksforklaring kan lastes ned fra <http://maxima.moglestu.com>. På den samme nettsiden finner vi også en oversikt over aktuelle kompetansemål, og eksempler på hvordan en kan bruke wxMaxima og GeoGebra i arbeidet med disse.

Graph er et matematikkprogram som er oversatt til norsk av Tore Ottinsen, og kan lastes ned fra <http://www.padowan.dk/graph/>. Det blir brukt til å tegne og analysere grafer, men er ikke dynamisk på samme måte som GeoGebra og TI-Nspire. Noen lærere har brukt Graph til regresjon og til å lage verditabeller. Disse operasjonene ble også mulig å utføre i GeoGebra, ved lanseringen av versjon 3.2. Behovet for et dynamisk verktøy og ønsket om å ha færrest mulig program å forholde seg til, kan være en av grunnene til at forholdsvis få respondenter bruker Graph, selv om dette programmet er gratis og blir regnet for å være brukervennlig.



Figur 5.17: Andelen av forskjellige matematikkprogram som er i bruk på de ulike trinnene

Vi ser av figur 5.17 at GeoGebra er det mest brukte matematikkprogrammet, når vi ikke tar med regneark. Tabell 5.33 viser de mest brukte digitale verktøyene til hjelp for å tegne og analysere grafer. Dersom vi hadde tatt med alle verktøyene som ble nevnt, ville summen ha blitt over 100 %, fordi noen respondenter har oppgitt at de bruker flere verktøy.

Tabell 5.33. De mest vanlige digitale verktøyene for å jobbe med læreplanmålene som er gjengitt i spørsmål 18 – 20 i spørreskjemaet.

Digitalt verktøy	10. kl	1P	1T
Grafisk kalkulator	0,0 %	32,3 %	35,1 %
Vanlig kalkulator	15,3 %	5,2 %	3,5 %
Regneark	69,3 %	12,5 %	0,8 %
GeoGebra	5,8 %	26,0 %	41,2 %
wxMaxima	0,0 %	2,1 %	3,5 %
Graph	1,5 %	4,2 %	4,4 %
TI-Nspire	0,0 %	9,4 %	7,0 %
TI InterActive!	0,0 %	4,2 %	2,6 %

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 1g slik:

- Dersom vi inkluderer grafisk kalkulator, vanlig kalkulator og regneark, er GeoGebra likevel det vanligste verktøyet for å tegne og analysere grafer på 1T (41 % av lærerne). Grafisk kalkulator er nest mest brukt (35 %) og TI-Nspire det tredje mest brukte alternativet på 1T (7 %).
- På 1P ble grafisk kalkulator mest brukt (32 %), og GeoGebra var det nest vanligste verktøyet (26 %).
- I 10. klasse var regneark det dominerende verktøyet for å tegne grafer og analysere funksjoner (69 %). Vanlig, enkel kalkulator var det nest vanligste hjelpemiddelet (15 %).

5.3. Data fra undersøkelsen som er knyttet til det andre forskningsspørsmålet

I kapittel 5.2.7 så vi hvordan lærerne på de ulike kursene møtte aktuelle læreplanmål om bruk av digitale hjelpemidler ved analyse av funksjoner og tegning av funksjonsgrafer. Det viste seg der at gratisprogrammet GeoGebra var mye brukt, spesielt på 1T. Det andre forskningsspørsmålet går på graden av kjennskap til dette programmet, og hvordan det blir brukt av lærere og elever på de ulike trinnene. Jeg vil også presentere data om kjennskap til og bruk av annen dynamisk programvare enn GeoGebra. I kapittel 5.3.4 får vi svar på om bruken av slik programvare har ført til at elevene jobber med andre typer oppgaver enn tidligere.

5.3.1 Spørsmål 2a

Hvor stor andel av lærerne kjenner til og bruker GeoGebra i matematikkopplæringen?

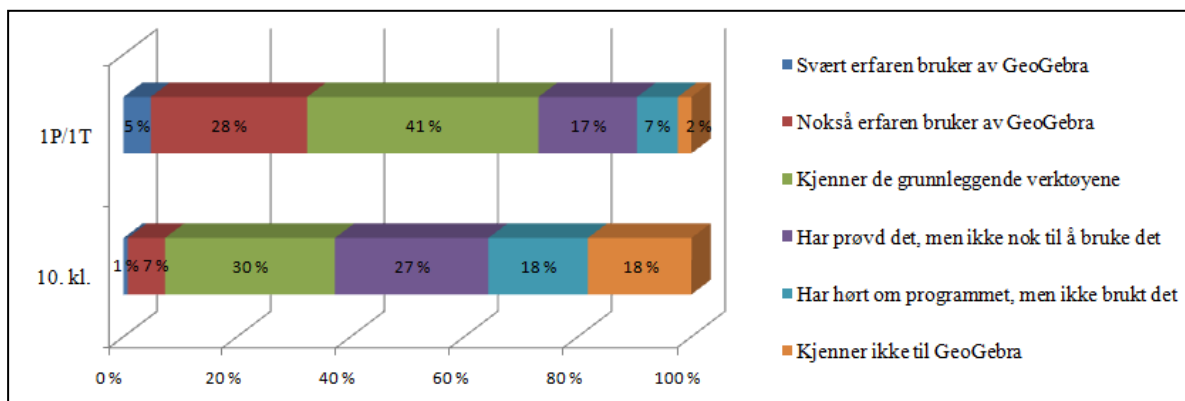
Spørsmål 29 i spørreskjemaet var tatt med for å finne ut av nettopp dette.

29. *Hvilke erfaringer har du med matematikkprogrammet GeoGebra. Vennligst velg ett svaralternativ.*

Svarene fordelte seg slik tabell 5.34 og figur 5.18 viser.

Tabell 5.34: Antall personer med kjennskap til programmet GeoGebra på ulike trinn og matematikkurs

	10. kl	Bare 1P	Bare 1T	1P & 1T	1P/1T
Jeg kjenner ikke til GeoGebra	25	3	1	0	4
Jeg har hørt om programmet, men har ikke prøvd det selv	24	9	3	0	12
Jeg har prøvd det, men ikke nok til å kunne bruke det	37	13	9	7	29
Jeg kjenner til de grunnleggende verktøyene i programmet	41	20	33	15	68
Jeg er en nokså erfaren bruker av GeoGebra	9	9	21	16	46
Jeg er en svært erfaren bruker av GeoGebra	1	0	5	3	8
Sum	137	54	72	41	167



Figur 5.18: Prosentvis fordeling av kjennskap til programmet GeoGebra på ulike trinn

Denne fordelingen kan gi oss et svar på hvor mange som kjenner til GeoGebra, men ikke hvor mange som bruker det. Det er fordi vi ikke kan vite hvor stor andel av dem som oppgav at de kjenner de grunnleggende verktøyene, som faktisk bruker programmet. Vi kan heller ikke bruke opplysningene fra spørsmål 18, 19 og 20 om funksjoner, til å si noe andelen av brukere. Det kan nemlig være at noen bruker GeoGebra til andre områder enn funksjonsanalyse. Da jeg ikke har et direkte spørsmål om respondentene bruker GeoGebra, må jeg se på

spørsmålene 30a – 30f og hvor ofte lærerne bruker programmet til ulike formål. Deretter kan jeg lage et konstrukt som gjør det mulig å si hvor mange respondenter det er som bruker GeoGebra på en eller annen måte i undervisningen. Dette gav oss 40 brukere blant lærerne i 10. klasse (29 %) og 114 brukere i 1P/1T (68 %). I den siste gruppen var det 29 brukere som bare hadde 1P (54 %), 53 som bare hadde 1T (74 %) og 32 som hadde både 1P og 1T (78 %).

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 2a slik:

- GeoGebra er mye mer kjent og brukt på 11. enn på 10. trinn. Programmet er mest brukt i 1T.
- 82 % av matematikklærerne i 10. klasse og 98 % av lærerne i 1P/1T har hørt om GeoGebra.
- 29 % av matematikklærerne i 10. klasse og 68 % av lærerne i 1P/1T har brukt/bruker GeoGebra i undervisningen.

Jeg vil komme tilbake til utviklingspotensialet for GeoGebra og andre dynamiske matematikkprogram i kapittel 7.

5.3.2 Spørsmål 2b

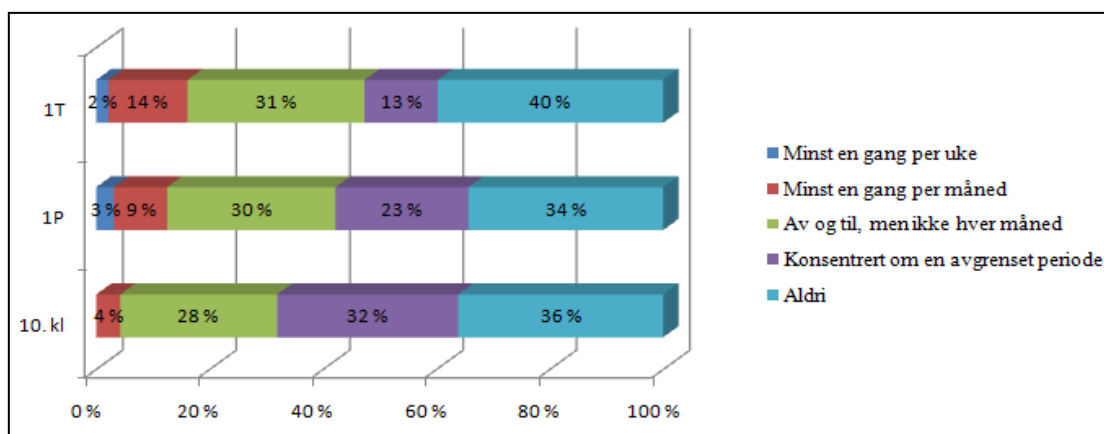
På hvilke måter blir GeoGebra brukt av lærere og av elever i matematikkopplæringen?

I kapittel 2.3.4 så vi at norske elever lå over det internasjonale gjennomsnittet når det var snakk om ”å se på at læreren viser matematikk på datamaskin”. Det er derfor også interessant å vite *hvordan* et digitalt verktøy er brukt i undervisningen. Blir det primært benyttet som et hjelpemiddel for læreren ved gjennomgang av nytt stoff, eller er det også blitt et naturlig verktøy for elevene i mer utforskende oppgaver? De lærerne som hadde oppgitt at de var svært erfarne eller nokså erfarne brukere, eller som svarte at de kjente til de viktigste verktøyene i GeoGebra, fikk seks spørsmål om hvor ofte de brukte dette programmet til ulike aktiviteter. Svarfordelingene er gjengitt i tabellform og som grafer etter hvert spørsmål.

1. Hvor ofte i matematikktimene bruker du (ikke elevene) ferdiglagde GeoGebra-filer som andre har laget?

Tabell 5.35: Bruk av ferdiglagde GeoGebra-filer som andre har laget

	10. kl	1P	1T
Minst en gang per uke	0	2	2
Minst en gang per måned	2	6	13
Av og til, men ikke hver måned	13	19	29
Konsentrert om en avgrenset periode	15	15	12
Aldri	17	22	37
Sum	47	64	93

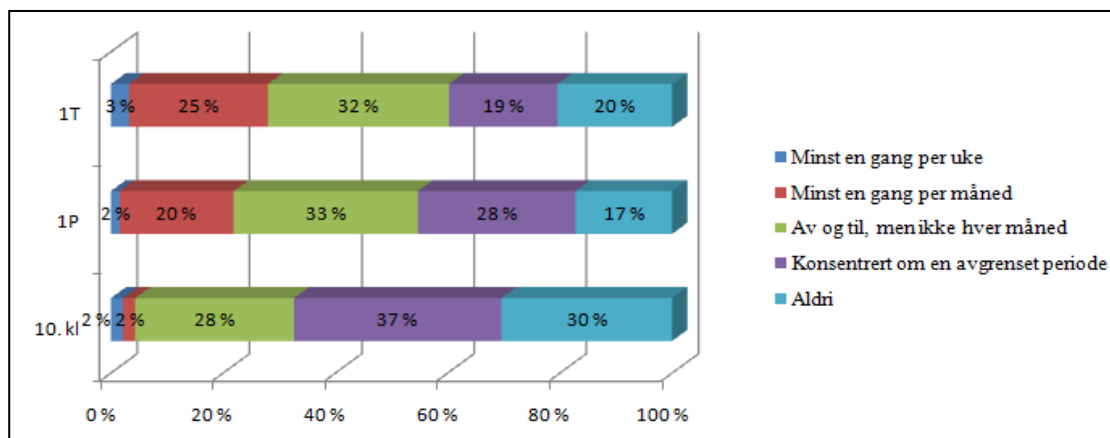


Figur 5.19: Bruk av ferdiglagde GeoGebra-filer som andre har laget

2. Hvor ofte i matematikktimene bruker du ferdiglagde GeoGebra-filer som du har laget selv?

Tabell 5.36: Bruk av ferdiglagde GeoGebra-filer som læreren har laget selv

	10. kl	1P	1T
Minst en gang per uke	1	1	3
Minst en gang per måned	1	13	23
Av og til, men ikke hver måned	13	21	30
Konsentrert om en avgrenset periode	17	18	18
Aldri	14	11	19
Sum	46	64	93

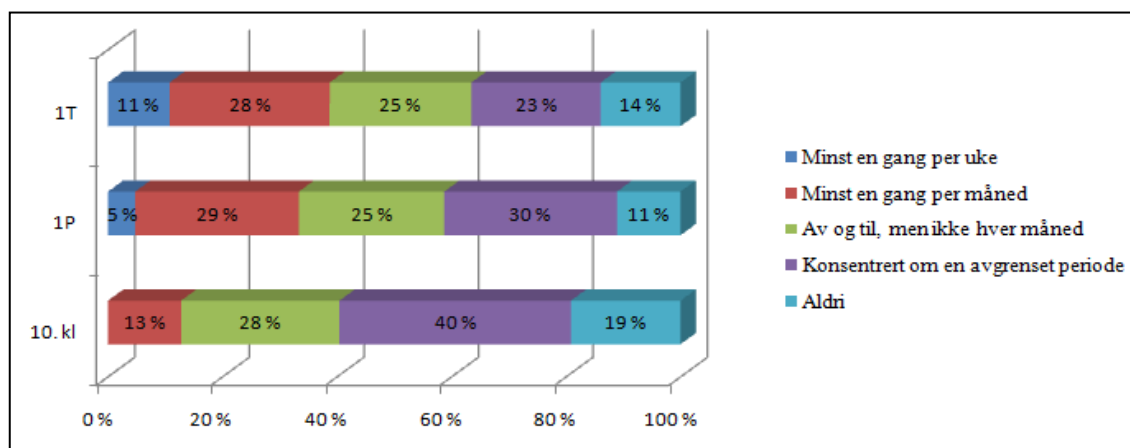


Figur 5.20: Bruk av ferdiglagde GeoGebra-filer som læreren har laget selv

3. Hvor ofte starter du med en tom GeoGebra-fil og viser trinn for trinn hvordan elevene kan løse matematiske problemer eller oppgaver?

Tabell 5.37: Bruk av forklaringer med utgangspunkt i ei tom GeoGebra-fil

	10. kl	1P	1T
Minst en gang per uke	0	3	10
Minst en gang per måned	6	18	26
Av og til, men ikke hver måned	13	16	23
Konsentrert om en avgrenset periode	19	19	21
Aldri	9	7	13
Sum	47	63	93

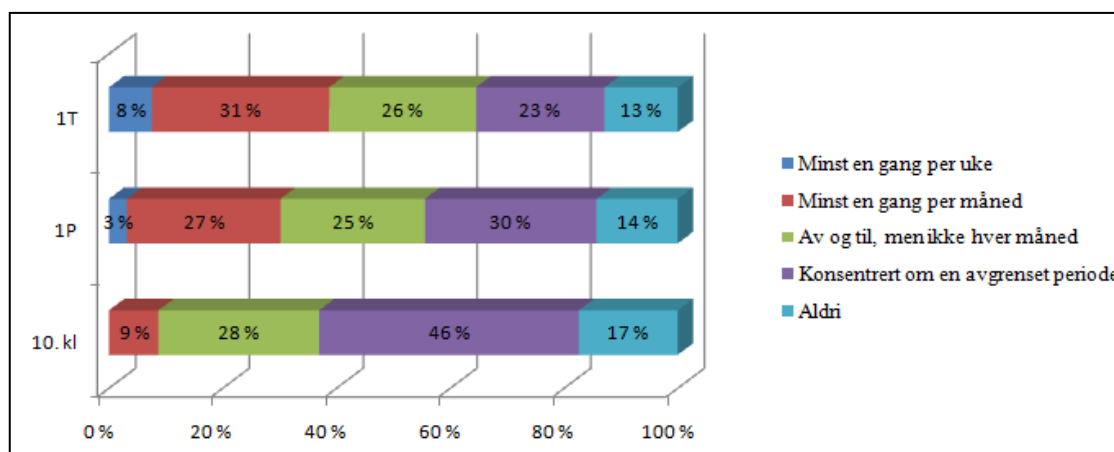


Figur 5.21: Bruk av forklaringer med utgangspunkt i ei tom GeoGebra-fil

4. Hvor ofte viser du i fellesskap for hele klassen hvordan elevene kan bruke forskjellige verktøy i GeoGebra?

Tabell 5.38: Bruk av demonstrasjon for samlet klasse av hvordan ulike verktøy i GeoGebra fungerer

	10. kl	1P	1T
Minst en gang per uke	0	2	7
Minst en gang per måned	4	17	29
Av og til, men ikke hver måned	13	16	24
Konsentrert om en avgrenset periode	21	19	21
Aldri	8	9	12
Sum	46	63	93

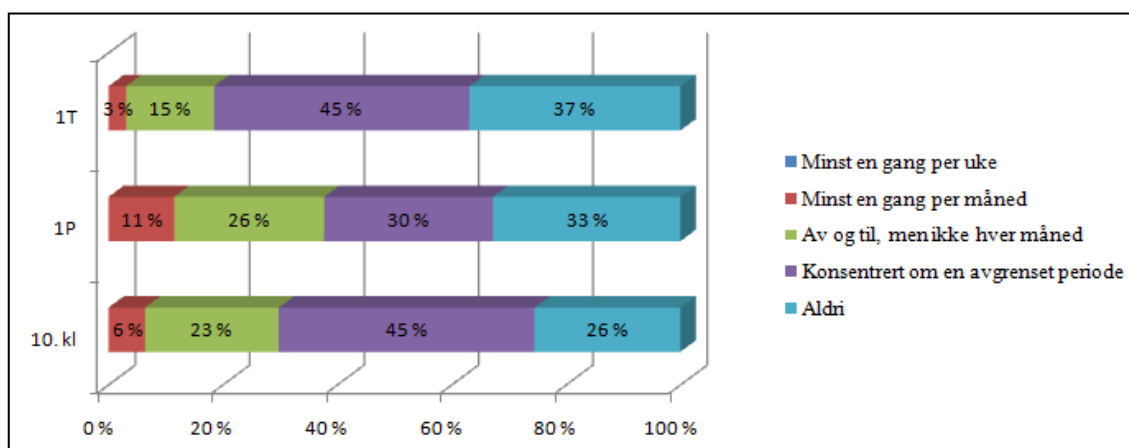


Figur 5.22: Bruk av demonstrasjon for samlet klasse av hvordan ulike verktøy i GeoGebra fungerer

5. Hvor ofte bruker elevene GeoGebra til å løse oppgaver ut fra en ferdiglaget trinnvis "løsningsoppskrift"?

Tabell 5.39: Bruk av GeoGebra hos elevene til å løse oppgaver ut fra en ferdiglaget trinnvis "løsningsoppskrift"

	10. kl	1P	1T
Minst en gang per uke	0	0	0
Minst en gang per måned	3	7	2
Av og til, men ikke hver måned	11	16	10
Konsentrert om en avgrenset periode	21	18	29
Aldri	12	20	24
Sum	47	61	93

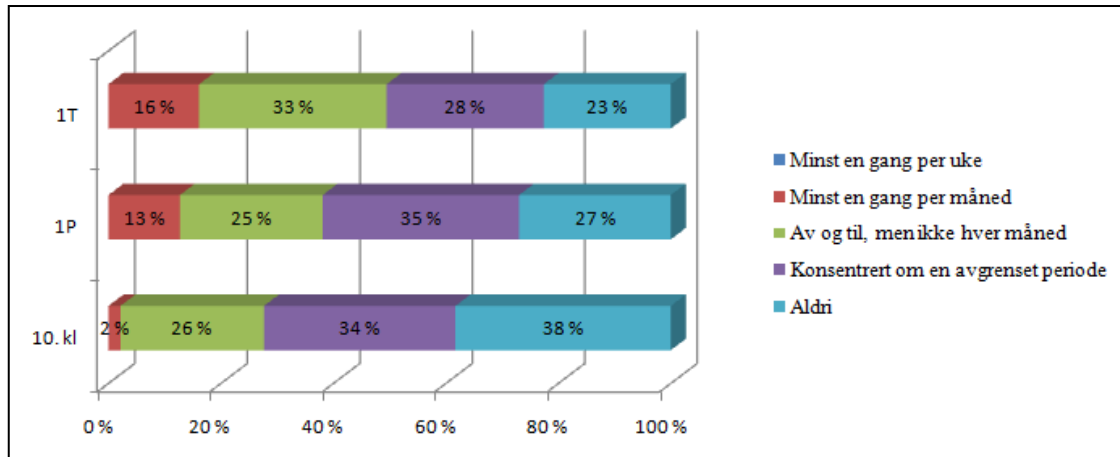


Figur 5.23: Bruk av GeoGebra hos elevene til å løse oppgaver ut fra en ferdiglaget trinnvis "løsningsoppskrift".

6. Hvor ofte bruker elevene GeoGebra til å utforske matematiske problemer der de ikke kjenner en direkte vei til løsningen på forhånd?

Tabell 5.40: Bruk av GeoGebra hos elevene til å utforske matematiske problemer, der de ikke kjenner en direkte vei til løsningen på forhånd

	10. kl	1P	1T
Minst en gang per uke	0	0	0
Minst en gang per måned	1	8	15
Av og til, men ikke hver måned	12	16	31
Konsentrert om en avgrenset periode	16	22	26
Aldri	18	17	21
Sum	47	63	93



Figur 5.24: Bruk av GeoGebra hos elevene til å utforske matematiske problemer, der de ikke kjenner en direkte vei til løsningen på forhånd

De fire første spørsmålene går på lærerens bruk av GeoGebra. Tallene viser at lærerne brukte GeoGebra oftest til å vise trinn for trinn hvordan en oppgave skulle løses, og hvordan ulike verktøy i programmet kan brukes. Dette er felles for både 10. klasse, 1P og 1T.

Den lærerbruksmåten som er minst benyttet, er å demonstrere matematiske sammenhenger ved hjelp av ferdige filer som andre har laget. Dette kan tyde på at de lærerne som bruker dette programmet liker å lage og tilpasse hjelpemiddelet til det aktuelle innholdet selv. Det kan også være at disse lærerne ikke kjenner til alle de ferdige animasjonene og illustrasjonsfilene som andre har utviklet, og som finnes rundt om på nettet. Undersøkelsen inneholder ikke data som kan gi oss svar på dette.

De to siste spørsmålene handler om elevenes bruk av GeoGebra. På både 1P og 1T er det mer vanlig at elevene av og til får jobbe med utforskende oppgaver enn med ferdige trinnvise løsningsalgoritmer. Det er færre lærere som krysser av for *Aldri* og flere som krysser av for *Minst en gang per måned* for utforskende oppgaver. På ungdomstrinnet er dette omvendt. Det er imidlertid få lærere, uansett trinn, som lar elevene jobbe med utforskende oppgaver minst en gang per måned. I 1T skjer dette hos 16 % av lærerne, i 1P hos 13 % og i 10. klasse hos 2 % av lærerne.

Ca 60 % av lærerne på alle trinn og kurs som bruker GeoGebra til utforskende aktiviteter, oppgir at de lar elevene jobbe på denne måten *av og til, men ikke hver måned* eller *konsentrert om en avgrenset periode*. Dette kan tyde på at disse lærerne finner noen tema i pensum mer egnet til utforskende aktiviteter enn andre. Undersøkelsen inneholder ingen direkte spørsmål om dette, men vi kan få noe innsikt ved å studere svarene på spørsmål 27 i det utsendte skjemaet. Dette er et åpent spørsmål, der lærerne kan svare på om bruken av digitale hjelpemidler har ført til en endring i typen oppgaver som elevene jobber med. Spørsmålet vil bli behandlet i kapittel 5.3.4.

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 2b slik:

- Lærerne bruker oftere GeoGebra i timene enn elevene, men vi vet ikke noe om hvor lenge lærerne og elevene bruker programmet i hver økt.
- De lærerne som bruker GeoGebra, benytter oftest programmet til å vise elevene hvordan de kan løse bestemte oppgaver eller bruke ulike verktøy. De bruker i liten grad ferdige filer som andre har laget.

- Det er et bare et lite mindretall av lærerne som lar elevene bruke GeoGebra til utforskende oppgaver en gang i måneden eller oftere.
- Det er mest av utforskende aktiviteter med GeoGebra i 1T, og minst i 10. klasse.

5.3.3 Spørsmål 2c

Hvor utbredt er andre dynamiske matematikkprogram i forhold til GeoGebra?

GeoGebra er bare ett av flere dynamiske matematikkprogram. I noen fylkeskommuner har de bestemt sentralt at alle skolene skal bruke et annet matematikkverktøy. Jeg ville derfor finne ut hvor utbredte de andre verktøyene var, sammenlignet med GeoGebra. Spørsmål 31 i spørreskjemaet er tatt med for å gi svar på dette.

Tabell 5.41: Andre dataprogram enn GeoGebra som lærerne bruker

Program	10. kl	Bare 1P	Bare 1T	Både 1P og 1T	Sum
Autograph			1		1
Cabri	5		1		6
Casio emulator			1		1
Crocodile Mathematics	1				1
Excel eller annet regneark	6	1		3	10
Graph		2	1		3
Grunntall 8 – 10. Elektronisk versjon	1				1
Maple		1	1		2
MathCad		1		1	2
Open Office Math	1				1
TI InterActive!		1	3	1	5
TI-Nspire		4	6	6	16
Winplot	1		1	1	3
wxMaxima		1	1	2	4
Sinus og Multimatte		1			1
Sum	15	12	16	14	57

Her ser det ikke ut til at respondentene har lest spørsmålet nøye, eller har tenkt på definisjonen av dynamisk programvare. Det er flere forhold som gjør at vi må bruke disse tallene kritisk:

- Ikke alle programmene her er dynamiske, slik spørsmålet forutsatte.
- Spørsmålet handlet om hvilke programmer de brukte *i stedet for* GeoGebra, men flere av respondentene har oppgitt programmer som vanligvis blir brukt som *supplement* til GeoGebra. Dette gjelder for eksempel wxMaxima.

Fremgangsmåten for å beregne antall brukere av GeoGebra ble forklart i kapittel 5.3.1. Det gav 40 av 137 brukere hos matematikklærerne i 10. kl. og 114 av 167 brukere blant lærerne i 1P/1T.

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 2c slik:

- På ungdomstrinnet er GeoGebra (40 respondenter) og Cabri (5 respondenter) de to mest brukte dynamiske verktøyene.

- På 1P og 1T er GeoGebra (114 respondenter) og TI-Nspire (16 respondenter) de to mest brukte dynamiske verktøyene.

5.3.4 Spørsmål 2d

Har bruken av matematisk programvare ført til at det blir jobbet med andre typer oppgaver i matematikktimene enn tidligere?

I kapittel 2 ble det referert til Cuban (2001), som hevder at introduksjonen av IKT ikke har ført til noen omfattende forandring i måten lærerne underviser på eller i typen oppgaver det blir jobbet med. I litteraturkapittelet ble vi også gjort kjent med begrepet *double innovation*, som Erfjord (2008) innførte for å betegne problemene lærere møter ved innføringen av datateknologi i undervisningen. Det blir forventet fra skolemyndighetenes side at lærerne både skal beherske den nye teknologien og kunne bruke denne i mer utforskende problemløsningsoppgaver. Dette er en stor utfordring for mange lærere, og spørsmål 27 i spørreskjemaet er tatt med for å få en innsikt i om norske lærere på 10. og 11. trinn har endret sin undervisningspraksis som en følge av datateknologien. Spørsmålet og svaralternativene var:

Har bruken av matematisk programvare ført til at du og elevene jobber med andre typer oppgaver enn tidligere?

- Nei, vi jobber stort sett med samme type oppgaver som vi gjorde tidligere.*
 Ja. (Vennligst forklar kort om forandringene.)

Svarene på dette spørsmålet lar oss først få et innblikk i hvor stor andel av lærerne som har endret oppgavetype, og gir oss deretter deres egne ord på hva disse ev. forandringene går ut på.

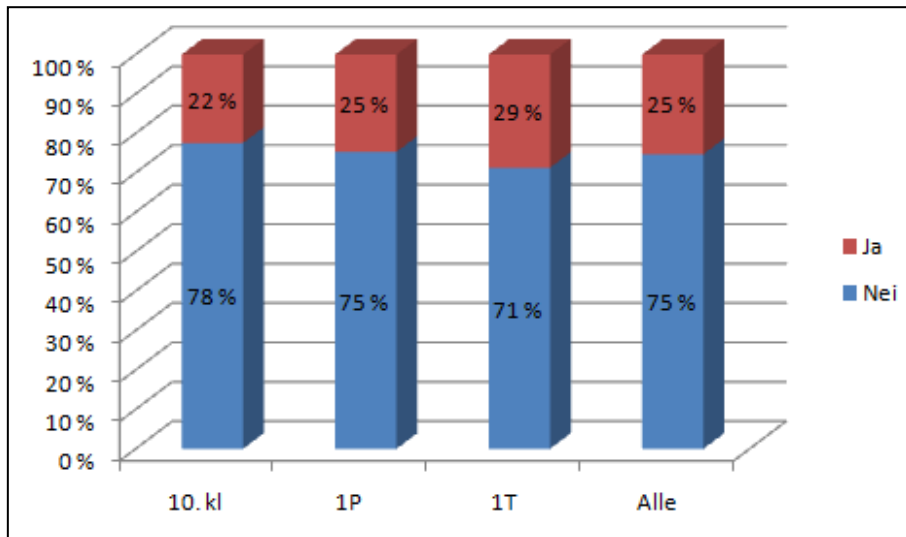
Ser vi på alle lærerne under ett, svarte 62 *Ja* og 189 *Nei*. Omtrent en fjerdedel av lærerne skrev altså at de hadde forandret typen oppgaver som det ble jobbet med.

Jeg fant ingen samvariasjon mellom svartype og kjønn, alder, undervisningserfaring, utdanning i matematikk eller utdanning i IKT. Det var en signifikant høyere andel *Ja* hos lærerne på 1T, men korrelasjonskoeffisienten var her så lav som 0,140 (p -verdien var 0,015). En sterkere korrelasjon kunne kanskje forklares med at det blir jobbet mer med ulike typer funksjoner i 1T, og at denne delen av pensum er spesielt godt egnet til utforskning, men med en så liten verdi av r , velger jeg å ikke forfølge denne begrensede samvariasjonen videre.

En annen grunn til forsiktighet, er at lærerne på de ulike trinnene kan legge ulike meninger i begrepet ”utforskende”. Akkurat dette ville være lettere å kontrollere i en kvalitativ undersøkelse, med inngående intervjuer og observasjoner av et lite antall respondenter. De ulike metodiske tilnærmingene har hver sine fordeler og ulemper, og kan på den måten utfylle hverandre, der det er mulig å gjennomføre en kombinasjon av begge.

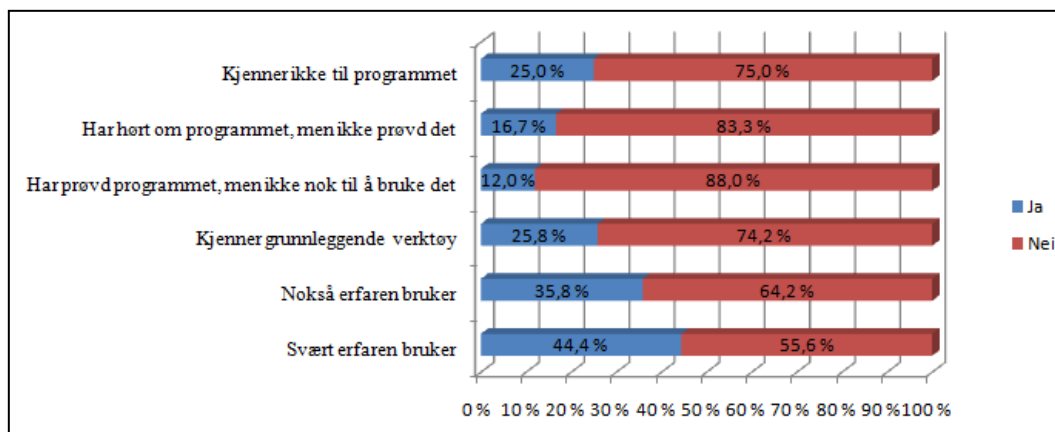
Tabell 5.42: Responder som oppgir å ha endret oppgavetype etter å ha tatt i bruk matematisk programvare

	10. kl.	1P	1T	Sum
Nei	83	61	72	216
Ja	24	20	29	73
I alt	107	81	101	289



Figur 5.25: Responder som oppgir å ha endret oppgavetype etter å ha tatt i bruk matematisk programvare

Det var en sterkere korrelasjon mellom svartype og kjennskap til programmet GeoGebra. Her var korrelasjonskoeffisienten mellom svarene på spørsmål 27 og 29 0,244 og p -verdien 0,000. Det vil si at det er mer enn 99,95 % sannsynlig at denne tendensen ikke er statistisk tilfeldig, men r ligger fremdeles godt under 0,3.

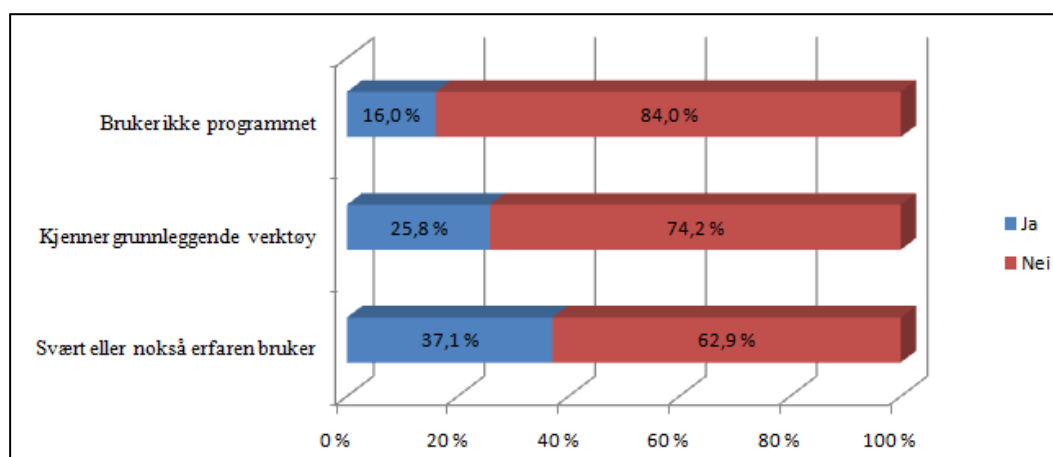


Figur 5.26: Fordeling av svar på spørsmål om endring av oppgavetype, etter kunnskap om GeoGebra

Det er ikke mening i å skille mellom de tre øverste alternativene, da ingen av lærerne med disse svarene bruker GeoGebra i undervisningen. Slår vi sammen disse tre blir bildet enda tydeligere. Jeg velger også å slå sammen gruppene *nokså erfaren* og *svært erfaren*, fordi antallet svært erfarne brukere bare var 9.

Tabell 5.43: Fordeling av svar på spørsmål om endring av oppgavetype, etter kunnskap om GeoGebra

	Ja	Nei	Sum
Bruker ikke programmet	23	39	62
Kjenner grunnleggende verktøy	23	66	89
Svært eller nokså erfaren bruker	16	84	100



Figur 5.27: Fordeling av svar på spørsmål om endring av oppgavetype, etter kunnskap om GeoGebra

Det er verdt å merke seg at alle som har svart på dette spørsmålet bruker matematisk programvare i matematikkopplæringen. De som ikke bruker slike program ble bedt om å hoppe over dette spørsmålet. Selv om det er en signifikant samvariasjon mellom kjennskap til programmet GeoGebra og hvor stor andel som har endret oppgavetype, sier mine data ikke noe om årsak og virkning. Selve spørsmålet er formulert for å avdekke om det er den pedagogiske programvaren som har ført til at de endrer oppgavetype, men vi har sett eksempler fra tidligere spørsmål at lærerne har misforstått eller ignorert ordlyden i spørsmålet. Jeg velger derfor å være tilbakeholden med å trekke for bastante slutninger om årsak og virkning. Cuban har en tilsvarende reservasjon i sin analyse av IKT-bruk og endring av pedagogisk praksis.

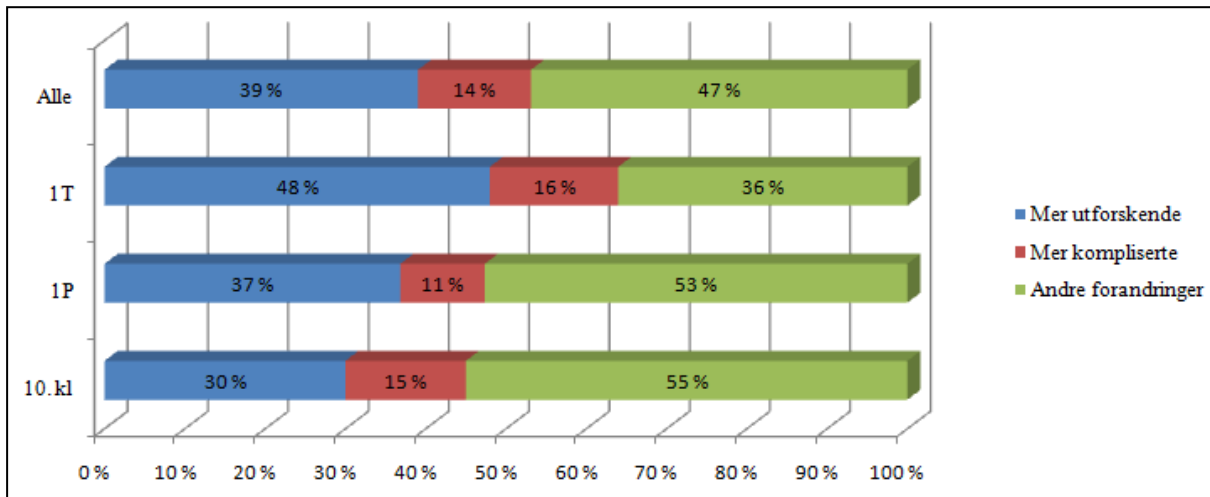
What we don't know is whether these changes occurred as a result of the technologies they used or emerged as a gradual shift in their beliefs about teaching, in which computers supplied a vehicle for making changes they already decided upon (Cuban, 2001, s. 96).

Det er ikke urimelig at kompetanse i bruk av andre dynamiske matematikkprogram, som for eksempel Autograph, Cabri eller TI-Nspire, har en tilsvarende sammenheng med endring av oppgavetyper. Det er imidlertid ikke mange nok brukere av disse programmene i mitt materiale til at jeg kan si noe sikkert om det.

Så langt har jeg bare undersøkt i hvilken grad det har vært en endring av oppgavetype, og spørsmål 27 gir oss ikke svar på hva denne eventuelle endringen består i. Det får vi derimot et innblikk i ved å studere svarene til de lærerne som har skrevet med egne ord om denne endringsprosessen. Alle svarene er gjengitt i vedlegg 4. Her vil jeg presentere en oversikt som viser hvor stor andel av disse svarene som beskriver en endring til mer utforskende eller problemløsende oppgaver. Jeg tar også med hvor stor del av svarene som beskriver en overgang til mer sammensatte og kompliserte oppgaver.

Tabell 5.44: Forandringer i oppgavetyper etter trinn og kurs

	10. kl.	1P	1T	Sum
Mer utforskende oppgaver	6	7	12	25
Mer sammensatte og kompliserte oppgaver	3	2	4	29
Andre forandringer	11	10	9	30
I alt	20	19	25	64



Figur 5.28: Forandringer i oppgavetyper etter trinn og kurs

Totalt 25 av 289 lærere oppgir at de har endret oppgane til en mer utforskende/problemløsende type etter å ha tatt i bruk matematisk programvare. Vi kan se denne forholdsvis lave andelen i sammenheng med tidligere funn i undersøkelsen. I kapittel 5.2.5 viste vi at lærerne er svært lojale mot det de mener er nyttig for elevene. Til nå har det ikke vært mange innslag av utforskende/problemløsende oppgaver på eksamen. I kapittel 2 refererte jeg til litteratur som viste at land som gjør det godt i matematikk i TIMSS-undersøkelsene legger mye vekt på sammensatte og utforskende oppgaver. I Norge er det ikke like mye prestisje knyttet til TIMSS-resultatene som i for eksempel Singapore og Taiwan. (Sjøberg, 2006). Det er derfor naturlig, ut fra et verdimaksimeringsperspektiv, at mange norske lærere bruker tiden på det de mener er mest nyttig for at elevene skal ”lære pensumet” og få gode karakterer på prøver og eksamener.

På den andre siden er de lærerne som faktisk bruker digitale hjelpemidler, og som i tillegg vektlegger utforskende oppgaver, like rasjonelle verdimaksimerere som andre lærere. De har også fokus på hva de mener er nyttig og bra for elevene å kunne, men er kommet fram til andre konklusjoner på innholdet i disse læringsaktivitetene. I kapittel 5.2.5 så vi at det aller viktigste vurderingskriteriet for bruk av digitale hjelpemidler var om dette bidro til å motivere elevene. Av de lærerne som bruker IKT i matematikkopplæringen, var den hyppigst nevnte årsaken nettopp at det bidro til å øke motivasjonen. Wæge (2007) viser i sin doktorgradsavhandling til en tilsvarende forbindelse mellom motivasjon og en undersøkende matematikkundervisning.

Resultatene tyder på at den undersøkende matematikkundervisningen påvirket elevenes motivasjon for å lære matematikk på en positiv måte, og det er spesielt tre faktorer som la forholdene til rette for elevenes følelse av kompetanse, autonomi og glede over å arbeide med matematikk. De tre faktorene, som er tett knyttet til hverandre, er: 1) undervisningsoppleggene; 2) samarbeid; og 3) oppfordring og godkjenning av elevenes egne løsningsstrategier og metoder (Wæge, 2007, s. iii).

Tidligere i dette kapittelet ble det vist at de lærerne som hadde den største kompetansen i bruk av dataprogrammet GeoGebra, var de som i størst grad endret måten å undervise på. (Samvariasjonen var signifikant, men svak.) Som nevnt tidligere, er det ikke urimelig at dette også gjelder for annen dynamisk programvare, som for eksempel Autograph, Cabri, TI-Nspire, eller ClassPad Manager, men jeg har ikke nok datagrunnlag til å si noe sikkert om dette.

Med tanke på Erfjords (2008) betraktninger om lærernes problemer med *double innovation*, er det naturlig at god kjennskap til det spesifikke matematikkprogrammet korrelerer med graden av endring i undervisningspraksis. De lærerne som kjenner programvaren og teknologien godt, vil lettere kunne utnytte de pedagogiske mulighetene som verktøyet åpner for, og dermed lettere kunne endre sin egen pedagogiske praksis.

En forutsetning for endret praksis er at lærerne, i tillegg til den teknologiske kompetansen, også har den nødvendige nysgjerrigheten og endringsviljen. Endringsviljen er, som jeg viste i kapittel 5.2.5, nær knyttet til lærernes vurderinger av nytteverdien for elevene. Dette er noe jeg vil komme tilbake til i diskusjonene i kapittel 6.

Vi kan oppsummere funnene knyttet til spørsmål 2d slik:

- 25 % av lærerne oppgav at de jobbet med andre typer oppgaver nå enn før de tok i bruk matematisk programvare. Tallet er usikkert fordi flere av lærerne ikke holdt seg til forutsetningene i spørsmålet, men tok med programvare som ikke var dynamisk.
- 37 % av dem som er nokså eller svært erfarne brukere av GeoGebra har endret oppgavetype. Den tilsvarende andelen hos dem som ikke bruker programmet er 16 %. Vi har ikke tallgrunnlag for å si at det er en forskjell mellom dem som bruker GeoGebra, og dem som bruker andre dynamiske matematikkprogram.
- Av dem som endret oppgavetype, skiftet 64 % av lærerne i 1T til mer utforskende eller kompliserte oppgaver. Tilsvarende tall for 1P var 48 % og for 10. kl. 45 %.

Jeg har nå presentert og analysert data fra min egen undersøkelse, som kan gi svar på hvert av delspørsmålene fra kapittel 1. Der dette har vært naturlig, har jeg også sett på egne funn i lys av relevant forskningslitteratur. I det neste kapitlet vil jeg diskutere alternative tolkninger av resultatene, og rette et selvkritisk blikk på egne funn og analyseverktøy.

6. Diskusjon og konklusjoner

I dette kapittelet vil jeg først vurdere valg av teoretisk rammeverk og fordeler og ulemper ved den metoden jeg har benyttet ved innsamling av data. I delkapittel 6.2 og 6.3 vil jeg oppsummere egne funn knyttet til hvert av de to forskningsspørsmålene, og se dette i sammenheng med relevant forskningslitteratur som jeg presenterte i kapittel 2.

6.1. Diskusjon om det teoretiske rammeverket og den valgte forskningsmetoden

Hundeland (2010) avslutter sin doktorgradsavhandling med en kritisk kvalitetsdiskusjon om det arbeidet han har gjennomført. I denne diskusjonen bruker han sju kriterier som Lester og Lambdin (1997) har utarbeidet for å identifisere god forskning i matematikdidaktikk. I de følgende underkapitlene vil jeg benytte de samme evalueringskriteriene i en diskusjon om min egen mastergradsundersøkelse.

6.1.1 Verdien av undersøkelsen

Det første vurderingskriteriet handler om verdien av den utførte forskningen. Jeg vil her vurdere om undersøkelsen jeg har gjennomført bidrar med noe nytt i forhold til den kunnskapen vi alt har om bruk av IKT i matematikkopplæringen.

Worthwhileness has to do with the potential of a research study for adding to and deepening our understanding of issues associated with mathematics teaching and learning (Lester & Lambdin, 1997, s. 420).

Ved Universitetet i Agder er det nylig avlagt to doktorgrader innenfor dette emnet. Den ene av disse fokuserer på lærere på ungdomstrinnet (Erfjord, 2008) og den andre på lærere i den videregående skolen (Billington, 2009). Felles for disse avhandlingene er at de er kvalitative studier med dyptgående analyser av et lite utvalg lærere, og de har begge fokusert på bruken av programmet Cabri, mens jeg har rettet et spesielt søkelys mot gratisprogrammet GeoGebra.

Erfjords teoretiske rammeverk bygger på *the instrumental approach*, slik det ble introdusert av Trouche (2004). Billington gjennomfører sin analyse ut fra en kombinasjon av *the instrumental approach* og *the anthropological theory of didactics* (Chevallard, 1989). I min analyse, kommer det antropologiske bidraget ikke fra matematikeren og logikeren Chevallard, men fra sosialantropologen Barth. Bruken av den sosialantropologiske betraktningmåten prosessanalyse, og kombinasjonen med spillteoretiske og økonomiske teorier, er så vidt jeg kjenner til, ikke tidligere blitt benyttet på tilsvarende problemstillinger.

Et annet nytt bidrag er kombinasjonen av et sosialantropologisk analyseverktøy med en kvantitativ datainnsamling. Dette er også utført av Scarlett Epstein (1975), men ikke på temaet undervisning og IKT.

Det tredje og siste nye bidraget i min undersøkelse, er kartleggingen av hvilke matematiske verktøy norske lærere kjenner til og bruker. Som jeg gjorde greie for i kapittel 2, har Balke & Hutt (2009) gjennomført en lignende kartlegging av kjennskap til og bruk av matematisk programvare i Sverige, men dette gjaldt bare for lærere i den videregående skolen (*gymnasiet*).

Denne undersøkelsen bidrar altså både med nye analytiske vinklinger og med innsamling av data fra et område som vi har lite forskning på fra før her i landet.

6.1.2 Sammenhengen mellom forskningsspørsmål, analyseverktøy og valg av metode

Det andre evalueringskriteriet til Lester og Lambdin, er sammenhengen mellom forskningsspørsmålene og valg av analyseverktøy og metode.

Thoughtful researchers first give serious attention to identifying interesting and worthwhile research questions and then to selecting the research methods and techniques that best fit the nature of those questions. (Lester & Lambdin, 1997, s. 420).

Gjennom det første forskningsspørsmålet har jeg ønsket å kartlegge de faktorene som lærerne selv finner mest relevante for om de vil ta i bruk IKT i matematikkopplæringen eller ikke. Spørreskjemaet er designet ut fra hva forskningslitteraturen sier om påvirkningsfaktorene, og ut fra mitt analytiske utgangspunkt med lærerne som rasjonelle verdimaksimerere. Jeg har også brukt åpne spørsmål, der lærerne selv kunne sette ord på hva de mener er de viktigste argumentene. Analysen av egne data i forhold til det første forskningsspørsmålet samsvarer på mange områder med forskningsresultatene i andre og større undersøkelser, men jeg har også gjort nye funn som jeg mener kan bidra til en større forståelse av lærernes valg og prioriteringer. Med det analyseverktøyet jeg har valgt, kan vi lettere forklare *hvorfor* lærere prioriterer og velger forskjellig. Det er fordi prosessanalysen kartlegger valgmulighetene, og bruker spillteoretiske betraktninger til å kalkulere fordeler og ulemper ved de ulike alternativene, sett gjennom verdimaksimererens briller. Ved å inkludere *fast and frugal heuristics* i analysen, unngår en å måtte konvertere verdien av ulike goder og ulemper til en felles "omregningsvaluta". Da får en et analyseverktøy som, i følge Gigerenzer (1999), er i overensstemmelse med slik folk vurderer i reelle valg situasjoner. Jeg har kalt dette analyseverktøyet *heuristisk verdimaksimering*.

I forhold til det første forskningsspørsmålet, hadde det vært en fordel om jeg hadde tilpasset aldersinndelingen i mitt eget spørreskjema til den som er blitt brukt i større undersøkelser. Da ville jeg unngått en mulig feilkilde ved omkodingen, fordi det ikke er sikkert at lærernes alder er jevnt fordelt over de valgte intervallene. Dette er spesielt viktig for de yngste og eldste respondentene.

I utgangspunktet hadde jeg håp om å kunne supplere data fra spørreundersøkelsen med dybdeintervjuer av fire lærere; to som brukte IKT i matematikkopplæringen og to som ikke hadde tatt i bruk dette. Det ville kunne gi nyttig tilleggsinformasjon om hvilke av valgstrategiene under *bounded rationality* som lærerne benytter seg av. Det er to grunner til at dette ikke lot seg gjøre. For det første var alle innsendte svar anonyme. Jeg kunne derfor ikke plukke ut og kontakte typiske representanter for de ulike respondentgruppene, og supplere opplysninger fra spørreskjemaene med kvalitativt innsamlede data fra disse. For det andre inneholdt de innsamlede opplysningene så mange interessante forhold som skulle analyseres, at det ikke ble tidsmessig mulig å komplettere med bruk av kvalitative metoder. Studiet av hvilke heuristiske valgstrategier beslutningstakerne bruker er imidlertid et så rikt og spennende område, at jeg håper jeg selv eller andre får anledning til å forske mer på dette senere.

Bruk av elektronisk spørreskjema til et stort antall respondenter er godt egnet til å finne svar på det andre forskningsspørsmålet. Siden jeg ønsket å kartlegge i hvor stor grad GeoGebra ble benyttet i undervisningen rundt om i landet, var det nødvendig å velge en kvantitativ metode. Gjennom spørreskjemaet fikk jeg også en oversikt over hvordan programmet ble brukt, men en kvalitativ undersøkelse med observasjon av og intervjuer med et mindre antall lærere og elever vil kunne gi nyttig tilleggsinformasjon om dette. Dette var det, som vist ovenfor, ikke tid til å få gjennomført her. Jeg vil komme inn på behovet for mer forskning på dette området i kapittel 7, som handler om implikasjoner av funn jeg har gjort i denne undersøkelsen.

Totalt sett mener jeg det er en god sammenheng mellom valg av analyseverktøy og metode og de to forskningsspørsmålene jeg presenterte i innledningskapittelet.

6.1.3 Gjennomføring

Det tredje kriteriet handler om i hvilken grad forskeren klarer å gjennomføre de ulike delene av undersøkelsen på en strukturert og kompetent måte.

It is not enough that a research study involve relevant, interesting questions and be carefully conceptualized, designed and reported. In addition, the conduct of the study itself must include the effective application of appropriate data collection, analysis and interpretation techniques (Lester & Lambdin, 1997, s. 421).

Det er altså ikke nok at det er en god sammenheng mellom forskningsspørsmål, analyseverktøy og metode. Forskeren må også vise at han kan gjennomføre datainnsamlingen og analysen i praksis, og synliggjøre denne prosessen gjennom forskningsdokumentasjonen. En viktig del av dette er å prøve å sørge for at de opplysningene en får inn er et uttrykk for respondentenes faktiske synspunkter, og i minst mulig grad er preget av forskerens egne oppfatninger. I kapittel 4.2 beskrev jeg hvilke tiltak jeg hadde gjennomført for at lærerne ikke skulle bli påvirket til å svare slik de trodde jeg forventet. Dette gikk ut på å la lærerne svare anonymt, understreke at alle svar var like viktige og ”riktige” og å lage et spørreskjema med balanserte spørsmål og påstander de skulle ta stilling til.

Jeg gjennomførte også en rekke tiltak for at svarprosenten skulle bli så høy som mulig.

- Jeg ringte rundt til alle skolene som ikke hadde svart, helt til jeg fikk ett av tre svar:
 - ✓ Noen ønsket ikke å bidra med e-postadresser for lærerne fra denne skolen. Dersom dette var i en tidlig fase av undersøkelsen, kontaktet jeg erstatningsskoler av omtrent samme størrelse og fra samme fylke.
 - ✓ Rektor eller en annen kontaktperson på skolen sa de skulle undersøke med aktuelle matematikklærere (i alfabetisk rekkefølge) om de ønsket å være med på undersøkelsen. Dette var den gruppen skoler som bidro med færrest adresser.
 - ✓ Det ble sagt at jeg skulle få tilsendt e-postadresser om kort tid. I de fleste tilfellene ble dette gjennomført.
- Jeg reduserte spørreskjemaet til det som var nødvendig for å få svar på underspørsmålene i undersøkelsen. Tabell 4.1 i kapittel 4.2 viser denne nære sammenhengen mellom underspørsmål og innholdet i spørreskjemaet.
- Jeg sendte fire påminninger per e-post til de lærerne som ikke hadde svart. Utviklingen av svarandelen er vist i figur 4.1 i kapittel 4.3.

I analysen av innsamlede data, har jeg forsøkt å gjengi disse så objektivt og strukturert som jeg kan, og har ingen bevisst personlig agenda eller interesse av at undersøkelsen skal avdekke et bestemt resultat. Som forskere har vi likevel alltid med oss de erfaringene og verdiene som har vært med på å forme oss. Ut fra Russells (1948) definisjon av kunnskap, blir det derfor en umulig oppgave å registrere og å presentere rent objektive data.

He knows what he has seen and heard, what he has read and what he has been told, and also what, from these data, he has been able to infer (Russell, 1948, s. 9).

Det blir derfor desto viktigere at forskningen er åpen og etterprøvbart. Det er temaet for neste delkapittel.

6.1.4 Grad av åpenhet

Det fjerde kriteriet handler om forskningen er åpen og kontrollerbar. Dette gjelder på to områder. For det første bør forskeren klargjøre sine egne personlige antagelser og verdimesige forutsetninger som han har med seg inn i prosjektet. For det andre bør forskningen kunne etterprøves og resultatene reproduseres av andre forskere senere.

Openness involves two qualities. First, in planning and conducting their investigations, good researchers are cognizant of the personal biases and assumptions that underlie their inquiry and, to the extent that it is possible to do so, they make these biases and assumptions public... Second, the research methods and techniques used should be described completely enough to allow members of the research community to scrutinize them (Lester & Lambdin, 1997, s. 421).

For å imøtekomme det første punktet, har jeg gjort greie for min egen bakgrunn og erfaring i innledningskapittelet. I kapittel 4 har jeg dessuten beskrevet tiltak som skulle bidra til at de andre rollene mine som lærer, foredragsholder, lærebokforfatter og kursholder i digitale hjelpemidler, i minst mulig grad skulle påvirke svarene fra respondentene. Som jeg understreket i det forrige delkapittelet, må vi som forskere alltid være bevisste på de verdiene og erfaringene vi har med oss, og etterstrebe størst mulig grad av objektivitet i alle faser av forskningsarbeidet.

Det andre punktet i dette vurderingskriteriet handlet om i hvilken grad studien kunne etterprøves av andre forskere. En kvantitativ undersøkelse, slik den jeg har gjennomført, er ofte lettere å kontrollere enn en studie som baserer seg på observasjoner og intervjuer. Dersom det er snakk om observasjoner i en klasseromssituasjon, er det vanskelig å gjenskape en referansesituasjon senere. Andre forskere kan selvsagt studere videoopptak, dersom slike finnes, men de vil da mangle tilleggsinformasjonen som forskeren får gjennom å være fysisk til stede i klasserommet. På den andre siden er det ikke urimelig at allmenngyldige trekk vil kunne påvises i en tilsvarende, om enn ikke identisk kvalitativ undersøkelse. Dette er et poeng som Hundeland (2010) understreker i sin avhandling.

Vanskeligheten er at studien foregikk innenfor et unikt prosjekt som ikke kan settes opp igjen identisk. ... Jeg tror en tilsvarende studie med tre lærere utenfor et slikt prosjekt, også vil kunne bidra til lignende funn fordi min studie for det meste fokuserer på lærerens hverdagsutfordringer og deres normalsituasjon (Hundeland, 2010 s. 252-253).

Det vil være nokså enkelt for andre forskere å gjenta min undersøkelse med de samme, eller et tilsvarende utvalg av respondenter. Hele utvelgelsesprosessen med kilder er beskrevet i detalj i oppgaven, spørreskjemaet er gjengitt i kapittel 4 og analyseverktøyet er grundig beskrevet i kapittel 3. Opplysningene fra respondentene er lagret på en SPSS-fil som andre, etter søknad og godkjenning, kan analysere.

Ut fra dette vil jeg konkludere med at min egen studie tilfredsstillende kravet om å være åpen og etterprøvbart.

6.1.5 Etske problemstillinger

Det er to momenter som er med i Lester og Lambdins vurderinger av de etiske problemstillingene. Det ene er ansvaret for at de som deltar i selve undersøkelsen blir behandlet med respekt, og at innhentede data og analyser av disse blir gjengitt i samsvar med inngåtte avtaler. Det andre er at de som ikke er respondenter, men har bidratt til studien på andre måter, blir kreditert for dette.

These considerations have to do with two concerns: (a) the manner in which the research has been conducted in relation to the research subjects (often students or teachers), and (b) acknowledgment of the contributions of others (Lester & Lambdin, 1997, s. 423).

Jeg mottok svar fra 304 lærere. Dersom vi regner med at disse har brukt gjennomsnittlig 15 minutter på å besvare spørsmålene, utgjør dette 76 arbeidstimer eller drøye ti dagsverk med dugnadsinnsats. Disse lærerne har fått sin velfortjente takk i forordet til oppgaven. Det samme har enkeltpersoner og grupper som har bidratt på andre måter til at denne undersøkelsen lot seg gjennomføre. Jeg skylder disse bidragsyterne at resultatene blir gjort kjent for så mange som mulig, og at anbefalinger om pedagogiske konsekvenser når fram til dem det gjelder.

Lærerne ble lovet full anonymitet ved innsending av spørreskjemaet, og dette er overholdt. Det samme er vilkårene for godkjenning av undersøkelsen, som ble avtalt med *Personvernombudet for forskning* ved NSD.

Det kan muligens være etisk problematisk at jeg i denne oppgaven kan ha kritiske kommentarer til deler av forskningsarbeid som er utført av personer som har bidratt positivt til denne undersøkelsen. Jeg har for eksempel stilt spørsmål om Vavik m.fl. (2010) sine sitat fra Lie m.fl. (1999) gir uttrykk for det de norske PISA-forskerne faktisk mener i dag. For å underbygge dette har jeg tatt med et sitat fra Kjærnsli m.fl. (2007), og kontaktet Kjærnsli selv, som var meget imøtekommende, og bekreftet at mitt moteksempel er i samsvar med hovedbudskapet i den siste PISA-rapporten. Jeg har hatt flere samtaler med Vavik om disse problemstillingene, og vi er enige om det aller meste. Bruk av IKT er ingen garanti for god og effektiv undervisning. Brukt tilfeldig av lærere uten den nødvendige faglige, didaktiske og digitale kompetanse, kan det føre til lite læring og mye sløsing av verdifull tid. Vi er helt enige i at fagspesifikke programmer brukt målrettet av dyktige lærere kan være et effektivt og godt læringsverktøy. Vi er også enige i at den faglige kompetansen til lærerne bør styrkes, men vi er gjerne litt uenige om i hvor stor grad det kritiske søkelyset bør rettes mot verktøyet og undervisningsformene eller mot klasseledelsen. Jeg foretrekker å fokusere mest på den sistnevnte faktoren.

Et spørrende og kritisk blikk er absolutt ikke et uttrykk for mangel på respekt for det arbeidet som er utført, tvert i mot. Det er heller et forsøk på å reise en debatt som kan være oppklarende og fruktbar. Jeg er av den oppfatning at det ville være etisk mer problematisk å ikke påpeke manglende samsvar mellom det andre har presentert og mine egne funn og betraktninger. En åpen diskusjon kan føre til at alle som deltar får økt innsikt og forståelse. Vi kan få oppklart misoppfatninger og få mulighet til å justere utsegner som vi ikke har klart å formulere presist og entydig nok.

6.1.6 Troverdighet

Dette vurderingskriteriet går på i hvilken grad konklusjonene er troverdige og bygger logisk på analysen av faktiske data. For at studien skal være troverdig i forhold til en mulig generalisering, må i tillegg respondentene utgjøre et representativt utvalg av den aktuelle populasjonen.

This criterion has to do with the extent to which sensible, thoughtful and open-minded readers find the claims and conclusions made in a research report believable. That is, the claims made and conclusions drawn should be justified in some acceptable way (Lester & Lambdin, 1997, s. 423).

Gjennomgangen av reliabiliteten i kapittel 5.1 viser at utvalget ser ut til å være rimelig representativt for alle bakgrunnsvariablene. Det eneste unntaket er at det kan være færre respondenter med mindre enn 30 studiepoeng fordypning i mitt materiale, sammenlignet med data fra større undersøkelser. Det er viktig å ha dette med når vi vurderer overføringsverdien av resultatene fra denne undersøkelsen.

Et annet poeng å vurdere kan være bruken av elektronisk spørreskjema. Kontaktpersonene på skolene ble bedt om å spørre lærerne i alfabetisk rekkefølge. Dersom noen sa nei, kunne de gå videre nedover på lista. Det *kan* være en mulighet for at det er lærere som ikke behersker bruk av e-post og det å klikke på lenka som fulgte med den utsendte meldingen. De fleste skolene bruker imidlertid både e-post og læringsplattformer i den daglige informasjonsflyten, så jeg anser ikke dette problemet for å være spesielt stort. Til tross for de nevnte reservasjonene, skulle utvalg og metode være godt egnet til å innhente opplysninger som kan bidra til å gi svar på de to forskningsspørsmålene.

I alle deler av denne oppgaven har jeg forsøkt å trekke konklusjonene på bakgrunn av egne data og relevant forskningslitteratur. For å redusere faren for at forskere presenterer et atypisk utsnitt av andres dokumentasjon og argumenter, har jeg selv skaffet meg alle publikasjonene jeg refererer til, -enten elektronisk eller i trykt utgave. Det blir da lettere å vurdere om originalkildene virkelig har det budskapet som det siterte utdraget formidler, men dette medfører selvsagt en god del merarbeid. Jeg vil ikke påstå at jeg har lest samtlige sider i alle kildene. Noen har jeg lest fra perm til perm, eller fra sammendrag til referanser, men for alle sitat i denne oppgaven har jeg sjekket at innholdet er i samsvar med hovedbudskapet i kilden. I konklusjonene på forskningsspørsmålene, som jeg presenterer i kapittel 6.2 og 6.3, vil jeg ha vurderingskriteriet om troverdighet i bakhodet.

6.1.7 Organisering

Det siste vurderingskriteriet handler om i hvilken grad forskningsrapporten er organisert på en tydelig og strukturert måte, slik at det blir lett for leseren å følge tankegangen gjennom de ulike delene av oppgaven.

A research report that is lucid, clear, and well organized is likely to be more valuable and useful than one that does not possess one or more of these qualities (Lester & Lambdin, 1997, s. 424).

Når en har jobbet lenge med en undersøkelse, opparbeider en et fugleperspektiv på de ulike delene av forskningsarbeidet, og sammenhengen mellom disse. Utfordringen blir å overføre dette perspektivet til leseren. For å gjøre denne prosessen lettere, har jeg gjort seks konkrete tiltak.

1. Jeg har startet hvert kapittel med en kort oversikt over hva dette kapittelet vil inneholde. Dette er gjort for at leseren skal vite hvilke problemstillinger han/hun vil møte, og forhåpentligvis nikke gjenkjennende til disse når de dukker opp.
2. Jeg har forsøkt å la avslutningen av et kapittel peke logisk framover mot innholdet i det neste, der dette har vært naturlig. På den måten blir det en mer naturlig flyt i framstillingen.
3. Jeg har også prøvd å bygge opp argumenter og analyser systematisk, og har benyttet nummereringer (som i denne oversikten over tiltak) og kulepunkter for at det skal bli lettere å skille de ulike delene fra hverandre.
4. I kapittel 5 har jeg tatt for meg ett underspørsmål i gangen, og presentert funn som er knyttet til hvert av disse. På den måten blir det lettere å følge analysen trinn for trinn. Jeg har dessuten avsluttet hvert av disse delkapitlene med en punktvis oppsummering av de aktuelle funnene. Dette er gjort for å hjelpe leseren til å få et fugleperspektiv på stoffet.
5. Jeg har valgt å gjengi de ulike delene av det utsendte spørreskjemaet i tilknytning til gjennomgangen av disse spørsmålene i kapittel 4. Det blir da lettere for leseren å se

hvorfor de ulike spørsmålene er tatt med. Alternativet var å presentere hele skjemaet samlet som et vedlegg, men da måtte en bla fram og tilbake mellom dette og argumentasjonen i kapittel 4. Det valget jeg har gjort skulle derfor bidra til å gjøre det lettere for leseren å følge strukturen i oppgaven.

6. Der jeg har funnet det naturlig, har jeg referert til andre steder i teksten, for å vise sammenhenger mellom et aktuelt punkt i presentasjonen av egne data, og for eksempel forskningslitteratur eller pedagogiske konsekvenser som henger sammen med dette. Faren er at jeg gjentar poenger flere ganger, men det blir da lettere for andre enn forskeren å se tilsiktede forbindelseslinjer.

Det er selvsagt vanskelig selv å vurdere om framstillingen er klar og strukturert nok, og om de andre vurderingskriteriene er oppfylte. Jeg har imidlertid gjort mitt beste for å imøtekomme disse målsettingene, og vil prøve å føre dem videre i diskusjonene om og konklusjonene på de to forskningsspørsmålene. Det er dette som er temaet for de neste to delkapitlene.

6.2 Diskusjon om og konklusjon på det første forskningsspørsmålet

Det første forskningsspørsmålet var:

Hvilke faktorer har størst betydning for bruken av matematisk programvare i opplæringen på 10. og 11. årstrinn?

Kapittel 6.2 og 6.3 må sees i sammenheng med kapittel 7, fordi jeg i stor grad har valgt å referere tilbake til forskningslitteraturen i forbindelse med de pedagogiske implikasjonene av egne funn, og ikke så mye når jeg oppsummerer selve resultatene.

I innledningen til spørreskjemaet som ble sendt ut til lærerne, har jeg definert noen sentrale begreper i denne undersøkelsen. Hele innledningen finnes i vedlegg 2, men jeg velger likevel å starte oppsummeringen med å gjengi noen av de viktigste definisjonene der. Disse ble også definert i innledningskapittelet.

I denne undersøkelsen brukes begrepene IKT og digitale hjelpemidler synonymt. Begrepene omfatter her enkle lommeregner, grafiske kalkulatorer, regneark og alle typer dataprogrammer som kan brukes til å tegne grafer og matematiske figurer, utføre beregninger og/eller til å skrive og presentere en matematisk tekst. Den typen digitale hjelpemidler som er understreket ovenfor blir heretter omtalt som matematisk programvare (Sitat fra innledningen av det utsendte spørreskjemaet).

I tittelen på oppgaven har jeg brukt begrepet IKT, selv om forskningsspørsmålene handler om matematisk programvare. Det er fordi jeg i kapittel 2 også refererer til litteratur som handler om IKT generelt. Der kommenterer jeg også spørsmål hos Grønmo m.fl. (2010) om den hyppige bruken av kalkulator i Norge og Sverige kan ha bidratt til de dårlige testresultatene i disse landene. I diskusjonen omkring forskningsspørsmålene, vil jeg imidlertid ikke ha fokus på det mer omfattende begrepet IKT, men på matematisk programvare.

I denne oppgaven har jeg analysert de valgene lærerne gjør, ved å benytte analyseverktøyet heuristisk verdimaksimering. For å kunne gi et svar på det første forskningsspørsmålet, er det derfor naturlig å begynne med de argumentene som lærerne selv la mest vekt på når de vurderte om de ville ta i bruk matematisk programvare i opplæringen eller ikke.

Law m.fl. (2008) konkluderte med at tilgang til utstyr var en nødvendig, men ikke tilstrekkelig forutsetning for at lærere skulle ta i bruk IKT til undervisningsformål. Min egen undersøkelse støtter opp om dette. For lærerne i mitt utvalg var det tre hovedtyper av argumenter for ikke å

ta i bruk matematisk programvare i opplæringen. Disse var *praktiske, personlige og pedagogiske* argumenter.

I oppsummeringen av kapittel 5.2,5, presenterte jeg de vanligste argumentene hos dem som brukte matematisk programvare og hos dem som ikke hadde tatt i bruk slike verktøy.

Når lærerne skulle definere selv hva som var de viktigste grunnene til at de valgte å bruke matematisk programvare i opplæringen, var dette de seks typesvarene som ble oftest nevnt:

- Det motiverer elevene.
- Læreplanen krever det.
- Det er godt egnet til visualisering, slik at elevene lettere ser sammenhenger.
- Det gir variasjon i undervisningen.
- Det øker forståelsen/læringsutbyttet.
- Det er nyttig/tidsbesparende på eksamen.

Det er ikke overraskende at grunnene til å bruke matematisk programvare hørte inn under kategorien *pedagogiske* argumenter hos disse lærerne. De fleste måtte naturligvis allerede ha tilgang til nok utstyr og nødvendig egenkompetansen, før de tok i bruk programvaren.

Når lærerne skulle definere selv hva som var de viktigste grunnene til at de valgte å *ikke* bruke matematisk programvare, var dette de seks faktorene som ble oftest nevnt:

- Tidspress.
- Det går med for mye tid i forhold til nytteverdien.
- Jeg er usikker på bruken av programmet/utstyret.
- Noen elever er på div. nettsteder i stedet for å jobbe med matematikk.
- Det har lite med matematikk å gjøre. Lite læringsutbytte.
- For få maskiner i klasserommet.

Tidsfaktoren er altså svært viktig for mine respondenter. Dette samsvarer med undersøkelsen til Goos (2005).

Ser vi nærmere på disse årsakene, er det en *praktisk* ("For få maskiner i klasserommet"), en *personlig* ("Jeg er usikker på bruken av programmet/utstyret") og fire *pedagogiske* grunngivninger. Denne fordelingen stemmer godt med resultatet jeg fikk når jeg studerte alle lærernes argumenter fra de åpne spørsmålene 26 og 28. Figur 5.12 i kapittel 5.2.5 viste at det var omtrent dobbelt så mange som oppgav pedagogiske grunner til ikke å bruke matematisk programvare, som respondenter med praktiske og personlige argumenter til sammen. (De praktiske og personlige hindringene var mer utbredt på ungdomstrinnet enn i 1P/1T.) Det betyr at Crisan mangler den viktigste delen av forklaringen når han hevder at de tilgjengelige digitale hjelpemidlene vil bli brukt, dersom en lykkes med å gi alle lærerne nok opplæring.

... the way forward for the integration of ICT and the full use of the technology available to schools will be achieved when the one in four teachers who still do not feel confident about using ICT in the curriculum gain the necessary skills (Crisan, 2007, s. 22-23).

Min undersøkelse viser at det ikke er nok med utstyr, programvare og opplæring. Lærerne må i tillegg finne det lønnsomt å bruke av det som Assude (2005) kaller *time-capital* til slike aktiviteter.

The question of time management in integrating ICT is a key issue, which so far, has not received sufficient attention in research (Assude (2005, s. 184).

Her bidrar min undersøkelse både med fakta om *hvordan* og *hvor ofte* lærerne bruker utvalgte IKT-verktøy, og med et analyseverktøy som hjelper oss til å forstå *hvorfor* lærerne prioriterer som de gjør innenfor den gitte tidsrammen. Dette er viktig informasjon for politikere og skolemyndigheter, dersom de ønsker å vurdere tiltak for å få flere lærere til å ta i bruk digitale hjelpemidler. Disse forholdene vil jeg presentere inngående i kapittel 7.1.

Lærerne fikk en rekke spørsmål som de skulle ta stilling til og vurdere på en skala fra 0 til 4, der 4 står for *svært viktig*. Alle spørsmålene skulle vurderes ut i fra hvor viktige de var for beslutningen om å ta i bruk matematisk programvare eller ikke. Resultatet av disse vurderingene ble gjengitt i kapittel 5.2.5. Jeg tar her bare med de spørsmålene som var av pedagogisk art, og som lærerne mente var av aller størst betydning.

- ✓ Vil programmet motivere elevene? (3,6)
- ✓ Er innholdet i programmet relevant i forhold til de kompetansemålene vil skal jobbe med? (3,5)
- ✓ Vil tiden jeg bruker på å lære å bruke systemet gi nok tilbake i form av større læringsutbytte hos elevene? (3,2)
- ✓ Er det fleksibelt, slik at det kan brukes til flere formål? (3,1)

Ut fra disse resultatene, og en vurdering av alle svarene på de åpne spørsmålene, har jeg konkludert med at lærerne legger stor vekt på hva de mener er nyttig for elevene. Dette gir jo et fordelaktig inntrykk av lærerne. Det er forståelig at de har ulik bakgrunn og erfaringer, og derfor kan komme fram til ulike konklusjoner på hva de mener elevene vil ha nytte av, men *er* det virkelig slik at alle lærerne tenker rent altruistisk i vurderingen av elevenes beste?

Vi får en god indikator for hvor ekte lærernes lojalitet er overfor elevene, ved å se på svarene på spørsmål 23t og 23u. Disse handlet om hvor mye lærerne la vekt på forskningsresultater om nytteverdien av digitale hjelpemidler i forhold til eksamen og i forhold til praktisk oppgaveløsning i dagliglivet. Svaralternativene var tallverdier der 4 står for *svært viktig* og 0 står for *uten betydning*.

23 t *Sier forskningen at det er en positiv sammenheng mellom bruk av slike verktøy og eksamensresultater?*

23 u *Sier forskningen at det er en positiv sammenheng mellom bruk av slike verktøy og elevenes evne til å løse problemer av matematisk art i dagliglivet?*

Noen kynikere vil kanskje hevde at lærerne er mest opptatt av eksamensresultatene for å kunne bruke disse som en bekreftelse på egen dyktighet, og ev. også som et innlegg i lokale lønnsforhandlinger. Dersom dette var tilfelle, ville lærerne legge mer vekt på det første spørsmålet enn på det andre, som det er mye vanskeligere å dokumentere. Resultatet av undersøkelsen viser imidlertid at gjennomsnittsverdien på det første spørsmålet var 2,7 og på det andre 2,8. Det er derfor ikke grunnlag for å hevde at lærerne bare er opptatt av eksamensresultater når de skal velge verktøy.

Dette taler absolutt til lærernes fordel, men det er likevel ikke snakk om en ren uegennyttig altruisme. Utgangspunktet for analysen er at en rasjonell verdimaksimerer vil etterstrebe en *balanse* mellom personlige ønsker og egne og andres forventninger til de mange rollene han/hun skal fylle i hverdagen. Hvor stor vekt en legger på egne ønsker i forhold til andres behov og forventninger vil kunne variere fra personlighet til personlighet. Interessene er også

forskjellige. Noen er svært rettighetsorienterte og vil ikke bruke egen fritid til å utvikle skolerelaterte ferdigheter. Andre har en stor appetitt på å tilegne seg ny kunnskap, og en teknologisk nysgjerrighet som gjør at de gjerne bruker dager og måneder på å sette seg grundig inn i et nytt digitalt verktøy. 5 % av lærerne var svært enige i påstanden om at det er så interessant å lære seg de forskjellige verktøyene og mulighetene i et godt matematikkprogram at de gjerne bruker mange timer av fritiden til å utforske dette. 12 % av respondentene var svært uenige i denne påstanden.

Lærerne gjør altså ulike prioriteringer og har ulik teknologisk nysgjerrighet. Disse personlige egenskapene henger sammen med graden av tilslutning/skepsis til bruk av IKT.

Korrelasjonskoeffisienten mellom enighet i påstanden ovenfor og konstruert for skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen er på hele $-0,674$. Det er ikke overraskende at de som bruker mye av fritiden på å lære seg et digitalt hjelpemiddel, også er de som ser de største fordelene med å bruke slike verktøy.

Vi kunne i tillegg ha undersøkt om graden av teknologisk nysgjerrighet henger sammen med hvilke aktiviteter en bruker de digitale hjelpemidlene til, men det hører ikke inn under dette forskningsspørsmålet. Derimot er det relevant å undersøke om bakgrunnsfaktorer som kjønn, alder, utdanning osv henger sammen med tilslutning/skepsis til bruk av IKT. De ulike underspørsmålene kartla slike faktorer, og jeg vil her kort oppsummere essensen i de funnene som ble presentert i kapittel 5.

- Delspørsmål 1a viste at det er ingen vesentlige forskjeller i tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen hos respondentene i forhold til kjønn, alder, undervisningserfaring, skoleslag eller utdanning.
- Delspørsmål 1b viste at lærere med høy selvtilit i forhold til generelle verktøy, er mest tilsluttende til bruk av digitale verktøy og lærere med liten selvtilit her er mest skeptiske.
- Delspørsmål 1c viste at det er en korrelasjon mellom grad av tilslutning til bruk av IKT i matematikkopplæringen og graden av vektlegging av utforskende aktiviteter. Samvariasjonen går ut på at lærere som er tilhengere av IKT i matematikkopplæringen, er de sterkeste tilhengerne av utforskende aktiviteter.
- Delspørsmål 1d viste at med unntak av tilgangen til elektroniske tavler på 11. trinn, er det ikke påvist noen signifikant korrelasjon mellom tilgang på utstyr eller IKT-personell og tilslutning til bruk av IKT i matematikkopplæringen. Det er viktig å understreke at dette gjelder generelle synspunkter på -, og ikke faktisk bruk av IKT.
- Resultatene av delspørsmål 1e er vist ovenfor. Det er disse som har størst relevans for det første forskningsspørsmålet.
- Delspørsmål 1f viste det er ingen signifikant forskjell mellom brukere og ikke-brukere av matematisk programvare når det gjelder vektlegging av rasjonalitet vs intuisjon i beslutningsprosessen. En større andel av ikke-brukerne enn av brukerne la mest vekt på ett enkelt argument som grunnlag for å ta en beslutning.
- Delspørsmål 1g viste at i arbeidet med funksjoner er GeoGebra og grafisk kalkulator de to mest brukte digitale verktøyene i 1P/1T. I 10. klasse er regneark og vanlig kalkulator de vanligste digitale hjelpemidlene.

Det er ikke alle disse opplysningene som er relevante for selve forskningsspørsmålet, men jeg tok med de utvalgte delspørsmålene fordi de i utgangspunktet *kunne* avdekke faktorer som påvirket lærernes tilslutning/skepsis til bruk av matematisk programvare.

Ut fra dette vil jeg oppsummere ved å gi følgende svar på det første forskningsspørsmålet:

De faktorene som har størst betydning for om lærerne velger å ta i bruk matematisk programvare i undervisningen er, i uprioritert rekkefølge:

- ❖ Tilgang på nok utstyr som fungerer og er til å stole på.
- ❖ Kjennskap til relevant programvare og kompetanse i å bruke denne i en faglig sammenheng.
- ❖ Tro på at bruk av programmet øker motivasjonen hos elevene.
- ❖ Tro på at nytteverdien for elevene står i forhold til tidsbruken.
- ❖ Tro på at dette vil være nyttig for elevene på eksamen.
- ❖ Tro på at dette kan hjelpe elevene til å løse problemer av matematiske art i hverdagen.
- ❖ Lærernes teknologiske nysgjerrighet.

Litteraturgjennomgangen i kapittel 2 viste at lærerens klasseledelse og faglige og didaktiske ferdigheter var langt viktigere for læringsutbyttet enn hvilke pedagogiske verktøy som ble valgt. Å få flere lærere til å ta i bruk matematisk programvare, er derfor ingen garanti for en bedre og mer effektiv undervisning. Digitale hjelpemidler kan fungere som både effektive læringsverktøy og grådige tidstjuver, alt etter hvordan de brukes av lærere og elever. Dette er ikke tema for forskningsspørsmålene, men forhold som jeg finner naturlig å diskutere i forbindelse med de pedagogiske implikasjonene i kapittel 7.

6.3. Diskusjon om og konklusjon på det andre forskningsspørsmålet

Det andre forskningsspørsmålet var:

I hvilket omfang og på hvilken måte er GeoGebra brukt av lærere og elever som er tilknyttet 10. og 11. årstrinn?

Som jeg poengterte i kapittel 2, er det ikke utført mange kvantitative undersøkelser om utbredelsen og bruken av GeoGebra. I Sverige sendte Balke & Hutt (2009) ut et spørreskjema til nesten 3000 matematikklærere i *gymnasiet*. Tabellen nedenfor viser kjennskapen til GeoGebra i Sverige og Norge ut fra den nevnte undersøkelsen og mine egne data for situasjonen i Norge.

Tabell 6.1: Sammenligning av kjennskapet til GeoGebra i Norge og Sverige

	Norge 10. kl	Norge 1P/1T	Sverige <i>Gymnasiet</i>
Andel lærere som har hørt om GeoGebra	82 %	98 %	14 %
Andel lærere som bruker GeoGebra	29 %	68 %	4 %

Vi ser av tabellen, er GeoGebra mye mer kjent og brukt i Norge enn i Sverige. Dette kan ha flere årsaker. Det ligger utenfor rammen av dette forskningsspørsmålet å undersøke dette, men jeg kan peke på noen mulige forklaringer.

- GeoGebra ble oversatt til norsk våren 2006 og til svensk vinteren 2007/2008.

- Undersøkelsen til Balke og Hutt ble gjennomført høsten 2008, mens mine data er fra januar 2010. Det er derfor godt mulig at andelen svenske lærere som kjenner til og bruker GeoGebra har økt i denne perioden.
- I Norge har *Nasjonalt senter for matematikk i opplæringen* (Matematikksenteret) holdt en rekke kurs for lærere rundt om i landet. Mange av disse kursene har vært i bruk av GeoGebra.
- *Norsk GeoGebra institutt* (NGI) ble offisielt åpnet 2008, og har drevet kursing i og offisiell sertifisering av kursholdere i bruk av programmet.
- NGI har hatt et samarbeid med *Landslaget for matematikk i skolen* (LAMIS), der kursholdere fra NGI har holdt en rekke kveldskurs for lærere i regi av LAMIS.

Disse forklaringene er i samsvar med Balke & Hutts (2009) egne kommentarer, som jeg presenterte i kapittel 2.3.

Hvilken informasjon kan vi så hente fra svarene på underspørsmålene til det andre forskningsspørsmålet?

- Resultatene fra delspørsmål 2a er gjengitt i tabell 6.1. Den viser at 82 % av matematikklærerne på ungdomstrinnet og 98 % av lærerne i 1P/1T har hørt om GeoGebra. 29 % av ungdomsskolelærerne og 68 % av lærerne i 1P/1T bruker GeoGebra i undervisningen.
- Delspørsmål 2b viste at de lærerne som bruker GeoGebra, benytter oftest programmet til å vise elevene hvordan de kan løse bestemte oppgaver eller bruke ulike verktøy. 1 % av lærerne på ungdomstrinnet, 8 % av 1P-lærerne og 13 % av 1T-lærerne bruker GeoGebra til utforskende oppgaver der de ikke umiddelbart kjenner en vei til løsningen, en gang i måneden eller oftere.
- Delspørsmål 2c viste at de to mest brukte dynamiske verktøyene på ungdomstrinnet er GeoGebra (40 respondenter) og Cabri (5 respondenter). På 1P og 1T er det GeoGebra (114 respondenter) og TI-Nspire (16 respondenter) som er mest brukt.
- Delspørsmål 2d viste at 25 % av lærerne jobbet med andre typer oppgaver nå enn før de tok i bruk matematisk programvare. Tallet er usikkert fordi flere av lærerne ikke holdt seg til forutsetningene i spørsmålet, men tok med programvare som ikke var dynamisk. 37 % av dem som er *nokså* eller *svært erfarne brukere av GeoGebra* har endret oppgavetype. Den tilsvarende andelen hos dem som ikke bruker programmet er 16 %. Vi har ikke tallgrunnlag for å si at det er en forskjell mellom dem som bruker GeoGebra, og dem som bruker andre dynamiske matematikkprogram. Av dem som endret oppgavetype, skiftet 64 % av lærerne i 1T til mer utforskende eller kompliserte oppgaver. Tilsvarende tall for 1P var 48 % og for 10. kl. 45 %.

Ut fra dette vil jeg oppsummere ved å gi følgende svar på det andre forskningsspørsmålet:

Utbredelsen og bruken av GeoGebra blant lærere og elever på 10. og 11. årstrinn kan beskrives slik:

- 82 % av matematikklærerne på ungdomstrinnet og 98 % av lærerne i 1P/1T har hørt om GeoGebra. 29 % av ungdomsskolelærerne og 68 % av lærerne i 1P/1T bruker GeoGebra i undervisningen. Dette er en langt høyere kjennskap til og bruk av programmet enn tilfellet er i Sverige.

- Lærerne bruker GeoGebra oftere enn elevene, og de bruker programmet mest til å demonstrere hvordan de kan bruke bestemte verktøy til å løse en konkret oppgave. 25 % av lærerne som bruker matematisk programvare har endret typen oppgaver elevene jobber med. Det store flertallet har altså ikke endret oppgavetype og undervisningsform i vesentlig grad.
- En betydelig større andel av dem som bruker dynamisk programvare enn dem som bruker andre digitale verktøy, har endret undervisningsformen til mer utforskende og utfordrende oppgaver.

Det er interessant å se dette siste punktet i lys av funn hos Vavik m.fl. (1010):

Regneark og databaser blir av og til brukt i matematikkundervisningen, mens geometriprogram og graftegningsprogram blir sjelden brukt. Det som karakteriserer disse verktøyprogrammene er at de er innholdsrie, åpne og fleksible ressurser som åpner for utforskende aktiviteter i matematikkfaget og kan bidra til å fremme forståelse. Det virker som om lærerne er skeptiske til dette, siden det ikke er en sammenheng mellom bruksfrekvens og oppfatningen av at verktøyprogram fremmer forståelse, unntatt hos lærere som bruker dynamiske geometriprogram (Vavik, m.fl., 2010, s. 60 - 61).

Dette tyder altså på at lærerne mener dynamiske geometriprogram er spesielt godt egnet til utforskende aktiviteter, og at dette bidrar til å øke forståelsen hos elevene. Det samsvarer helt med mine egne funn som også viser en klar sammenheng mellom valg av matematikkverktøy og endring av oppgavetype.

Vavik m.fl.s undersøkelse er fra ungdomstrinnet. Tabell 5.44 i kapittel 5.3.4 viser at bare knappe 7 % (9 av 137) av ungdomsskolelærerne har endret oppgavetype til en mer utforskende eller utfordrende type. Dette betyr at det er et stort endringspotensiale dersom faglig og didaktisk kompetente pedagoger lærer å utnytte dynamiske matematikkverktøy i en faglig kontekst. Dersom skolemyndighetene ønsker en større vektlegging av problemløsnings- og modelleringskompetansen, kan det derfor være en god idé å satse på opplæring i bruken av dynamisk programvare. I må likevel ha i tankene problemer som Erfjords begrep *double innovation* kan føre til for lærerne. Dette ble beskrevet i kapittel 2.

Ved utforskende oppgaver med dynamisk programvare kan GeoGebra være et interessant alternativ. For det første er det gratis og kan brukes med både Windows, Linux og Mac, for det andre tilfredsstillende det opplæringslovens krav om at et læremiddel skal være tilgjengelig på bokmål og nynorsk samtidig, og for det tredje er GeoGebra det klart mest brukte dynamiske verktøyet i Norge.

For at en satsing på økt problemløsnings- og hjelpemiddelkompetanse skal bli vellykket, kreves det et tett samarbeid mellom flere institusjoner og grupperinger. Det er temaet for neste kapittel.

7. Pedagogiske implikasjoner

I dette kapittelet vil jeg gi en kort beskrivelse av hvilke pedagogiske konsekvenser resultatene av denne undersøkelsen bør få for ulike grupperinger. Disse implikasjonene er et uttrykk for mine personlige råd og vurderinger, men jeg vil underbygge dem med referanser til mine egne funn og relevant forskningslitteratur. Effekten av slike råd er selvsagt avhengig av hva mottakerne ønsker å oppnå. Jeg vil derfor starte hvert underkapittel med en klargjøring av hvilke forutsetninger de pedagogiske implikasjonene bygger på. I det siste delkapittelet vil jeg gi noen oppsummerende sluttkommentarer.

Hvordan har jeg valgt ut de grupperingene jeg vil se på i forhold til de pedagogiske implikasjonene? Forskningslitteraturen kan hjelpe oss til å peke på hvilke arbeidsmetoder og undervisningsformer som er mest effektive. Som jeg viste i kapittel 3 og 6.1.2, består mitt bidrag blant annet i å presentere et analyseverktøy som kan hjelpe oss til å forstå *hvorfor* lærerne handler som de gjør. De ulike grupperingene og institusjonene jeg fokuserer på i dette kapittelet kan alle ha nytte av de resultatene jeg har kommet fram til. Samtidig ser vi at dersom politikere, den sentrale skoleadministrasjonen, forskerne, lærerutdannerne, kursholdere, rektorene og lærerne samarbeider om å kombinere disse bidragene, kan vi få en optimal situasjon der lærerne velger de effektive læringsverktøyene og den gode klasseledelsen fordi de finner det lønnsomt og fornuftig. Det vil være mer effektivt enn krav om ”metodetvang” fastsatt i læreplaner og direktiver.

Johnsen (2010) har gitt mange eksempler på at disse ulike aktørene kunne ha samordnet arbeidet sitt bedre. I forbindelse med spillteoretiske betraktninger, burde en analysert politikere, skolemyndigheter, forskere, lærerutdannere, kursholdere, rektorer og lærere som verdimaksimerere. De deltar ikke som konkurrenter i et nullsum-spill, men trenger i stedet samarbeide bedre til elevenes beste. Politikere og skolemyndigheter må da gjøre noen trekk som bidrar til en form for *Nash-likevekt*, der ingen enkeltaktører vil ha fordel av å handle slik at det reduserer muligheten for å optimere læring og personlig vekst hos elevene. Dette vil jeg nå utdype gjennom seks delkapitler.

7.1. Implikasjoner for politikere og skolemyndigheter

Med politikere mener jeg her medlemmer av Stortinget, fylkesting og kommunestyre, som alle har bevilgende myndighet. Jeg tar også med regjeringsmedlemmene, som representerer den utøvende makt. Med skolemyndigheter mener jeg i denne sammenhengen embetsverket, som har fått delegert myndighet til å regulere eksamensordningene, samt alle som er med på å utforme innholdet i eksamensoppgavene.

Jeg tar her som utgangspunkt at politikerne ønsker en økt motivasjons- og læringsfremmende bruk av IKT i opplæringen, ut fra formuleringene i Stortingsmelding nr. 31.

Alle elever må sikres like muligheter for å utvikle sine digitale ferdigheter, uavhengig av hjemmene. Skolen må ta barn og unges teknologibruk og vaner på alvor slik at skolen både kan gi elevene forutsetninger for en kritisk tilnærming til teknologien og for å ta i bruk IKT der hvor det kan være med på å gi motivasjon og variasjon (KD, 2008, kapittel 4.3.1).

Begrepet grunnleggende ferdigheter ble drøftet i Stortingsmelding nr. 30 (KD, 2004) og digital kompetanse ble etter hvert definert som en av fem grunnleggende ferdigheter i LK06. Jeg legger også til grunn hvordan bruk av digitale verktøy blir definert i innledningen til læreplanen i fellesfaget matematikk.

Å kunne bruke digitale verktøy i matematikk handler om å bruke slike verktøy til spel, utforsking, visualisering og publisering. Det handler òg om å kjenne til, bruke og vurdere digitale hjelpemiddel til problemløysing, simulering og modellering. I tillegg er det viktig å finne informasjon, analysere, behandle og presentere data med høvelege hjelpemiddel, og vere kritisk til kjelder, analysar og resultat (Utdanningsdirektoratet, 2009, s 4).

Jeg presenterer da følgende argumentasjonsrekke, i forhold til de pedagogiske konsekvensene for politikere og skolemyndigheter:

1. Den politiske ledelsen ønsker en sterkere integrering av digitale verktøy i undervisningen, når dette er med på å øke motivasjonen og læringsutbyttet, og er egnet til å forberede de unge på utfordringer de møter senere.
2. Læreplanen uttrykker et ønske om at digitale verktøy også skal brukes til utforskende og problemløsende aktiviteter.
3. Grunnlaget for å lykkes med å få oppfylt ønskene i punkt 1 og 2, er at det blir bevilget nok penger til utstyr og til en nødvendig opplæring i bruken av utstyr og programvare. Som jeg viste i slutten av kapittel 6, finnes det gratis matematisk programvare som tilfredsstillter kravene. Det er altså ikke der politikerne trenger å bruke pengene. Manglende tilgang til utstyr utgjorde 17 % av argumentene som ble brukt for at lærerne ikke tok i bruk IKT i matematikkopplæringen. Manglende kjennskap til bruk av programvare og utstyr utgjorde 19 % av argumentene. Disse behovene, som var sterkest gjeldende på ungdomstrinnet, må selvsagt dekkas, men dette er ikke nok. Satser en på disse to områdene alene, vil en kunne risikere at datamaskiner blir ”oversold and underused” som Cuban (2001) uttrykte det.
4. For å få til ønsket endring, kan det være en fordel om politikere og skolemyndigheter bruker en analytiske tilnærming, der de vurderer lærerne som rasjonelle verdimaksimerere. Da vil de se at det ikke er nok med god tilgang på utstyr og kursing i bruken av dette. 64 % av argumentene som ble brukt mot å ta i bruk IKT var av pedagogisk art. Det betyr at selv om det var nok tilgang på utstyr, og lærerne visste hvordan de brukte dette, ville de ikke ta utstyr og programvare i bruk dersom de ikke vurderte det som faglig lønnsomt for elevene. Min undersøkelse viser at lærerne la stor vekt på om elevene ville ha nytte av å bruke digitale verktøy på eksamen. For å realisere målsettingene i punkt 1 og 2, bør derfor eksamen være utformet slik at det lønner seg for lærere og elever å jobbe med digitale verktøy på en utforskende og problemløsende måte.
5. Jeg ser for meg to måter dette kan gjøres på:
 - a) Skriftlig eksamen kan inneholde en oppgave av tilsvarende type som dem som har blitt gitt ved de siste eksamener i matematikk i den videregående opplæringen. Disse er presentert som ett av to alternativer. Ved å fjerne alternativ I, og å gjøre den utforskende oppgaven med digitale hjelpemidler obligatorisk, vil det bli oppfattet som nyttig tidsbruk for lærere og elever å jobbe med denne type læremidler og oppgaver i den daglige undervisningen.

Et godt eksempel på en slik utforskende oppgave, er oppgave 4, alternativ II på R1-eksamen høsten 2009. Jeg har tatt med denne som vedlegg 7. Oppgavene må selvsagt tilpasses de læreplanmålene det aktuelle kurset er ment å dekke, men jeg har tatt med dette eksempelet for å vise at arbeid med slike problemstillinger i timene ikke behøver å være noen tidstjuv. En slik bruk av matematisk programvare kan tvert

imot bidra til å øke den matematiske forståelsen, ut fra det jeg dokumenterte i kapittel 6.3.

- b) Den andre måten en kan få lærere og elever til å oppleve at det er nyttig å jobbe med utforskende/problemløsende oppgaver med digitale hjelpemidler, er å gi nye instruksjoner om innholdet i den muntlige eksamensavviklingen. I stedet for at elevene bruker 48 timer på å lage en ferdig digital presentasjon av ett matematisk emne, kan de heller få en praktisk-muntlig prøve. De kan da få 48 timer på å løse et rikt problem som er egnet til utforskning med digitale hjelpemidler.

Med begrepet ”rik oppgave” menes en oppgave som oppfyller tre kriterier:

- Den må ha en lav inngangsterskel, slik at alle elevene kan få til noe.
- Den må gi elevene muligheter for å velge ulike løsningsstrategier.
- Den må ha en høy utgangsterskel, slik at selv de aller flinkeste elevene kan få utfordringer.

Når elevene presenterer løsningsforslaget for en slik oppgave, får de vist at de behersker en rekke av de matematiske kompetansene som er beskrevet av Niss (2002), og som vi kjenner igjen i formuleringene i LK06.

Nå ser det imidlertid ikke ut til at skolemyndighetene har tenkt å gå i en slik retning. Tvert i mot så er det nå bestemt at det er de utforskende oppgavene (alternativ II) som skal fjernes, der det var nyttig for elevene å bruke dynamisk programvare.

Fra og med våren 2011 tas alternative oppgaver i Del 2 bort fra alle eksamenskodene i matematikk. Oppgaven som i 2010 inneholder alternativ I og alternativ II i Del 2, vil da gjøres om til én oppgave som alle elever skal besvare. Alle eksamensoppgavene skal som før kunne løses med grafisk kalkulator (som ikke er symbolbehandlende) (KD, 2010, s. 13).

Dette betyr at det kan bli mindre lønnsomt for lærere og elever å bruke tid på utforskende/problemløsende oppgaver. Som de rasjonelle verdimaksimerende lærerne er, vil de nå sannsynligvis bruke mindre tid på innlæring av digitale ferdigheter, ut over det minimale som kreves for å tegne en graf og regne ut sannsynligheter med en grafisk lommeregner. Det vil da bli mindre lønnsomt, ut fra en eksamensforberedende målsetting, å bruke tid på oppgaver av den typen som er beskrevet i vedlegg 7, og å lære elevene bruk av dynamisk programvare. Skal vi bruke Goos' (2005) terminologi, kan vi si at etter vedtaket som er sitert ovenfor, vil læreplanens *zone of promoted action* (ZPM) få minimal overlapp med eksamensoppgavenes ZPM, når det gjelder bruk av digitale hjelpemidler.

Ved å bruke det analyseverktøyet jeg har gjort greie for i kapittel 3, (som grovt sett kan forenkles til at lærerne gjør det som de mener lønner seg for elevene), er det nokså sannsynlig at det vedtaket som er gjort om å fjerne alternativ II-oppgaven, vil bidra til å redusere bruken av matematisk programvare. Det kan også føre til at flere skoler går tilbake til grafiske lommeregnere. Effekten og verdien av den store satsingen på bærbare datamaskiner, og for noen fylkeskommuner, innkjøp av matematisk programvare, kan da være sterkt redusert for matematikkfaget sin del.

De to hyppigst brukte argumentene mot å ta i bruk IKT i matematikkopplæringen var tidspress og at nytteverdien var for liten i forhold til tidsbruken. 65 % av lærerne krysset

av for at nytteverdien på eksamen var *svært viktig* eller *nokså viktig* for vurderingen om å ta i bruk digitale hjelpemidler. Til dette vil noen innvende at matematikkopplæring handler om mye mer enn å lære elevene å løse eksamensoppgaver, eller å svare på standardtester i TIMSS og PISA. Dette er naturligvis helt riktig, men med en eksamensordning som stimulerte til det Mason (1982) kaller *a conjecturing atmosphere*, ville det bli større samsvar mellom glede og nytte. Da ville sannsynligheten øke for at flere entusiastiske lærere med stor faglig, didaktisk og digital kompetanse ville inspirere og begeistre sine elever, og føre dem inn i matematiske verdener de ikke har visst om.

Det er den draumen

Det er den draumen me ber på
at noko vidunderleg skal skje,
at det må skje -
at tidi skal opna seg,
at hjarta skal opna seg,
at dører skal opna seg,
at kjeldor skal springa -
at draumen skal opna seg,
at me ei morgonstund skal glida inn
på ein våg me ikkje har visst um.

- Olav H. Hauge - (Hauge, 1980, s. 217)

7.2 Implikasjoner for forskere og lærerutdannere

Jeg forutsetter her at forskerne og lærerutdannerne har den nødvendige kontakt med og innsikt i det virkelige livet rundt om i klasserommene. De tre avhandlingene til Erfjord (2008), Hundeland (2009) og Billington (2009) er alle baserte på et godt og fruktbart samarbeid mellom forskere ved universitetet og lærere på skoler i nærheten. Det finnes mange eksempler på god klasseromsforskning og på lærerutdannere som er oppdaterte på både diktatisk forskning og realitetene i skolehverdagen. På den andre siden har vi også eksempler på forskere og lærerutdannere som ikke hadde tatt skade av å komplimentere sin kunnskap fra forskningsartikler og dyspsindige matematiske verk med en liten dose realitetsorientering fra norske klasserom.

Selv om lærerstudenter og undervisningspersonale er enige om at IKT er viktig i utdanningen, har de ulike oppfatninger av hvordan studiene skal ivareta dette. Flertallet av lærestudentene er heller ikke fornøyd med dagens tilbud; fire av ti mener de ikke blir tilstrekkelig skolert i bruk av IKT (Dr. Art. Cathrine Tømte, forsker II ved Norsk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning. Gjengitt i Johnsen, 2010, s. 36).

Dersom politikere, skolemyndigheter og ikke minst forsknings- og utdanningsinstitusjonene selv tar grep for å forbedre denne situasjonen, kan resultatene fra min undersøkelse, og fra den refererte forskningslitteraturen, ha fire mulige implikasjoner for forskere og lærerutdannere.

1. Analyseverktøyet

Jeg har i denne oppgaven lagt vekt på å vise at det analyseverktøyet jeg har beskrevet i kapittel 3, kan være godt egnet som hjelpemiddel til å forklare *hvorfor* noen prioriterer og handler slik de gjør. Dette kan da brukes som utgangspunkt for å få større innsikt i de prosessene som genererer forandring. Det ville vært meget interessant om andre forskere kunne ta i bruk dette verktøyet i flere studier av situasjoner som innebærer valg knyttet til skole og utdanning. Det vanligste er å bruke en slik tilnærming i langvarige kvalitative studier, men jeg har her vist at analyseverktøyet også kan brukes på kvantitative data.

2. Forskningsområder

Hittil er det gjort svært få studier som er knyttet til bruken av GeoGebra. Mine data viser at dette er det mest brukte digitale verktøyet i arbeidet med funksjoner i 1T, og det nest mest brukte matematikkprogrammet på ungdomstrinnet, etter Excel/Calc.

Fuglestad (2004) har gjennomført omfattende og anerkjente forskningsarbeider om betydningen av utforskning av ulike representasjoner for forståelsen av matematiske begreper. Som et ledd i dette har hun studert elevens utforskning av funksjoner med de tre verktøyene Excel, Grafbox og Cabri.

In the project we use a spreadsheet, Excel, a graph plotter, Grafbox, and dynamic geometry, Cabri. These tools all have the sufficient openness and flexibility to give opportunities for experiments and explorations, which we see as important in developing mathematical concepts according to a constructivist based environment (Fuglestad, 2004, s. 440).

Etter at disse studiene var avsluttet, har vi nå fått programmet GeoGebra, som inneholder alle disse verktøyene samtidig. GeoGebra inneholder både et regneark, et dynamisk geometriprogram og en grafplotter. Elevene kan da se representasjoner av en funksjon i form av en tabell, et funksjonsuttrykk og en graf samtidig. Disse er dynamisk forbundet, slik at en forandring i den ene representasjonen automatisk fører til en oppdatering av de andre. Det kan være meget spennende å studere om det letter begrepsdanningen for elevene å ha disse representasjonene dynamisk forbundet i det samme matematikkprogrammet.

TI-Nspire fra Texas Instruments og ClassPad Manager fra Casio er andre eksempler på matematisk programvare som inneholder et regneark, et dynamisk geometriprogram og en grafplotter. I likhet med Cabri, er dette betalingsprogrammer, og av disse er TI-Nspire det mest brukte i 1P/1T.

I analysen av innsamlede data har jeg funnet sammenhenger som ligger utenfor rammen av min egen oppgave, men som det likevel kan være interessant å se nærmere på for andre forskere. Jeg nevner her punktvis noen problemstillinger som dukket opp etter at jeg foretok en fullstendig korrelasjonstest av samtlige variabler. Noen av disse sammenhengene kunne ha passet inn i rammen for min undersøkelse, men de er likevel ikke fulgt opp, fordi jeg hadde for få respondenter i de aktuelle kategoriene til å si noe sikkert om ev. sammenhenger.

- Vavik m. fl., (2010) fant en negativ korrelasjon mellom uformell IKT-kompetanse og bruk av fagspesifikke programmer. I min undersøkelse var det en positiv sammenheng mellom høy selvopplevd generell IKT-kompetanse, og kjennskapen til det fagspesifikke programmet GeoGebra. Min skala for selvopplevd generell IKT-kompetanse går fra 6 til 30, der 6 betyr at læreren har svart *svært god* på alle de 5 etterspurte enkeltkompetansene. 30 betyr at respondenten har svart *ingen kompetanse* på alle enkeltområdene. De som regnet seg som svært erfarne og avanserte brukere av GeoGebra hadde en selvopplevd IKT-kompetanse på 9,8, mens de som ikke hadde hørt om programmet hadde en tilsvarende verdi på 15,3. Korrelasjonskoeffisienten medregnet alle kategoriene av kjennskap var på -0,237. En negativ verdi for r betyr her at en lav verdi for kompetansekonstruktet (= høy selvopplevd kompetanse) samsvarer med høye verdier for graden av kjennskap til GeoGebra.

Det kan ut fra dette være interessant å gjøre en mer omfattende studie av forholdet mellom generell og formell IKT kompetanse, og bruk av fagspesifikke programmer.

- Er det en sammenheng mellom det å ha endret oppgavetype etter bruk av IKT (spm. 27) og tilslutning/skepsis til bruk av IKT? ($r = -0,345$).
- Er det en sammenheng mellom om læreren har hovedfag i matematikk eller matematikdidaktikk og tilslutning/skepsis til bruk av IKT? ($r = 0,446$).
- Er det en sammenheng mellom type hovedfag og graden av enighet med formuleringen nedenfor (spm. 9a), som er hentet fra den felles delen av læreplanen i matematikk. ($r = 0,582$).

Undervisningen må veksle mellom utforskende, lekende kreative og problemløsende aktiviteter og ferdighetstrening (Utdanningsdirektoratet, 2009, s. 1).

- Er det en sammenheng mellom type hovedfag, og om en bruker GeoGebra til å utforske matematiske problemer, der elevene ikke kjenner en direkte vei til løsningen på forhånd (spm. 30 f)? ($r = 0,477$).
- Er det en sammenheng mellom tilslutning/skepsis til bruk av IKT i matematikkopplæringen og viljen til å bruke av egen fritid for å lære seg å beherske et matematisk verktøy (spm 22 b)? ($r = 0,349$).
- Er det en sammenheng mellom enighet i påstanden om at ”bruk av IKT i klasserommet gir så mye i form av økt læringsutbytte at det absolutt er verdt merarbeidet og tidsbruken” (spm 21 f), og viljen til å bruke av egen fritid for å lære seg å beherske et matematisk verktøy? (spm 22 b)? ($r = 0,359$).

Dette var noen eksempler på mulige sammenhenger mellom variabler. Jeg har altså ikke skrevet at der faktisk er en slik sammenheng, men antydning at det kanskje kan være interessant for andre å undersøke dette nærmere i senere studier. Å peke på noen potensielle fremtidige forskningsområder, er helt i samsvar med Sierpinksas (1993) oppsummering av hva et forskningsprosjekt bør inneholde.

Thus, the relevance of a research study may consist not only in a direct improvement of the practice of teaching, but in giving an impulse for further research, in pointing towards new questions and new avenues to explore them (Sierpinska, 1993, s. 46).

3. Fokus på klasseledelse i lærerutdanningen

Undersøkelse inneholder ikke spørsmål om klasseledelse, men forskningslitteraturen jeg presenterte i kapittel 2, er entydig på at læringsutbyttet til elevene er svært avhengig av læreren og måten han/hun møter elevene og strukturerer undervisningen.

En planmessig og bestemt klasseledelse er spesielt viktig når elevene tar i bruk digitale hjelpemidler. Dersom de blir overlatt til seg selv med uklare retningslinjer på hva de skal gjøre, er det stor fare for at bruk av IKT kan bli en grådig tidstjuv.

Jeg vil si mer om dette i kapittelet som omhandler pedagogiske implikasjoner for lærerne. Her vil jeg nøye meg med å nevne et utvalg av forskningslitteratur og skjønnlitteratur, som kan hjelpe kommende lærere til å bli bedre klasseledere. Listen kunne selvsagt ha blitt forlenget med flere sider, men lærdommen fra og grunnholdningen i disse bøkene vil, sammen med gode faglige og digitale ferdigheter, være en meget verdifull utrustning for kommende lærere. Det finnes mye forskningslitteratur om klasseledelse som kan gi nyttig informasjon som taler

utelukkende til intellektet. Dette er selvsagt nyttig, men de to siste eksemplene jeg nevner spiller på andre strenger. Det finnes nemlig bøker som ikke er spisset inn mot matematiske eller teknologiske problemstillinger, men som gjennom sine levende eksempler og betraktninger kan gjøre oss til bedre lærere og rausere medmennesker. Slik litteratur bør stå øverst på pensumlista hos lærerutdanningsinstitusjonene. Med referanse til historiene som ble gjengitt i slutten av kapittel 2.2.2 (Johnsen, 2010), kan disse holdningene og kunnskapene kanskje bidra til at det blir utdannet færre ”Olav-er” og flere ”Olaf-er”.

Tabell 7.1: 3 eksempel på litteratur som kan være til hjelp for å utvikle god klasseledelse

Referanse	Viktig bidrag
Hattie (2009)	Dette er kanskje den mest omfattende og grundige syntesen som er gjort på forskning om hva som faktisk fremmer læring.
Fibæk Laursen (2004)	Per Fibæk Laursen har studert hva som er felles for 30 utvalgte, dyktige lærere, og presenterer observasjonene sine i denne innsiktsfulle boka. Fibæk Laursen bruker begrepet <i>autentiske</i> lærere. ”Han er en meget energisk lærer, som dominerer i klasserommet., og han setter i gang, leder og avslutter aktivitetene. Han oppmuntrer og stiller krav, og sier til en gruppe som har gått lei i prosjektet sitt: ”Legg litt positiv energi i det!” Han forteller at han har arbeidet meget bevisst med ledelsen av klassen, og at en rekke rutiner er blitt innøvd: Alle, også læreren, er i klassen når det ringer inn. Ingen får skjenn, men alle ledes med positive meldinger.” (Fibæk Laursen, 2004, s. 44).
Eidsvåg (2005)	I denne boka presenterer Inge Eidsvåg tanker om hva det vil si å være en god lærer. Han gir mange konkrete eksempler på minneverdige møter mellom lærer og elev. Etter mitt syn er denne boka like viktig for norske lærere, som Bjørneboes <i>Jonas</i> var en generasjon tidligere. ”Læreren kan i dag verken hente sin autoritet fra tradisjonen eller fra sin samfunnsmessige rolle – bare fra sin faglige kunnskap, pedagogiske dyktighet og personlige autoritet. I en slik situasjon er det fristende å søke popularitet. Det gjør oss til entertainere. Vi er ikke entertainere. Vi er voksne mennesker som med kyndighet og dyktighet skal bibringe våre elever kunnskaper, holdninger og ferdigheter. Vi skal støtte våre elever, og vi skal gi dem motstand. Vi skal rose og rise, lokke og lede, kjede og krydre.” (Eidsvåg, 2005, s. 285).

4. IKT-opplæringen

Denne undersøkelsen har gitt en oversikt over de mest brukte digitale hjelpemidlene i matematikkopplæringen på ungdomstrinnet og på 1P/1T rundt om i landet. Dette er viktige opplysninger for lærerutdanningsinstitusjoner som skal tilby en IKT-opplæring som gjør de kommende lærerne forberedt på den hverdagen som møter dem rundt om i klasserommet. Det blir de ikke av å pugge kommandoer i LOGO og forskningsartikler som skal reproduseres på en rent teoretisk eksamen, fjernt fra datamaskiner, videoprojektører og elektroniske tavler.

Dersom lærerutdannerne ikke har nok kjennskap til programvaren som blir brukt rundt om i skolene blir det mindre overlapp mellom det Goos (2005, s. 48) kaller *university ZPA* og *school ZPA*. Målet må være å få en IKT-opplæring som er oppdatert på fagrelevant og moderne programvare, er realistisk i forhold til rammebetingelsene rundt om på skolene, og som i tillegg knytter den praktiske bruken sammen med viktig didaktisk forskning på området. Da kan vi få nyutdannede lærere som kan fungere som innovatører for fornuftig IKT-bruk i opplæringen.

In this regard, there is potential for technologically knowledgeable beginning teachers to act as catalysts for technology integration in schools, as Geoff’s experience in his first year of teaching demonstrates. This observation raises interesting questions for further research on how novice teachers might develop their pedagogical identities by sharing their technology-related expertise with more experienced colleagues (Goos, 2005, s. 56).

Matematikk har både ”røtter og føtter”. Det betyr at det er viktig å se på bruk av IKT i matematikkopplæringen i et større perspektiv, der også den historiske forankringen hører med. Dette må imidlertid ikke bli et hovedelement i IKT-opplæringen. Det finnes langt mer vitale spørsmål å rette søkelyset mot.

- Hvilke digitale hjelpemidler brukes rundt om i skolene? Er dette de beste alternativene, eller finnes det nyere og bedre løsninger?
- Finnes det gratis programvare på norsk, som er enkel å ta i bruk for lærere og elever, og som tilfredsstillende kravene i læreplanen?
- Hvem skal bestemme hvilke digitale hjelpemidler som skal brukes i skolen? Er det politikerne og skoleadministrasjonen i kommuner og fylkeskommuner, er det dyktige markedsførere av egne produkter, eller er det lærerne rundt om på skolene?
- Hvilke pedagogiske fordeler har bruk av elektronisk tavle, sammenlignet med en datamaskin koplet til en videoprojektør, - og omvendt?
- Hvordan kan vi bli flinkere til å plukke ut de situasjonene der IKT gir en læringsmessig gevinst i forhold til bruk av andre hjelpemidler?
- Hvilke tiltak kan vi sette i verk for at den tiden vi bruker på IKT i undervisningen står i forhold til læringsutbyttet for elevene?
- Bør vi la studentene (og elevene) lære å bruke verktøyet først, eller er det best at de lærer dette gjennom *double innovation* i en utforskende/problemløsende kontekst? (Det er ikke sikkert at vi får det samme svaret for et kurs som strekker seg over flere måneder, som for et enkeltstående dagskurs, slik det ble beskrevet i kapittel 7.2.)

Dette er bare noen av de mange viktige spørsmålene som jeg mener hører naturlig hjemme i en lærerutdanning som tar mål av seg til å forberede studentene på den digitale hverdagen de vil møte som nyutdannede lærere.

7.3 Implikasjoner for rektorer og øvrig skoleledelse

69 % av respondentene svarte at det var svært viktig eller nokså viktig å få deltatt på organisert opplæring/kursing for å lære å ta i bruk utstyr og programvare. 55 % mente det var svært viktig eller nokså viktig å få støtte og oppmuntring fra kollegaer for at de skulle ta i bruk IKT i klasserommet. Det tilsvarende tallet for om det var viktig med støtte fra administrasjonen, var 49 %. Det er spesielt avgjørende med støtte og oppmuntring til de nyutdannede lærerne som har mye nytt å forholde seg til. På den andre siden har disse ofte mange nye og spennende didaktiske tanker med seg, som kan berike resten av kollegiet, om de blir tatt i mot på en åpen og fordomsfri måte. Her har skoleledelsen et dobbelt ansvar. De må både sørge for at de nyutdannede får den hjelpen de trenger i startfasen, og at kollegiet samtidig kan lære av de nye impulsene. Dette er utgangspunktet for de pedagogiske implikasjonene av undersøkelsen for rektorer og den øvrige skoleledelsen.

The supportive environment for ICT use (the case of School Z in particular) was a necessary condition for encouraging teachers in their effort to experiment with integrating technology into the curriculum and into the classroom. By contrast, in a conservative environment (the case of School Y), the ICT-enthusiastic teacher felt he had to be very cautious of when, how often and to what end he should use ICT (Crisan, 2007, s. 29).

Ut fra opplysningene i avsnittet ovenfor synes altså flesteparten av lærerne at det er viktig med avsatt tid til kursing. Dersom en ønsker at flere skal ta i bruk IKT i matematikkopplæringen, bør først de sentrale skolemyndighetene endre på eksamensordningen, slik at det blir mer lønnsomt for lærere og elever å jobbe med digitale hjelpemidler og utforskende oppgaver i timene. Deretter er det viktig at den lokale skoleledelsen legger forholdene til rette for effektiv kursing i bruk av utstyr og programvare. Dette er nødvendige, men ikke tilstrekkelige forutsetninger for økt IKT-bruk i undervisningen.

Erfjord (2008), pekte i sin avhandling på de strukturelle hindringene for å ta i bruk IKT for den enkelte matematikklærer. På noen skoler er matematikktimene parallelllagte, og lærerne bruker de samme prøvene samtidig. Det er selvsagt viktig at prøvene måler de kompetansene som elevene har jobbet med i timene. Lærerne bruker ofte standardprøver fra forlagene. Dersom disse prøvene ikke er oppdaterte til å måle hjelpemiddelkompetansen og problemløsningskompetansen, og dette er ferdigheter som blir testet på eksamen, må lærerne få avsatt tid til å utvikle nye felles prøver, som også tester elevenes digitale og problemløsende ferdigheter.

Lærere flest er i utgangspunktet positive til dette. 76 % av lærerne i min undersøkelse var svært enige eller nokså enige i påstanden i spørsmål 22 d. Bare 3,3 % var nokså eller svært uenige.

22 Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.						
Vennligst velg det alternativet som du mener passer best:		Svært enig	Nokså enig	Nøytral	Nokså uenig	Svært uenig
d	Matematikkundervisningen bør dra nytte av dagens tilgjengelige teknologi, fordi denne åpner et nytt landskap av utforskende oppgaver og aktiviteter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Det må dessuten være en enighet i kollegiet om at disse ferdighetene er viktige, og man må være villig til å bruke tid for å oppnå forandring.

Involvements of several mathematics teachers, and at last one school leader at each school, and work together for several years were seen as important in order to have sustainable development in schools (Erfjord, 2008, s. 290-291).

Selv om lærerne i utgangspunktet er positive, oppleves et tidspress for å *komme gjennom pensum*. Vi kan selvsagt hevde at en ensidig vektlegging av *teaching to the test*, ikke fremmer en helhetlig matematisk kompetanse, men ser vi på lærerne som rasjonelle verdimaksimere som legger vekt på hva de mener elevene vil ha nytte av, må en ta hensyn til de forholdene som jeg har gjort greie for i kapittel 7.1 og ovenfor, her i 7.3 for å få generert en endring.

Tid til å sette seg inn i utstyr og programvare er også viktig for lærerne. 66 % av lærerne i undersøkelsen svarte at de var svært enige eller nokså enige i påstanden i spørsmål 22 a. Møtevirksomhet, skjemautfylling og annet papirarbeid må derfor reduseres til et minimum, slik at lærerne får mer tid til å ta seg av den primære oppgaven: Å forberede og gjennomføre målrettet undervisning.

22	Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.				
Vennligst velg det alternativet som du mener passer best:	Svært enig	Nokså enig	Nøytral	Nokså uenig	Svært uenig
a	Siden myndighetene pålegger oss å ta i bruk IKT i timene, burde de redusere noen av de andre pliktene våre på skolen, slik at vi kunne få tid til å lære å bruke programvaren skikkelig.				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Når dette er på plass, vil nok flere lærere finne det lønnsomt å integrere IKT i matematikkopplæringen. De som tidligere har sagt nei til dette, vil nå få en ny mulighet, og vil da gjerne velge annerledes enn de gjorde ved forrige korsvei.

And keep my conscience clear and bright.

I'll do what I know is right

Next time, who knows? I just might!

“I shouldn't do it,” so I thought.

I guess I'm doomed to live this way.

Now the chance has slipped away

Maybe on some other day!

Should I do it? Should I not?

It wasn't worth it, I would say.

Now I'm full of guilty thoughts

But that's a tiny price to pay!

I went and did it anyway.

Tomorrow I will stay away.

I'll just hope I don't get caught

They didn't catch me yesterday!

Michael Naylor

(Naylor, 2001)

7.4 Implikasjoner for kursholdere i bruk av digitale hjelpemidler

Jeg tar her som utgangspunkt at skolemyndighetene etter hvert vil endre på eksamensordningen, slik at det blir mer lønnsomt for lærere og elever å jobbe med digitale hjelpemidler og utforskende/problemløsende oppgaver, slik LK06 forutsetter. Jeg forutsetter videre at den lokale skoleledelsen har lagt forholdene til rette for en langsiktig og fagrelatert IKT-opplæring, slik det ble beskrevet i kapittel 7.3.

Implikasjonene baserer seg også på en sosiokonstruktivistisk tilnærming til hvordan mennesker lærer, og jeg holder fast på mitt analytiske perspektiv med lærerne som rasjonelle verdimaksimerere. En kursholder må ut fra dette ta utgangspunkt i det lærerne (kursdeltakerne) kan fra før, og at de bygger sin nye forståelse med forankring i de erfaringer og kunnskaper lærerne har med seg.

I kapittel 5.2.5 oppsummerte jeg hvilke forhold som lærerne i min undersøkelse la mest vekt på når de skulle vurdere om de ville ta i bruk IKT i matematikkopplæringen. Jeg vil bruke disse resultatene, kombinert med lærdom fra forskningslitteraturen, til å gi noen råd til kursholdere i bruk av digitale hjelpemidler. Faktorene vil ikke bli behandlet i synkende rekkefølge, slik de ble presentert i kapittel 5.2.5, men ut fra fem faser i et typisk opplegg for en innledende kursdag. Tallet i parentes bak hver påvirkningsfaktor viser hvor viktig lærerne mente dette var, på en skala fra 0 til 4, der 4 stod for *svært viktig* og 0 for *uten betydning*.

1. Forberedelsesfasen

Her kan det være nyttig å følge Ausubels (1968) råd om å skaffe seg greie på hva elevene (i dette tilfellet kursdeltakerne) kan, og planlegge opplæringen deretter. Det er her nyttig å ta en grundig prat med kursarrangøren, og be han/henne om å orientere om hvor godt deltakerne kjenner den aktuelle programvaren fra før. Dersom det er snakk om et oppfrisknings- eller påbyggingskurs, kan det være greit å få en liste over hva deltakerne ønsker å få opplæring i. Da får lærerne selv være med på å bestemme deler av kursinnholdet, slik at de får en følelse av at dette kriteriet er oppfylt:

- ✓ Er innholdet i programmet relevant i forhold til de kompetansemålene vil skal jobbe med? (3,5)

I forberedelsesfasen bør en også få en oversikt over utstyrssituasjonen på skolen(e) der kursdeltakerne jobber til vanlig. Er lærerne fra en eller noen få skoler, er det lurt å ringe rundt til rektor eller en kontaktperson for å skaffe seg informasjon om rammebetingelsene. Er det bare en datamaskin og en videoprojektør i klasserommet der deltakerne jobber til vanlig, nytter det sjelden å la lærerne jobbe med undervisningsopplegg som krever mye elevaktiviteter.

Er deltakerne fra mange skoler, kan det være en fordel å spørre om rammebetingelsene helt i starten av kurset. Da forstår deltakerne at kursholderen tar situasjonen deres på alvor, og kan tilby et produkt som er tilpasset deres hverdag. En spørreunde bør vinkles slik at lærerne fokuserer på de mulighetene som finnes på egen skole, og kan hjelpe hverandre med å finne kreative løsninger på disse sentrale utstyrsspørsmålene:

- ✓ Er det tilgang til en datamaskin for læreren i klasserommet? (3,2)
- ✓ Er det tilgang til en videoprojektør i klasserommet? (3,5)
- ✓ Er det tilgang til nok datamaskiner i klasserommet? (3,1)

Kursholderen kan selvsagt gjøre lite med hvilken tilgang lærerne har på datamaskiner og videoprojektører i klasserommet, men disse rammebetingelsene er avgjørende for innholdet i kurset. Det er grunnen til at det kan være lurt å få en oversikt over denne situasjonen på forhånd. Det er spesielt viktig på ungdomstrinnet, der få skoler i skrivende stund har tilgang på nok datamaskiner for elevene i klasserommet. 20 % av respondentene svarte at de hadde minst ½ maskin per elev i 10. klasse. Da er det en grei løsning å få organisert parvis jobbing, slik Hattie, (2009, s. 225) anbefaler. Av lærerne i 1P/1T var det 83 % som oppgav at de hadde minst ½ maskin i klasserommet per elev.

Dersom det ikke er nok datamaskiner i klasserommet, må en finne ut av mulighetene for rombytter og bestilling av spesialrom med maskiner. Etter denne runden, er det tid for å starte på innledningsfasen.

2. Innledningsfasen

En vanlig begynnefeil for nervøse kursholdere, er å prøve å imponere deltakerne ved å starte med å utføre noen avanserte digitale ”stunts”. Dette fungerer sjelden. Er kursholderne dyktige, og har noe å fare med, vil deltakerne fort oppdage det. Dersom de ikke kjenner programvaren godt nok, eller sliter med å formidle det de kan, vil de bli avslørt uansett, og bør da ikke ta på deg slike oppdrag.

En annen vanlig feil i innledningsfasen er at kursholderen velger å vise deltakerne hvilke digitale finesser han/hun er mest opptatt av akkurat nå. Dette er gjerne noe som kursholderen selv har strevet med lenge, og som han/hun nettopp har fått til. Slike seanser blir ofte

langvarige og lite lærerrike for dem som ser på. Det vil dessuten få deltakerne til å tro at svaret er nei på følgende sentrale spørsmål:

- ✓ Er utstyret og programmet så enkelt å bruke at jeg kan lære dette raskt? (3,2)

Chrysanthou (2008) minner oss om at vi må ha fokuset på det faglige, og ikke la oss friste til å imponere med å vise fram alle de avanserte mulighetene i det digitale verktøyet.

Computers should not be used so that one can marvel at their brilliance; they should be used to help develop a better mathematical understanding (Chrysanthou, 2008, s. 71).

Dette er et poeng som også blir understreket av Preiner (2008). Hun hadde som ett av fire mål i sin doktorgradsavhandling å kartlegge vanskegraden for ulike verktøy i GeoGebra, slik at det ble lettere for kursholdere å starte med de verktøyene som det var enklest for lærerne å mestre.

Research indicates that it is important to know in which way a software package can be introduced to novices most effectively ... in order to minimize difficulties and impediments during the introduction process and to facilitate the first contact with the new software tool (Preiner, 2008, s. 21).

Noen eksempler på Preiners mange råd er:

- La kursdeltakerne bruke en ekstern mus i stedet for *touch pad*, da dette gjør arbeidet med programmet mye lettere, selv for erfarne *touch pad*-brukere.
- Skjul unødvendige objekter og vinduer ved demonstrasjon av programmet for kursdeltakerne. Pass på å ha store nok fonter og ikoner.
- Innfør verktøyene etter økende vanskegrad. La kursdeltakerne/lærerne bli fortrolige med mulighetene i programmet etter hvert, og ikke overless dem med avanserte muligheter.

Preiners tips om GeoGebra kan også være nyttige ved bruk av andre matematikkprogram. Ut fra dette, kan det være lurt å bruke innledningen av kurset til å vise noen enkle og sentrale verktøy, knyttet opp mot problemstillinger som lærerne kjenner igjen fra lærebøkene de bruker, eller fra enkle deler av et eksamenssett. Det vil vise at programvaren er egnet til å jobbe med relevante kompetansemål og at den kan være nyttig på eksamen. Det første punktet nedenfor tok vi også hensyn til i forberedelsesfasen.

- ✓ Er innholdet i programmet relevant i forhold til de kompetansemålene vil skal jobbe med? (3,5)
- ✓ Vil tiden jeg bruker på å lære å bruke systemet gi nok tilbake i form av større læringsutbytte hos elevene? (3,2)
- ✓ Blir ferdighetene i å bruke slike verktøy testet og vurdert ved eksamen? (2,8)

3. Arbeidsfasen

Den store testen på om deltakerne vil ta godt i mot programmet, kommer når de skal prøve ut dette selv. Da er det viktig å unngå tekniske problemer og andre hindringer som kan bidra til å redusere entusiasmen for programvaren. Det vil ofte være en fordel om deltakerne har installert programmet på forhånd, dersom dette er gratis eller gjort tilgjengelig for deltakerne før kurset starter. Da sparer en tid som kan brukes på faglige og didaktiske problemstillinger. Det kan dessuten hende at deltakere som har med lånte bærbar maskiner fra egen skole, ikke får installert nødvendig programvare på kurset, fordi maskinene kan det være satt opp slik at

det bare er en IKT-ansvarlig på skolen som har installasjonsrettigheter. Å få installert programmet på forhånd er derfor en fordel på mange måter.

Dersom en må installere programmet på selve kurset, og programmet skal lastes ned fra nettet, kan det være at det oppstår problemer med nettilgangen. Da er det en fordel å ha en installasjonsfil på en medbrakt minnepenn. En enkel og problemfri installasjon er viktig for deltakernes tillit til programvaren.

- ✓ Er utstyret og programvaren til å stole på? (3,2)

I starten av arbeidsfasen kan det være en fordel å dele ut selvinstruerende kurshefter med noen lette innledende oppgaver. Da blir deltakerne ledet i gang og bygger opp selvtilitt i forhold til de digitale ferdighetene som kreves. Dette er viktig, fordi slike personlige forhold utgjorde nesten 20 % av de oppgitte grunnene til at lærerne valgte å ikke ta i bruk IKT. Vi kjenner her igjen et viktig moment fra innledningsfasen:

- ✓ Er utstyret og programmet så enkelt å bruke at jeg kan lære dette raskt? (3,2)

Rutinemessige oppgaver er nyttige for å lære å beherske de viktigste verktøyene i programvaren. Her vil de selvinstruerende heftene bidra med to fordeler. For det første blir deltakerne mer selvhjupne, og dette gjør det lettere for kursholderen å gi ekstra tips og hjelp til dem som trenger det mest. Selv med detaljerte opplæringshefter, er det vanskelig for en kursholder å gi nødvendig støtte til alle, dersom det er mer enn 15-20 deltakere. Den andre grunnen til å dele ut selvinstruerende hefter, er at lærerne kan ta dem med hjem og jobbe videre med det de ikke kom gjennom på kurset.

Når lærerne behersker de viktigste verktøyene, er det tid for å bruke det digitale verktøyet i mer utforskende aktiviteter. De pedagogiske betraktningene her har paralleller til klasseromssituasjonen. Elevene kan vanskelig drive med problemløsning uten internaliserte basisferdigheter, og kursdeltakerne får problemer med utforskende oppgaver, om de ikke behersker de enkleste og viktigste verktøyene. Min erfaring er at engasjementet er på det sterkeste i denne fasen, når deltakerne får utforske matematiske sammenhenger, lage hypoteser og gjøre egne oppdagelser. Det er ofte slike aktiviteter som best illustrerer hvordan bruk av matematisk programvare kan bidra til å øke motivasjon hos elevene. Det var også denne faktoren som respondentene i min undersøkelse la aller størst vekt på.

- ✓ Vil programmet motivere elevene? (3,6)

Jeg avslutter beskrivelsen av denne fasen med sitater fra noen deltakere på et GeoGebra-kurs i Sogndal i april 2010. Bilde og tekst er gjengitt med vennlig tillatelse fra journalisten Sigri Svartedal i Sogn Avis.

Bøygd over pc-ar sit ein gjeng lærarar, og lærer om GeoGebra - eit nyttig verktøy for lærarane for å visualisera i matematikkopplæringa, og motivera elevar. - Eit interessant program. Du ser berre kor oppglødde dei er. Det er eit slikt verktøy eg har vore på leit etter lenge, seier Bjarne Søvde, it-ansvarleg ved Farnes skule i Øvre Årdal.

- Veldig motiverande. Eg kjenner sjølv kor det gleder meg å finna skatten, seier Christine Nyheim, også lærar ved Farnes skule.

- Elevane må bruka mattekunnskapen for å bruka "spelet". Veldig positivt, seier Søvde.



Foto: Sigrid Svartedal, Sogn Avis, 24.04.10

- Eg får aha-opplevingar undervegs, seier Ingrid Tveito. Ho er oppglødd over det nye matematikkprogrammet. Eit program som bind saman geometri, algebra og numeriske utrekningar, og har vunne fleire internasjonale prisar. (Tekst: Sigrid Svartedal, Sogn Avis, 24.04).

4. Oppklaringsfasen

I løpet av en kursøkt, vil en ofte oppdage ting som deltakerne lurte på underveis, og som kan være av interesse for flere. Da er det fornuftig å ta en oppklaringsrunde, og vise en del grep og snarveier som gjør bruken av programmet mer effektivt.

I en slik runde kan en også benytte anledningen til å vise hvordan et problem kan angripes fra flere sider, og gjerne bruke eksempler på ulike løsningsmåter som deltakerne har kommet fram til. En kan demonstrere fleksibilitet både i valg av løsningsmetoder, bruksmåter og i muligheten til for eksempel å vise ulike representasjoner av en funksjon.

✓ Er det fleksibelt, slik at det kan brukes til flere formål? (3,1)

Andresen (2006) definerer fleksibilitet slik:

The flexibility of a mathematical conception constructed by a person is the designation of all the changes between different representations the person can manage within this conception (Andresen, 2006, s. 136).

Ved å la lærerne få oppleve at verktøyet kan være nyttig når en jobber med overganger fra en representasjon til en annen, vil de lettere se verdien av at elevene bruker denne arbeidsformen.

5. Avslutningsfasen

På samme måte som alle undervisningsøkter bør avsluttes med en oppsummering, er det nyttig at kursholderen avslutter med å samle ev. løse tråder, og la deltakerne få et ”ørneperspektiv” på det de har jobbet med.

Hva bør så være med i avslutningsfasen? 30 % av respondentene i undersøkelsen svarte *svært enig* eller *nokså enig* på spørsmål 22 b på spørreskjemaet. Det kan bety at noen av kursdeltakerne sannsynligvis vil gå i gang med å undersøke programmet videre på egenhånd etterpå.

22	Vennligst merk av hvor enig eller uenig du er i påstandene nedenfor.					
Vennligst velg det alternativet som du mener passer best:		Svært enig	Nokså enig	Nøytral	Nokså uenig	Svært uenig
b	Det er så interessant å lære seg de forskjellige verktøyene og mulighetene i et godt matematikkprogram at jeg gjerne bruker mange timer av fritiden min til å utforske dette.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Selvinstruerende kurshefter er til god hjelp her, men i avslutningsfasen kan det også være nyttig å vise deltakerne hvor de kan finne annet opplæringsmaterieell i form av videoer, flere opplæringshefter og diskusjonssider, der de kan stille spørsmål og få svar. Jeg bruker å oppgi min egen e-postadresse og mobilnummeret, slik at lærere som trenger hjelp kan ta direkte kontakt med meg. Det har ført til mange hyggelige meldinger og telefonsamtaler. Det viktigste med avslutningsfasen er likevel å la lærerne gå fra kurset med et smil om munnen, økt selvtillit og lyst til å jobbe videre med det digitale verktøyet.

Kursholdere i bruk av matematisk programvare har store oppgaver foran seg. Vi kan ta det dynamiske verktøyet GeoGebra som eksempel. Denne undersøkelsen viste at 63 % av ungdomsskolelærerne og 47 % av lærerne i 1P/1T ikke hadde nok kjennskap til dette programmet til at de kunne ta det i bruk i undervisningen. 36 % av ungdomsskolelærerne og 8 % av lærerne i 1P/1T hadde aldri prøvd gratisprogrammet GeoGebra.

Et annet poeng her er at slike dagskurs som er beskrevet ovenfor sjelden har noen endringseffekt om de bare er enkeltstående hendelser. Erfaring fra Matematikksenterets omfattende kursvirksomhet, viser at en oppnår best effekt med større kurspakker som inkluderer oppfølging og forpliktelser fra deltagerens side. Oppfølgingskurs er viktige fordi forskningen viser at forandring tar tid. Noen kursarrangører, som Matematikksenteret, tilbyr også eksempelundervisning rundt om på skolene. Dette kan gjøre innføringen av nye arbeidsformer og verktøy lettere for lærerne.

De fem kursfasene som er beskrevet ovenfor, kan lett overføres til undervisningsøkter på skolene. Innhold, aktiviteter og valg av læringsverktøy kan variere, men behovet for en klar og strukturert innledning og en oppsummering som gjør at en ser aktivitetene i en større faglig sammenheng er viktig for både kursholdere og lærere. Det bringer oss direkte over til de pedagogiske implikasjonene for lærerne.

7.5 Implikasjoner for lærerne

Jeg tar her som utgangspunkt at de sentrale skolemyndighetene har endret eksamensordningen for at denne i større grad skal gjenspeile målsettingene i LK06 om å utvikle digitale og problemløsende ferdigheter, slik jeg beskrev i kapittel 7.1. Jeg tenker meg også at det er kommet inn nyutdannede matematikklærere i kollegiet, som behersker den nye teknologien, og har vurdert problemstillingene jeg skisserte under punkt 3 og 4 i kapittel 7.2. Den lokale skoleledelsen har redusert papirarbeid og møtevirksomhet til et minimum, og har ryddet plass i den bundne arbeidstiden til at lærerne kan få sette seg inn i utstyr og programvare, slik jeg gjorde greie for i kapittel 7.3. Alle matematikklærerne på skolen har også vært på kurs, der kursholderen fulgte rådene som ble gitt i kapittel 7.4. Jeg antar videre at den aller viktigste forutsetningen også er på plass: Lærerne som nå har fått frigjort tid til å sette seg inn i den nye programvaren er ikke ”pedagogiske gubber”. Dette har ingenting med alder eller kjønn å gjøre, men refererer til Michelets definisjon av begrepet.

Gubber kjennetegnes først og fremst ved dette: De har tenkt de tankene de har tenkt å tenke her i livet (Michelet, 1981, s. 5).

Jeg forutsetter videre at lærerne som har gjort seg klare til å erobre Digitalia (Johnsen, 2010, s. 5), har samme åpne grunnholdning som en av mine respondenter uttrykte: ”Vil ikke være gammel lærerinne som ikke greier å ta i bruk nye hjelpemidler.” De er like offensive og optimistiske som Pippi Langstrømpe når hun sier: ”Dette har jeg ikke prøvd før, så det tror jeg sikkert at jeg skal klare!” Spørsmålet er hvor disse lærerne skal starte. Jeg vil gi fire råd om dette:

1. Ikke vær redd for å spørre kollegaer om hjelp. Alle lærere har sine spesialområder, som andre kan lære av, og det er ingen som kan alt. Hver femte lærer oppgir at en av de viktigste grunnene til at de ikke bruker IKT i opplæringen, er at de ikke vet hvordan de skal bruke utstyret eller programvaren. Det kan være meget lærerikt å være med en erfaren kollega i en time, når denne har planlagt å bruke IKT på en fornuftig måte.

Dette blir støttet av Crisans undersøkelse (2007). Han legger stor vekt på at entusiastiske og dyktige IKT-brukere kan ha stor innvirkning på resten av kollegiet, om de bare blir benyttet.

The present study indicates that the role of the individual teacher ”responsible” for promoting ICT within a department/school is of great importance. In all three schools (especially in School X and Y), the mathematics teachers tended to rely on the work done by these key persons. They waited to see what works and relied heavily on the ICT materials these persons produced and/or bought for the department (Crisan, 2007, s. 29).

2. Mange av forlagene har ekstra digitale ressurser på nettsidene sine, i form av instruksjonshefter, opplæringsvideoer og ferdige filer med animasjoner som kan brukes til å illustrere matematiske sammenhenger i det aktuelle emnet som det jobbes med. Mange elever på både ungdomstrinnet og i 1P/1T vil for eksempel ha utbytte av å se dynamisk hvordan en endring av stigningstallet og konstantleddet påvirker grafen til en lineær funksjon. Sjekk altså forlagenes nettressurser, og se om der er tips til visualisering av matematiske sammenhenger.
3. Dersom elevene har bærbare datamaskiner, må det være et totalforbud mot at skjermene er oppe når læreren har felles gjennomgang og diskusjon med klassen. Elevene har ikke behov for å ta notater fra lærerens presentasjon. Dersom noen elever ønsker dette, kan læreren i stedet legge et sammendrag av det han/hun har gjennomgått ut i *Fronter*, *It's Learning* eller andre LMS-løsninger.

I avhandlingen til Andresen (2006) gir en elev denne beskrivelsen av problemet ovenfor:

Only very few persons close the screen down during the lesson, and they all sit... we all sit and... it is unavoidable when you sit by your screen. Then you have to check your e-mail (Andresen, 2006, s. 165).

4. Når læreren er blitt trygg nok på programvaren, kan han/hun la elevene få prøve seg på en utforskende problemløsningsoppgave. Det er en lang vei å gå for å utvikle en gjennomført *conjecturing atmosphere* i klasserommet, men det kan være verdt å ta noen prøvende skritt, og se om dette bidrar til å skape økt motivasjon og større matematisk forståelse på noen områder.

Andresen (2006) beskriver en situasjon som er meget interessant ut fra et didaktisk perspektiv.

S1: "Some of the teachers should benefit from an ICT-course, I think. They ask us to help with issues of the teaching."

S2: "I feel a little like...That you have yourself to help them with the teaching."

S3: "Than you have to teach your teacher..."

S4: "Not in the subject, though"

(Andresen, 2006, s. 164.)

Det er verdt å merke seg at det her ikke er snakk om matematikklæreren i prosjektet som Andresen beskriver. Han hadde ord på seg for å være en meget erfaren IKT-bruker. Spørsmålet er likevel om hvor dyktige lærerne må være før de skal tørre å la elevene ta i bruk matematisk programvare i timene. Bare 15,5 % av respondentene i min undersøkelse krysset av for at redsel for å miste autoritet var en *svært viktig* eller *nokså viktig* faktor når de skulle bestemme seg for om de ville ta i bruk IKT i matematikkopplæringen. Dette er etter mitt syn et sunnhetstegn. Det er positivt med en klasseromskultur der det er aksept for at både lærere og elever kan gjøre feil, og at det er spennende å finne ut av ting i lag med elevene. På den andre siden må læreren ha så stor faglig, didaktisk og teknologisk kompetanse at han/hun inngir tillit, og er i stand til å løse de fleste problemene som oppstår. En ukyndig lærer bør ikke bruke idealet om en utforskende klasseromskultur som unnskyldning for sin inkompetanse, men en dyktig lærer kan ofte undre seg sammen med elevene, og glede seg over spørsmål som han selv ikke vet svaret på.

Hva så om forholdene *ikke* er lagt til rette slik jeg har beskrevet i kapitlene 7.1 -7.4? Læreren er selvsagt fremdeles en rasjonell verdimaksimerer. Da vil jeg anbefale at han/hun tenker gjennom disse tre momentene før han/hun tar en beslutning om hva som bør gjøres videre:

- Les gjennom listen i vedlegg 4 med argumenter som lærerne har gitt for og mot bruk av IKT i matematikkopplæringen. Er det forhold her du ikke har tenkt over? Kan det tenkes at en målrettet og kontrollert bruk av IKT kan gi andre positive effekter enn dem som blir målt på eksamen?
- Det blir av og til vist til Finland, og pekt på at de gjør det veldig godt på internasjonale tester, samtidig som de har mindre bruk av IKT i opplæringen enn tilfellet er i Norge. Betyr dette at vi bør redusere bruken av IKT for å få like dyktige elever som de har i Finland? Loveless & Ellis (2001) har en illustrerende parallell til denne logiske kortslutningen:

At the time of writing the UK "A" level (18+) mathematics syllabus is being revised to intentionally reduce the opportunity for candidates to demonstrate capability with a calculator. One justification offered is the comparison with Germany where there is very low technology penetration and classroom computers remain relatively scarce. It is hard to see where the nonsense might end; Brazilian footballers play better than ours do and their schools have far higher level of illiteracy. Should we cut back on years of progress with books to improve our football scores? Would this be progress or cultural vandalism?" (Loveless & Ellis, 2001, s. xvii).

I Stortingsmelding nr. 31 kan vi lese:

For matematikk gir økt formalkompetanse bedre faglige prestasjoner, både på nasjonale prøver og avgangsprøver. Det er spesielt en sterk effekt når læreren er lektor, det vil si lærer med faglig fordypning på master- eller hovedfagsnivå. En økning i andelen lektorer på 10 prosentpoeng på en skole hever elevenes prestasjoner på ungdomstrinnet i gjennomsnitt med 0,56 poeng på den nasjonale prøven og med 0,08 karakterpoeng på avgangsprøven (KD, 2008, s. 35).

I Finland har alle som underviser på ungdomstrinnet og oppover hovedfag/mastergrad i det faget de underviser i. I tillegg kommer bare ca. 15 % av søkerne inn på

grunnskolelærerutdanningen. Det er ikke utenkelig at dette kan ha en viss innvirkning på de gode resultatene finske elever oppnår i PISA-testene.

Kjetil Johansen (Johansen, 2009) har i sin mastergradsoppgave pekt på en annen faktor som kanskje kan ha en innvirkning på forskjellen mellom PISA-resultatene i Norge og Finland. I sin kvantitative studie, fant Johansen at de finske lærerne stilte flere spørsmål av typen ”Hvordan tenkte du her?”, ”Hva skjer dersom...?” og ”Hvorfor blir det slik?”. Selv om denne undersøkelsen bare gjaldt noen få lærere, kunne det vært interessant å undersøke om det er en generell tendens at finske lærere er mer opptatt av å få elevene til å tenke matematisk, gjennom bruk av slike spørsmål av høy orden.

Bare 5 % av de finske rektorene mener bruk av IKT er svært viktig for at elevene skal oppnå bedre resultater på skolen, men 47 % av de samme rektorene mener IKT er svært viktig for å forberede elevene på jobber i framtida. Dette bildet samsvarer med den nasjonale IKT-satsingen i Finland.

Finland's ICT-skills-related strategic intent for year 2015 is that ICT will be inseparably linked to the daily life of citizens and organizations, and also to the ability of individuals and work communities to renew and continue to develop knowledge and learning, a development that Finland sees as a foundation of its economic and social competitiveness and well-being (Law, m.fl., 2008, s. 58).

Finske myndigheter er helt på linje med Cubans (2001) råd for en vellykket IKT-integrering.

It is now time to ask: how do these monies help us achieve our larger social and civic goals? In what ways can teachers use technology to create better communities and strong citizens? (Cuban, 2001, s. 197).

Finske skolemyndigheter er ut fra dette på ingen måte IKT-fientlige. De har tvert imot et meget fornuftig og framtidrettet perspektiv på IKT-integreringen. En kan da ikke la situasjonen i Finland brukes som argument for ikke å bruke IKT i norske klasserom.

- De virkelig dyktige brukerne teller ikke minutter eller timer som de bruker på å sette seg inn i et nytt matematikkprogram. For eksempel var 7 av 9 lærere som regnet seg som meget erfarne GeoGebra-brukere, enige i påstanden om at dette var så interessant at de gjerne brukte mange timer av fritiden sin på å utforske et nytt matematisk verktøy. Dette bør likevel ikke bidra til å skremme lærere fra å prøve. De vil kunne ha glede av *Digitalia* fra første stund, men for at de skal bli dyktige og trygge, kreves det hardt arbeid. Det er gjerne den samme grunnholdningen som kjennetegner elevene i land som lykkes i internasjonale tester. Lærere som bruker fritiden til å utforske et nytt verktøy har ofte det privilegiet at de ikke gjør dette ut fra redsel for å mislykkes, men ut fra lyst og teknologisk nysgjerrighet. Håpet er at elevene skal bli smittet av det samme vitebegjæret. Kanskje kan problemløsende aktiviteter med et godt digitalt verktøy være en av mange måter å tenne engasjementet hos de unge? I kapittel 6.3 viste jeg til egne og andres funn som tydet på at dette kunne være en effektiv og læringsfremmende kombinasjon.

7.6 Avsluttende kommentarer

I denne oppgaven har jeg pekt på hvilke faktorer lærerne selv legger mest vekt på når de vurderer om de vil ta i bruk IKT i undervisningen. I det siste kapittelet har jeg også beskrevet hvilke tiltak som bør koordineres og settes i verk for at flere lærere skal kunne ha glede og nytte av digitale hjelpemidler.

De fleste av innvendingene var av pedagogisk art, der lærerne var opptatt av nytteverdien i forhold til tidsbruken. Undersøkelsen viser at lærere betrakter tid som et knapt og verdifullt gode. Flere store forskningsrapporter peker på at det er viktig med aktive, engasjerte, faglig dyktige og strukturerte lærere for å få til effektiv læring, og det blir advart mot en praksis der lærerne er utydelige, og elevene får jobbe uten klare retningslinjer og faglige mål. Dette gjelder både ved ustrukturerte prosjektarbeider og vagt definerte IKT-aktiviteter. Bruk av IKT i matematikkopplæringen kan derfor lett bli en grådig tidstjuv, dersom læreren ikke har en klar faglig plan med aktiviteten, og evner å formidle denne til elevene, slik at alle vet hva de skal gjøre og hva som blir forventet av dem.

Spørsmålet er om IKT også kan fungere som et tryllemiddel. Kutzler (2008) har en fin historie som illustrerer at bruk av digitale hjelpemidler kan åpne stengte dører.

I had a very touching experience once with a group of students. As part of a teaching training course I taught a group of students while the teachers observed the lesson. We used the (legendary) TI-92 handheld and I let the students do some work in analytic geometry. I asked the students a quite demanding question and told them what kind of experiments they should do on their handhelds in order to find the answer. I walked through the classroom to see how well the students did, and after a while I saw the first students succeeded. Suddenly a girl shouted: "Yes!" I encouraged her to share her findings – and she gave a perfect answer. After the end of the lesson, her teacher told me that she was his "weakest" mathematics student. But in my class she was as fast and successful as the best of her classmates. For her the use of technology made a big difference! (Kutzler, 2008, s. 9).

Det kommer som regel ikke noen kanin ut av en hatt helt av seg selv. Det gjorde det ikke i dette tilfellet heller, for det måtte nemlig en mester til, som visste hvordan tryllemiddelet skulle brukes. Kutzler har både faglig, didaktisk og teknologisk kompetanse, og klarte derfor å kombinere Alseths og Røsselands (2010) hovedpunkter for *god klasseledelse* med Bjørgens (2008) kjennetegn på *helhetlig læring*.

God klasseledelse av læreren

- Gir felles innledninger til nytt fagstoff
- Gir grundige forklaringer, som eventuelt utdypes ut fra elevenes respons
- Lar elevene utveksle erfaringer
- Oppsummerer aktiviteter og trekker fram og belyser de vesentlige matematiske poengene i det elevene har gjort

(Alseth & Røsseland, 2010, s. 72)

Helhetlig læring for eleven

- Møter et problem
- Blir interessert
- Knytter det til sin erfaring
- Lærer for livet

(Bjørgen, 2008, s. 866)

Når en makter dette, og fremstår som en inspirerende, autentisk lærer, er valg av læringsverktøy mindre viktig. Læreren bør velge det verktøyet som er best egnet til et hvert formål. Av og til er hjelpemiddelet digitalt, og kan være svært nyttig og effektivt når læreren og elevene behersker det. Det ble også bekreftet av de respondentene i undersøkelsen som brukte IKT i sin undervisning.

Lektor Liv Charlotte Bjørnson ved Tyholmen videregående skole har sagt det slik i "Hvem skal hjelpe fremtiden?":

Vi må vite når det er fornuftig å bruke PC, og når det er fornuftig å ikke bruke den. En lærer kan ikke si at jeg er så gammel jeg, at PC, nei, det kan man holde på med i andre fag. Jeg har fått spørsmål av kolleger mer enn en gang, der de peker på PC'n og sier: "Er det himmelriket, det der?" Og jeg svarer alltid det samme: "Nei, det er det ikke, men det er virkeligheten, og den må vi forholde oss til." (Johnsen, 2010, s. 41).

I historien om Olav, fra den samme boka, så vi et eksempel på en lærer som var så utydelig at han verken var medhjelper eller los. Han var mer å betrakte som en blindpassasjer. En lærer skal være kaptein, og hans autoritet må komme fra hans personlighet, faglige dyktighet og rettferdige og omsorgsfulle lederskap.

En god lærer sender et budskap til sine elever om at det er noe som er verdifullt å lære. Det spesielle ved en autentisk lærer er at hun sender dette budskapet helhjertet, så å si med kropp og sjel. Det er denne helhjertetheten, dette gjennomtrengende, personlige engasjementet vi umiddelbart opplever i klasserommet når det leveres autentisk undervisning. Den innebærer at læreren ikke bare verbalt, men i hele sin framtoning inkarnerer sitt budskap om gjerne å ville lære elevene noe.” (Fibæk Laursen, 2004, s. 26).

Trylleformelen ligger i kombinasjonen av et brennende faglig engasjement og en væremåte overfor elevene, som viser at vi ser dem, liker dem og har store og klare forventninger til hva de skal prestere. Det er dette som gjør oss til autentiske lærere, og som betyr at vi kan utgjøre en forskjell for elevene våre. Da er det ikke verktøyet selv, men bruken av verktøyet som avgjør om det skal være en tidstjuv eller et tryllemiddel.

8. Referanseliste

- Alessi, G. (1988). Diagnosis diagnosed: A systematic reaction. *Professional School Psychology*, 3, 145-151.
- Alseth, B. Og Røsseland, M. (2010). Kan vi lære av feilene fra Sverige, eller skal vi gjenta dem? Artikkel i *Tangenten* nr. 2, 2010.
- Ambjörnsson, F. (2004). *I en klass för sig: Genus, klass och sexualitet bland gymnasietjejer*. (Doktorgradsavhandling. Stockholms universitet, Samhällsvetenskapliga fakulteten, Socialantropologiska institutionen.) Stockholm: Stockholms universitet, 2004.
- Assude, T. (2005). Time management in the work economy of a class, a case study: Integration of Cabri in primary school mathematics teaching. *Educational studies in mathematics*, 59, 183-203.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology. A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.
- Bachmann, K. & Haug, P. (2006). *Forskning om tilpasset opplæring*, Forskningsrapport nr. 62, Høgskulen i Volda.
- Balke, H. & Hutt, M. (2009). Gymnasielärares attityder till tekniska hjälpmedel i matematikundervisningen . Eksamensarbeid ved lærerutdanningen ved Göteborg universitet.
- Barth, F. (1966). *Models of social organization*. Glasgow: The University Press.
- Barth, F. (1969). *Ethnic Groups and Boundaries. The Social Organization of Culture Difference*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Barth, F. (2002). An anthropology of knowledge. *Current Anthropology, Volum 43, Nr. 1, Februar 2002*.
- Billington, M. (2009). Processes of instrumental genesis for teachers of mathematics. (Doktorgradsavhandling, Universitetet i Agder, Fakultet for teknologi og realfag, 2009). Kristiansand: Universitetet i Agder.
- Bjørgen, I. A. (2008). Ansvar for egen læring. *Tidsskrift for Norsk Psykologforening, Vol 45, nummer 7, 2008, 862-866*.
- Boaler, J. (1997). When even the winners are losers: evaluating the experience of “top set” students. *Journal of curriculum studies, 1997, vol.29 nr. 2, 165–182*.
- Botten, G. (2005). Om reflektert og ureflektert moromatematikk. Artikkel i *Tangenten* nr. 2, 2005. Hentet 15.03.10 fra:
http://www.caspar.no/tangenten/2005/geir_botten_2_2005.pdf.
- Bryman, A. (2001). *Social research methods*. (3.utg.) Oxford: Oxford University Press.
- Carlsen, B (2006). The changing role of gatekeepers: Rationing and shared decision-making in primary care. (Doktorgradsavhandling, Universitetet i Bergen, Stein Rokkans senter for flerfaglige samfunnsstudier, 2006). Bergen: Universitetet i Bergen.

- Cestari, M. L. (1998). Teacher-student communication in traditional and constructivist approaches to teaching. I H. Steinbring, M. G. M. Bussi & A. Sierpiska (Red.) *Language and communication in the mathematics classroom* (155-166). Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics.
- Chevallard, Y. (1989). *On didactic transposition theory: Some introductory notes*. Artikkel presentert ved the Domains of Research and Development in Mathematics Education Symposium. Bratislava. Hentet 15.02.10 fra: http://yves.chevallard.free.fr/spip/IMG/pdf/On_Didactic_Trabsposition_Theory.pdf
- Chung, I. (2009). Korean teachers' perceptions of student success in mathematics. *Montana Mathematics Enthusiast*, 6, 239-255.
- Christoffersen, K. (2009). *Databehandling og statistisk analyse med SPSS*. 4. utg. Oslo: Unipub.
- Chrysanthou, I. (2008). *The use of ICT in primary mathematics in Cyprus: the case of GeoGebra*. (Mastergradsoppgave, University of Cambridge, Faculty of Education, 2008). Cambridge: University of Cambridge, UK.
- Crisan, C, Lerman, S & Winbourne, P. (2007). Mathematics and ICT: a framework for conceptualizing secondary school mathematics teachers' classroom practices. *Technology, Pedagogy and Education*, 16, 21-39.
- Cuban, L. (1983). How did teachers teach, 1890 -1980. *Theory into Practice*, Vol. 22, No. 3, *Curriculum Change: Promise and Practice*. 159-165.
- Cuban, L. (1986). *Teachers and machines. The classroom use of technology since 1920*. New York: Teachers College Press.
- Cuban, L. (2001). *Oversold & underused. Computers in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Dale, E. L. & Wærness, J. I. (2007). Tilpasset opplæring og inkludering i skolefaglige læreprosesser. *Artikkel i Kompetanse for tilpasset opplæring. Utdanningsdirektoratet*, 39-54. Hentet 15.02.10 fra: <http://www.skolenettet.no/nyUpload/Moduler/Kompetanseutvikling/Dokumenter/Artsamling%20Kompetanse%20for%20tilp%20nett.pdf>.
- Darwin, C. (1969). *The autobiography of Charles Darwin, 1809-1882*. New York: Norton Company.
- Davis, M. (1970). *Game theory. A nontechnical introduction*. Mineola: Dover publications.
- Dewey, J. (1926). *Democracy and education*. New York: MacMillan.
- Doxiadis, A. (2000). *Uncle Petros and Goldbach's conjecture*. London: Faber & Faber.
- Duval, R. (1999). Representation, vision and visualization: Cognitive functions in mathematical thinking. Basic Issues for learning. *Proceedings of the annual meeting of the North American Chapter of the International group for the psychology of mathematics education*. (21st, Cuernavaca, Morelos, Mexico, 23. -26. Oktober, 1999).

- Eidsvåg, I. (2005). *Den gode lærer i liv og diktning*. Oslo: J. W. Cappelens forlag.
- Engström, L. (2006). *Möjligheter till lärande i matematik. Lärarens problemformuleringar och dynamisk programvara*. (Doktorgradsavhandling, Lärarhögskolan i Stockholm, Institutionen för undervisningsprocesser, kommunikation och lärande, 2006). Stockholm: Lärarhögskolan i Stockholm.
- Erfjord, I. (2008). *Teachers' implementation and orchestration of Cabri-use in mathematics Teaching*. (Doktorgradsavhandling, Universitetet i Agder, Fakultet for teknologi og realfag, 2008). Kristiansand: Universitetet i Agder.
- Fibæk Laursen, P. (2004). *Den autentiske læreren. Bli en god og effektiv lærer – hvis du vil*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Fuglestad, A. B. (2004). ICT tools and students' competence development. *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, 2004. Vol 2*, 439–446.
- Fuglestad, A. B. (2008). ICT for inquiry in mathematics: A developmental research approach. *Journal of computers in mathematics and science teaching*, 28(2), 2008, 191-202.
- Gigerenzer, G & Todd, P. M. (1999). *Simple heuristics that make us smart*. New York: Oxford University Press.
- Ginsburg, A., Leinwand, S., Anstrom, T., & Pollock, E. (2005). *What the United States can learn from Singapore's world-class mathematics system (and what Singapore can learn from the United States)*. Washington, DC: American Institutes for Research.
- Goos, M. (2005). A sociocultural analysis of the development of pre-service and beginning teachers' pedagogical identities as users of technology. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 8, 35-59.
- Grønmo, L. S. & Onstad, T. (2009). *Tegn til bedring. Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2007*. Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S., Onstad, T. & Pedersen, I. F. (2010). *Et skritt tilbake. Matematikk i den videregående skolen*. Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S. & Rosén, B. (1997). Elevers oppfatninger av funksjoner. *Nåmnaren nr. 1*, 1977 43- 47.
- Gullestad, M. (2001). *Kitchen-table society. A case study of the family life and friendships of young working-class mothers in urban Norway*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Harland, T. (2003). Vygotsky's zone of proximal development and problem-based learning: linking a theoretical concept with practice through action research. *Teaching in Higher Education*, Vol. 8, No. 2, 2003, 263–272.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York: Routledge.

- Hauge, O. H. (1980). *Dikt i samling*. Oslo: Noregs boklag.
- Heid, M.K., Sheets, C. and Matras, M.A. (1990). Computer-enhanced algebra: New roles and challenges for teachers and students. I T. Cooney (Red.), *Teaching and Learning Mathematics in the 1990s*, NCTM 1990 Yearbook (194–204). Reston, Va.: NCTM.
- Hennesy, S., K. Ruthven, et al. (2005). Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: commitment, constraints, caution, and change. *Journal of Curriculum Studies* 37(2): 155 -192.
- Hohenwarter, J., Hohenwarter, M., Lavicza, Z. (2009). *Introducing Dynamic Mathematics Software to Secondary School Teachers: The Case of GeoGebra*, *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* (2009), 28(2), 35-146.
- Hohenwarter, M. (2006). *GeoGebra - didaktische Materialien und Anwendungen für den Unterricht*. . (Doktorgradsavhandling, University of Salzburg, Faculty of Natural Sciences, 2006). Salzburg: University of Salzburg. Hentet 18.09.09 fra: <http://www.geogebra.org/de/wiki/index.php/Publikationen>
- Hundeland, P.S. (2009). *Matematikklærerens kompetanse. En studie om hva lærerne på videregående trinn vektlegger i sin matematikkundervisning*. (Doktorgradsavhandling, Universitetet i Agder, Fakultet for teknologi og realfag, 2008). Kristiansand: Universitetet i Agder.
- Ibrahim, M. (2009). Theory of bounded rationality. *Public Management. Vol 91. 2009*. Hentet 21.09.09 fra: http://findarticles.com/p/articles/mi_hb4325/is_200906/ai_n32330009/
- Iranzo, N. (2009). *Influence of dynamic geometry software on plane geometry problem solving strategies*. (Doktorgradsavhandling, Departament de Didactica de la Matematica i de les Ciencies Experimentals Universitat Autònoma de Barcelona, 2009). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Janvier, C. (1981). Use of situations in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 12 (1981), 113-122.
- Jaramillo, J. A. (1992). Vygotsky's sociocultural theory and contribution to constructivist curricula. *Education*, 117, 133-140.
- Johansen, K. (2009). *Spørsmål og respons i finske og norske matematikklaserom: En komparativ case-studie*. (Mastergradsoppgave, Universitetet i Agder, Fakultet for matematiske fag, 2009). Kristiansand: Universitetet i Agder.
- Johnsen, E. B. (2010). *Hvem skal hjelpe fremtiden? Et varsko om læremidlene og skolen*. Oslo: H. Aschehoug & co.
- KD (2004). *Stortingsmelding nr. 30. (2003-2004). Kultur for læring*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- KD (2006). *Læreplanverket for Kunnskapsløftet*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- KD (2008). *Stortingsmelding nr. 31. (2007-2008). Kvalitet i skolen*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.

- Kirke- og undervisningsdepartementet (1938). *Innstilling II fra Plankomiteen for den nye skoleordning*. Oslo: Det Mallingske Boktrykkeri.
- Kirke- og undervisningsdepartementet (1971). *Mønsterplan for grunnskolen. Midlertidig utgave 1971*. Oslo: Aschehoug
- Klette, K. (2008). Når elever får ansvaret for å forvalte egen ulykke. *Bedre skole*, nr. 1, 2008.
- Kløvstad, V. (2009). *ITU Monitor. Skolens digitale tilstand 2009. Rapport 4*. Oslo, Forsknings- og kompetansenettverk for IT i utdanning (ITU), Universitetet i Oslo.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R. V., Roe, A., & Turmo, A. (2004). *Rett spor eller ville veier? Norske elevers prestasjoner i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2003*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kjærnsli, M., Lie, S. Olsen, R. V. & Roe, A. (2007). *Tid for tunge løft. Norske elevers prestasjoner i naturfag, lesing og matematikk i PISA 2006*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kutzler, B. (2008). *Technology and the Yin and Yang of teaching and learning mathematics*. Linz, Østerrike: Bernhard Kutzler.
- Lagerstrøm, B.O. (2007). *Kompetanse i grunnskolen. Hovedresultater 2005/2006*. (SSB rapport 2007/21). Oslo: Statistisk sentralbyrå.
- Lampert, M. (1990). When the problem is not the question, and the solution is not the answer: Mathematical knowing and teaching. *American Educational Research Journal*, 27, 29-63.
- Lavicza, Z. (2008). A comparative analysis of academic mathematicians' conceptions and professional use of computer algebra systems in university mathematics. (Doktorgradsavhandling. University of Cambridge, Faculty of Education, 2008). Cambridge: University of Cambridge.
- Law, N, Pelgrum, W, Plomp, T. (2008). *Pedagogy and ICT use in schools around the world. Findings from the IEA Sites 2006 study*. Hong Kong: Springer.
- Lester, F. K. & Lambdin, D. V. (1977). The ship of theseus and other methaphores for thinking about what we value in mathematics educational research. I A. Sierpinska & J. Kilpatrick (Red.), *Mathematics education as a research domain: a search for identity. An ICMI study book 2*. 415-425. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lie, S., Kjærnsli, M. & Brekke, G. (1997). *Hva i all verden skjer i realfagene? Internasjonalt lys på trettenåringers kunnskaper, holdninger og undervisning i norsk skole*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Lidén, H. (2000). *Barn - tid - rom: skiftende posisjoner. Kulturelle læreprosesser i et pluralistisk Norge*. (Doktorgradsavhandling, SVT fakultetet, NTNU). Trondheim: NTNU.

- Lingefjärd, T. (2000). *Mathemahical modeling by prospecting teachers using technology.* (Doktorgradsavhandling, University of Georgia, 2000.) Athens, Georgia, USA: University of Georgia.
- Little, C. (2008). *Interactive geometry in the classroom: old barriers and new opportunities.* I Joubert, M. (Red.) *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics* 28 (2), 49-54.
- Liu, P. & Niess, M. L. (2006). An exploratory study of college student's view of mathematical thinking in a historical approach calculus course. *Mathematical Thinking and Learning*, 8, 373-406.
- Loveless, A. & Ellos, V. (2001). *ICT, Pedagogy and the Curriculum.* New York: RoutledgeFalmer.
- Lu, Y.-W. A. (2008). *Linking geometry and algebra: a multiple-case study of upper-secondary mathematics teachers' conceptions and practices of GeoGebra in England and Taiwan.* (Mastergradsoppgave, University of Cambridge, Faculty of Education, 2008). Cambridge: University of Cambridge, UK.
- Mason, J. (1982). *Thinking mathematically.* Essex: Pearson Education.
- Mevarech, Z. R. & Kramarsky, B. (1997). From verbal descriptions to graphic representations: Stability and change in students' alternative conceptions. *Educational Studies in Mathematics*. 32 (1997) 229-263.
- Michelet, E. (1981). *En annen historie.* Oslo: J.W. Cappelen forlag.
- Monaghan, J. (2004). Teachers' activities in technology-based mathematics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 9, 327-357.
- Moroney, M. J. (1975). *Tall kan tale.* Oslo: Universitetsforlaget.
- Mullis, I, Matin, M. O. & Foy, P. (2007). *TIMSS 2007 International Mathematics Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades.* Boston: TIMSS & PIRLS International Study Center.
- Mullis, I, Matin, M. O., Robitaille, D. F. & Foy, P. (2009). *TIMSS Advanced 2008 International Report: Findings from IEA's Study of Achievement in Advanced Mathematics and Physics in the Final Year of Secondary School.* Boston: TIMSS & PIRLS International Study Center.
- Naylor, M. (2001). Decision tree. *College Math Journal*, 32, 3.
- NCTM (2000). *Principles and Standards for School Mathematics.* National Council of Teachers of Mathematics.
- Niss, M., & Jensen, T. H. (2002). *Kompetencer og matematiklæring. Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark.* København: Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen temahæfteserie nr. 18 - 2002.

- NOU (2002). *Førsteklasses fra første klasse. Forslag til rammeverk for nasjonalt kvalitetsvurderingssystem av norsk grunnopplæring*. Oslo: Utdannings- og forskningsdepartementet.
- NOU (2003). *I første rekke. Forsterket kvalitet i en grunnopplæring for alle*. Oslo: Utdannings- og forskningsdepartementet.
- Ollerton, M. (2009). *The mathematics teacher's handbook*. London: Continuum International Publishing Group.
- Pelgrum, W. J. & Anderson, R. A. (Red.). (1999). *ICT and the emerging paradigm for lifelong learning: A worldwide educational assessment of infrastructure, goals and practices*. Amsterdam: International Association for the Evaluation of Educational Achievement.
- Pólya, G. (1945). *How to solve it. A new aspect of mathematical method*. (2.utg). London: Penguin.
- Preiner, J. (2008). *Introducing dynamic mathematics software to mathematics teachers: The case of GeoGebra*. (Doktorgradsavhandling, University of Salzburg, Faculty of Natural Sciences, 2008). Salzburg: University of Salzburg.
- Russell, B. (1948). *Human knowledge: Its scope and limits*. New York: Simon and Schuster.
- Ruthven, K. & Hennessy, S. (2002). A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning. *Educational Studies in Mathematics*, 49, 47–88.
- Ruthven, K. (2007). Teachers, technologies and the structures of schooling. *Proceedings of the Conference of the European Society for Research in Mathematics Education*, Kypros. Hentet 26.11.09 fra:
<http://ermeweb.free.fr/CERME%205/Plenaries/Plenary3.pdf>
- Rønningstad, K. (2009). *Misoppfatninger rundt funksjonsbegrepet. En undersøkelse blant elever i videregående skole*. (Mastergradsoppgave i realfagdidaktikk. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo, 2009). Oslo: Universitetet i Oslo.
- Sangwin, C. (2007). A brief review of GeoGebra: dynamic mathematics. *IMSOR Connections Vol 7, No. 2*, 36-38.
- Scarlett Epstein, T. (1975). The ideal marriage between the economist's macro approach and the social anthropologist's micro approach to development studies. *Economic Development & Cultural Change, Economic Development and Cultural Change*, Vol. 24, No. 1 (Okt., 1975), 29-45.
- Schwartz, J. (1989). Symposium: Visions for the Use of Computers in Classroom Instruction. *Harvard Educational Review*, v.59 nr. 1, 50-86.
- Shor, Mikhael. (2005). Nash Equilibrium. *Dictionary of Game Theory Terms*, Game Theory .net. Hentet 13.05.10 fra:
<http://www.gametheory.net/dictionary/NashEquilibrium.html>.

- Sierpinska, A. (1993). Criteria for scientific quality and relevance in the didactics of mathematics. I G. Nissen & M. Blomhøj (Red.). *Criteria for scientific quality and relevance in the didactics of mathematics* (s. 35-74). Roskilde: Danish Research Council for the Humanities.
- Simon, H. A. (1957). *Models of man*. New York: Wiley.
- Sjøberg, S. (2006). *Skal norsk skole kopiere Singapore?* Kronikk i Dagbladet 29.03.2006
Hentet 21.09.09 fra: <http://www.dagbladet.no/kultur/2006/03/29/462157.html>
- Somekh, B. (2008). Factors affecting teachers' pedagogical adoption of ICT. I: Voogt, J. & Knezek, G. (Red.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (449–460). New York: Springer.
- Spicer, E. (Red). (1952). *Human problems in technological change*. New York: Russel Sage Foundation.
- Turmo, A & Aamodt, P.O. (2007). Pedagogisk og faglig kompetanse blant lærere i videregående skole. *Norsk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning. Rapport 29/2007*.
- Tuset, G. (2010). Skolefagundersøkelsen. Artikkel i *Tangenten 2/2010*, 40–43.
- Utdanningsdirektoratet (2005). Den generelle delen av læreplanen. R94. Hentet 17.04.09 fra: <http://www.udir.no/Artikler/Lareplaner/Lareplanverket-for-videregaende-opplaring-R94/>.
- Utdanningsdirektoratet (2007). Kompetanse for tilpasset opplæring. Artikkelsamling. Hentet 17.04.10 fra: <http://www.skolenettet.no/nyUpload/Moduler/Kompetanseutvikling/Dokumenter/Artsamling%20Kompetanse%20for%20tilp%20nett.pdf>.
- Utdanningsdirektoratet (2008a). *Utdanningsspeilet 2008. Tall og analyse av grunnutdanningen i Norge*. Hentet 19.01.10 fra: http://www.udir.no/upload/Rapporter/2009/US08_110909.pdf
- Utdanningsdirektoratet (2008b). Sites 2006. Oppsummering og anbefalinger. Hentet 19.01.10 fra: http://www.udir.no/upload/Forskning/Internasjonale_undersokelser/Sites2006_sammendrag.pdf.
- Utdanningsdirektoratet (2009). Læreplan for fellesfaget matematikk. Hentet 19.01.10 fra: <http://www.udir.no/grep/Lareplan/?laereplanid=994153>
- Utdanningsdirektoratet (2010). Vurderingsveiledning 2010. Matematikk, sentralt gitt eksamen Studieforbereende og yrkesfaglige utdanningsprogram, Kunnskapsløftet LK06. Hentet 28.04.10 fra: http://www.udir.no/upload/Eksamen/Videregaende/V2010/Matematikk_VGO_%20BM.pdf
- Vavik, L. m.fl. (2010). *Skolefagsundersøkelsen 2009. Utdanning, skolefag, teknologi. Hovedrapport*. Høgskulen Stord/Haugesund, 2010. Hentet 25.03.10 fra http://brage.bibsys.no/hsh/bitstream/URN:NBN:no-bibsys_brage_11364/3/Hovedrapport.pdf.

- Vermeulen, H. & Govers, C. (1944). *The anthropology of ethnicity. Beyond "Ethnic groups and boundaries"*. Amsterdam: Het Spinhuis.
- von Neumann, J. & Morgenstern, O. (1944). *Theory of games and economic behaviour*. Princeton og Oxford: Princeton University Press.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development in higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wells, G. (2000). Dialogic inquiry in education: Building on the legacy of Vygotsky. I Lee, C. D. & Smagorinsky, P.(Ed.) *Vygotskian perspectives on literacy research*. New York: Cambridge University Press.
- Wigley, A. (1992). Models for teaching mathematics. *Mathematics Teaching 141*, 4-7.
- Wæge, K. (2007). *Elevenes motivasjon for å lære matematikk og undersøkende matematikkundervisning*. (Doktorgradsavhandling, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Nasjonalt senter for matematikk i opplæringen, 2007). Trondheim: NTNU.
- Öman, I. (1976). *Albert Engström. Presentert og utvalgt av Ivar Öman*. Oslo: Den norske bokklubben.
- Aarø, L. E. (2007). *Fra spørreskjemakonstruksjon til multivariat analyse av data: En innføring i survey-metoden* (Hemil-report no. 2-2007). Bergen: Research Centre for Health Promotion.

Vedlegg

Vedlegg 1. Forkortelser og akronymer.....	s. 165
Vedlegg 2, Innledning til spørreskjemaet.....	s. 166
Vedlegg 3. Fritekstsvaer på spørsmål 18, 19 og 20.....	s. 167
Vedlegg 4. Fritekstsvaer på spørsmål 26 og 28.....	s. 169
Vedlegg 5. Fritekstsvaer på spørsmål 27.....	s. 185
Vedlegg 6. Fritekstsvaer på spørsmål 31.....	s. 188
Vedlegg 7. Eksempel på utforskende eksamensoppgave.....	s. 189

Vedlegg 1. Oversikt over forkortelser og akronymer som er brukt i denne oppgaven

1P	Praktisk matematikk på Vg1	På studiespesialisering utgjør dette 5 t per uke
1T	Teoretisk matematikk på Vg1	På studiespesialisering utgjør dette 5 t per uke
3MX	Matematikkurs på Vkl	Ved innføringen av LK06 ble Grunnkurs til Vg1, Vkl ble Vg2 og VklII ble til Vg3
CAS	Computer Algebra System	Dataverktøy som kan regne symbolsk og ikke bare numerisk
GPs	General practioners	Fastleger som avgjør pasientenes videre behandling
IKT	Informasjons og kommunikasjonsteknologi	I denne oppgaven blir IKT brukt synonymt med digitale verktøy til bruk i matematikkopplæringen
KD	Kunnskapsdepartementet	Ble opprettet av statsminister Jens Stoltenberg i 2006, som en videreføring av Utdannings- og forskningsdepartementet
LK06	Læreplanen for Kunnskapsløftet, 2006	Ny læreplan som ble innført i Norge i 2006
MERG	Mathematical Education Research Group	MERG er et prosjekt, som er en del av kurset Læring og undervisning i matematikk ved UiA
NSD	Norsk Samfunnsvitenskaplig Datatjeneste	NSD er eid av Kunnskapsdepartementet, og skal sikre dataformidling og tjenesteyting overfor forskningssektoren
R1	Realfagmatematikk 1	Et matematikkurs på 5 timer per uke på Vg2. Dette kurset bygger videre på 1T
R2	Realfagmatematikk 2	Et matematikkurs på 5 timer per uke på Vg3. Dette kurset bygger videre på R1
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences	SPSS er et program for analyse av statistiske data. Programmet ble kjøpt opp av IBM i 2009
Stp.	Studiepoeng	30 studiepoeng tilsvarer et halvt års studier
UiA	Universitetet i Agder	Høgskolen i Agder ble til Universitetet i Agder 1. september 2007
Vg1	Videregående kurs 1	Det første året på videregående skole

Vedlegg 2. Innledningen til spørreskjemaet

Invitasjon til å delta i en spørreundersøkelse om bruk av IKT i matematikkopplæringen.

Institutt for matematiske fag ved Universitetet i Agder vil med dette invitere deg til å delta i en spørreundersøkelse om bruk av IKT i matematikkopplæringen.

I denne undersøkelsen brukes begrepene IKT og digitale hjelpemidler synonymt. Begrepene omfatter her enkle lommeregner, grafiske kalkulatorer, regneark og alle typer dataprogrammer som kan brukes til å tegne grafer og matematiske figurer, utføre beregninger og/eller til å skrive og presentere en matematisk tekst. Den typen digitale hjelpemidler som er understreket ovenfor blir heretter omtalt som matematisk programvare.

Dette spørreskjemaet blir sendt til et utvalg matematikklærere på ungdomstrinnet og på videregående skoler i Norge. Undersøkelsen er frivillig, og alle opplysninger vil bli anonymiserte av det elektroniske innsamlingsverktøyet *Questback*. Det vil derfor ikke være mulig for forskerne å knytte svarene du gir til e-postadresse, navn eller skole.

Formålet med undersøkelsen:

Formålet med dette spørreskjemaet er å samle informasjon fra lærere om deres erfaringer med - og meninger om bruk av IKT i matematikkopplæringen. De første delene inneholder spørsmål om IKT generelt. De ti siste spørsmålene omhandler matematisk programvare, med spesielt fokus på *GeoGebra* og lignende dataprogram.

Tidsbruk:

Det vil ta ca. 15 minutter å fylle ut disse opplysningene. Vi vil være meget takknemlige om du tar deg tid til å bidra, da det er viktig for kvaliteten på undersøkelsen at svarprosenten er så høy som mulig. Det er like viktig med informasjon fra lærere som ikke har så mye erfaring med bruk av IKT, som fra mer rutinerne brukere.

Konfidensialitet:

Opplysninger fra den enkelte og identiteten til dem som svarer, vil ikke bli gjort tilgjengelig for andre, hverken under eller etter undersøkelsen. *Norsk Samfunnsvitenskaplig Datatjeneste* og *Personvernombudet for forskning* har godkjent innhenting av disse opplysningene etter gjeldende regelverk for forskningsprosjekter.

Spørsmål og kommentarer:

Dersom du har spørsmål eller kommentarer, kan du ta kontakt med Sigbjørn Hals på e-post: sigbjh08@uia.no, mobil: 90 51 93 33 eller med førsteamanuensis og veileder Ingvald Erfjord, Universitetet i Agder på e-post ingvald.erfjord@uia.no, tlf. 38 14 15 47.

Mvh

Sigbjørn Hals

Ingvald Erfjord

Vedlegg 3. Fritekstsvaer på spørsmål 18, 19 og 20

Nr.	10. kl	1P	1T
1	GeoGebra	GeoGebra	TI-Nspire
2	GeoGebra	GeoGebra	GeoGebra
3	GeoGebra	GeoGebra	GeoGebra
4	Graph og Excel	Graph, GeoGebra	GeoGebra
5	GeoGebra og Graph	GeoGebra	GeoGebra + grafisk kalk.
6	GeoGebra	GeoGebra	TI-Nspire
7	GeoGebra	TI InterActive	GeoGebra
8	GeoGebra	TI-Nspire	GeoGebra + grafisk kalk.
9	GeoGebra	GeoGebra	GeoGebra
10		GeoGebra, wxMaxima	GeoGebra
11		GeoGebra	GeoGebra, ParAbel, wxMaxima
12		GeoGebra	GeoGebra
13		GeoGebra	Graph og GeoGebra
14		GeoGebra, wxMaxima	GeoGebra og wxMaxima
15		GeoGebra	TI-InterActive
16		GeoGebra	Graph
17		GeoGebra	GeoGebra
18		Casio-kalkulator på PC	GeoGebra
19		GeoGebra	GeoGebra, Graph, Grafisk kalkulator
20		TI InterActive	GeoGebra, wxMaxima og MathCad
21		TI InterActive	GeoGebra
22		GeoGebra	GeoGebra
23		TI-Nspire	GeoGebra
24		GeoGebra	GeoGebra
25		Forlagets nettsider	GeoGebra, wxMaxima
26		TI-Nspire og GeoGebra	GeoGebra
27		GeoGebra	TI-Nspire
28		TI-Nspire	GeoGebra
29		Graph	GeoGebra
30		GeoGebra	GeoGebra, kalkulator
31		Graph	GeoGebra
32		GeoGebra	GeoGebra
33		TI-Nspire	TI-Nspire
34		GeoGebra og Sinus sine flash-oppgaver	TI InterActive
35		Graph	GeoGebra
36		TI-Nspire	TI-Nspire
37		TI InterActive	GeoGebra og TI InterActive
38		GeoGebra	GeoGebra
39		TI-Nspire	GeoGebra og TI InterActive
40		TI-Nspire	Forlagens nettsider
41		TI-Nspire	Maple eller GeoGebra
42		GeoGebra	GeoGebra
43			GeoGebra
44			GeoGebra
45			MathCad
46			GeoGebra
47			GeoGebra
48			GeoGebra
49			GeoGebra
50			GeoGebra + Graph
51			GeoGebra
52			Graph
53			GeoGebra

Nr.	10. kl	1P	1T
54			GeoGebra
55			GeoGebra
56			TI-Nspire
57			TI-Nspire
58			TI-Nspire
59			GeoGebra
60			GeoGebra
61			GeoGebra

Vedlegg 4. Fritekstsvaer på spørsmål 26 og 28

10. klasse. Grunner for bruk av IKT i matematikktimene:

1	1. Variasjon 2. Motiverende
2	1.Mål i kunnskapsløftet 2.Krav til eksamen 3.Elevene må kunne bruke lage tabeller og grafer på data
3	1. Det er et naturlig verktøy 2. Gir flere læringstrategier 3. Øker forståelse
4	1. Læreplanen 2. Motivasjon - som gir positiv innvirkning på andre deler av matteundervisningen 3. Viktigheten av å beherske programvare
5	1. Elevene kan kanskje raskere se matematiske sammenhenger. 2. Excel er mye i bruk i det vanlige liv
6	1. Eksamen 2. Læringsutbytte 3. Fleksibilitet, forenklende
7	1. Nyttig i hverdagen 2. Eksamen 3. Motivasjon
8	1.For at elever skal lære seg å bruke det som et hjelpemiddel 2.For at elevene skal få andre perspektiv på hvordan man kan løse oppgaver 3.For at det står i lærerplanen
9	Det kreves til eksamen
10	1. Eleven må beherske det på eksamen.
11	1. Gir elevene to innfallsvinkler på samme tema 2. Forbereder elevene på bruk av ulike programvarer senere i livet 3. Motivasjon, spesielt for enkelte elever
12	1. Det står i læreplanen at elevene skal lære å bruke programmene. 2. For en del elever er det motiverende. 3. En del temaer, eks. diagram tegning er enklere i Excel enn for hånd.
13	1. Excel har nytteverdi utanom matte/skule 2. Det står i læreplanen 3. Det motiverer nokre elevar i mattetimaner
14	1. Naturleg emne i faget 2. Nyttig hjelpemiddel for elevane 3. Læreplanen
15	1. Elevane får bruk for det til eksamen 2. Elevane lærer av å bruke data. 3. Det finst lett tilgjengelege oppgåver

16	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplan 2. Motivasjon 3. Tidsbesparende for elevene ved eksamen
17	<ol style="list-style-type: none"> 1. Øke forståelsen 2. Øke læreutbyttet 3. Elevene får utforsket mer av lærestoffet pga enklere med IKT enn for hånd (tidsbesparende) og illustrerende
18	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevene har bruk for å kunne bruke Excel til matematiske utregninger på videregående og ellers i yrkes og privatlivet. 2. Øker forståelsen for matematikken bak formlene. 3. Øker IKT-kompetansen
19	<ul style="list-style-type: none"> - Skal i fylgje planane bruke det - Forenkler ein del oppgåver for elevane
20	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplanen 2. Eksamenstrening 3. Læringsutbytte
21	1 (Bruker først og fremst Excel.) Det er påkrevd på tentamen og eksamen.
22	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplanen krever det 2. Elevene bør kjenne til ulike muligheter
23	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksamen 2. Matematikk i dagleglivet 3. Læreplanen
24	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kan prøve ut mange alternativer raskt. 2. Resultatene kan bli mer tiltalende visuelt. 3. Regneark gir god trening i føring av oppgaver.
25	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visualsierer for elevene, særlig de svake 2. Motiverende 3. Går fortare å tegne på GeoGebra
26	Jeg bruker EXCEL fordi jeg mener at elevene senere vil få bruk for å kunne programmet i skole og yrkesliv og fordi kunnskapsløftet og eksamen legger opp til det.
27	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dynamikk, kan vise dynamiske prosesser 2. Motivasjon. Trigger interesse til flere/andre elever. 3. Diskusjoner. Godt egnet til samarbeid der man diskuterer seg fram til en løsning.
28	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplanen sier at det skal brukes 2. Motiverende for elever
29	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motiverande for elevane 2. Viktig å kunne handtere som eit verktøy til seinare i livet 3. Forenkla fleire matematikkoperasjonar
30	<ol style="list-style-type: none"> 1. Det er læreplanfestet 2. Det virker ofte motiverende på svake elever 3. Det er veldig praktisk å kunne!
31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Øke lærelysten 2. Nytt verktøy - nye muligheter 3. Lever oppgavene inn digitalt

32	Den viktigste grunnen er at det er en del av pensum.
33	1. Motivasjon hos elevene 2. Forståelse 3. Variasjon
34	1) Viktig kompetansemål 2) Tidsbesparende 3) Vil få bruk for dette senere
35	Kunne det til eksamen Variasjon Læring for livet
36	1. Brukes på eksamen 2. Konkretisering av matematikken 3. Motivasjon for elevene
37	1. Det blir stilt krav om det til eksamen. 2. Man får bruk for det senere i dagliglivet.
38	1. For jeg ser nytten av det i elevenes videre utdanningsløp. 2. Jeg får alle elevene med 3. Det går fortere og løse f. eks oppgaver med grafer på data og det blir mer nøyaktig.
39	1. Visualisere for elevene f. eks GeoGebra 2. Bruke Excel fordi det er mer hensiktsmessig i f. eks økonomi 3. Elevene mestrer bedre å lage sektordiagram på Excel en for hånd.
40	1 Elevane likar å arbeide på data 2 Variasjon
41	1. Nyttig verktøy for elevene 2. Visualiserer for elevene og stoffet blir lettere å forstå 3. Variasjon i undervisningen
42	1.Motivasjon 2.Variasjon 3.Læringsutbytte
43	Motivasjon "Enklere" og komme fram til et svar, altså tidsbesparende LMS for å gi elevene andre utfordringer enn læreboka, tips, tester og grublerier
44	1. Innføring og kjennskap til programvaren for senere bruk. 2. Lære formler og bruke dem i programvaren. 3. Utvikler egenlæring, diskusjon mellom elevene og læreren.
45	1. Gode hjelpemidler for elevene 2. Kan øke forståelse av ulike temaer 3. Eksamensrelevant
46	1. Kunnskapsløftet krever det. 2. Elevene vil få bruk for dette i fremtiden. 3. Det er med å øke motivasjonen til mange. Variasjon i undervisningen.
47	1. Pensum 2. Behovet til elevene ut fra faglig nivå 3. Variasjon i undervisningen

48	1: Nyttig verktøy 2: Motiverende 3: Framtidsrettet
49	1. Elevene blir motiverte. 2. Mange som er unøyaktige til å tegne grafer på papiret får det til fint på pc- 3. Øving til eksamen
50	1. Elevene trenger det på eksamen. 2. Elevene blir motivert av å bruke matematisk programvare. 3. Elevene kommer til å få bruk for det senere
51	1. Variasjon 2. Motivasjon 3. Læreplan
52	- Nytteverdi for oppgaveløsning i forskjellig emner i faget - Læreplanmål som forutsetter bruk av matematisk programvare - Eksamen
53	1. Motivasjon 2. Læreplan 3. Variasjon
54	1. Fordi elevene trenger å lære det 2. Fordi de får bruk for det til eksamen
55	1. Viser elevene hvordan oppgaver kan løses på flere måter 2. Kan forenkle operasjoner som elevene synes er vanskelig, samt at det kan hjelpe å få sett noen oppgaver løst på en annen visuell måte enn tavle 3. Variasjon i oppgaveløsningen
56	1. Det står i læreplanen 2. Ledelsen på skulen og fagseksjon har bestemt at dette skal vi jobbe med. 3. Det kjem på eksamen. 4. Vi blir kursa i programmet.
57	Den viktigste grunnen er at den matematiske programvaren viser noe som er vanskelig å få til på papiret.
58	Det vil ha nytteverdi i arbeidslivet etterpå. De lærer at de må kunne matematikk for å bruke excel. Det står i kompetansemålene at de skal jobbe digitalt.
59	Det er relevant for elevenes fremtid Det er motiverende det forenkler tidkrevende regneoperasjoner
60	1. Elevene blir prøvd i dette under eksamen 2. Variere undervisningen 3. Få andre innfallsvinkler 4. Digital kompetanse
61	1. Elevene vil få to oppgaver på eksamen, med krav om bruken av det 2. Gjøre enkelte ting enklere 3. Motivasjon
62	1. Variasjon i undervisninga 2. Treffe elevar som strevar skriftleg 3. Nytte IKT til å kunne skape forståing for ulike matematiske samanhengar.

63	1. Motivasjon
64	1. Føringer i læreplanen 2. Rasjonell måte å løyse oppgaver på. 3. Variasjon i arbeidsmåtar.
65	-Får bedre forståelse -Penere/ryddigere fremstilling -Et hjelpemiddel som gir enkelte elever motivasjon
66	1. Elevene liker data 2. Elevene liker at oppsettet ser fint ut 3. Elevene liker å samarbeide om oppgavene
67	Få flere innfallsvinkler til samme problem.(EKS: GeoGebra) Det stilles krav til kunnskap om f. eks Excel ved eksamen. Det er viktig å ha kjennskap til bruk av f. eks regneark i mange yrker og i samfunnet forøvrig i dag.
68	1. Visualisere matematikken ved bruk av dynamisk programvare 2. Muligheter for å variere undervisningen. 3. Gi elever med skriveproblemer, muligheter til å skape et produkt de er stolt av.
69	1. Eksamensoppgåver knytta opp mot databruk. 2. Enkelte oppgåvetypar kan med fordel løysast på rekneark, t.d. diagram, handelsrekning, formelrekning, ... 3. Variasjon i undervisninga.
70	1. Tidsbesparende 2. Eksamensrelevant 3. God hjelp for mange elever
71	1. Læreplanmål 2. Variasjon - motivasjon - læring 3. Bruk for senere i livet/hverdagen
72	1. At dette verktøyet vil elevene møte senere... 2. At det motiverer. 3. At det er utviklende.
73	1 Læreplanen krever det 2 Elevene har nytte av det 3 Det er morsomt
74	1. Det er god hjelp til å visualisere 2. Effektiv ved systematisering 3. Skape variasjon
75	1. Det forventes i Læreplanen at vi bruker IKT verktøy. 2. Regneark ferdigheter er noe alle bør beherske. 3. Grafer, diagrammer blir lettere å framstille og lettere å forstå enn håndlagede utgaver av det samme.
76	1. Kunne bruke kompetansen sin innan matematikk 2. Er tidsbesparande å bruke matematiske program
77	1. Det er motiverande for å jobba med matematikk for elevane

78	Visualisering Dynamisk Mulighet for å lagring av resultater/notater/ elevenes løsninger Variasjon
79	1. Nyttig hjelpemiddel 2. Elevene lærer av det/motivasjon 3. Eksamen
80	1. Nyttig som redskap 2. Læreplan 3. Variasjon
81	Gir elevene bedre kompetanse i matematikk Gir elevene bedre digital kompetanse Er mer effektivt i noen typer oppgaver
82	1. Elevene skal ha kjennskap til verktøya dei kan bruke i arbeidslivet. 2. motivere fleire elever. 3. la dei få krydder i kvardagen.
83	1. Det er enkle oppgaver tilgjengeleg 2. Elevene har fagleg utbytte av å bruke digitale hjelpemiddel 3. Elevene vil ha bruke for denne kunnskapen til eksamen

10. klasse. Grunner mot bruk av IKT i matematikktimene:

1	1. Antall maskiner i klasserommet begrenser bruken. (Praktisk) 2. Eksamen har gitt oppgaver som krever lite. (Pedagogisk) 3. Innsatsen elevene legger ned i forhold til andre programmer enn Excel, står ikke i stil til hva de får igjen - altså for lite tid. (Pedagogisk)
2	1. En opplevelse av for liten tid og liten erfaring på området, (Pedagogisk og personlig) 2. For store klasser (Pedagogisk) 3. Ikke noe samarbeid og ingen oppfølging (Personlig)
3	Det tar lang tid å logge på og alle kommer inn (Praktisk)
4	1. Tidkrevende (Pedagogisk) 2. Pålogging/oppstart tar lang tid (Praktisk)
5	Bruker boka (Pedagogisk)
6	1. Føler at jeg kan for lite (Personlig) 2. Jeg får ikke nok supporting av andre lærere (Personlig)
7	Tidspress (Pedagogisk) Mere uro og styr (Pedagogisk) Mye tid går vekk før en kommer til det en skal gjøre. Det er enklere med boka. Den er på pulten, klar til bruk. Pedagogisk tilrettelagt. Den har en plan. (Pedagogisk)
8	1. Unaturlig i forhold til oppgavene. (Pedagogisk) 2. Noen elever er på div nettsteder i stedet for å jobbe. (Pedagogisk)
9	1 Elevene gjer lett andre ting enn matematikk. (Pedagogisk) 2 Brukar lett mykje tid på det som ikkje gjeld faget med data problem eller problem i forhold til programmet. (Pedagogisk)

10	1. Manglende kompetanse (Personlig) 2. Tidspress (Pedagogisk)
11	1. For dårlige maskiner som tar lang tid "å starte, avslutte og arbeide med. Spiser mye tid. (Praktisk og pedagogisk) 2. Grunntreningen for elevene tar mye tid i forhold til utbytte (Pedagogisk) 3. ???
12	1 Fordi eg ikkje har så mykje kompetanse på det sjølv (Personlig) 2. Fordi det er tidkrevjande med eit stort pensum (Pedagogisk)
13	1. Litt usikker selv (Personlig)
14	1. Tidsnød (Pedagogisk) 2. Facebook (Pedagogisk) 3. Elevene trenger mye veiledning siden de ikke har hatt mye av dette tidligere (Pedagogisk)
15	1. Fordi vi har for få matematikktimer i norsk skole. (Pedagogisk)
16	1. Tar for mye tid (Pedagogisk) 2. Elevene er ikke glade i det, og vet ikke om det er "verd" det (Pedagogisk) 3. Min kunnskap strekker ikke bestandig til, og jeg må bruke tid på å lære meg det selv (Personlig)
17	1. Elevene har ikke tilgang på god programvare (Pedagogisk) 2. For få PC'er tilgjengelig (Praktisk)
18	1. Dataproblem på skulen (Praktisk) 2. Manglende kunnskap hjå lærar (Personlig) 3. Tidsmangel (Pedagogisk)
19	1. Vi må bestille datarom som ofte er opptatt. (Praktisk)
20	1. Det tar tid og hindrar elevane å få jobba med sentralt stoff som dei får til eksamen (Pedagogisk)
21	1. Vegrer meg pga dårlig kursing av lærere. (Personlig) 2. Vegrer meg pga utstyr som ikkje fungerer. (Praktisk) 3. Har altfor mange elever. (Praktisk)

1P/1T. Grunner for bruk av IKT i matematikktimene:

1	1. Elevene har ikke grafisk kalkulator. De har bærbar PC med programmet Ti-Nspire. Jeg har ikke vurdert for og imot før jeg tok dette programmet i bruk. I praksis er det vår eneste mulighet.
2	1 Læreplanen krever spesifikk digital kompetanse 2 Vil ikke være gammel lærerinne som ikke greier å ta i bruk nye hjelpemidler
3	1. Variasjon 2. Visualisering 3. Motivasjon/auka læreeffekt
4	1. Det er den beste måten å lære elevane delar av pensum. 2. Det gjev elevane ein fordel til eksamen å meistra programvara 3. Det er motiverande og fin variasjon
5	1. Et viktig hjelpemiddel for læring av matematikk 2. Sterkt ønske fra elevene 3. Digital kompetanse er krav i læreplanen

6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pene, lesbare grafer 2. Lett å endre variabler og vise sammenhenger 3. For å ruste elevene til eksamen og videre
7	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visualisering, t.d. grafar 2. Effektivt, 3. Pedagogisk
8	<ol style="list-style-type: none"> 1. Det visualiserer problemene særs godt 2. Det går raskere enn å bruke lommeregner og det er mer tydelig å lese av løsninger. 3. Elevene synes det er gøy og lærerikt.
9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kan lagre det som er gjort og legge det ut for elevene som så kan bruke det om igjen eller videre. 2. Hensiktsmessig framfor å tegne på tavla 3. Kan undersøke mer raskt uten for mye tid til mellomregning på tavla.
10	<ol style="list-style-type: none"> 1. Veldig praktisk verktøy i mange sammenhenger 2. Variasjon (elever lærer på ulikt vis) 3. Motivasjon for mange elever
11	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gir elevene bedre forståelse av matematikken. 2. Letter arbeidet mitt, på lengre sikt, med å lage prøver og løsningsforslag. 3. Bidrar til at jeg er med på å bygge opp en digital ressursbank på skolen.
12	<ol style="list-style-type: none"> 1. Føringer (press) frå læreplan m.m 2. Det er fagleg hensiktsmessig på nokre område 3. Det skapar variasjon i undervisninga
13	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruk av matematisk programvare øker forståelsen 2. Matematisk programvare er egnet til modellering. 3. Alle elever kan få et flott resultat på kort tid. Det blir alltid en pen graf.
14	<p>Får enkelt og oversiktlig vist ting som ellers er vanskelig eller tar lang tid på tavla. Eks. GeoGebra.</p>
15	<ol style="list-style-type: none"> 1. Økt læringsutbytte for elevene. 2. Vanlig i yrkeslivet 3. Øker kompetansen i IT generelt.
16	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kan enklare visualisere ein del matematiske samanhengar. 2. Kan gjere ein del tidkrevjande operasjonar (t.d. teikning av graf) raskare.
17	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utforsking av matematiske sammenhenger 2. Visualisering av fenomener 3. Modellering (simulering, regresjon)
18	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visualisering 2. Motiverende for elevene 3. Tilnærme seg yrkeslivet
19	<ol style="list-style-type: none"> 1. Økt læringsutbytte hos elevene 2. Økt motivasjon hos elevene 3. Læreplanen krever det

20	<ol style="list-style-type: none"> 1. Greit og intuitivt å bruke 2. Må gi økt læringslyst/-utbytte
21	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programmet gjør det lettere å visualisere og konkretisere enkelte oppgaver og problemer 2. Læreplanen krever det 3. Variasjon og motivasjon
22	<p>Lettere for elevene å få frem resultat der oppgaven skriver "finn" Betre kurver som kan printes ut Elevene liker det</p>
23	Den viktigste grunnen er å kunne tegne grafer.
24	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplanen 2. Programmets egnethet 3. Programmets terskel
25	<ol style="list-style-type: none"> 1. Brukervennlig for elevene 2. Kan brukes på flere områder 3. At vi er flere lærere som bruker samme programmet
26	<ol style="list-style-type: none"> 1. Letter regnearbeidet 2. Gir muligheter til virkelighetsnære oppgaver 3. Gir muligheter til å vise animasjoner som klargjør matematisk tenkning
27	<ol style="list-style-type: none"> 1. Krav i henhold til læreplan 2. Økt læringsutbytte i enkelte emner 3. Økt motivasjon for matematikk
28	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevene har alle bærbar PC, kun få har grafisk lommeregner. 2. Der kan lettere vises sammenhengen fex. endring av verdier i grafer.
29	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programmet passer til de pensa jeg underviser (1P, 1P, R1, R2). 2. Programmet har lav brukerterskel. 3. Programmet løser problemene raskt.
30	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplan 2. Avveksling i undervisninga 3. Fungerer bra som inngang til nytt stoff
31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Oppfylle læreplanen, f. eks. regresjon 2. Spare tid, regne ut en verditabell eller sjekke et svar på kalkulatoren 3. Løse oppgaver på en raskere/enklere/bedre måte, f. eks. lineær optimering med GeoGebra
32	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplanen krev det. 2. Eksamensoppgåvene krev det 2. Elevane lærer matematikk av det
33	1. Pedagogisk og metodisk gevinst for elevenes læring
34	<ol style="list-style-type: none"> 1: Krav i læreplanen 2: Gir variasjon 3: Gir forståelse
35	Variasjon, effektivitet, tillegglæring, relevans
36	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motiverende for elevene 2. Lettere å visualisere problemene for de svake elevene 3. Variere undervisningsformen

37	<ol style="list-style-type: none"> 1. jeg ønsker at elevene skal få flere innfallsvinkler til stoffet vi jobber med. Dataverktøy hjelper til å visualisere og vise sammenhenger. 2. Gir mulighet til variasjon i undervisningen
38	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forenkle regning (eks. økonomi på Excel) 2. Visualisere (eks flisleggings animasjon) 3. Endre parametre lett (eks grafer)
39	<ol style="list-style-type: none"> 1. I enkelte områder er det et "must"= regresjon 2. Mindre tidsbruk til å tegne grafer til mer avanserte uttrykk enn førstegradsfunksjoner. 3. Gir bedre tid til vurdering i stedet for "teknisk trening"
40	<ol style="list-style-type: none"> 1. Illustrere forhold som ikke lett lar seg illustrere på andre måter. 2. Gi elevene digital kompetanse 3. Skape variasjon i timene
41	<p>Interaktive programmer gir rask tilbakemelding til eleven Lettere å visualisere særlig i geometri Mindre tidkrevende enn å tegne, gir mer tid til forståelse</p>
42	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lett forståelig for elevene. 2. Gjør oppgaveløsninga lettere
43	<ol style="list-style-type: none"> 1 . Bruker Casio 9860 på pc eller kalkulator 2 . Den dekker læreplanens krav til å tegne grafer og til regresjon 3 . Elevene ønsker å vise utregning og ikke lese av grafer
44	<ol style="list-style-type: none"> 1. Det gir klarere fremstillinger enn tavle og kritt 2. Det gir muligheter for dynamisk demonstrasjon av variabler og parametere. 3. Det kan oppmuntre elevene til å utforske pensum.
45	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kunnskap og kursing om programvaren (viktig med meir enn eingangskurs!) 2. Tidsbruk ved innlæring i høve læringsverdi 3. Tilgang på naudsynt utstyr
46	<p>Letter å visualisere og problematisere Inngangsterskel for elevene er lav Kan komme lenger i problemstillingene</p>
47	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bedre visualisering av matematikken. 2. Variasjon i presentasjonen av fagstoffet. 3. Elevene kan dra nytte av programmene ved eksamen.
48	<p>Intuitiv i bruk.</p>
49	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vise prinsipp og sammenhenger som vanskelig lar seg vise uten 2. Elevmotivasjon og utforsking 3. Variasjon
50	<ol style="list-style-type: none"> 1. Illustrerende 2. Motiverende 3. Læreplanen
51	<ol style="list-style-type: none"> 1. Godt hjelpemiddel 2. Variasjon i undervisningen 3. Motiverende
52	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevene har bærbar pc og vi bruker matteprogram i stedet for lommeregner til alt "del2"-stoff. 2. Har et godt program som er langt mer fleksibelt enn lommeregner.

53	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vise løsninger 2. Elevene får gjort flere oppgaver. 3. Motiverende for elevene.
54	<ol style="list-style-type: none"> 1 Eg bruker ped. programvare fordi læreplanen krev det. 2 Eg vurderer om det ut frå faglege grunnar er tenleg å bruke ped. prog. i eit bestemt tema.
55	Den viktigste grunnen er pålegg fra myndighetene og skolen.
56	<ol style="list-style-type: none"> 1. Letter beregninger 2. Tegneprogram 3. Dra inn samfunnsøkonomi fra nettet
57	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hjelp for elevene ved funksjoner 2. Motiverende for elevene 3. Elevene vil få bruk for IT i senere studier og jobber.
58	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ved passende emner gir det elevene gode illustrasjonsmuligheter 2. Rask tilbakemelding til eleven (drill) 3. Kan letter gjøre utforskningsoppgaver (eks GeoGebra)
59	<ol style="list-style-type: none"> 1. Krav om bruk av digitale hjelpemidler i læreplan 2. Forkorting/forenkling av tidkrevende oppgaver som tegning av grafer og løse ligninger/ligningssett. 3. Økonomisk. Skolen kjøper ikke inn grafiske kalkulatorer når elevene har bærbar PC-
60	<ol style="list-style-type: none"> 1. Graftegner 2. Matematiske beregninger 3. Excels mange fordeler, tabeller, summeringer etc.
61	<ol style="list-style-type: none"> 1. Enklare å visualisere 2. Kan vere nyttig i forhold til eksamen 3. Elevene likar variasjon og er flinke databrukarar
62	1. Konkret demonstrasjonsverktøy
63	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplanen krever digitale hjelpemidler 2. Visualiserer det for elevene 3. Brukes i flere av programfag videre
64	Den viktigste grunnen er at med f. eks GeoGebra kan man fort få opp en figur eller graf og man kan heller bruke tida til problemstillinger rundt temaet, legge inn glidere på tangenter osv.
65	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplanen 2. Eksamensoppgavene krever/løses enklest med digitale verktøy - elevene er tjent med å beherske. 3. Gir i noen sammenhenger en bedre innføring/forståelse hos elevene. Savner tips om mer pedagogisk bruk!
66	<p>Variasjon i undervisningen</p> <p>Skape interesse ved å gi mulighet for eksperimentering og elevaktivitet.</p> <p>Lære elevene et verktøy de kan bruke i andre sammenhenger (eks. Excel)</p>
67	Elevene får god og nøyaktig visualisering av modellene samt endringer i disse.
68	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gir raske resultater 2. Visualisere problemet
69	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplanen krever det 2. Fordel med bedre visualisering

70	<ol style="list-style-type: none"> 1. Det er fin avveksling og variasjon 2. Det er lærerikt på enkelte områder 3. Man må utvikle seg videre
71	<ol style="list-style-type: none"> 1. Krav fra skolemyndighetene. 2. Tilrettelegging fra lærebok/forlags nettsider. 3. Elevene får kjennskap til utvidet bruk av PC-en.
72	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anskueliggjøre matematikken 2. Tenne elevenes interesse 3. Variasjon i undervisningen
73	<ol style="list-style-type: none"> 1. Det er pålegg frå skuleleiinga og frå læreplanen. 2. Elevane har nytte av det på ein god del område, særleg grafteikning og regresjon. 3. Sannsynlegvis er det ein føremon til eksamen.
74	<p>1. Jeg velger å bruke datamaskinen i matematikktimen dersom dette er enklere for elevene, gir like mye forståelse og er i tråd med læreplanen.</p>
75	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fordel ved eksamen 2. Faglig utbytte 3. Tidsbesparende
76	<p>Visualisering Motiverende Gir variasjon</p>
77	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vurdering av best moglege læringseffekt. 2. Om det er hensiktsmessig i høve til emnet. 3. Om det hjelper til å nå måla for timen.
78	<ol style="list-style-type: none"> 1. Variasjon 2. Motivasjon 3. Forenklende 4. Lærende
79	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visualisering og forståelse 2. Sammenhenger 3. Variasjon
80	<p>Den viktigaste grunnen er at det det står i læreplanen.</p>
81	<p>Rask visualisering Enklere enn grafisk kalkulator Arbeidsbesparende på eksamen</p>
82	<ol style="list-style-type: none"> 1. Økt læringsutbytte for elevene 2. Økt motivasjon 3. Variasjon
83	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevene skal lære å bruke et digitalt verktøy. 2. Muligheter for å differensiere undervisningen 3. Visuelle forklaringer.
84	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevene er bedre rustet til eksamen 2. Elevene lærer totalt mer matematikk 3. Står i læreplanen

85	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læreplanen pålegger det. 2. -----"----- 3. Greit for elevene å få "sett" sammenhenger
86	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ett av de fem grunnleggende mål i læreplanen 2. Fylkeskommunen tilbyr alle elevene pc, og derfor må ikke ha håndholdt kalkulator, 3. Åpner for større didaktisk variasjon i undervisningen.
87	<ol style="list-style-type: none"> 1. Det står i læreplanen. 2. Muliggjør arbeid med utforskende oppgaver. 3. Frigjør tid til annet fokus når f.eks. graftegning for hånd er tilstrekkelig innlært.
88	<ol style="list-style-type: none"> 1. Står i læreplanen at de skal bruke digitale hjelpemidler
89	<ol style="list-style-type: none"> 1. Det ser bra ut 2. Øker forståelsen 3. LP krever
90	Enklere å visualisere, læreboka legger opp til bruk av IKT, elevene lærer både matte og IKT-bruk.
91	<ol style="list-style-type: none"> 1. God presentasjon 2. Funksjoner kan ha parametere som varierer 3. God utnytting av elevenes datamaskin
92	<ol style="list-style-type: none"> 1. Auka læringsutbytte 2. Auka motivasjon hjå elevane 3. Auka digital kompetanse
93	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motiverende i en innledningsfase til et tema 2. Gir godt læringsutbytte i en fase 2 av undervisningen, når de grunnleggende tingene er gjennomarbeidet med tradisjonelt verktøy
94	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ettersom våre elever ikke har grafisk kalkulator bruker vi mat-programvare istedenfor. 2. Økt forståelse 3. Tidsbesparande
95	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dynamisk program visualiserer godt teorien 2. Rask tilbakemelding på elevenes arbeid 3. Motiverende og variasjon i undervisningen
96	<ol style="list-style-type: none"> 1. kan visualisere problemstillinger, -lage fine fremstillinger/løsninger 2. variasjon for elevene, flere løsn.metoder 3. ny teknologi er inspirerende
97	<ol style="list-style-type: none"> 1. Variasjon i undervisningen 2. Kan være mere illustrerende 3. Ledelsen sier at vi må bruke dette verktøyet
98	<ol style="list-style-type: none"> 1 Sammensetningen av elever i klassen 2 Matematikk emnet 3 Egnet programvare
99	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mest fordi presset kommer ovenfra 2. Elevene har bærbare pcer 3. Kompetansemål skal nås
100	<p>Lettar utrekningar Får raskt fram grafiske framstillingar Finn lettare fram til svar på oppgåver</p>

101	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programvaren er tilgjengelig 2. Jeg behersker bruken av den 3. Programvaren er hensiktsmessig
102	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentasjon 2. Interaktivitet 3. Kompleksitet
103	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visualiserer 2. Dynamisk 3. Sparer tid 4. Kan deles
104	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kan få fordel av å bruke det til eksamen 2. Fagplanen sier det 3. Visualiserer enkelte oppgaver lettere
105	Det at jeg selv behersker programmet
106	<ol style="list-style-type: none"> 1. Letter utregninger 2. Gir raske grafiske løsninger 3. Læreplanmål
107	<ol style="list-style-type: none"> 1. To further the students' mathematical understanding 2. It is a requirement on the curriculum 3. It is a useful transferable skill
108	<ol style="list-style-type: none"> 1. At det er til fordel for elevene 2. At det står i læreplanen
109	<ol style="list-style-type: none"> 1. For at elevene i det hele tatt vil gjøre matteoppgaver 2. For å få en annen angrepsvinkel på oppgavene 3. For å skape variasjon
110	Den viktigste grunnen er tro på økt motivasjon hos elevene.
111	<ol style="list-style-type: none"> 1. Økt læringsutbytte for elevene er avgjørende 2. Variasjon i undervisningen 3. Oppfylle læreplanens mål
112	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruke IT for økt forståelse 2. Kunne bruke it i faget 3. Tilpasse undervisningen
113	<ol style="list-style-type: none"> 1. Øker elevenes matematikkforståelse i noen emner. 2. Kan være motiverende for mange elever. 3. Det står i læreplanen at digitale hjelpemidler skal brukes.
114	<p>Positivt for svake elever. Rask løsningsmåte. Illustrerer teorien bak på en oversiktlig måte.</p>
115	Øker motivasjon
116	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visualisering, spesielt grafer 2. Hurtig, lett å endre på parametre 3. Variasjon

117	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ta i bruk teknologi som er tilgjengeleg 2. Tilpassa samfunnet og arbeidsliv 3. Auka læringa til elevane
-----	--

1P/1T. Grunner mot bruk av IKT i matematikktimene. (Min inndeling i type argument i parentes.)

1	1. Tilgang pc-rom (Praktisk)
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mangel svake elever som sliter med matematikk. (Pedagogisk) 2. Enklere å benytte andre programmer. (Pedagogisk) 3. Mangler opplæring. (Personlig)
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevane vert meir opptekne av teknologien enn matematikken. (Pedagogisk) 2. Tar tid å få alle maskinene klare/ pakke dei ned igjen. (Praktisk) 3. Det betrar ikkje elevane si forståing. (Pedagogisk)
4	Den viktigste grunner er at elevane har nok med å lære seg å bruke kalkulatoren på en god måte. (Pedagogisk)
5	<p>Eg har ikkje fått opplæring i bruk av noko matematisk programvare. (Personlig)</p> <p>Tek for mykje tid. (Pedagogisk)</p> <p>Har lite med matematikk å gjera. (Pedagogisk)</p>
6	<ol style="list-style-type: none"> 1: Elevene klarer seg med kalkulator. (Pedagogisk) 2: Elevene er ikke motiverte for å lære "ekstra ting". (Pedagogisk)
7	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevene har lite læringsutbytte. (Pedagogisk) 2. Elevene lar seg friste av spill, internett (Pedagogisk) 3. Knappt med tid. (Pedagogisk)
8	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevene lærer selve regninga for dårlig. (Pedagogisk) 2. Det for lang tid. (Pedagogisk)
9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Når elevane skal øves i grunnleggende ferdigheter. (Pedagogisk) 2. Når misoppfatninger og logiske feil skal diagnostiseres. (Pedagogisk) 3. Matematisk programvare hjelper sjelden elevane med å uttrykke seg eller forholde seg til teoretiske matematikkspråket. (Pedagogisk)
10	<ol style="list-style-type: none"> 1. Meget gode erfaringer med ikke å benytte det. (Pedagogisk) 2. Elevene er mer konsentrerte. (Pedagogisk) 3. For lite intuitiv programvare. (Pedagogisk)
11	Tilgang på PC-er (Praktisk)
12	1. Når vi jobber med "del 1"-stoff som elevane skal kunne helt uten hjelpemidler bruker vi ikke pc. (Pedagogisk)
13	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emneavhengig (hvilket læreplanmål en jobber med) (Pedagogisk) 2. Tilgang til Pc-er (bedret betraktelig i år) (Praktisk) 3. Kjenner ikke så mange (gode) muligheter enda (Personlig)
14	<ol style="list-style-type: none"> 1 Ikke tilgjengelige PCer (Praktisk) 2 Elevene har grafiske kalkulatorer (Praktisk)
15	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tid (Pedagogisk) 2. Ikke alle elever vil henge med. De kan lett drive med andre ting på maskinen. (Pedagogisk) 3. Egen kompetanse (Personlig)

16	1. Tidsnaud (Pedagogisk) 2. Mange elevar. (Praktisk)
17	Kjente ikkje til gode program då det var aktuelt i undervisninga. Kjem til å bruke programvare neste år, sidan eg no kjenner til aktuelle program. (Personlig)
18	1. Elevene er på andre ting. (Pedagogisk) 2. Tidkrevende for elevene. (Pedagogisk) 3. Stress og stråling. (Pedagogisk)
19	1. Alle elevene har grafiske kalkulatorer, bruker tid på opplæring i bruk av den. (Pedagogisk) 2. Veldig travelt i hht læreplanmål i 1T, skulle gjerne brukt mer tid til GeoGebra men føler at tiden ikke strekker helt til. (Pedagogisk) 3. Ustabil net på skolen (Praktisk)
20	1. Dårlig brukergrensesnitt i programvaren (TI-nSPIre). (Pedagogisk) 2. Lærebøkene har ikke instruksjoner om bruk av programvare. (Pedagogisk) 3. Tidkrevende. (Pedagogisk)
21	1. Hvis jeg er usikker på programmet og ikke har fått tid til å sette meg inn i det. (Personlig)
22	1 Surfing på Internett. (Pedagogisk) 2 Oppstartproblemer. (Praktisk) 3 Tidkrevende. (Pedagogisk)
23	1. FOR tidkrevende (Pedagogisk) 2. Elevene er ikke disiplinerte nok (Pedagogisk)
24	Elevene sier at Pc-en tar for mye plass og oppmerksomhet. (Praktisk og pedagogisk)
25	1. Tar mye tid fra å trene ferdigheter. (Pedagogisk)
26	Jeg føler at jeg ikke behersker det godt nok. (Personlig)
27	1. Det gir ikke alltid økt forståelse av matematikk (Pedagogisk) 2. Elevene blir ofte fristet til å drive med andre ting (Pedagogisk) 3. Noen har glemt maskinen (Praktisk)
28	1. PC'en fører til at elevene mister fokus det er så mye som er mer gøy en matematikk. (Pedagogisk) 2. Tar mye tid før de er i gang med noe nyttig (oppstart av pc, feilmeldinger etc.) (Praktisk)

Vedlegg 5. Fritekstsvaer på spørsmål 27

Lærere som har 10. kl.	
1	Delvis egentlig. Vi gjør litt av det samme, men får mer tid til tolkning og arbeider kanskje mer utforskende, har mer komplekse oppgaver mm.
2	Excel-oppgaver fra eget hefte
3	Har alltid brukt IKT - ingen forandring
4	I større grad praktisk rettet. (Lån, budsjetter, prosjekt husbygging med mange matematiske utfordringer
5	Ja vi jobber mer med problemløsende oppgaver nå
6	Jobber mye med problemløsningsoppgaver
7	Kan regne på lån både serielån og annuitetslån.
8	Mer praktiske oppgaver der flere emner blir dratt inn i faget. Temaoppgaver
9	Mer grafiske fremstillinger.
10	Mindre automatisering
11	Mindre vegring for å gå i gang med komplekse oppgaver.
12	Noe mer avanserte oppgaver
13	Ofte samme type oppgaver på papir og på regneark
14	Oppgavene ligger nærmere praksisfelt/dagligliv
15	Problemløsning. Kombinatorikk. Funksjoner mer avansert enn lineære
16	Problemløsningsoppgaver
17	Spesielt svake elever, som ser lettere resultatet ved f.eks. å lage diagrammer.
18	Undersøkt flere matematiske finurligheter.
19	Utforskende oppgaver
20	Ved bruk av GeoGebra har elevene fått mulighet til å utforske funksjoner i en helt annen grad enn å jobbe for hånd. Har tenkt å bruke dette programmet også til geometrioppgaver/konstruksjon.

Lærere som bare har 1P-kurset	
1	Mer utforskende oppgaver
2	Bruker slike programmer mer aktivt ved presentasjon
3	Kan få andre innfallsvinkler til ulike emne
4	Mer multiple choice, test-deg-selv, større budsjett/regnskap, mer forsøk med tesselering
5	Mer om grafer
6	Mer problemløsning, spesielt med GeoGebra.
7	Mer utforskningsoppgaver (på enkelte emner)
8	Prøver ut ulike ferdige modeller og bruker mindre tid på beregninger som pc en kan gjøre
9	Vet ikke. Underviser i Norge siden 2008 og har brukt IKT her hele tida.

Lærere som bare har 1T-kurset	
1	Mer utforskende oppgaver
2	Enklare å utføre utforskende oppgaver
3	Ja elevene kan foreksempel utforske temaer ved å eksperimentere med parametre. Dette går raskere med teknologisk verktøy. Det er også lettere å la elevene lage presentasjoner
4	Jobber litt mer med tidkrevende oppgaver
5	Kan løse vanskeligere oppgaver. Elevene kan utforske emner i faget
6	Kan tegne mange ulike grafer på samme tid
7	Mer oppgaver av typen: Hva skjer hvis.....
8	Mer undersøkende og kanskje åpne oppgaver

9	Noe mer utforsking
10	Oppgåvene i læreboka er noko endra m.o.t. digitale hjelpemiddel, brukar i hovudsak desse
11	Letter regnearbeidet
12	Vi kan jobbe med mer kompliserte oppgaver, mer anvendelser
13	Vi kan tillate oss å se på litt mer kompliserte funksjonsuttrykk enn før
14	Ville egentlig svare nei her, men jeg har lyst til å komme med en kommentar. Vi jobber stort sett med samme type oppgaver som tidligere, men ved innlæring av nytt stoff har vi gjerne en mer åpen oppgave.
15	Visualisering

Lærere som har 1P og/eller 1T	
1	Meir utforskende oppgaver
2	Mer utforskende oppgaver
3	Bruker slike programmer mer aktivt ved presentasjon
4	Både og. I takt med teknologisk forandring vil jo nye typer matematikkoppgaver dukke opp.
5	Det arbeides med mere realistiske tall og situasjoner
6	Enklare å utføre utforskende oppgaver
7	Gjør flere utforskende oppgaver
8	Ja elevene kan for eksempel utforske temaer ved å eksperimentere med parametre. Dette går raskere med teknologisk verktøy. Det er også lettere å la elevene lage presentasjoner
9	Jobber litt mer med tidkrevende oppgaver
10	Kan få andre innfallsvinklar til ulike emne
11	Kan jobbe mer med praktiske oppgaver med vanskeligere tall og kan få gjort flere oppgaver av en del
12	Kan løse vanskeligere oppgaver. Elevene kan utforske emner i faget
13	Kan tegne mange ulike grafer på samme tid
14	Man kan jobbe med mer avanserte og sammensatte oppgaver som ellers vil bli for tidkrevende (uten programvaren)
15	Mer multiple choice, test-deg-selv, større budsjett/regnskap, mer forsøk med tesselering
16	Mer om grafer
17	Mer oppgaver av typen: Hva skjer hvis.....
18	Mer problemløsning, spesielt med GeoGebra.
19	Mer undersøkende og kanskje åpne oppgaver
20	Mer utforskende, variert
21	Mer utforskende på funksjonslære
22	Mer utforskningsoppgaver (på enkelte emner)
23	More exploration exercises, and open ended problems
24	Noe mer utforsking
25	Oppgavene krever mer vurdering i stedet for at oppgavene er ferdig formulert.
26	Oppgåvene i læreboka er noko endra m.o.t. digitale hjelpemiddel, brukar i hovudsak desse
27	Prøver ut ulike ferdige modeller og bruker mindre tid på beregninger som pc en kan gjøre
28	Letter regnearbeidet
29	Tilpasning av enkeltoppgaver
30	Vet ikke. Underviser i Norge siden 2008 og har brukt IKT her hele tida.
31	Vi kan jobbe med mer kompliserte oppgaver, mer anvendelser
32	Vi kan tillate oss å se på litt mer kompliserte funksjonsuttrykk enn før
33	Ville egentlig svare nei her, men jeg har lyst til å komme med en kommentar. Vi jobber stort sett med samme type oppgaver som tidligere, men ved innlæring av nytt stoff har vi gjerne en mer åpen oppgave.
34	Visualisering

Svar som er merket med **rødt** er fra lærere som bare har 1P-kurset. Svar som er merket med **blått** er fra lærere som har bare 1T, og svar som er merket med svart tekst er fra lærere som har krysset av for at de har både 1P og 1T.

Vedlegg 6. Fritekstsvær på spørsmål 31

Nr.	Svar fra matematikklærere i 10. kl
1	Cabri
2	WinPlot
3	Excel
4	Cabri, Crocodile Mathematics
5	Vanlig regneark, Excel
6	Graph
7	Excel
8	Cabri
9	Excel
10	Regneark
11	Excel
12	Cabri
13	Cabri, Grunntall 8-10
14	Open office math

Nr.	Svar fra matematikklærere på kurset 1P
1	TI InterActive!
2	TI-Nspire
3	Bruker også Maple og til dels wxMaxima
4	TI-Nspire og MathCad
5	Graph
6	Graph
7	TI-Nspire
8	Ingen for funksjoner, delvis Excel/Calc
9	TI-Nspire
10	Sinus, Multimatte og lignende programmer

Nr.	Svar fra matematikklærere på kurset 1T
1	TI-Nspire
2	TI-Nspire
3	TI InterActive!
4	Autograph, wxMaxima
5	Winplot
6	Cabri
7	TI-Nspire
8	TI-Nspire på forrige skole
9	Bruker også TI InterActive!
10	Maple
11	Casio emulator
12	TI-Nspire
13	TI-Nspire

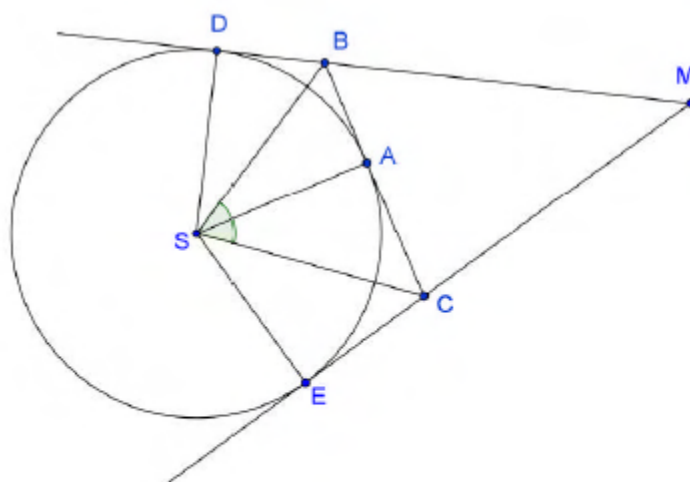
Nr.	Svar fra matematikklærere som har både kursene 1P og 1T
1	wxMaxima, MathCad
2	TI-Nspire
3	TI-Nspire
4	TI-InterActive!
5	Excel
6	Excel, wxMaxima
7	TI-Nspire (dårlig program kjøpt av fylket)
8	TI-Nspire
9	TI-Nspire
10	TI-Nspire
11	Excel, Winplot

Vedlegg 7. Oppgave 4, alternativ II på eksamen i R1, høsten 2009. (REA3022)

I denne oppgaven kan det være en fordel å bruke digitalt verktøy.

Vi har en sirkel med sentrum i S og et punkt M utenfor sirkelen. Hver av sidene i trekanten CMB ligger på en tangent til sirkelen.

Tangentene gjennom M og D og gjennom M og E ligger fast. Tangenten gjennom B og C kan varieres. Denne tangenten tangerer sirkelen i punktet A . A ligger på den korteste buen mellom D og E . Se figuren nedenfor.



I denne oppgaven skal du undersøke om denne sammenhengen gjelder:

For alle mulige plasseringer av tangeringspunktet A er $\angle CSB$ konstant.

- a) Bruk dynamisk programvare eller passer og linjal til å konstruere en figur som stemmer med beskrivelsen ovenfor. Flytt punktet A , og observer hver gang størrelsen til $\angle CSB$. Hvor godt stemmer sammenhengen ovenfor med dine observasjoner?
- b) Forklar at:
 - 1) trekantene SDB og SAB er kongruente (like)
 - 2) trekantene SEC og SAC er kongruente (like)
 - 3) $\angle CSB = \frac{1}{2} \cdot \angle ESD$
- c) Bruk resultatene i b) til å forklare at $\angle CSB$ er konstant.