

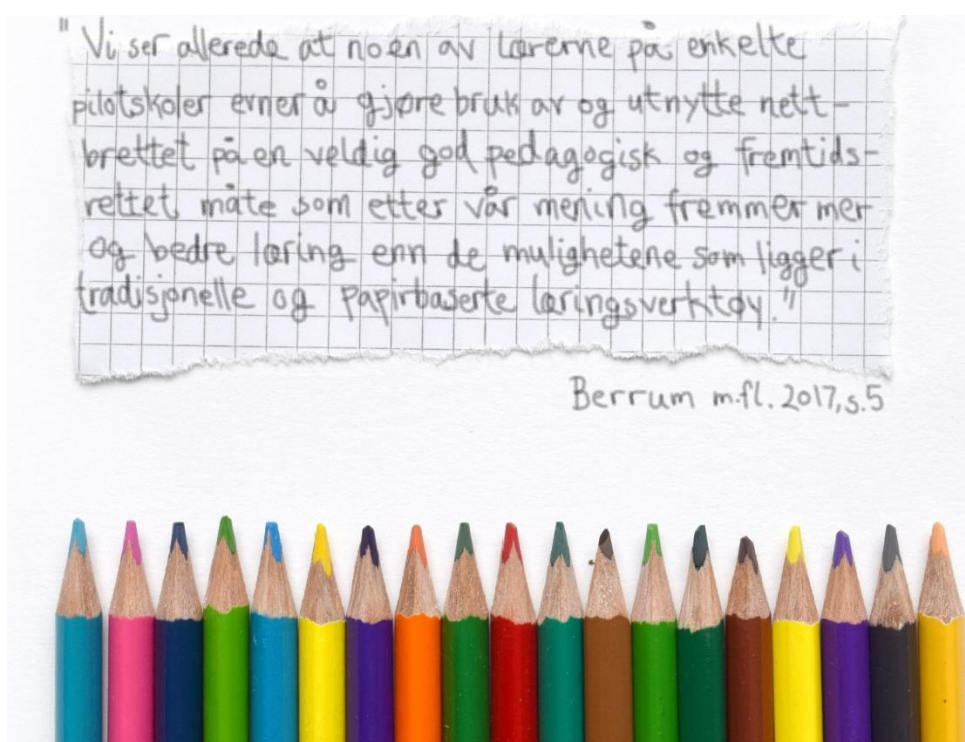
MASTEROPPGAVE

Masterstudium i skolerettet utdanningsvitenskap med fordypning i begynneropplæring

Mai 2021

Digital produksjon i klasserom med 1:1-dekning av iPad

- Tradisjonell matematikkundervisning i ny innpakning
eller innovativ pedagogikk?



Julie Hvidsten Kristiansen

OSLOMET

OsloMet – storbyuniversitetet

Fakultet for lærerutdanning og internasjonale studier
Institutt for grunnskole- og faglærerutdanning

Forord

Jeg har lenge hatt som mål å fullføre en mastergrad. Etter mange års undervisningserfaring fra småskoletrinnet, er jeg glad for å ha fått muligheten til faglig fordypning på deltid gjennom Udirs ordning med videreutdanning for lærere. Jeg ser tilbake på fire innholdsrike år som har vært lærerike på flere plan. Prosjektet var så vidt påbegynt da den nye mamma-rollen satte studiene på vent. Men jeg ga ikke opp, og er stolt av at punktum for masteroppgaven nå kan settes.

Først og fremst ønsker jeg å rette en stor takk til mine veiledere Ida Heiberg Solem, Eyvind Martol Briseid og Ove Edvard Hatlevik. Dere har kommet med nyttige innspill, konstruktive tilbakemeldinger og stilt de gode spørsmålene for å fremme refleksjon. Jeg setter pris på at dere har delt sjenerøst av deres tid, lest tekst gjentatte ganger, og vært tålmodige overfor en student som syntes det var krevende med alle valgene som måtte tas på veien mot målet. Det hadde heller ikke vært mulig å komme hit uten støtte fra arbeidsgiver. Takk for at dere sammen med Utdanningsforbundet godkjente søknaden om videreutdanning i flere omganger og tilrettela på arbeidsplassen. Støtte og oppmuntring fra kollegaer har også betydd mye for meg.

En særlig takk går til mine forskningsdeltakere «Cathrine», «Marte» og «Silje» samt elevene deres. Uten dem, hadde ikke resultatet av denne undersøkelsen foreligget. Det har vært spennende å utforske bruken av nettbrett som fenomen. Formålet har ikke vært å foreta en kritisk vurdering av lærerne. Jeg er takknemlig for at de ga meg tilgang til å studere praksisen i digitale klasserom og lot meg filme matematikkundervisningen.

Videre vil jeg takke Ingvill Krogstad Svanes som tok seg tid til en samtale for å dele erfaringer og gode tips rundt innsamling av videodata i klasserom; Annette Hessen Bjerke for å ha lest metodologi-kapittelet og gitt meg nyttige kommentarer med råd til forbedringer; og May Britt Postholm for svar som var til hjelp angående mine spørsmål om Grounded Theory sendt på e-post.

Sist, men ikke minst, min familie har vært helt enestående! Til min kjære, lille Hedda: Gleden over dine små og store oppdagelser har minnet meg på at det finnes viktigere ting her i livet enn en masteroppgave. Og til Øyvind som har vært min viktigste støttespiller gjennom løpet: En helt spesiell takk for alt du gjør, både for meg og for oss som familie. Jeg ser frem til å tilbringe mer tid med dere og lillesøster som har meldt sin ankomst til høsten.

Oslo, 17. mai 2021
Julie Hvidsten Kristiansen

Sammendrag

Denne masteroppgaven undersøker bruken av iPad til «digital produksjon» i matematikkundervisning på småskoletrinnet. Analysen er empiridrevet. Som metodologi benyttes Corbin og Strauss (2015) balanserte tilnærming til Grounded Theory. Eksisterende teori har vært med på å bringe analysen fremover i tråd med deres prosedyrer. Problemstillingen er: *Hvilke kategorier kan forklare måten elever uttrykker matematikk på med digital produksjon i begynneropplæring?*

Videoobservasjon er brukt som primærmetode i datainnsamlingen. Det ble gjort opptak av tre påfølgende undervisningsøkter i tre klasserom for å få et rikt sammenligningsgrunnlag.

Oppmerksomheten i analysen har vært rettet mot handlingsorientering i form av hva som foregikk på skjermene da elevene var digitale produsenter, og forhold som så ut til å forme de studerte situasjonene. Intervju ble gjennomført for å få tilleggsinformasjon fra lærerne.

To overordnede kategorier for å uttrykke matematikk med digital produksjon utmerket seg som sentrale: *visuell representasjon i apper og fysisk-konkret representasjon med kamerafunksjon*.

Underordnet disse kategoriene er følgende subkategorier utviklet: *representasjonsåpenhet, matematisk fokus i bruken av apper/kamerafunksjon, iPads funksjon og appens egnethet*. Det argumenteres for at forhold angitt i subkategoriene, ble avgjørende for elevenes muligheter til å uttrykke matematikk da de jobbet med digital produksjon. Kjernekategoriene «*elevers representasjonsmuligheter med iPad*» er identifisert som forskningens hovedtema.

Det utkrystalliseres to hovedfunn basert på frekvens i datamaterialet. For det første brukte elevene tid på teknisk utførelse. Det forekom oftest da de fulgte en oppskrift i konkretiseringsapp eller var aktivisert med mange apper eller kamerafunksjonen, men kunne også skje ved valg av uegnet app. Her argumenterer jeg for at nettbrettet gjentatte ganger ble en tidstyv i matematikkundervisningen. For det andre, og også mest frekvent, viste visuell representasjon på iPad seg å være overflødig for elevene. Her argumenterer jeg for at nettbrettet kunne ende opp som et unødvendig påkoblet konkretiseringselement. Mønstrene i dataene avspeiler få tilfeller hvor elevenes *bruk av apper og digitale funksjoner ble redskap for å tenke og kommunisere matematikk*. Forhold angitt i kategoriene kan sammen forklare hvorfor dette skjedde i de studerte situasjonene. Funnene drøftes i lys av teori og forskning knyttet til representasjonskompetanse og elevers bruk av representasjoner, samt orientering i undervisningen som kontekstuell ramme for elevenes virksomhet. Undersøkelsen tilfører nye perspektiver til forskningen på bruk av nettbrett i klasserommet. Selv om funnene er forbundet til de studerte situasjonene, kan de være bevisstgjørende for praksisfeltet med hensyn til elevers representasjonsmuligheter med iPad.

Abstract

“Digital production in the 1:1 iPad classroom - Traditional mathematics teaching in a new packaging or innovative pedagogy?”

This thesis examines how iPads are used for «digital production» in the early years' mathematics teaching. The analysis is empirically derived. Corbin and Strauss' (2015) Grounded Theory approach is used as methodology. In line with their procedures, existing literature has enhanced sensitivity to what was in the data and helped to bring the analysis forward. The research question is: *What categories can explain the way early years students express mathematics with digital production?*

Video data were gathered to analyze classroom observations. Three consecutive teaching sessions were recorded in three classrooms to provide a rich basis for comparisons. The analysis has been directed towards action orientation with attention to what was going on at the screens when the students were digital producers, and conditions that seemed essential for the situations studied. Interview data were collected to obtain additional information from the teachers.

Two overarching categories for expressing mathematics with digital production stood out as central: *visual representation in apps* and *physical-concrete representation with camera function*. The following subcategories have been developed: *openness of representation*, *mathematical focus in the use of apps/camera function*, *the function of the iPad*, and *the suitability of the app*. It is argued that conditions specified in the subcategories became crucial for the students' opportunities to express mathematics when working with digital production. The core category identified as the major theme of the study is called "*students' representation opportunities with iPad*".

There are two main findings based on frequency in the data material. First, students spent time on technical actions. It usually happened when they were following a recipe in an app for concretization or were activated with many apps or the camera function but could also happen by choosing an unsuitable app. Secondly, and also most frequently, visual representation on the iPad was superfluous for the students. Here I argue that the tablet could end up as an unnecessary element of concretization. The patterns in the data reflect few cases where students' *use of apps and digital functions became tools for thinking and communicating mathematics*. Overall, the conditions stated in the categories can explain why this happened in the situations studied. The findings are discussed with reference to theory and research related to representational competence and students' use of representations, as well as the contextual orientation towards mathematics teaching. The study adds new perspectives to the research about iPads in the classroom. Although the findings are related to the situations studied, they can raise awareness regarding opportunities for representation with iPad.

Innhold

1 Innledning.....	1
1.1 Problemstilling.....	2
1.2 Mitt ståsted	3
1.3 Oppgavens struktur	4
2 Teori og relevant forskning	4
2.1 Forskning på bruk av nettbrett som pedagogisk verktøy.....	5
2.1.1 Rapporter fra en-til-en klasserommet.....	6
2.1.2 Digitale affordanser – forsterkende for en aktiv elevrolle?	8
2.2 Matematikkundervisningen som kontekstuell ramme	10
2.2.1 Tre orienteringer i matematikkundervisning	10
2.2.2 Arbeidsmåter i matematikkundervisning.....	11
2.3 Representasjoner i matematikk	12
2.3.1 Spenningen mellom konkret og abstrakt	12
2.3.2 Representasjonsformer	13
2.4 Representasjonskompetanse – en dimensjon av matematisk kompetanse.....	14
2.4.1 Kjennetegn på representasjonskompetanse med relevante forbindelser.....	15
2.4.2 Stoffområder og representasjonsmodeller	16
2.4.3 Den produktive uttrykksiden av representasjonskompetanse.....	19
2.4.4 Samspillet mellom interne og eksterne representasjoner	20
2.4.5 Demonstrerende og utforskende bruk av ressurser	21
2.4.6 Representasjon som redskap for tenkning og kommunikasjon.....	22
3 Metodologisk tilnærming	26
3.1 Å definere undersøkelsen	26
3.1.1 Et konstruktivistisk fundament.....	27
3.1.2 Personlig refleksivitet	27
3.1.3 Strategi for datainnsamling	28
3.2 Metoder for datainnsamling	29
3.2.2 Primærmetode: Videoobservasjon	29
3.2.3 Sekundærmetode: Intervju	31
3.3 Grounded Theory som metodologisk fremgangsmåte	32
3.3.1 Valg av Grounded Theory-tilnærming	33
3.4 Gjennomføring	34
3.4.1 Teoretisk utvalg	35

3.4.2 Datainnsamling.....	37
3.4.3 Analyseprosessen	43
3.4.4 Teoretisk metning.....	52
3.4.5 Resultat.....	52
4 Resultat av analyse	54
4.1 Visuell representasjon i apper	54
4.1.1 Grunnlag for sammenligninger.....	55
4.1.2 Representasjonsåpenhet.....	56
4.1.3 Matematisk fokus i bruken av apper.....	64
4.1.4 IPadens funksjon	72
4.1.5 Appens egnethet	78
4.2 Fysisk-konkret representasjon med foto/video	85
4.2.1 Å dokumentere løsninger med foto – støttende funksjon i iPaden?	85
4.2.2 Å dokumentere løsninger med foto/video – ingen funksjon i iPaden	89
4.3 Hovedfunn og kjernekategori.....	91
5 Avsluttende diskusjon og oppsummering.....	93
5.1 Teknisk utførelse – iPad som mulig tidstyv?	93
5.2 iPad som påkoblet konkretiseringsselement – Begrensede for abstraksjon?.....	96
5.3 Metodologisk drøfting.....	100
5.4 Oppsummering og veien videre	104
Referanser	107
Vedlegg.....	112

1 Innledning

Fra utdanningspolitisk hold har man i de senere årene iverksatt strategier for å innlemme digital teknologi i opplæringen. Satsningen ser ut til å være tuftet på tiltro til at dette kan forbedre undervisningskvaliteten (Aagaard, 2015, s. 267). I PISA-analysene finner man ingen korrelasjon mellom ressurser det enkelte land har investert i informasjons- og kommunikasjonsteknologi i skolen, og elevens resultater i matematikk, lesing eller naturfag (OECD, 2015, s. 148). Allikevel er det et hovedmål i kunnskapsdepartementets digitaliseringsstrategi for grunnopplæringen 2017-2021 at «IKT skal utnyttes godt i organiseringen og gjennomføringen av opplæringen for å øke elevenes læringsutbytte» (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 12). Ifølge strategien åpner teknologirike læringsmiljøer for nye måter å lære på, og elevene skal fra første år i grunnskolen «(...) lære å utnytte digitale læremidler kreativt og skapende» i det daglige læringsarbeidet i fagene (ss. 13-14).

Med satsningen følger trenden med en-til-en-løsninger der elevene tildeles sin personlige skjerm (Berrum, Fyhn, Gulbrandsen, & Nilsen, 2017; Jahnke & Kumar, 2014a; Jahnke, Bergström, & Mårell-Olsson, 2017). Etter at Apple lanserte iPad i 2010, gjorde nettbrettene sitt inntog som læringsverktøy. Gilje, Bjerke og Thuen (2020, s. 42;44) bruker betegnelsen verktøy om læringsressurser som opprinnelig ikke ble utviklet for undervisning. Her plasserer iPaden seg, mens innholds-apper utviklet spesifikt for undervisning betegnes som læremidler. Det anslås at 2/3 av Norges elever vil ha en digital enhet innen våren 2021, hvorpå iPads utgjør en stor andel (2020, s. 11). Som kommersiell aktør på markedet, fronter teknologigiganten Apple med at bruk av iPads endrer undervisningen og elevers måte å lære på. De adresserer at «elever, lærere og utdanningsinstitusjoner verden over bruker iPad til å oppmuntre til kreativitet og praktisk læring» (Apple.Inc, 2017, s. 2).

Fra forskningsmessig hold er det lite som tyder på at implementering av nettbrett i seg selv revolusjonerer undervisningen. Til tross for at det blir investert stort i digitale flater, med intensjon om å stimulere til endrede arbeidsmåter, blir de i mange tilfeller koblet på en etablert tradisjonell praksis (Guðmundsdóttir, Dalaaker, Egeberg, Hatlevik, & Tømte, 2014, ss. 29-30; Jahnke, Bergström, & Mårell-Olsson, 2017, s. 12; Berrum, Fyhn, Gulbrandsen, & Nilsen, 2017, s. 45; 61). Jahnke m.fl. (2014a, s. 87; 2017) forfekter at iPaden har et potensiale som kan skape meningsfull læring i klasserommet ved å tenke nytt om selve pedagogikken og bygge didaktiske design rundt digitale affordanser. Kanskje sikter Berrum m.fl. (2017) til en slik form for innovativ undervisningspraksis når de i oppsummeringen av sine hovedfunn hevder å se at: «(...) noen av lærerne på enkelte pilotskoler evner og gjøre bruk av og utnytte nettbrettet på en veldig god pedagogisk og fremtidsrettet måte som etter vår mening fremmer mer og bedre læring enn de mulighetene som ligger i tradisjonelle og papirbaserte læringsverktøy» (s. 5). Hva de legger i *mer og bedre læring* er imidlertid uklart.

I min jobb som småskolelærer opplever jeg å være tett på digitaliseringen. Først ble den klassiske tavla byttet ut med interaktiv tavle, Smartboard. I neste omgang ble Smartboardet erstattet av TV-skjerm og iPads; og vipps, så kunne hvilken som helst av dingsene i klasserommet koble seg trådløst til skjermen. Når et nytt verktøy bringes inn i undervisningen, blir det viktig å utvikle et bevisst forhold til når og hvordan teknologien kan fungere formålstjenlig. Det er bred enighet i forskningsfeltet om at læreren og pedagogikken som kontekstualiserer bruken, er avgjørende faktorer for å utnytte potensialet som hevdes å ligge i iPaden (Guðmundsdóttir, Dalaaker, Egeberg, Hatlevik, & Tømte, 2014, s. 40; Jahnke & Kumar, 2014a; Kucirkova, 2014; Berrum, Fyhn, Gulbrandsen, & Nilsen, 2017; Sandvik, 2018; Gilje, Bjerke, & Thuen, 2020; Boon, Boon, & Bartle, 2020, s. 12).

Digitalisering i skolen er et aktuelt tema i en samfunnsmessig kontekst. Men i utdanningspolitiske dokumenter er det lite tydelighet i hvordan teknologien bør innpasses for å virke i tråd med intensjonen: Å gi elevene mulighet til å lære gjennom utforskning og skapende aktiviteter. Clark og Luckin (2013, s. 3) råder skoler som ønsker å innlemme nettbrett i undervisningen til å utarbeide en klar strategi. Rapporten deres er basert på en usystematisk litteraturgjennomgang om effektiv bruk av digitale enheter. Det fremheves at vellykket implementering krever god planlegging og evaluering i alle faser. Mangelen på pedagogiske retningslinjer for hvordan bruk av iPad kan støtte elevenes læring, er samtidig et av funnene i en systematisk litteraturgjennomgang på feltet (Boon, Boon, & Bartle, 2020, s. 12). Boon m.fl. (2020) har syntetisert forskning publisert mellom 2010 og 2019 som har undersøkt om iPads kan forbedre elevenes læring og resultater. Kunnskapsoversikten viser til blandede resultater hva angår innvirkning på læring og prestasjon, og konkluderer med at kunnskapsgrunnlaget for å innføre iPads fortsatt er usikkert (s. 12). For læring i spesifikke fag som matematikk er det heller ikke dokumentert forbedrede resultater (s. 1). Forfatterne fastslår at det kreves mer forskning for at skolene skal kunne ta balanserte avgjørelser om mulige fordeler, veid opp mot mulige ulemper, ved bruk av iPads i undervisning (Boon, Boon, & Bartle, 2020, s. 13)

Det skisserte bakgrunnsteppet har gitt meg en motivasjon til å se nærmere på hvordan nettbrett blir brukt i begynnerklasserommet. Her etterlyser Guðmundsdóttir m.fl. (2014, s. 24) flere norske studier av klasseromspraksis. Jahnke m.fl. (2017, s. 13) presiserer at hvorvidt nettbrett åpner for innovativ tenkning om undervisning og læring, samt når teknologien kan være verdifull, i noen grad vil kunne avhenge av fag og innhold. De mener at dette er viktige områder for videre forskning. Jeg ønsket derfor å undersøke praksiser for bruk av nettbrett i matematikkundervisning.

1.1 Problemstilling

Formålet med mitt masterprosjekt er å bidra til utforskningen av en-til-en-klasserommet. Jeg støtter meg til Gilje, Bjerke og Thuens (2020) definisjon: «En-til-en-klasserommet er et læringsmiljø der hver

elev har fått tildelt sin egen digitale enhet fra skoleeier som de bruker i det fysiske klasserommet og som de kan ta med seg hjem» (s. 3). De mener at betegnelsen er mer presis enn heldigitale, teknologirike eller teknologitette klasserom. I norske studier er det et lite belyst forskningsperspektiv å ta utgangspunkt i at hver elev har sin digitale enhet (2020, s. 2). Tross en etablert plass, vet vi forholdsvis lite om hvordan lærere og elever bruker verktøyene (Gilje, Bjerke, & Thuen, 2020, s. 52).

Springbrettet til mitt masterprosjekt var å studere hvordan nettbrett ble brukt til «digital produksjon» i matematikkundervisning på småskoletrinnet. Med «digital produksjon», eller «produksjonsarbeid», mener jeg *synliggjort arbeid elevene fremstiller ved hjelp av produksjonsapper og digitale funksjoner på nettbrett*. Med åpenhet for det situasjonelle, ønsket jeg at innsamling og analyser av data skulle spisse inn fokuset, og underveis finne relevante begrep å knytte egne data opp mot. Følgende problemstilling ble utviklet og forsøkes besvart i oppgaven: *Hvilke kategorier kan forklare måten elever uttrykker matematikk på med digital produksjon i begynneropplæring?*

Siden iPad var verktøyet som ble benyttet i de undersøkte klasserommene, bruker jeg benevnelsen synonymt med nettbrett i denne oppgaven. Med betegnelsen «undervisningsaktivitet», mener jeg overordnede aktiviteter som inkluderer oppgavene læreren valgte å fylle undervisningen med. Med undervisningsaktivitetene som innramming, var jeg interessert i hva elevenes observerbare virksomhet bestod i da de skulle fremstille produksjonsarbeid.

1.2 Mitt ståsted

Masteroppgaven i begynneropplæring er flerfaglig. Jeg kombinerer områder fra det pedagogiske feltet med det matematikkfaglige. Gjennom masterspesialiseringen har jeg fått en dypere forståelse for hvordan meningsfull matematikkundervisning skapes. Som småskolelærer er jeg særlig opptatt av å bevare nysgjerrigheten de yngste barna kommer til skolen med. Et mål for meg er å legge til rette for matematiske oppdagelser og deltakelse i klasserommet. Derfor har jeg gradvis endret min egen undervisningspraksis i en mer utforskende retning. Flere års yrkeserfaring tilsier likevel at en tradisjonell arbeidsmåte fremdeles står sterkt i en del matematikklasserom.

Mitt underliggende syn på hvordan barn lærer matematikk, er en del av subjektiviteten som har påvirket undersøkelsen. Jeg støtter meg til deltakerperspektivet på læring, som handler om at barn lærer gjennom «å komme inn i faget». Sfard (2009) tar utgangspunkt i at et fag som matematikk, enten det er i skolen eller akademia, kan anses som en diskurs. Diskursiv læring defineres som å bli medlem av et bestemt fellesskap (Sfard, 2012, s. 2). Matematikklæring skjer da som deltakelse i et fellesskap hvor elevene kan praktisere matematikk og sammen utvikle diskursen de er en del av (Sfard, 2012, s. 2; Sfard, 2015). Slik kan elevenes diskurs bringes nærmere historisk mønstergyldige diskurser (Sfard, 2012, s. 2; 2015, ss. 131-132). Selv om barna ikke deltar i fellesskapet for å bli

matematikere, bør de lære seg å matematisere. Matematisering innebærer at elevene formulerer hypoteser, formoder, utforsker, resonnerer, begrunner og argumenterer i faget (Lee, 2006; Solomon & Black, 2008; Solem & Ulleberg, 2013; Hana, 2014). Deltakerperspektivet på læring har røtter til Lev S. Vygotskys sosiokulturelle læringsteori (Sfard, 2009, s. 56; 2015, s. 130). Sosiokulturelle røtter er også utbredt i matematikdidaktisk forskning. For eksempel sier Solomon og Black: «Knowledge should not be transmitted from teacher to learner in a unidirectional manner, but instead should be collaboratively constructed by all parts» (2008, s. 87). Av hensyn til plassprioritering i oppgaven, vil det ikke bli grundigere redegjort for oppgavens læringsteoretiske perspektiv.

1.3 Oppgavens struktur

Kapittel 2 innledes av en tilnærming til feltet hvor jeg kaster lys over tidligere forskning som er relevant for det studerte fenomenet, digital produksjon. Videre gjør jeg rede for teoretiske perspektiver og eksisterende forskning som var med på å drive analysen fremover.

Kapittel 3, metodologisk tilnærming, utgjør en bærebjelke i oppgaven. Grunnet mangel på teoretiske «briller», valgte jeg en balansert variant av «Grounded Theory» som fremgangsmåte; heretter benyttes også forkortelsen GT. Med empirirevet analyse, identifisere jeg forhold som så ut til å være avgjørende for måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon. Jeg legger frem funn i kapittel 4 ved å presentere analysen av én overordnet kategori med tilhørende subkategorier, og illustrere kort med situasjoner fra min andre overordnede kategori at funnene gjentar seg

I kapittel 5 samler jeg trådene fra kapittel 4 i en avsluttende diskusjon. Undersøkelsens to hovedfunn drøftes i lys av teorigrunnlaget. Deretter følger en metodologisk drøfting av undersøkelsen. Til sist i kapittelet oppsummerer jeg funnene, og peker fremover for videre forskning.

2 Teori og relevant forskning

Dette kapittelet er firedelt. Kapittel 2.1. tar for seg nettbrett-forskningen som utgjør førforståelsen jeg brakte med meg inn i gjennomføringen av prosjektet. Kapittel 2.2 omhandler orientering og arbeidsmåter i matematikkundervisning, som er relevant for å ramme inn elevenes produksjonsarbeid kontekstuellt. Kapittel 2.3 heter representasjoner i matematikk og tar overordnet for seg spenningen mellom konkret og abstrakt. Kapittel 2.4 belyser teori om utvikling av representasjonskompetanse og forskning relatert til elevers bruk av representasjoner i begynneropplæring. Jeg ønsker å presisere at perspektivene i teorigrunnlaget ble flettet inn underveis i analysen. Denne måten å bruke eksisterende teori på er prinsipielt i GT-metodologien.

Sensitivitet er et sentralt begrep i Grounded Theory (Corbin & Strauss, 2015, ss. 77-79). Det innebærer å utforske muligheter i det empiriske materialet som skal tillegges mening. At forskeren

skal forsøke å være åpen for det situasjonelle, betyr ikke at hun ikke har med seg teoretiske perspektiver. Det gjelder heller å søke bevissthet rundt egen førforståelse. Forskerens sensitivitet avhenger av subjektivitet forbundet til eksisterende teori og erfaringer. Sensitivitet for empirien kan utvikles ved å fordype seg i ny litteratur underveis i prosessen, slik at forskeren blir oppmerksom på relevante begrep å knytte egne data opp mot (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 142-143). Poenget er altså ikke å unngå bruk av eksisterende litteratur, men å bruke teorien til å drive analysen fremover (Corbin & Strauss, 2015, s. 78). Denne typen studie trenger ikke nødvendigvis å munne ut i nye begrep, da eksisterende teori kan anvendes i en ny kontekst (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 143-144; Corbin & Strauss, 2015). I min undersøkelse så jeg gradvis hvordan teori om representasjoner i matematikk kunne gi mening til datamaterialet. Jeg ønsket å bygge videre på eksisterende teori som passet situasjonene hvor elevene uttrykte matematikk ved bruk av iPad. Jamfør Postholm og Jacobsen (2018, s. 143) er ikke intensjonen da å bygge teori som genererer nye begreper, men å tilpasse begrepene til de spesifikke situasjonene. Mer om GT greies ut om i kapittel 3.

2.1 Forskning på bruk av nettbrett som pedagogisk verktøy

De første nettbrettene ble rullet ut i klasserom uten at forskningsbasert kunnskap forelå. Derfor er den første litteraturen på området hovedsaklig basert på rapporter fra pilotprosjekter med iPads i skolen (Guðmundsdóttir, Dalaaker, Egeberg, Hatlevik, & Tømte, 2014, ss. 27-28; Boon, Boon, & Bartle, 2020). Slike prosjekter kan kritiseres for å ha en «opp-ned-tilnærming» fordi implementeringen blir iverksatt uten noen formell evaluering (Kucirkova, 2014, s. 3). Den første forskningen på nettbrett i undervisningssammenheng har vært preget av motsetningsforholdet mellom digitale og analoge læringsressurser (Kucirkova, 2014, s. 2), og posisjoneringen «ja» eller «nei» til teknologi (Sandvik, 2018, s. 91). I stedet for å støtte seg til slike dikotomier, mener Kucirkova (2014, s. 3) det vil være fruktbart å betrakte læringsressursene som komplementære og se nærmere på når teknologien fungerer formålstjenlig. Med dette rettes søkelyset mot verktøyets potensial som innovativ pedagogisk støtte i det hun omtaler som en ny bølge iPad-forskning. Målet med en slik innfallsvinkel er å forstå mer av digitale praksiser i klasserommet (se f.eks. Jahnke, Bergström og Mårell-Olsson, 2017; Sandvik, 2018; Gilje, Bjerke og Thuen, 2020).

Jeg vil nå legge frem utvalgt bakgrunns litteratur med relevans for fenomenet «digital produksjon», som utgjør den tematisk røde tråden i oppgaven. Jeg legger hovedvekt på evalueringen av det første pilotprosjektet med iPads i norsk skole, men viser også til internasjonale funn. Deretter trekker jeg frem forskningsartikler som utdyper et gjentakende aspekt ved nettbrett-innføringen: En mulig endring i lærer- og elevrollen i form av økt elevaktivitet og produksjon. Underveis kaster jeg et kritisk blikk på enkelte nettbrett-funn som jeg synes det kan være grunn til å sette spørsmålstegn ved.

2.1.1 Rapporter fra en-til-en klasserommet

De første evalueringsrapportene fra norske klasserom er utarbeidet av konsultentselskapet Rambøll på bestilling fra Bærum kommune: Evaluering av «Digital skolehverdag» del 1 (Berrum, Fyhn, Gulbrandsen, & Nilsen, 2017) og del 2 (Berrum, Gulbrandsen, Elgaard, & Krumsvik, 2018). Hensikten var å vurdere hvorvidt målene om «bedre læring» og «endring av elev- og lærerrollen» var innfridd etter innføring av nettbrett som primært læremiddel (2017, s. 1). Med klasseromsobservasjoner, intervjuer av lærere, elever og foresatte, samt effektanalyser av kartleggingsprøver i regning og lesing på 1.-3. trinn, nasjonale prøver og elevundersøkelsen – ønsker Berrum m.fl. (2017) å besvare forskningsspørsmålet: «Hvordan påvirker bruken av nettbrett elevenes læringsutvikling?» (s. 7).

Rambøll-rapportene omtaler i hovedsak undervisning generelt, og trekker blant annet frem en rekke opplevde effekter av iPaden: større grad av tilpasset opplæring og motivasjon, mer samarbeid, stimulering til kreativitet samt økt produksjon fra elevene (2017, ss. 34-36; 2018, s. 50; 54). Disse funnene går igjen i den engelske rapporten nevnt innledningsvis, der formålet var å identifisere hovedidéer fra litteraturen om effektiv bruk av iPad (Clark & Luckin, 2013). Clark og Luckin (2013) skriver: «The research on iPad use and adoption **overwhelmingly reports that tablet devices have a positive impact on students' engagement with learning.** Findings report increased motivation, enthusiasm, interest, engagement, independence and self-regulation, creativity and improved productivity» (ss. 4, forfatterens utheving). Motivasjonsaspektet står sentralt i iPad-satsningen og kunne vært interessant å trekke inn i denne oppgaven, men utgår av avgrensingshensyn.

Videre hevder Clark og Luckin (2013, ss. 3-4; 22) at det foreligger bevis for at iPads kan endre læreres undervisningspraksis; for eksempel gjennom mer varierte undervisningsaktiviteter, multimodalitet og tilgang på apper. Et sentralt funn fremholdt i sluttrapporten ved Berrum m.fl. (2018, ss. 61-62) er at implementering av nettbrett ser ut til å ha endret lærerens rolle – derav også elevrollen. De observerte mange lærere som praktiserte tradisjonell tavleundervisning og åpen plenumsdialog i det som hevdes å være en uforholdsmessig stor andel av undervisningen; men også lærere som praktiserte mer som veiledere i elevenes læring (2018, ss. 48-49). Ifølge lærerne, jobber de mer aktivitetspedagogisk og mindre formidlingspedagogisk som følge av nettbrettene. I dette legger forfatterne at «læreren varierer metoder i større grad enn ved tavleundervisning, og at man kan være mer til stede for den enkelte elev gjennom veiledning og «en til en»-dialog i klasserommet» (2018, s. 61). Jeg savner noen fyldigere beskrivelser av undervisningen som ble observert, og stiller spørsmål til transparenshensyn rundt gjennomføringen.

Også prosjektrapporten «Gode eksempler på praksis», eller GEPP (Gilje, Bjerke, & Thuen, 2020, s. 26) peker på muligheten for at digitalisering medvirker til økt variasjon i organiserings- og arbeidsmåter

(2020, ss. 37-39). Det antas at variasjon i arbeidsmåter kan være positivt for elevenes læring. Samtidig viser rapporten at mye av elevaktiviteten består i selvstendig arbeid på egen skjerm. Basert på en historisk sammenligning foretatt av forskerne, kan funnene indikere at det også er en mulighet for at digitale klasserom fører til mer individuelt arbeid og derav mindre samhandling enn det som har vært vanlig i analoge klasserom (Gilje, Bjerke, & Thuen, 2020, ss. 20-23;39). Selve datamaterialet i GEPP-rapporten er innhentet på ungdomstrinnet, og derav mindre relevant sett opp mot mitt prosjekt. Samtidig er det interessant at funn fra Rambøll-rapportene – som inkluderer småskoletrinnet – forteller noe av det samme. Ifølge Rambøll var den observerte undervisningen hovedsakelig basert på selvstendig arbeid, hvorpå et fåtall av oppleggene med iPad la til rette for samarbeid (Berrum, Gulbrandsen, Elgaard, & Krumsvik, 2018, s. 49). Akkurat her ser det altså ut til at de observerer noe annet enn hva lærernes opplevde effekter tilsier når det gjelder økt samarbeid elevene imellom. I sluttrapporten fremkommer det av lærernes svar at nettbrettene blir brukt svært mye i store deler av undervisningstiden (2018, s. 53).

Også Clark og Luckin (2013, s. 9) refererer at lærere og elever generelt har en positiv holdning til verktøyet, hvorpå elever rapporterer om iPad-bruk i de fleste fag og fagområder. Flertallet av lærerne intervjuet av Berrum m.fl. (2018, s. 53), synes det er inspirerende å lage undervisningsopplegg på nettbrett. Mange mener også at mindre tavleundervisning gir mer tid til å gå rundt og veilede, hvilket kan lette deler av jobben fordi undervisningsoppleggene blir mer effektive (Berrum, Fyhn, Gulbrandsen, & Nilsen, 2017, s. 38; 54). Hva lærerne selv legger i effektive opplegg er uklart. Men som et eksempel på hensiktsmessig utnyttelse av iPad, trekkes «læringsfilmer» frem som en hyppig nevnt metode for å frigjøre tid til at elevene kan jobbe differensiert og uforstyrret ut ifra sitt nivå. Det står at: «elevene kan spille av en instruksjonsvideo så mange ganger de har behov for, uten å måtte vente på at læreren skal komme og fortelle eller vise elevene hva som skal gjøres og hvordan» (Berrum, Gulbrandsen, Elgaard, & Krumsvik, 2018, s. 56). Jeg stiller spørsmål til om denne spesifikke bruken at nettbrett kan bringe noe nytt inn til matematikkundervisningen sett i forhold til hva læreboka med forklaring, eksempeloppgave og påfølgende øvingsoppgaver gjør.

På den ene siden kan det tolkes positivt at lærerne opplever at iPaden fungerer støttende mot å bevege seg ut av et tradisjonelt undervisningsmønster. På den andre siden kan man fra et sosiokulturelt ståsted problematisere det underliggende synet i Rambøll-rapportene som ser ut til å sidestille læreren i veiledersrolle med beste undervisningspraksis. Dreiningen mot mer individualiserte arbeidsmåter i norsk skole – uavhengig av digitale verktøy – har lenge vært et utviklingstrekk under kritikk fra forskningsmessig hold (se f.eks. Haug, 2006; 2010; Klette, 2007). Sett i lys av samhandlingens betydning for å utvikle matematisk forståelse, kan det ifølge Grønmo (2014, ss. 25-26) være problematisk dersom klassen som en felles læringsarena bygges ned til fordel for individuelt

arbeid. Refererte funn fra en-til-en-klasserommene er derfor tankevekkende sett opp mot et didaktisk ståsted om at et mindre taust matematikkfag kan berike elevenes læring.

2.1.2 Digitale affordanser – forsterkende for en aktiv elevrolle?

Omtalte rapporter viser til en mer aktiv elevrolle som et formål med nettbrett-innføringen. En aktiv elevrolle fremmes også eksplisitt i nyere utdanningspolitiske dokumenter (NOU 2014: 7, 2014; Meld. St. 28, 2015-2016, s. 16; Utdanningsdirektoratet, 2020). Korcikova (2014, s. 2) fastholder at iPaden har et potensiale som kan revolusjonere opplæringen for de yngste barna med henblikk på å bevege seg bort fra rollen som konsument og innlærer. Med tilsvarende forutsetning, har Jahnke m.fl. (2013) konstruert en modell for «digitale didaktiske design». Modellen består av fem elementer, hvor iPaden utgjør kjernen. Selve verktøyet skal forbedre samtlige andre elementer: læringsmål, undervisningsaktivitet, undervisningsvurdering og elev-/lærerrollen. Modellen er videreutviklet til et rammeverk for planlegging og evaluering av hensiktsmessig iPad-integrering i undervisning (Jahnke, Bergström, & Mårell-Olsson, 2017). Med utgangspunkt i iPadens betydning i læringsprosessen, er formålet å vurdere hvorvidt den tilfører en merverdi som ikke kunne vært realisert uten.

Jahnke og Kumar (2014a; 2014b) har forsket på hvordan det teknologiske potensialet utnyttes i danske iPad-klasserom, som var tidligere ute enn Norge med nettbrett-satsingen. Forfatterne mener det er avgjørende at læreren legger til rette for en aktiv elevrolle for å designe iPad-timer av høy kvalitet. I dette legger de at eleven er deltakende i egen læringsprosess (2014b, ss. 6-8), og læreren derav mindre formidlingsorientert. En nøkkelfaktor for vellykket integrering av digitale verktøy, er ifølge forfatterne at elevene i større grad overtar konstruksjonsarbeidet. Det argumenteres for at dette kan skje når de går inn i rollen som digitale produsenter, veiledet av læreren (2014a). I disse prosessene ble iPads brukt til å skape digitale arbeid som synliggjorde elevens læring i form av å dokumentere egen tenkning eller diskusjoner, ifølge Jahnke og Kumar (2014a, s. 87).

Jahnke m.fl. (2013, s. 2; 2014a) åpner for at noen arbeidsmåter kan fungere bedre uten iPad, men definerer samtidig klasserom som «innovative» dersom teknologien i stor grad er utnyttet. Forskerne mener å ha gått gikk videre med de innovative klasserommene for å studere disse mer i detalj. Hovedfunnet var at bruken av såkalte produksjonsapper – det vil si applikasjoner kjennetegnet av ikke å ha et forhåndsdefinert og programmert innhold utviklet spesielt for undervisning – var et felles nøkkelprikk for vellykket iPad-integrering. Også andre forskere går inn for bruk av produksjonsapper. For eksempel sier Kucirkova (2014): «With several of these apps, iPads provide unprecedented opportunities for children to create their own contents and participate in rich and dynamic learning contexts» (s. 2). En gjennomgående argumentasjon er altså at læreren kan designe for kreativitet i læringsprosessen ved å la elevene skape innholdet (Jahnke & Kumar, 2014a, s. 86;

Jahnke & Kumar, 2014b, s. 4; Jahnke, Bergström, & Mårell-Olsson, 2017, s. 8; Berrum, Gulbrandsen, Elgaard, & Krumsvik, 2018, s. 50; Gilje, Bjerke & Thuen, 2020, s. 44; 55-56)

Berrum m.fl. (2018, s. 44) tydeliggjør at nettbrett brukt som «strøm på boka» er lite formålstjenlig. Dette sammenfaller med Jahnke og Kumar (2014a, s. 83) som fremholder at hovedkriteriet for god utnyttelse er at teknologien skal tilføre noe nytt og ikke fungere som substitutt for blyant, papir og lærebok. I nettbrettet ligger multimodale funksjoner som kan gi en ny dimensjon til undervisningen, for eksempel foto, lyd- og videoopptak (Berrum, Gulbrandsen, Elgaard, & Krumsvik, 2018, ss. 50-51; 55; Sandvik, 2018; Jahnke & Kumar, 2014a). Berrum m.fl. (2018, s. 53) nevner matematikk som et mulig fag hvor iPadens funksjoner og applikasjoner kan tilføre merverdi utover det som kan oppnås gjennom tradisjonelle arbeidsmåter og læremidler. iPadens funksjoner omtales av Jahnke og Kumar (2014a) som digitale affordanser. Affordans vil si at «ulike modaliteter har ulike fysiske egenskaper som gjør dem bedre egnet til å formidle visse typer innhold enn andre modaliteter» (Svennevig & Henriksen, u.d.). Det handler om at ulike uttrykksformer – som verbal, auditiv, visuell eller taktil – har ulik affordans som gjør uttrykksformen spesielt egnet for å formidle et bestemt innhold.

Den første forskningen til Jahnke m.fl. (2013; 2014a; 2014b) bygger på intervjuer og observerte undervisningsøkter i 13 iPad-klasserom med elever fra 6-16 år. Fire eksempler – alle fra ulike fag og alderstrinn – blir løftet frem som spesielt gode hva angår utnyttelse av teknologi (Jahnke & Kumar, 2014a). Blant disse finner man én matematikktime på 2. trinn. Her ble applikasjonen «Strip Designer» brukt til å lage en tegneserie med utgangspunkt i et gitt addisjonsproblem som elevene skulle omgjøre til en fortelling. Forfatterne mener at dette var god iPad-bruk siden verktøyet utnyttet som en multimodal enhet. Videre hevder de at applikasjonen skapte en kreativ ramme for elevaktivitet da barna tok i bruk digitale funksjoner som å legge til snakkebobler, tekst, opplastede bilde fra nettet eller egne foto (2014a, s. 84). Jeg stiller spørsmål til hva dette har å gjøre med kreativ tenkning i matematikk. Selv om den digitale produksjonen fremstilles som vellykket i seg selv, blir det matematikkfaglige aspektet i liten grad belyst. Jeg stiller spørsmål til om det matematiske innholdet kan komme i bakgrunnen når undervisningsaktiviteten går ut på å lage en tegneseriestripe – selv om ingen av elevenes digitale arbeid ble identiske.

Tanken bak et «digitalt didaktisk design» er at teknologien gjør det nødvendig å tenke nytt, slik at digitale affordanser skal komme til uttrykk. Modellen (2013) og rammeverket (2017) er grunnlagt på premisset om at iPadens multimodale funksjoner skal kunne redefinere undervisning og læring. Lav iPad-utnyttelse kobles til drill og ferdighetstrening der teknologien er substitutt for blyant og papir (2017, s. 4). Det opereres med en gradering som kan tolkes dithen at det høyeste nivået, der iPaden kommer til sin rett, er bedre enn de andre nivåene. Videre favner rammeverket svært bredt ved å

skulle svare på grad av kvalitet ved digitale læringsprosesser på tvers av alle fag og fagområder – uten å ta hensyn til fagspesifikk læring.

Sandvik (2018) som på sin side har forsket på bruk av iPad i den første lese- og skriveopplæringen, hevder at «et digitalt didaktisk design representerer en idealisert forståelse av hvordan det digitale klasserommet skal se ut» (s. 111). På bakgrunn av rollene lærer og elever er tiltenkt, mener hun at rammeverket er best tilpasset eldre elever. Forfatteren påpeker at en elevrolle som «innlærer» ikke er forenelig med modellen, men at dette i en viss utstrekning er å forvente i begynnerklasserommet. Min matematikdidaktiske innfallsvinkel er likevel at alle elever kan undre seg og tenke avansert med matematikk dersom undervisningen innrettes deretter, slik blant andre Hana (2014, s. 11) fastslår. I så fall må bruken av nettbrett harmonere med hvordan barn lærer matematikk. I mitt prosjekt er jeg derfor opptatt av å studere digital produksjon i lys av hvordan elevene gis mulighet til å uttrykke seg på matematikkfagets premisser.

2.2 Matematikkundervisningen som kontekstuell ramme

Måten elevene bruker nettbrett på står i et avhengighetsforhold til undervisningen. Jeg vil derfor redegjøre for relevante begreper knyttet til orientering og arbeidsmåter i matematikkundervisning.

2.2.1 Tre orienteringer i matematikkundervisning

Samspillet i matematikkundervisningen kan fremstilles i det velkjente triangelet som viser at elevene, matematikken og læreren – plassert i hvert sitt hjørne – interagerer og påvirker hverandre gjensidig. Ingen av elementene i triangelmodellen er uavhengig av de andre (Delaney, 2001). Jeg bruker elevenes virksomhet for å operasjonalisere digital produksjon. Med utgangspunkt i triangelmodellen, er deres interaksjon med matematikken min linse til det studerte fenomenet. Elevenes interaksjon med matematikken er svært følsom for undervisningen som praktiseres (Delaney, 2001, s. 30).

I en større engelsk studie om faktorer for effektiv undervisningspraksis knyttet til tall- og regneferdigheter i småskolen, finner man blant annet at arbeidsmåte og organisering, ikke kan predikere undervisningens effekt. Det avgjørende er hvordan det tilrettelegges for læring (Askew, 2010(1999), s. 37). I den forbindelse identifiserte Askew og hans kollegaer tre orienteringer for matematiske og pedagogiske formål i undervisning: *overføringsorientert* (transmission orientation), *opdagelsesorientert* (discovery orientation) og *sammenhengorientert* (connectionist orientation). Overføringsorientert undervisning er preget av tydelige forklaringer og prosedyrer fra lærerens side, hvorpå elevene reproducerer det de har fått forklart; mens opdagelsesorientert undervisning rettes inn mot utforskning og utvikling av metoder. I sin ytterliggående karakter kan en opdagelsesorientert tilnærming bli veldig styrt av elevene. Konsekvensen kan eksempelvis bli at alle metoder aksepteres på lik linje, uavhengig av hvor effektive de er (Askew, 2010(1999), ss. 41-42). Med orientering mot

sammenheng, forenes det beste fra de to andre i å anerkjenne både lærerens og elevenes rolle i matematikkundervisningen (s. 43). Innenfor denne mest effektive orienteringen, var lærerne opptatt av å få frem sammenhenger mellom matematiske idéer og aspekter, representasjoner, samt forbindelser til og mellom elevenes metoder. «The connectionist orientation also places a strong emphasis on developing reasoning and justification, leading to the children developing early ideas of proof» (Askew, 2010(1999), s. 40).

2.2.2 Arbeidsmåter i matematikkundervisning

Ifølge Boaler (2016, s. 21; 31) skiller matematikk seg fra øvrige skolefag i måten det undervises på. Hun mener at prosedyre- og regelfokuset som kan prege arbeidsmåten i faget, bidrar til å vekke prestasjon og det å komme fram til riktig svar raskt. Som følge av dette, opplever mange elever at matematikk blir et «puggefag» hvor kunnskapsinnlæring og det å huske den rette fremgangsmåten blir vektlagt (Hana, 2014, ss. 7-8; Solomon & Black, 2008; Boaler, 2016). For eksempel fant Skorpen (2009, s. 7) i en undersøkelse knyttet til begynneropplæring, at tradisjonell oppgaveløsning var den mest brukte arbeidsmåten i matematikk. Samtidig var organiseringen individuell med taus jobbing. Et gjennomgående trekk i studien var at småskoleelevene fikk lite hjelp med å sette kunnskapen inn i en større sammenheng da de jobbet individuelt med rutineoppgaver (Skorpen, 2009, ss. 20-21). Boaler (2016) mener at undervisningen heller bør gjøre elevene i stand til å tenke kreativt med matematikk, og sier: «The powerful thinkers are those who make connections, think logically, and use space, data and numbers creatively» (s. 31). En slik læringskultur kan fremmes gjennom arbeidsmåter som vektlegger matematisering (Solem & Ulleberg, 2013; Hana, 2014).

Andersen, Fiskum, & Rosenlund (2018, s. 27) oppgir at arbeidsmåtene i skolen gradvis har blitt mer *utforskende og aktiviserende*. De knytter utforskende arbeidsmåter til oppdagelsesorientert undervisning (Askew) hvor elevene undersøker (s. 20). I begrepet *utforskende* legger jeg derfor at elevene utøver undersøkende virksomhet jamført med Hana (2014). I matematikkfaget innebærer dette enten at barna undersøker matematiske idéer og begrep, eller at de bruker matematikk som et redskap i undersøkelsen av problemstillinger (Hana, 2014, s. 18).

Andersen m.fl. (2018, s. 21;28) forklarer *aktivisering* som det motsatte av å være passiv mottaker – at det settes i gang en form for elevaktivitet – kognitiv, praktisk eller fysisk. Elevaktivitet kan dermed romme svært mye. Forfatterne skriver: «Undervisning som fører til aktivisering, fører med seg at elevene lærer mens de gjør noe. Det kan innebære at de lærer mens de er fysisk aktive» (Andersen, Fiskum, & Rosenlund, s. 21). Et konkret eksempel på aktivisering koblet til fysisk aktivitet er matematikk-stafett hvor elevene løper og henter tall eller regner ut oppgaver, hvilket forfatterne hevder kan føre til større engasjement. Undervisningen er da aktiviserende, men uten å være

utforskende rettet inn mot matematikk (2018, s. 28). Jeg velger å bruke aktiviserende om elevaktivitet som *ikke* innebærer matematisk virksomhet. Botten (2005) har uttrykt uro for det han betegner som «en overdreven tro på at aktivitet i seg selv fører til læring i matematikk» (s. 3). Han diskuterer hvordan noe av elevaktiviteten i skolen kan fremstå som ureflektert, og argumenterer for at en del av slik «moromatematikk» med fordel kan kobles tydeligere til formelle matematikkunnskaper gjennom økt refleksjon. Hans synspunkt harmonerer med orientering mot sammenheng.

Gjennom måtene å jobbe på i klasserommet, kan læreren eksempelvis flette matematikken inn i praktiske situasjoner, i lek eller fysisk aktivitet, bruke problemløsende oppgavetyper, tradisjonelle øvingsoppgaver (Skorpen, 2009, ss. 7; 15-16) – eller trekke iPaden inn som produksjonsverktøy. Undervisningsaktiviteter som læreren velger å fylle timene med, inkludert oppgavene de rommer, anser jeg dermed som hovedelementet ved arbeidsmåten. Mitt blikk vendes opp fra enkeltlæreren og over på undervisningsaktivitetene som involverer iPad-bruk. Jeg ser på hva som forgår på skjermene i situasjoner hvor elevene uttrykker matematikk med digital produksjon.

2.3 Representasjoner i matematikk

Styrken i matematikken ligger i det abstrakte og generelle symbolspråket (National Research Council, 2001, s. 73). På en annen side kan de abstrakte matematiske idéene være vanskelig å forstå. Det må som oftest en konkret fortolkning til for å gjøre den matematiske idéen meningsfull. Spenningen mellom abstrakt og konkret er en gjennomgripende utfordring i skolematematikken som kan utgjøre et problem for mange elever (National Research Council, 2001, ss. 74-75; Delaney, 2001, s. 123; Duval, 2006, s. 107; Dahl, 2020, s. 218). Vi anvender derfor representasjoner som redskap for kommunikasjon, tenkning og beregning. Med representasjoner kan personlige matematiske idéer deles ved å gi tanken en ekstern form (National Research Council, 2001, s. 94).

2.3.1 Spenningen mellom konkret og abstrakt

Bruner (1966, ss. 10-11) beskriver tre representasjonssystemer for å omdanne erfaringer til modeller: *enaktive*, *ikoniske* og *symbolske* representasjoner. En læringsprosess kan forstås som at barnet beveger seg mellom systemene for å bygge kognitiv bro fra konkret til abstrakt. Handlinger gir tilgang til enaktive representasjoner, og svarer til førstehåndserfaringene. Det ikoniske representasjonssystemet er styrt av barnets tolkning av og forestillinger om omverdenen, og svarer til de visuelle bildene vi måtte ha. Abstrakt kunnskap er lagret i symbolske representasjonssystemer: verbalspråket eller det konvensjonelle matematiske symbolspråket. Kilpatrick m.fl. (2001, ss. 112, fotnote 11) eksemplifiserer hvordan en handling da kan representeres på ulike måter: Enaktivt kombineres et

brett á tre kjeks med et brett á fem kjeks, ikonisk kan det representeres som å tegne to brett med kjeks, og symbolsk kan det representeres som «5 kjeks pluss 3 kjeks» eller «5+3».

Begrepet objekt anvendes på ulike måter i faglitteraturen (Duval, 2006, s. 129; Svingen, 2018, s. 2). Jeg bruker objekt som betegnelse for matematiske idéer. Objektet kan være idéen om et matematisk begrep, en operasjon eller en relasjon – for eksempel et spesifikt tall, addisjon som regneoperasjon, eller den kommutative egenskapen (National Research Council, 2001, s. 72; Svingen, 2018, s. 2). Bruners (1966) poeng er at objektet først defineres av selve handlingen, hvorpå barnet utvikler en forestilling. Denne har forankring i det konkrete, og kan representeres ikonisk – som et visuelt bilde. Objektet er internalisert i det symbolske representasjonssystemet når barnet kan operere abstrakt med det, frigjort fra den konkrete støtten (ss. 12-14). Solem m.fl. (2018) fremhever at det kan være nyttig for elever å uttrykke sine løsninger visuelt, men at tiden de bruker på dette ikke må gå på bekostning av den matematiske tenkningen. Forfatterne skriver: «Som lærere har vi en viktig oppgave i å se når det elevene arbeider med, går over fra å være meningsfylt til å være meningsløst» (s. 139). Det fastslås at læreren har ansvaret for å hjelpe elevene mot en større grad av abstraksjon.

2.3.2 Representasjonsformer

Skillet mellom et matematisk objekt – og en uttrykt representasjon som kan gi oss tilgang til objektet – betegnes som det kognitive paradoks (Duval, 2006, s. 107;109;126). Dahl (2020) skriver: «Aspekter ved de matematiske objektene er abstrakte og lar seg bare re-presentere ved hjelp av matematiske symboler, konkrete, ulike tegninger, tekst eller lignende» (s. 195). Eksempelvis kan naturlige tall representeres på mange forskjellige måter (National Research Council, 2001, s. 95; Niss & Jensen, 2002, s. 214). Ulike måter å uttrykke matematikk på, kan organiseres innholdsmessig ut ifra representasjonsform. Fordi elevene i mine eksempler brukte iPad til å uttrykke matematikk, hadde jeg ikke et definert system for å ordne representasjonene etter form. Til å kategorisere måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon, bygger jeg videre på Delaneys (2001, s. 123) begreper for representasjoner som bringes inn i undervisningen. Disse er: *fysiske representasjoner*, *konkrete representasjoner* og *visuelle representasjoner* – og omtales under fellesbetegnelsen *ressurser*. Jeg forstår dette som en gradering av konkretisering, hvor det er viktig å bringe elevene mot abstraksjon. Representasjonsformene kan derav plasseres i spennet fra det enaktive til det ikoniske nivået hos Bruner.

Et eksempel på fysisk representasjon kan være bruk av kroppen til å utføre faktiske hopp på en tallinje. Konkrete representasjoner/ressurser er blant annet cuisenairestaver, geobrett og base-10-materiell. Eksempler på visuelle representasjoner/ressurser er tallinjer, tabeller og tegninger (Delaney, 2001). I mine studerte tilfeller uttrykker elevene bl.a. matematikk med «virtuelle

konkreter» i apper. Virtuelle konkreter er skjermbaserte kopier av konkrete ressurser (Moyer-Packenham, Salkind, & Bolyard, 2008, s. 203). Jeg klassifiserer dem som visuelle representasjoner fordi den innholdsmessige formen anses å tilsvare bilder i en bok, bare at de er manipulerbare. Til disse situasjonene passer det derfor å anvende teori om blant annet konkrete ressurser, som jeg vil gjøre rede for i neste kapittel. Ball (1992) erfarer en overdreven tro på at konkrete ressurser skal hjelpe elevene til forståelse. Styrken i ressursene kan overvurderes av oss voksne fordi vi «ser» et matematisk objekt som vi allerede forstår (s. 17). Hun sier: «Although kinesthetic experience can enhance perception and thinking, understanding does not travel through the fingertips and up the arm. And children also clearly learn from many other sources – even from highly verbal and abstract, imaginary contexts» (Ball, 1992, s. 47). Altså bør læreren ha et balansert og reflektert forhold til bruken av ressursene.

2.4 Representasjonskompetanse – en dimensjon av matematisk kompetanse

Kilpatrick (2020) definerer et rammeverk for matematisk kompetanse slik: «A structural plan for organizing the cognitive skills and abilities used in learning and doing mathematics» (s. 110). Rammeverkene viser at matematikklæring handler om mer enn tilegnelse av fakta og prosedyrer (Kilpatrick, 2020, s. 112; Niss & Jensen, 2002, s. 43). Prosesser som går ut på hvordan man bruker matematikk – for eksempel til å representere, formode og bevise – står sentralt. Rammeverket utviklet av arbeidsgruppen for prosjektet «Kompetencer og matematikklæring» (KOM), gir eksempelvis et nyansert bilde av kompetanser som må utvikles for å kunne mestre matematikk (Kilpatrick, 2020, s. 112). KOM-rammeverket består av åtte komponenter som utgjør matematisk kompetanse (Niss & Jensen, 2002, ss. 44-46). Komponentene fordeler seg på to sammensatte overkompetanser – hver av dem organisert som fire spesifikke underkompetanser. Fire handler om å kunne stille og svare på spørsmål i og med matematikk; de fire andre om å kunne omgås matematikkens språk og redskaper. Forfatterne understreker at en underkompetanse ikke kan erverves isolert fra de andre, da de alle er forbundet. Alle åtte underkompetanser bidrar til å utvikle matematisk kompetanse, som man aldri vil kunne besitte fullkomment (Niss & Jensen, 2002, s. 67).

Gjennom å undersøke digital produksjon, setter jeg søkelys på matematikkens språk og redskaper. Bestanddelene i denne overkompetansen er: representasjonskompetanse, hjelpemiddelkompetanse, kommunikasjonskompetanse, symbol- og formaliseringskompetanse (Niss & Jensen, 2002, s. 46). Jeg fokuserer på representasjonskompetanse fordi kjerne-kategorien som binder sammen mine kategorier og funn i kommende analyse – dreier seg om elevenes representasjonsmuligheter når de bruker iPad til å uttrykke matematikk. Avgrensningen innebærer en forenkling med henblikk på at alle kompetansedimensjonene må sees i sammenheng, men anses fordelaktig sett opp mot oppgavens omfang. Selv om kjernen i undersøkelsen kobles til representasjonskompetanse, er det

allikevel utfordrende å isolere dimensjonen fra kommunikasjonskompetanse og hjelpemiddelkompetanse. Relevante forbindelser vil derfor bli kort omtalt i dette kapittelet.

2.4.1 Kjennetegn på representasjonskompetanse med relevante forbindelser

Niss m.fl. (2002) definerer en matematisk kompetanse som en avgrenset hovedkomponent man trenger for å kunne handle hensiktsmessig med matematikk (s. 43). Jeg benytter karakteristikene i begrepsapparatet deskriptivt. En deskriptiv bruk fungerer som en ramme for å beskrive og analysere hva som faktisk skjer i matematikkundervisningen (Niss & Jensen, 2002, s. 71). Samtidig viser jeg til annen teori som støtter opp under kjennetegn på representasjonskompetanse.

Representasjonskompetanse vil si å kunne omgås med representasjoner av matematiske objekter, problemer eller situasjoner (Niss & Jensen, 2002, ss. 46; 56-57). I begynneropplæring handler det om å forstå og bruke forskjellige representasjoner; forstå sammenhenger mellom representasjonsformer; i tillegg til å velge og overføre mellom forskjellige representasjonsformer ut ifra formål. Elementære eksempler på representasjonskompetanse er at eleven kan representere et naturlig tall med prikker eller tellebrikker, skrive tall i posisjonssystemet ved hjelp av cuisenairstaver, eller utføre regneoperasjoner ved hjelp av base-10-materiell (Niss & Jensen, 2002, s. 57).

Læreren må vurdere representasjonsformers styrker og svakheter i den aktuelle undervisningssituasjonen. Ved å gjøre viktige forbindelser eksplisitt for elevene, bidrar læreren til å skape sammenheng og konsolidere matematisk forståelse (Niss & Jensen, 2002, ss. 98-99). For at en representasjon ikke skal bli ensbetydende med den matematiske idéen den står for, er det viktig at elevene får erfaringer med å overføre mellom uttrykksformer som representerer det matematiske objektet (Duval, 2006, ss. 108-109; National Research Council, 2001, ss. 95-96). Det er avgjørende at elevene får bruke og utforske forskjellige representasjoner – på en meningsfull måte der de er hensiktsmessige – slik at de kan oppdage viktige sammenhenger og utvikle dyp begrepsmessig forståelse (National Research Council, 2001; Niss & Jensen, 2002; Duval, 2006; Askew, 2010(1999); Dahl, 2020; Greeno & Hall, 1997; Goldin & Shteingold, 2001; Bobis & Way, 2018).

Vi trenger representasjoner for å kommunisere med og i matematikk (Niss & Jensen, 2002, s. 60; National Research Council, 2001, s. 99; Hana, 2014, s. 10). Dette prosessaspektet ved matematisk kompetanse er også tydeliggjort i læreplanen i matematikk, LK20. Her er «representasjon og kommunikasjon» sammen definert som ett av seks kjerneelementer i faget. Kjerneelementer vil si sentrale begreper, metoder, tenkemåter og uttrykksformer elevene må lære å mestre for å kunne anvende faget (Utdanningsdirektoratet, 2020). Kommunikasjons- og representasjonskompetanse er altså nært forbundet, selv om ulike ting vektas (Niss & Jensen, 2002, s. 63). *Kommunikasjonskompetanse* utøves i direkte samspill med andre elever og i samtaler med læreren, hvor forholdet

mellom avsender og mottaker er betydningsfullt (ss. 60-61;63). Kjernen i min undersøkelse vil knyttes til *representasjonskompetanse* som kommer til uttrykk i måten elevene møter de matematiske objektene eller problemene på (s. 119). Essensen ligger i selve representasjonen – hvilket innbefatter elevenes muligheter for å velge uttrykksform (s. 63). Fleksibel bruk av representasjoner er nødvendig for å utøve matematikk (Hana, 2014, s. 10). Elever vil ofte måtte benytte seg av flere representasjonsformer i prosesser hvor de bruker matematikk, for eksempel til å bevise eller løse et problem (Duval, 2006, s. 108; Goldin & Shteingold, 2001, s. 8; Hana, 2014, s. 131). Vekslingen mellom representasjoner kan derav regnes som knutepunktet i matematisk virksomhet (Duval, 2006, s. 107).

Videre fordrer konkrete og visuelle representasjoner bruk av fysisk materiell, og er derav nært forbundet med *hjelpemiddelkompetanse*. Hjelpemiddelkompetanse handler om å kunne bruke relevante redskaper som hjelpemidler for matematisk virksomhet. Et hvert hjelpemiddel involverer alltid en eller flere former for matematisk representasjon. I begynneropplæringen kan dette utgjøre reflektert bruk av konkrete ressurser for å undersøke sammenhenger og støtte elevenes begrepsdannelse, men også bruk av teknologi eller ordinære skriveredskaper (Niss & Jensen, 2002, s. 62;222). Når det gjelder innblikk i hjelpemidlenes muligheter og begrensninger, definerer Niss (2002): «hjelpemiddelkompetencen er bevaret uafgrænset gjennom hele grundskolen, bortset fra at det ikke forudsættes, at eleverne på begyndertrinnet opnår artikulert kendskab til hjælpemidlernes begrænsninger» (s. 195). Det betyr at lærerens innsikt i hva hjelpemidlene kan tilføre matematikundervisningen når det gjelder innhold og arbeidsmåter, blir viktig for at de skal fungerer som en ressurs på småskoletrinnet (s. 106).

2.4.2 Stoffområder og representasjonsmodeller

Matematisk kompetanse utøves og utvikles i samspill med et bredt spekter av faglig stoff. Selv om underkompetansene er fagspesifikke, gjelder de på tvers av ulike stoffområder (Niss & Jensen, 2002, ss. 113-116). Jeg velger å omtale områdene med størst relevans for begynneropplæring på et svært generelt grunnlag, etterfulgt av eksempler på representasjonsmodeller tilknyttet stoffet. Jeg baserer meg på utgreiingen om tall ved Kilpatrick m.fl. (National Research Council, 2001, ss. 71-111), samt Niss og Jensen (2002) som anbefaler behandling av tall og geometri på de laveste klassetrinnene (s. 117). Empirien jeg kommer til å presentere, vil være knyttet til disse stoffområdene.

Tall

Stoffområdet tall kan deles inn i to. En del fokuserer på selve tallbegrepet og de klassiske tallmengdene: naturlige tall, hele tall, rasjonale tall og reelle tall. Sentralt stoff vil omhandle notasjon av tall, herunder posisjonssystemet og brøker (Niss & Jensen, 2002, ss. 116-117). Her kommer jeg tilbake til eksempler på representasjonsmodeller. Bruk av tall til anvendelsesformål utgjør den andre

delen av stoffområdet. Det innebærer tallenes egenskaper og metoder for å kunne regne med dem, hvor de fire regnearterne er fundamentalt stoff (Niss & Jensen, 2002, ss. 115-117).

Kilpatrick m.fl. (National Research Council, 2001, s. 72) forklarer at en typisk tenkemåte for matematikere er å løfte blikket fra et konkret tilfelle og generalisere til hele mengder av tall. Dette har ført til idéen om tallmengder. Hver delmengde er en utvidelse av den forrige, og en utvidelse av tallbegrepet. Tallmengdene er til hjelp for å tydeliggjøre og forstå grunnleggende aritmetiske idéer (Niss & Jensen, 2002). Telling danner grunnlaget for regning. Addisjon forenkler tellingen ved at man kan kombinere hele mengder av samme enhet istedenfor å telle alle objektene. Multiplikasjon innebærer en ytterligere effektivisering når vi skal legge sammen flere grupper av samme mengde. Slik danner de naturlige tallene, sammen med regneoperasjonene addisjon og multiplikasjon, det mest elementære systemet å operere i (National Research Council, 2001, s. 73). Men det begrenser seg hvilke operasjoner man kan utføre med de naturlige tallene, og tallmengden utvides til å gjelde negative heltall som gjør det mulig å subtrahere i alle tilfeller (2001, ss. 80-81). Naturlige tall er dermed subordnet alle hele tall som tallmengde. I de aller første skoleårene vil aritmetikken først og fremst baseres på bruk av positive heltall samt null – etter hvert motsatte negative heltall – før tallbegrepet bygges ut til å omfatte rasjonale tall. Det vil si alle positive og negative tall som kan skrives som brøk med hele tall i teller og nevner (National Research Council, 2001, s. 72). I systemet kan alle regneoperasjoner med de fire regnearterne utføres i alle mulige tilfeller (2001, s. 87).

Geometri

Innen stoffområdet geometri ligger blant annet geometrisk måling samt beskrivende geometri knyttet til to- og tredimensjonale figurer (Niss & Jensen, 2002, s. 116). Som deskriptive eksempler for begynneropplæring, sier Niss og Jensen (2002, s. 118) at elevene skal opparbeide seg erfaringer med representasjon av grunnformene, for eksempel med tegning og bruk av konkrete ressurser som geobrett. At eleven kan finne fysiske firkanter, lage dem på geobrett eller tegne forskjellige firkanter – er elementære eksempler på representasjonskompetanse relatert til geometriområdet (2002, s. 214). Det er forventet at eleven kan navngi og beskrive geometriske grunnformer og fysiske objekter ved utgangen av tredje klasse. Videre bør de på dette trinnet de ha utviklet et begrep om måling av lengder samt om areal av grunnformene (Niss & Jensen, 2002, s. 118).

Representasjonsmodeller tilknyttet stoffområdene

Representasjonsmodeller gir tilgang til ulike aspekter ved de matematiske objektene (National Research Council, 2001; Duval, 2006; Dahl, 2020). Modellene er en betydelig del av stoffet i opplæringen (National Research Council, 2001, s. 95). For å utvikle barns tallbegrep er det naturlig at de introduseres for *tall som en mengde, tall som et punkt på tallinja, brøk som del av en hel, brøk*

som del av en mengde og brøk som et punkt på tallinja (National Research Council, 2001, s. 95). Jeg vil nå gjøre kort rede for representasjonsmodellene som opptrer i mine empiriske eksempler.

Grupperingsmodellen for tall utgjør et hovedfokus i skolematematikken (National Research Council, 2001, ss. 96-97). Posisjonssystemet er basert på prinsippene om gruppering i tiere og plassverdi, hvor idéen om null som plassholder avgjørende. Sifrene 0-9 er det vi trenger for å kunne representere et hvilket som helst tall. Sifferet angir antall grupper av en bestemt størrelse, og verdien avhenger av hvilken plass sifferet opptrer på i tallet. (National Research Council, 2001, s. 97;100). Visuelle eller konkrete representasjoner med base-10-materiell – enerne representert som klosser, tierne som staver, hundrerne som plater, og tusenene som kuber – kan eksempelvis utvikle forståelse for sifferverdier i naturlige tall (National Research Council, 2001, s. 97).

Thompson (2003, s. 189) mener på sin side at lærere bør være mindre opptatt av plassverdier enn tradisjonen tilsier. Plassholderkonseptet er komplekst å forstå, og har to underbegrep: Mengdeverdi (quantity value) som eksempelvis at 64 er 60 og 4, og oppstillingsverdi (column value) som eksempelvis at 64 er 6 tiere og 4 enere (Thompson, 2003, s. 183;188). Argumentasjonen hans går ut på at mental regning baserer seg på mengdeverdi, der man splitter opp tierne og enerne. Forståelse for oppstillingsverdi er ikke avgjørende for å utvikle hoderegningstrategier, men ligger tett opptil standardalgoritmen; derfor trenger man ikke å fokusere på dette i den tidlige begynneropplæringen (Thompson, 2003, s. 183). Synspunktet kan sees opp mot erfaringen med bruk av base-10-materiell i Nederland: Elevene foretok en ren opptelling av tiere og enere istedenfor å utvikle hoderegningstrategier (Solem, Alseth, & Nordberg, 2018, s. 129; Beishuizen, 2010(1999), s. 175). Som et svar på dette ble den tomme tallinjen utviklet som en didaktisk modell.

Ved å vie oppmerksomhet til tallinja som representasjonsmodell, støttes tanken om hvordan vi organiserer tallene etter hverandre på ei linje (National Research Council, 2001, s. 96). Den tomme tallinja har ingen markeringer og er derav fleksibel i bruk. Modellen er både egnet til å støtte elevenes utvikling av mentale regnestrategier for addisjon og subtraksjon, og til å synliggjøre deres strategier (Beishuizen, 2010(1999), s. 179). Den mentale strategien for å bevege seg mellom tiere, skiller fra grupperingsmodellen i at man regner videre fra et valgt tall, og splitter kun opp enhetene i det andre tallet (Beishuizen, 2010(1999), s. 180). Rasjonale tall er vanskeligere å illustrere enn heltallene. Den klassiske tallinja innehar markeringer med valgt lengde mellom hver enhet, orientert fra null i både positiv og negativ retning. Fordi intervallene mellom hver enhet kan deles opp i ønsket antall delintervaller, kan tallinja være en velegnet modell for å visualisere rasjonale tall. Disse tallene har en definert plass på tallinja, og kan uttrykkes ved hjelp av brøk (National Research Council, 2001, ss. 87-88).

Solem, Alseth og Nordberg (2018) skriver: «selv om vi på småtrinnet ikke skal regne formelt med brøk, kan vi legge et godt grunnlag ved å utnytte arbeidet med ulike representasjonsformer til å utvikle elevenes følelse for brøk» (s. 80). Brøk er et relasjonelt begrep. En sentral idé er at brøken representerer et forhold mellom delen og helheten. Vi vet ikke noe om størrelsen eller mengden brøkdelen uttrykker, uten å kjenne helheten den relaterer til (Boaler, Munson, & Williams, 2018, ss. 149-150;186). Ifølge Boaler m.fl. (2018, s. 152) styrkes et fleksibelt brøkbegrep ved å se en del av en helhet på mange forskjellige måter. Solem m.fl. (2018, s. 65) betoner også viktigheten av å se sammenhenger mellom representasjoner for brøk med arealmodell, mengdemodell og tallinje-modell. Med de ulike modellene kan helheten representeres som en mengde, en tallinje fra 0 til 1, eller en figur eller geometrisk grunnform som tydelig oppfattes som en hel (2018, ss. 68-69).

Arealmodellen representerer brøken som arealet av en figur, og gir et konkret bilde av helheten brøken relaterer til. Elevene blir ofte introdusert for denne først, da arealmodellen er enklest å forstå (Dickson, Brown, & Gibson, 1984, s. 277; 279). Dickson m.fl. (1984) viser til undersøkelser som har pekt i ulike retninger når det gjelder mengdemodellen og spørsmålet om hvorvidt den er vanskeligere for barn å forstå. Tallinjemodellen er på sin side mer abstrakt enn både areal- og mengdemodellen (Dickson, Brown, & Gibson, 1984, ss. 281-282). Læreren bør derfor være bevisst på hvordan representasjonsmodellene kan få frem ulike aspekter ved brøkbegrepet. Dersom undervisningen og stoffet legger ensidig vekt på arealmodellen, kan elevene få vanskeligheter med å bevege seg videre fra denne representasjonen (Dickson, Brown, & Gibson, 1984, s. 279). Ved å veksle mellom de ulike modellene, kan man unngå at elevene forbinder brøk for sterkt til bare en av dem (Solem, Alseth, & Nordberg, 2018, s. 69). Dette er i overensstemmelse med tidligere refererte poeng om at en representasjon ikke må bli ensbetydende med det matematiske objektet den står for, hvor overføring mellom representasjoner betraktes som avgjørende for forståelsen (Duval, 2006).

2.4.3 Den produktive uttrykkssiden av representasjonskompetanse

I hver definert kompetansedimensjon ligger en undersøkende og en produktiv side (Niss & Jensen, 2002; Kilpatrick, 2020, s. 112). «Den «produktive» side af en kompetence består i, at man selv kan gennemføre de processer, kompetencen omfatter» (Niss & Jensen, 2002, ss. 63-64). Med en deskriptiv tilnærming, innebærer den produktive siden at elevenes virksomhet leder frem til matematiske produkt som er synliggjort på en eller annen måte. Det handler altså om kompetansens uttrykkside. På den andre siden svarer forståelse, analyse og kritisk vurdering av de utførte prosessene til den undersøkende siden (Niss & Jensen, 2002, s. 64;70). I gjengivelsen av KOM-rammeverket formulerer Kilpatrick (2020) dualiteten slik: «The analytic side involves understanding and examining the mathematics, whereas the productive side involves carrying it out» (s. 112).

Vi kan trekke slutninger om elevers tenkning og matematiske idéer på bakgrunn av det de uttrykker med sine representasjoner (Goldin & Shteingold, 2001, s. 5; Dahl, 2020, s. 196; Bobis & Way, 2018, s. 62). Jeg sikter meg derfor inn mot representasjonskompetanses produktive side. Deskriptivt handler dette om at elever utøver kompetansen i prosesser hvor de bruker representasjoner i møte med et matematisk objekt, en problemstilling eller en situasjon (Niss & Jensen, 2002).

Representasjonskompetanse går utover det å lære om og kunne gjengi standard representasjoner man får presentert (Bobis & Way, 2018, s. 57). I de neste delkapitlene går jeg dypere inn i teori og forskning relatert til elevers bruk av representasjoner.

2.4.4 Samspillet mellom interne og eksterne representasjoner

Å være kjent med forskjellen mellom standard representasjoner og representasjoner som kommer til uttrykk for å støtte tenkning eller kommunikasjon, inngår i representasjonskompetanse (Niss & Jensen, 2002, s. 213). Her ser jeg det hensiktsmessig å bruke Goldin og Shteingolds (2001) distinksjon mellom interne og eksterne representasjoner. Det formelle symbolsystemet, eller konkrete ressurser som er tiltenkt å demonstrere et bestemt matematisk objekt, er eksempler på *eksterne representasjoner*. De er strukturert av konvensjoner som gir faste rammer for å lage formler, og er i den forstand statiske (Goldin & Shteingold, 2001, s. 2;4). Hvorvidt eksterne representasjoner er formålstjenlige eller begrensende, avhenger av elevens forståelse for hva som ligger i dem, og hvordan de tar plass internt (Goldin & Shteingold, 2001, ss. 4-5; Bobis & Way, 2018, s. 58).

Mentale bilder for matematiske objekter og prosesser svarer til de *interne representasjonene*. De er dannet på grunnlag av elevenes naturlige språk, problemløsningsstrategier, visuelle og fysiske forestillinger, og holdninger til matematikk (Goldin & Shteingold, 2001, s. 5). Interne representasjoner kan ikke observeres direkte, men vi kan trekke slutninger om dem på grunnlag av elevenes interaksjon med matematikken, og representasjonene som kommer til uttrykk. Det kan eksempelvis være å observere hva elevene sier, skriver og tegner, eller hvordan de bruker konkrete ressurser (2001, s. 6). Gjennom interaksjon med eksterne representasjoner strukturert i læringsmiljøet, vil elevenes interne representasjonssystem utvikles (Goldin & Shteingold, 2001, s. 8). Bobis og Way (2018, s. 69) betrakter det som viktig å søke å forstå hvordan barn skaper interne representasjoner og uttrykker dem eksternt som representasjoner. Dette samspillet er betydningsfullt for undervisning og læring.

Goldin og Shteingold (2001) skriver: «Whatever meanings and interpretations the teacher may bring to an external representation, it is the nature of the student's developing internal representation that must remain of primary interest» (s. 2). Styrken i interne representasjoner består i en fleksibilitet som inkluderer mangfoldighet i ulike representasjonsformer. Disse kan bidra til

matematisk innsikt og utvikling av begrepsmessig forståelse (Goldin & Shteingold, 2001, s. 2;8; Bobis & Way, 2018, s. 64;69). Når det gjelder å tolke elevers representasjoner, mener Goldin og Shteingold (2001, s. 6) det kan være nyttig å tenke på det eksterne som en representasjon av det interne, for eksempel når eleven lager noe på papiret som viser hva han/hun har tenkt. Motsvarende kan vi tenke på det interne som en representasjon av det eksterne, for eksempel når eleven formulerer et mentalt bilde av en operasjon som beskrevet gjennom en standardalgoritme (s. 6). Baseres elevenes virksomhet på å representere det de får demonstrert – lærer de å memorere – og vil ikke erfare når de ulike representasjonsformene kan være fordelaktig å bruke (Greeno & Hall, 1997, s. 362).

2.4.5 Demonstrerende og utforskende bruk av ressurser

Matematikere har utviklet og forhandlet seg frem til effektive måter å uttrykke fagets idéer på (Dahl, 2020, s. 196; Goldin & Shteingold, 2001, s. 4). Selv om formalisering er viktig, må ikke abstraheringen i undervisningen bli for stor (Dahl, 2020, s. 218). En konvensjonell representasjon – eller ekstern – kan ikke overføres mekanisk, men må fylles med mening for å kunne tas i bruk av eleven (Dahl, 2020, s. 196; Delaney, 2001, ss. 123-124; Goldin & Shteingold, 2001, s. 10; Bobis & Way, 2018, s. 57). I begynneropplæringen er det en særlig tradisjon for å bruke konkrete ressurser til dette formålet (Delaney, 2001, s. 123; Ball, 1992, s. 16; Stein & Bovalino, 2001; Svingen, 2018; Dahl, 2020).

På bakgrunn av observasjoner, illustrerer Stein og Bovalino (2001) fallgruver og muligheter ved bruk av konkrete ressurser. Deres poeng understøtter Delaneys (2001) argumentasjon om at måten fysiske, konkrete og visuelle representasjoner blir presentert på, virker inn på elevenes og lærerens rolle i undervisningen, hvordan elevene bruker ressursene, og hva deres tankevirksomhet trenger å bero seg på i interaksjon med dem (2001, s. 141). I den forbindelse tegner Delaney (2001, s. 137; 2010, s. 76) et skille mellom representasjoner brukt til *demonstrasjon* og *utforsking*. Ved *demonstrerende bruk* har læreren innsikten i den matematiske idéen eller prosedyren som nærmest overbringes til elevene. Demonstrasjoner kan være rettet inn mot hele klassen, men forekommer også når læreren bryter inn i elevers arbeid. Her blir ressursene brukt til å forklare og illustrere matematiske objekter, eller guide elevene gjennom en prosess trinn for trinn. Når ressursene brukes på en slik måte – hvor de er tiltenkt illustrere og konkretisere matematikken – får de ifølge Klaveness (2010, ss. 27-28) rollen som *konkretiseringsmateriell*. Det har vært vanlig å gi elevene eksplisitt opplæring i konvensjonelle representasjoner på denne måten (Greeno & Hall, 1997, s. 362), noe som har endret seg med et økt fokus på elevens deltakelse (s. 366).

Elever som har lært å re-konstruere matematiske strukturer de har fått presentert med eksterne representasjoner på en mekanisk måte, har ikke nødvendigvis god forståelse (Goldin & Shteingold, 2001, s. 5; Delaney, 2001, s. 138; Dahl, 2020, s. 196). *Utforskende bruk* av representasjoner kan

imidlertid berike læringsprosessene i klasserommet. Det handler om å guide elevene mot matematiske oppdagelser og orientere undervisningen mot sammenheng (Delaney, 2001, s. 140; 2010, s. 81). Da får ressursene rollen som *abstraksjonsmaterie*ll eller enn konkretiseringsmateriell, og kan bringe elevene videre mot abstraksjon (Klaveness, 2010). Ifølge Delaney (2001, s. 139; 2010, ss. 77-78) innebærer utforskende bruk at elevene interagerer med ressursene for å finne og beskrive mønstre, visualisere sammenhenger, stille spørsmål og teste ut hypoteser, diskutere og uttrykke hvordan *de* ser det matematiske objektet, eller overbevise seg selv og andre. Her er elevene involvert i matematisk virksomhet hvor de kan ta avgjørelser i selve prosessen med å representere.

Delaney (2001, s. 141) mener at en utforskende undervisningsaktivitet gjerne kan følge av en innledende demonstrasjon fra læreren – forutsatt at demonstrasjonen gir elevene en forståelse av problemet de skal løse som kan støtte dem underveis i utforskingen. At læreren har et reflektert forhold til hvordan ressursene brukes, og hva elevene egentlig fokuserer på når de anvender dem, er avgjørende for utfallet (Delaney, 2001, ss. 140-141; Svingen, 2018, s. 7; Stein & Bovalino, 2001). Suksessfaktorer for velfungerende bruk av konkrete representasjoner, er at elevene gis tilstrekkelig med tid til utforskning og at læreren har forberedt timen godt. Dette gjelder både den innholdsmessige matematiske delen og den organisatoriske, eksempelvis ved at lærerne organiserer elevene i grupper og klargjør ressursene på forhånd (Stein & Bovalino, 2001).

På den andre siden kan representasjonene begrense læringen dersom de anvendes på en lite hensiktsmessig måte. Delaney (2001) mener blant annet at elevene kan bli distraheret dersom ressursene som bringes inn er spennende å utforske for sin egen del. Det ligger også en fallgrube i å overlate for mye av ansvaret til elevene; det kan føre til usystematisk utforskning (Stein & Bovalino, 2001, s. 357). Som et eksempel nevner Stein og Bovalino (2001) et tilfelle hvor lærerens matematiske introduksjon var mangelfull, slik at elevene ikke hadde en klar forståelse av hva de skulle gjøre med de konkrete ressursene. Dette kan kobles til Delaneys (2001) poeng om at en demonstrasjon kan være nyttig for å klargjøre det matematiske problemet i forkant av undervisningsaktiviteten – men ikke som en hensiktsmessig måte å gripe inn i elevenes arbeid på. Den andre fallgruben er nemlig at elevenes tenkning blir rutinepreget dersom læreren overtar konstruksjonsarbeidet og viser hvordan oppgaven skal løses med konkrete ressurser trinn for trinn (Stein & Bovalino, 2001, s. 356; Delaney, 2001, s. 138). Avspeiler arbeidsmåten en instrumentell innlæring, vil ikke representasjonen springe ut av en reell hensikt med å uttrykke matematikk (Greeno & Hall, 1997, ss. 365-366).

2.4.6 Representasjon som redskap for tenkning og kommunikasjon

Representasjoner er redskap elevene kan lære å utnytte – der funksjonen blir å støtte tenkning og kommunisere informasjon eller matematisk innsikt og forståelse (Greeno & Hall, 1997, s. 362; Dahl,

2020, s. 195; Woleck, 2001, ss. 224-225; Papandreou, 2014, s. 93; Saundry & Nicol, 2006).

Representasjon er ifølge Bobis og Way (2018, s. 69) en integrert dynamisk prosess i matematisk tenkning. Brukt i meningsskapende prosesser, blir representasjonene også redskap for å uttrykke seg, begrunne og argumentere, klargjøre og kommunisere sin tenkning til seg selv eller andre (Woleck, 2001, s. 215). En representasjon må frembringes ut ifra en hensikt for å kunne fungere som et redskap for barnet. At representasjonen har et reelt kommunikasjonsformål, knyttes til et deltakerperspektiv på læring av Greeno og Hall (1997, ss. 367; 361-363). De mener at elevene bør lære å kommunisere i og med matematikk fordi det er anerkjent virksomhet blant matematikere.

Representasjoner er mest virksomme når elevene – på sin måte – utnytter seg av dem i møte med matematiske problemer (Greeno & Hall, 1997, s. 366; Bobis & Way, 2018, ss. 57-58; Delaney, 2001, s. 138). Nøkkelen til problemløsning er ifølge Saundry og Nicol (2006, s. 58) evnen til å lage og manipulere et mentalt bilde som får barnet til å tenke fleksibelt. Flere forskere har rettet oppmerksomhet mot hvordan elevers egne representasjoner generelt (Greeno & Hall, 1997; Bobis & Way, 2018), og tegninger spesielt (Saundry & Nicol, 2006; Papandreou, 2014; Dahl, 2020), kan fungere som et vindu inn til barnas tenkning (Woleck, 2001, s. 215). Representasjonene kan da tolkes å ligge tett opp til elevenes interne representasjonssystem (Bobis & Way, 2018, s. 69; Dahl, 2020, s. 196), og kan dermed reflektere deres matematiske innsikt og forståelse (Bobis & Way, 2018, s. 58).

Tegning kan anses å være et visuelt språk barn bruker for å kommunisere – med seg selv eller andre – om hvordan de oppfatter verden rundt seg (Papandreou, 2014, s. 87). For barn er dette en naturlig representasjonsform som kan bringe elevene mot abstraksjon (Woleck, 2001), for eksempel gjennom å organisere erfaringer og lage strukturer og mønstre (Papandreou, 2014, s. 92). Gjennom undervisningseksempler med barn i alderen 4-6 år, viser Papandreou (2014) hvordan tegning kan fungere både som redskap for kommunikasjon (ss. 88-91), og et tankeredskap for å holde styr på informasjon, organisere arbeidet og utvikle idéer (ss. 92-97). Der funksjonen er å støtte tenkningen i seg selv, brukes eksempelvis tegning for å utforske sammenhenger, justere og sette sammen opplysninger underveis (Papandreou, 2014, ss. 88-92). Det endelige uttrykket som følger av prosessen, spiller også en viktig rolle for forståelsen. Elevene kan bruke representasjonen til å vurdere egen tankeprosess, dele idéer og snakke om dem med andre (Papandreou, 2014, s. 92). Det visuelle språket kan være til hjelp for å kommunisere, særlig for de yngste elevene, fordi det kan gjøre det lettere for dem å uttrykke seg. Her er det vanlig at barna legger til verbale eller symbolske representasjoner i tegningene sine for å formidle det de ønsker (Papandreou, 2014, s. 88).

Funnene til Papandreou (2014) kan sees i sammenheng med Wolecks (2001) undersøkelse som tok utgangspunkt i førsteklasingers bruk av tegning til å representere og kommunisere matematisk

forståelse. Gjennom meningsskapende aktiviteter fikk elevene utforske konkrete ressurser og løse åpne oppgaver som oppmuntret til å tenke fleksibelt og dele løsninger (Woleck, 2001, ss. 215-216). Over tid fant hun ut at ulike representasjonsformer gled over i hverandre, der representasjon og matematisk kommunikasjon ble en integrert prosess (2001, s. 225). Med dette fremholder Woleck (2001, ss. 226-227) at matematikkens språk og redskaper er levende. Hver representasjonsform har sine styrker. I noen tilfeller er tegning særlig egnet for å uttrykke seg, andre ganger kan verbale eller symbolske representasjoner fungere formålstjenlig. I den helhetlige konteksten rundt elevenes matematiske arbeid, er det viktig at tegning anerkjennes som et tankeredskap, samt utnyttes som springbrett for å dele egne idéer og snakke om matematikk (Woleck, 2001, s. 225).

Saundry og Nicol (2006, s. 57) introduserer et skille mellom bruk av *tegning av problemløsning* og *tegning som problemløsning*. *Tegning av problemløsning* innebærer at tegningen fremstilles etter at oppgaven er løst. Selv om det fremheves at en uttrykt representasjon aldri kan sees isolert fra elevens matematiske tenkning, blir hovedformålet da å vise hvordan man har tenkt og kommunisere løsningen til andre. Et funn fra Wolecks (2001) undersøkelse er sammenfallende med denne kategorien: En måte førsteklasingene brukte tegning på for å representere og kommunisere sin forståelse, var å nedskrive essensen i prosessen (s. 218). Mens for barn som bruker *tegning som problemløsning*, blir representasjonen både en prosess og et uttrykk. Da har representasjonen i seg selv en funksjon som tankeredskap for å løse problemet (Saundry & Nicol, 2006, s. 57). Her fant Saundry og Nicol (2006) to problemløsende funksjoner som kunne beskrive barnas tenkning og representasjon: *Bruk av tegning som konkrete*, og *bruk av tegning som systemholder* (Saundry & Nicol, 2006, s. 60). Elevene som brukte tegning som konkrete, telte de på samme måte som man ville gjort med konkrete ressurser. Ved behov for å «flytte» på ting underveis, ble dette synliggjort på tegningen med linjer, piler og sirkler. For elevene som brukte tegning som systemholder, var representasjonen til hjelp for å holde oversikt. Tegningen fungerte som et støttende stillas for å teste ut mulige løsninger (Saundry & Nicol, 2006, s. 60). Fysiske, konkrete og visuelle representasjoner kan dermed tenkes å få tilsvarende problemløsende funksjoner – forutsatt at ressursene brukes utforskende jamført Delaney (2001; 2010).

Oppsummering av teorigrunnlag

I kapittelet har forskning om bruk av nettbrett i undervisningssammenheng blitt belyst. Eksisterende teori om elevers bruk av representasjoner vil anvendes i nye situasjoner med iPad-bruk. Det innebærer tilpasning av begreper som går overens med måten elevene uttrykker matematikk på med digital produksjon. Til kategorisering, bygges det videre på begrepene *fysiske, konkrete* og *visuelle* representasjoner (Delaney, 2001). Med Bruners (1966) teori om representasjoner, har viktigheten av å bringe elevene videre mot abstraksjon blitt påpekt. Dette kan for eksempel skje gjennom

utforskende bruk av ressurser, i motsetning til *demonstrerende* bruk (Delaney, 2001; 2010; Klaveness, 2010). Begrepene er gjort rede for, og vil bli brukt i analyse og drøfting.

Observasjonene siktes inn mot den produktive siden av representasjonskompetanse (Niss & Jensen, 2002). Deskriptivt handler dette om elevens representasjonsbruk i møte med et matematisk objekt eller problem. Her er samspillet mellom *eksterne og interne representasjoner* (Goldin & Shteingold, 2001) betydningsfullt for læring. Det er viktig at elevene får uttrykke seg på måter som kan reflektere deres interne representasjoner, da representasjonskompetanse går utover mekanisk gjengivelse av eksterne representasjoner (Bobis & Way, 2018).

Teorigrunnlaget har vist at representasjoner er mest virksomme når elevene utnytter seg av dem på en fleksibel måte ut ifra et formål: Der de fungerer som redskap for å tenke og/eller kommunisere informasjon eller matematisk forståelse og innsikt (Woleck, 2001; Papandreou, 2014; Greeno & Hall, 1997). Begrepene *tegning av problemløsning og tegning som problemløsning* (Saundry & Nicol, 2006), vil tilpasses måten elevene uttrykker matematikk på med digital produksjon. Til å diskutere representasjonsbruk på iPad, anvendes heller begrepene *representasjon av oppgaveløsning og representasjon som oppgaveløsning*. Dette fordi de observerte undervisningsaktivitetene rommer oppgaver som ikke vil falle inn under problemløsning, samt andre representasjonsformer enn tegning. Videre er måten å uttrykke matematikk på rammet inn av undervisningsaktiviteter. Om elevenes virksomhet benyttes begrepene *aktiviserende og utforskende* (Andersen, Fiskum, & Rosenlund, 2018), med en tilpasning der jeg har valgt å bruke aktiviserende om elevaktivitet som ikke innebærer matematisk virksomhet. Begreper knyttet til matematikkundervisningen som kontekstuell ramme, er orientering mot *overføring, oppdagelse* eller *sammenheng* (Askew, 2010(1999)).

3 Metodologisk tilnærming

Dette kapitlet består av fire deler. Kapittel 3.1 handler om hvordan jeg definerte undersøkelsen. Valg av prosedyrer begrunnes og diskuteres i kapittel 3.2. I kapittel 3.3 redegjør jeg for metodologien Grounded Theory. I kapittel 3.4 beskriver jeg gjennomføringsfasen av datainnsamling og analyse.

3.1 Å definere undersøkelsen

Silverman (2014, s. 10) påpeker at er det avgjørende å fokusere forskningen for å kunne samle inn relevante data som passer forskningsspørsmålet. Innledningsvis var dette utfordrende for meg. Corbin og Strauss (2015, s. 32) sier: «one of the most difficult aspects of doing qualitative research is choosing the research problem for investigation». Jeg avtalte en pilotobservasjon hos en erfaren lærer som uttrykte engasjement for iPad. En pilot kan være til hjelp for å fine veien inn til akkurat hva man skal studere innenfor interesseområdet. Nøkkelen til å fokusere prosjektet kan være å rette oppmerksomheten mot det informantene mener er viktig eller problematisk på området (Corbin & Strauss, 2015, s. 34). Under pilotobservasjonen fortalte læreren om fordelene med å bruke iPad i undervisningen. For eksempel sa hun: «(...) de gjør noe selv istedenfor å få de der ferdige oppgavene. Så den tankegangen som ligger bak bruken av nettbrettet i det hele tatt, den liker jeg, at elevene er produsenter, at de prøver å være kreative.» Jeg syntes dette var interessant å gå videre med. Særlig fordi lærerens beretning om en aktiv elevrolle går igjen i nettbrett-forskningen referert i kapittel 2.1. Slik bidro kombinasjonen av litteratur og pilotobservasjon til å definere undersøkelsen.

Jeg ønsket å tilnærme meg «digital produksjon» som et fenomen – noe som opptrer i en-til-en-klasserommet selv om bruk, omfang og funksjon varierer (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 75). Fenomenet plasseres i sentrum for å oppnå dypere forståelse; ikke den enkelte konteksten som tones ned i forhold til den avgjørende betydningen i en eventuell casestudie. Søkelyset rettes heller mot å få fram variasjoner over temaet (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 74-75). Bak dette ligger en antakelse om at bruken av nettbrett kan fremtre ulikt. Jeg måtte inn i en-til-en-klasserom for å undersøke *hvordan*. Tilnærmingen til feltet betegnes da som eksplorerende (Postholm & Jacobsen, 2018). Årsaken til at det ble riktig for meg å velge en utforskende tilnærming, var mangel på litteratur om akkurat det jeg skulle se på. En induktiv opptakt i forskningsprosessen regnes for å være særlig egnet til å studere nye og ekspanderende forskningsområder (Corbin & Strauss, 2015, s. 11). Her er man nysgjerrig på hvordan noe fortøner seg. «Forskeren er rett og slett på en slags «ekspedisjon» der forståelse for og innsikt i et felt eller et fenomen står helt sentralt» (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 58). Med dette falt det seg naturlig å velge en kvalitativ forskningsmodell. Silverman (2014, ss. 4-5) fastslår at en kvalitativ modell vil være best egnet til en studie som søker å forstå hva personer *faktisk gjør* i «real-life contexts». Valgene hva angår forskningsdesign er essensielle for hvilken

kunnskap som kan utvikles, noe som gjerne omtales som forskerens epistemologiske refleksivitet (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 109). Jeg vil nå reflektere eksplisitt over disse valgene.

3.1.1 Et konstruktivistisk fundament

Spørsmål om forskningsdesign er ikke et rent praktisk anliggende, men henger sammen med epistemologi og ontologi (Postholm & Jacobsen, 2018). Et epistemologisk fundament fungerer som en ramme og modell for hvordan man ser på virkeligheten (Silverman, 2014, s. 23). Modellen blir retningsgivende for hva slags type data man samler inn. Jamfør referert forskning på nettbrett-implementering i skolen, vises det til en opplevd positiv effekt. Å komme på innsiden av deltakernes virkelighetsoppfatning var imidlertid ikke det jeg ville oppnå. Da var det ikke et poeng å velge en naturalistisk modell som kunne reflektere subjektive erfaringer, følelser og opplevelser (Silverman, 2014, s. 24). Jeg ville forsøke å tre tilbake for å forstå fenomenet digital produksjon. Forskningen vil baseres på min konstruerte gjengivelse – et utgangspunkt jeg forstår som konstruktivisme.

Silverman (2014, ss. 24, 26) betegner konstruktivisme som en teoretisk posisjon der man søker å forstå virkeligheten gjennom handlingsorientering. Man studerer det aktørene produserer ved hjelp av ord og handling. En konstruktivistisk epistemologi står i nær forbindelse med et prosessperspektiv på virkeligheten. Kombinasjonen favoriserer design som avgrenses til et mindre antall deltakere, slik at man kan få en dynamisk forståelse av situasjonene som studeres (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 61-62). Prosessene som finner sted, for eksempel i et klasserom, er til enhver tid i bevegelse og utvikling. Istedenfor å sette søkelys på årsak-virkning-forhold, er man opptatt av viktige hendelser som er med på å forme de studerte situasjonene (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 38).

I første omgang er hensikten med prosessperspektivet å beskrive og forstå det som skjer innenfor et visst tidsrom. Sentrale aktører og deres handlinger blir identifisert (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 38). Etter å ha etablert karakteren til fenomenet ved å se på *hva* og *hvordan*, kan man gå videre til å svare på *hvorfor*-spørsmål ved å undersøke bredere sammenhenger (Silverman, 2014, s. 18). For eksempel kan en undervisningssituasjon deles opp i kjeder av hendelser som utgangspunkt for forståelse. Noen hendelser vil kunne tolkes som kritiske for hvordan prosessen utvikler seg. En kritisk hendelse innebærer at handlingen ser ut til å bevege situasjonen i en bestemt retning, og kan være avgjørende også for fremtidige handlinger (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 38).

3.1.2 Personlig refleksivitet

Å kunne studere deltakernes praksis gjennom handlingssekvenser fra dataene slik de utspiller seg i sin naturlige kontekst, kan anses som selve hovedstyrken i kvalitativ forskning (Silverman, 2014, s. 18). Et konstruktivistisk grunnsyn tar utgangspunkt i at virkeligheten blir konstruert sammen med andre. Forskere kan legge vekt på ulike sider av virkeligheten, hvilket gjør at vi oppfatter og tolker

ting ulikt (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 51). Virkeligheten som rekonstrueres i forskningen, er produsert av forsker og deltakere i studien (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 90). I denne undersøkelsen legger jeg størst vekt på min subjektive fortolkning, som igjen vurderes opp mot datagrunnlaget. Videre innebærer en konstruktivistisk tilnærming at det er umulig å unngå forskningseffekt fullstendig. Som en konsekvens av at forskeren ikke kan styre bort fra sin egen fortolkning av virkeligheten – sin subjektivitet – kan forskningen heller aldri bli objektiv (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 46, 53, 106). Derfor er det viktig for meg å etterstrebe bevissthet rundt dette, og tenke igjennom hvordan jeg er involvert i egen forskning. Dette bringer meg over til spørsmålet om nærhet og distanse.

En kvalitativ metodologi krever en viss nærhet i datainnsamlingen fordi man ønsker å komme inn på deltakerne. Svært høy grad av nærhet er nødvendig dersom målet er å forstå andres tanker og meninger, da avstand vil gjøre det umulig å fange inn deltakernes virkelighetsbilde (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 106-107). Da jeg ikke ønsket å oppnå dette, landet jeg på at det ville være mest hensiktsmessig å tilnærme meg fenomenet med en viss distanse for å hente inn relevante data. Postholm og Jacobsen (2018, s. 62) mener at en viss avstand kan være et poeng for ikke å påvirke forskningen for sterkt. Et slikt ekstensivt forskningsdesign anbefales dersom målet er å få informasjon om hvordan et fenomen fremtrer i flere situasjoner. Videre anser de nøytralitet som et fruktbar ideal, selv om det ikke lar seg gjøre i praksis (2018, s. 112). Jeg anerkjenner at forskningen i seg selv, og min tilstedeværelse, vil virke inn på de studerte situasjonene.

3.1.3 Strategi for datainnsamling

Hvor åpen eller lukket datainnsamlingen skal være, er et praktisk problem hva angår begrensninger forskeren bevisst legger på materialet. Med en pragmatisk tilnærming til metode, avhenger dette av hvor man befinner seg i forskningsprosessen (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 103-104). Siden min undersøkelse startet eksplorerende, ble en åpen strategi et fornuftig utgangspunkt, for deretter å snevre inn fokusfeltet. Det henger sammen med ønsket om å være «åpen for det nye og overraskende» (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 104), men samtidig være bevisst at det er umulig å entre feltet med et forventningsløst sinn. Fra et konstruktivistisk ståsted blir det essensielle heller å forstå situasjonene som studeres (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 101-102). Mitt utgangspunkt er at forskning aldri kan være fullstendig induktiv. En pragmatisk tilnærming er basert på abduksjon i kunnskapsutviklingen. Det innebærer at man pendler mellom det induktive og det deduktive, slik at empiri og teori veksler på å drive prosessen framover. Med utgangspunkt i empirien, starter forskeren med å stille spørsmål til observasjonene. På den måten blir forskningen en pågående problemløsende prosess der man leter etter sannsynlige beskrivelser og forklaringer. Forskerens antatte forklaringer, er et uttrykk for subjektivitet som igjen må sjekkes opp mot empirien (Postholm

& Jacobsen, 2018, ss. 102-103). Slik ville jeg ta utgangspunkt i datamaterialet, bruke eksisterende teori og begreper som kunne gi mening til materialet, og tilpasse dette til nye situasjoner.

Istedenfor å søke seg bort fra egen forforståelse, bør forskeren etterstrebe bevissthet rundt hvordan dataene farges av eget syn (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 128-130). Tidligere erfaringer med bruk av iPad, samt nettbrett-forskningen jeg leste i forkant, påvirket min sensitivitet for empirien. Samtidig meldte behovet seg for å lese ny teori etter hvert som jeg jobbet med materialet. Jeg opplevde at litteraturen ble brakt inn på steder hvor den var til hjelp for å komme videre i prosessen. Corbin og Strauss (2015) anser litteraturen som nyttig i analysearbeidet dersom den ikke er bestemt på forhånd (ss. 54-56). Når behovet for å anvende teori springer ut av sammenligningsformål, kan den forbedre forskerens evne til å identifisere karakterdrag og dimensjoner ved kategorier utledet fra dataene. Dette er i tråd med Postholm og Jacobsen (2018, s. 143) som understreker at datainnsamling, analyser og lesing av teori veksler på å drive en abduktiv prosess fremover.

3.2 Metoder for datainnsamling

Metoder skiller seg fra metodologi i at de utgjør spesifikke teknikker og prosedyrer forskeren anvender i arbeidet med å samle inn og analysere data (Silverman, 2014, s. 53; Corbin & Strauss, 2015, s. 3). Metodene må harmonere med forskningsspørsmål, metodologi og kunnskapssyn. Jeg vil nå begrunne og reflektere rundt metodiske valg foretatt i prosjektets innledningsfase.

3.2.2 Primærmetode: Videoobservasjon

Ved å studere virksomhet, innsnevres fokuset til hva personer gjør (Silverman, 2014, s. 265). For å kunne dokumentere handlinger, ble det avgjørende å fange opp hva elevene gjorde på nettbrettene i løpet av undervisningsaktivitetene. Det klare valget for datainnsamling falt på å bruke observasjon som prosedyre, men jeg gjorde flere overveielser i forbindelse med valget.

Registrering

Jeg måtte ha en plan for registrering av observasjoner selv om strategien var åpen. Siden jeg ikke skulle strukturere dataene ut ifra et eksisterende rammeverk, var bruk av kodeskjema utelukket. Da var det heller ikke et poeng å bruke en observasjonsguide. En observasjonsguide vil lett kunne avlede oppmerksomheten bort fra det som ikke er forhåndsdefinerte kategorier (Silverman, 2014, s. 260). For ikke å hindre nye oppdagelser, anbefales man ikke å strukturere observasjonene for mye i eksplorerende undersøkelser (Corbin & Strauss, 2015, s. 41). Det kunne vært en mulighet å dokumentere med feltnotater, men det faktum at dataene forsvinner der og da, anså jeg som en ulempe. Kritikken rettet mot metoder med røtter til etnografien, har lenge dreid seg om denne mangelen på transparens (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 7). Med løpende feltnotater observerer og registrerer man samtidig, hvilket innebærer å gjøre umiddelbare analyser av observasjonene

(Silverman, 2014, s. 260). Jeg tror det ville blitt problematisk å produsere notater som kunne dokumentert observasjoner av elevenes iPad-bruk på en solid måte. I en slik situasjon ville det blitt mye å tenke på samtidig; særlig for meg som er nybegynner. Silverman (2014, s. 256) påpeker at en typisk nybegynnerfeil er at forskeren etterstreber å få med seg «alt» i feltnotatene. Da kan det bli vanskelig å utvikle systematiske analyser på et senere tidspunkt.

Jeg vurderte dokumentasjon med videoopptak for å være best egnet til mitt observasjonsfokus. Perspektivet man klarer å fange med video vil være begrenset uansett antall kameraer eller timer med opptak. Mens enkelte elementer kommer i forgrunnen, blir andre tonet ned (Blikstad-Balas, 2017, s. 515). Selv om det er umulig å få med seg alt som skjer i et klasserom, kan lyd- og videoopptak være til god hjelp for forskeren (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 131). Heath m.fl. (2010, s. 2;5) forfekter at hovedstyrken i å bruke video er å fange en hendelse slik den faktisk utspiller seg: «... There are opportunities for 'time-out', to play back in order to re-frame, re-focus and re-evaluate the analytic gaze. These are very powerful opportunities for the researcher» (2010, s. 6). Praktiske hensyn støtter opp under valget mitt. Jeg var klar over at prosjektet kom til å strekke seg ut i tid, og anså det som nyttig å kunne gå tilbake til opptakene.

Innramming for å utvikle observasjoner

En eksplorerende undersøkelse har en karakteristisk «tunnelstruktur» i at fokus og problemstilling utvikler seg og spisses inn over tid. I løpet av prosessen oppdager forskeren hva forskningen *egentlig* handler om (Silverman, 2014, s. 262; Postholm & Jacobsen, 2018, s. 145). Det er vanlig å gå ut med et bredt deskriptivt fokus knyttet til noen utvalgte personer eller aktiviteter under registrering av observasjonene (Silverman, 2014, s. 256). Jeg ønsket å følge noen fokuselever i matematikktimene. Med inspirasjon fra tidligere klasseromsforskning hvor det ble benyttet hodemonterte kameraer, planla jeg i utgangspunktet for å bruke GoPro-kameraer på et fåtall elever. Det første argumentet for bruk av GoPro, var å filme skjermene til *enhver tid*. Mobiliteten kunne utgjort en annen styrke. Selv om klasserommet f.eks. flyttes ut og sprer elevene over et større område, kunne jeg fulgt de samme elevene hele aktiviteten igjennom – også i etterkant på videoopptak.

Min første deltaker reagerte imidlertid på at jeg ønsket å bruke hodemonterte kameraer. Hun mente at disse i stor grad kunne påvirke elevene, og resultere i en lite realistisk opptakssituasjon. Jeg viket derfor bort fra planen. Heath m.fl. (2010) poengterer: «Surprisingly perhaps, gaining access to undertake video recording rarely proves a major difficulty, as long as you are sensitive to the demands of the setting and address the concerns of the participants themselves» (s. 15). Forfatterne løfter frem viktigheten av å diskutere prosedyrer med deltakerne, og ta særlig hensyn til innspill når forskningen involverer barn (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 21). Jeg trygget læreren på at det

ikke ville bli gjennomført opptakssituasjoner som hun og elevene ikke var komfortable med. Sammen ble vi enige om at det kunne fungere bedre om jeg beveget meg rundt for å filme elevene. Jeg ser tilbake på dette som en god avgjørelse. Her snakker vi om yngre barn, i motsetning til studiene jeg først var inspirert av. I tillegg fant jeg ut at GoPro-kameraene genererte mye varme da jeg filmet undervisningsøkter i sin helhet. På grunn av størrelsen, opprettholdt jeg likevel planen om å bruke et slikt kamera. Jeg la opp til å holde det i hånden under opptak for å tilkalle meg minst mulig oppmerksomhet. I tillegg var det enkelt å frakte med seg.

Valg av kameraløsning

En hovedutfordring ved innsamling av videodata er å komme nært nok uten å miste kontekstuell innramming. Dette er en vanlig utfordring ved filming i klasserom (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 45), og omtales som et metodologisk paradoks (Blikstad-Balas, 2017, s. 515). Detaljrikdom kan føre til at den situerte konteksten blir vanskelig å forstå fordi mulige nøkkelhendelser ikke kan dokumenteres. Motsatt vil et bredt overblikk kunne føre til at viktige detaljer ikke fanges opp. Behov for å dokumentere nærbilde av en skjerm eller andre artefakter, nevnes som konkrete situasjoner hvor det kan være formålstjenlig å bruke flere kameraer (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, ss. 53-54). Som en tilleggsløsning valgte jeg derfor å bruke et kamera på stativ. Jeg planla å plassere kameraet slik at det kunne fange opp et best mulig helhetsbilde av det som foregikk i klasserommet. Tanken var at kameraet skulle filme hovedskjermen i klasserommet hvis læreren nyttiggjorde seg av den, for eksempel til å følge opp elevenes produksjonsarbeid. For å sikre tilstrekkelig lyd kvalitet, skulle læreren bruke trådløs myggmikrofon i undervisningen. Jeg siktet meg inn mot å beholde kameraløsningen så fremt den fungerte, men tok samtidig høyde for endringer som passet andre klasserom bedre. Jeg kommer tilbake til gjennomføringen av observasjonene i kapittel 3.4.2.

3.2.3 Sekundærmetode: Intervju

Forskningsintervjuet skiller seg fra en vanlig samtale i at det går dypere inn i en bestemt tematikk (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 117). Før man planlegger å bruke intervju i forskningsdesignet, bør man ha tenkt godt igjennom hvorfor man vil anvende metoden. Siden mitt inngangsspørsmål ikke var rettet mot deltakernes virkelighetsoppfatning, var jeg strengt tatt ikke avhengig av intervjudata. Silverman (2014) formulerer det slik: «If you are interested in, say, what happens in school classrooms, (...) could you not observe what people do there instead of asking them what they think about it? Or gather documents that routinely arise in schools, for example pupils reports, mission statements, and so on?» (s. 200). Postholm og Jacobsen (2018, s. 114) forfekter imidlertid at observasjon alene ikke er tilstrekkelig prosedyre. Deres konstruktivistiske ståsted i den kvalitative forskningen tar utgangspunkt i at kunnskap blir til i møte mellom forsker og deltaker. Empirisk materiale bør ikke utelukke deltakernes perspektiv. Jeg valgte derfor å bruke intervju for å få

tilleggsinformasjon fra lærerne. Innenfor en konstruktivistisk forståelsesramme er det mest vanlig å observere først, for så å gjennomføre intervjuet (Silverman, 2014, s. 196). Med min tilnærming, anvendes det kvalitative intervjuet mer som et forskningsverktøy heller enn en sosial praksis man søker å forstå i seg selv (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 65). Intervjuene er ikke analysert systematisk i for å utvikle kategorier, men er brukt som støtte i tolkningen av videodataene.

I utforskende undersøkelser bør man unngå å strukturere intervjuet for mye med forhåndsdefinerte spørsmål (Corbin & Strauss, 2015, ss. 43-44). Siden jeg var lite trent i intervjusituasjoner, opplevdes det tryggere å velge semistrukturert intervju framfor åpent. Jamfør Postholm og Jacobsen (2018) kunne jeg da tenke igjennom aktuelle temaer og forberede spørsmålene. Formen på det semistrukturerte intervjuet ligner en samtale i dagliglivet, men har som profesjonelt intervju et tydelig formål (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 46). Et aspekt som kan prege innrammingen av et semistrukturert intervju er «fokusering». Med en fokusert karakteristikk dreier intervjuet seg om bestemte temaer, uten at strukturen er stram. Forskeren stiller åpne spørsmål og det er opp til deltakerne å få frem de dimensjonene som han eller hun mener er av betydning for undersøkelsen (Kvale & Brinkmann, 2015, ss. 47-48). Her trenger ikke spørsmålene å stilles i en fast rekkefølge, men bringes inn i kommunikasjonen der det er naturlig (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 121).

3.3 Grounded Theory som metodologisk fremgangsmåte

Postholm og Jacobsen (2018, s. 141) refererer til GT som den «konstant komparative analysemetoden». Den brukes i dag innenfor ulike tilnærminger utledet fra den opprinnelige GT-metodologien, der idealet var «forskere som går ut i virkeligheten med noe tilnærmet et helt åpent sinn, samler inn all relevant informasjon og til slutt går i tenkeboksen og systematiserer de data de har fått inn» (2018, s. 101). Dette idealet er ikke lenger entydig i metodebøkene (2018, s. 141).

Etter å ha samlet inn data hos min første deltaker, ble jeg under en veiledning satt på sporet av å bruke GT. At dette ikke var bestemt på forhånd, kan innvendes å være en svakhet ved prosjektet. Allikevel mener jeg at strategien jeg hadde valgt å benytte på daværende tidspunkt, var i overensstemmelse med metodologiens bærende prinsipper. Ifølge Silverman (2014, s. 115) er GT en av flere mulige måter å utforske kvalitative data på. Det eksplorerende aspektet står altså sentralt. Valget falt på å bruke metodologien fordi den passet godt til å møte mitt åpne inngangsspørsmål, samtidig som jeg ikke hadde noen åpenbar teori for å se på dataene mine. Mangelen på «teoretiske briller» gjorde at jeg ønsket å la det situasjonelle styre prosessen videre. Jeg tar utgangspunkt i at de første analysene starter med en gang forskeren er på feltet (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 139). At datainnsamling og analyser foregår parallelt, er noe av det som gjør tilnærmingen unik sammenlignet med andre former for kvalitativ forskning:

First, the concepts out of which the theory is constructed are derived from data collected during the research process and not chosen prior to beginning the research. It is this feature that grounds the theory and gives the methodology its name. Second, in grounded theory, research analysis and data collection are interrelated (Corbin & Strauss, 2015, s. 7).

Jeg forstår GT som en fremgangsmåte der komparative analyseprosedyrer skal gjennomsyre den abduktive prosessen. Konstante sammenligninger vil si å utvikle «successively more abstract ideas through comparing data with data, data with code, code with code, code with category, and category with category, in order to identify commonalities and differences» (Rieger, 2018, s. 3). Kategoriene som vokser frem, skal peke på mulige forklaringer på hvorfor ting skjer. En deskriptiv analyse starter også med å utvikle kategorier, men i GT må disse kobles til hverandre i en sammenbindende «kjernekategori» (Corbin & Strauss, 2015, ss. 12-13). Kjernekategorien er mer abstrakt enn deskriptive koder, og vil kunne fremtre sent i prosessen. Den har en analytisk styrke som kan kaste lys over hva forskningen handler om i sin helhet (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 151; Corbin & Strauss, 2015).

3.3.1 Valg av Grounded Theory-tilnærming

GT-landskapet er komplekst. For å tydeliggjøre sammenhengen mellom min epistemologiske posisjon og valgt GT-retning, velger jeg å si litt om metodologiens utvikling. Opprinnelig ble GT presentert av Strauss og Glaser i publikasjonen «The Discovery of Grounded Theory» fra 1967 (Glaser, 1998, s. 41). Glaser (1998, s. 32) omtaler selv GT som en systematisk metodepakke. Oppsummert går man svært åpent ut, sammenligner rike data fra flere deltakere, forsøker å forstå det som skjer, og oppdager underveis hva studien *egentlig* handler om. Målet er å utvikle substantiv teori. Det vil si en begrunnet og definert forklaring på det som skjer på området (Glaser, 1998, ss. 97, 131, 135, 157). I motsetning til en generaliserbar formal teori, vil en substantiv teori være begrenset til enkeltkontekster (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 102; Glaser, 1998, s. 23).

Metodologien har forgrenet seg i tre hovedretninger: den klassiske etter Glasers ideal (CGGT), den modifiserte tilnærmingen som Strauss videreutviklet sammen med Corbin (SGT), og Charmaz' sosialkonstruktivistiske variant (CGT) (Rieger, 2018). Tilnærmingene har nøkkellikheter, men divergerer med hensyn til filosofisk fundament, forskerrolle samt litteraturens betydning i prosessen (Rieger, 2018, s. 2). Svært forenklet kan man se for seg ulike filosofiske posisjoner langs et kontinuum fra positivistisk til konstruktivistisk. Da vil klassisk-GT og konstruktivistisk-GT plassere seg i respektive ytterpunkt (Rieger, 2018, ss. 3-8). Mens den klassiske tilnærmingen antar at en ekstern virkelighet eksisterer i objektive data, hvorpå forskerens rolle er å oppdage teorien som ligger der; legger ikke sosialkonstruktivistisk GT vekt på akkurat hva som blir sagt eller gjort, men hvordan, fordi dataene

anses å være produktet av forskningen. Rieger (2018, ss. 5-6) betegner posisjonen til Corbin og Strauss som pragmatisk fundert. Hun antyder at deres filosofiske perspektiv har evolvert mot å bli mindre positivistisk og mer konstruktivistisk. Et standpunkt hos Corbin og Strauss (2015, s. 26) som støtter opp under dette, vedrører analysen som en interaktiv prosess mellom forskeren og dataene, der forskeren bruker sin fortolkning aktivt i arbeidet med å konstruere teorien. Forfatterne sier: «It may not be the only explanation that can be derived from data, but it offer a logical and plausible one» (2015, s. 13). De anerkjenner at den rike substansen i kvalitative data skaper rom for ulike tolkninger (2015, s. 67). Det refleksive idealet gjør at forskerens perspektiver heller anses som nyttige i analyseprosessen.

Jeg har valgt å bruke Corbin og Strauss' (2015) balanserte GT-tilnærming fordi den passer best med mitt refererte virkelighetssyn og aksepterer abduksjon i kunnskapsutviklingen. Her skiller retningen seg fra klassisk GT. Glaser mener nemlig at eksisterende litteratur hindrer en åpen og induktiv tilnærming til dataene, og at den bør unngås frem til teorien nesten er ferdig (Glaser, 1998, s. 85; Rieger, 2018, s. 6). Med Corbin og Strauss' variant kan eksisterende teori støtte utforming av forskningsspørsmål, stimulere til refleksjon, hjelpe forskeren med å se muligheter i dataene og drive analysene fremover (Corbin & Strauss, 2015, ss. 33, 49-51, 89).

Videre kan man argumentere for at styrken i valgt tilnærming beror på klare beskrivelser for hvordan man kan gå fram i forskningsprosessen (Rieger, 2018, s. 7). Postholm og Jacobsen (2018, ss. 145-152) henviser som nevnt til Corbin og Strauss' analyseprosedyrer som den konstant komparative metoden. Jeg synes tilnærmingen var et godt valg siden jeg skulle prøve meg på dette for første gang – samtidig harmonerte prosedyrene med påbegynt datainnsamlingsstrategi. Det viktigste er å få samlet rike data som gir gode muligheter for sammenligning fra ulike situasjoner (Corbin og Strauss, 2015, s. 134). Det fastholdes at man bør velge de dataene som har det beste potensialet for å fange informasjonen man er interessert i (2015, s. 142) Jeg mener at videoopptak var best egnet til å fange informasjon om det elevene gjorde på nettbrettene.

3.4 Gjennomføring

I dette kapitlet redegjør jeg for gjennomføring av forskningsprosessen. I GT foregår datainnsamling og analyser ideelt sett i flere omganger med ulike deltakere, i takt med at forskeren oppdager relevante kategorier og utforsker dem for å avdekke variasjoner (Corbin & Strauss, 2015, s. 69;220; Glaser, 1998). Av hensyn til fremstillingsform i oppgaven, velger jeg å skrive om teoretisk utvalg, datainnsamling og analyseprosess hver for seg. Deretter kort om teoretisk metning.

3.4.1 Teoretisk utvalg

Teoretisk utvalg er et sentralt begrep i GT. Forskeren samler inn data teoretisk ved å oppsøke steder, personer og situasjoner som kan gi innsikt i det fenomenet man ønsker lære mer om. Resten er åpent og fleksibelt. Når de første dataene er hentet inn, starter jobben med å følge analytiske spor (Corbin & Strauss, 2015, s. 135;138). Jeg ville følge sporet om «digital produksjon», og antok jeg måtte inn en-til-en-klasserom på småskoletrinnet for å få innsikt i dette.

Hensiktsmessige utvalgsriterier

Det var ønskelig å komme i kontakt med lærere som uttrykte positive erfaringer med nettbrett, samtidig som de hadde engasjement for matematikkfaget. Jeg ville se hvordan bruken av nettbrett fungerte i klasserom hvor digitale praksiser var etablert. Derfor bestemte jeg meg for at deltakerne måtte oppfylle to utvalgsriterier for å passe inn i prosjektet: Læreren og elevene skulle ha brukt nettbrett i minst et år og befinne seg på småskoletrinnet. Dermed utgikk mulige lærere som underviste på førstetrinn, og klasser som nylig hadde tatt nettbrett i bruk. Undersøkelsen baserer seg på hensiktsmessig utvelgelse, der deltakerne er valgt ut for å belyse forskningsspørsmålet (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 135). Mitt teoretiske utvalg er på ingen måte tenkt å være representativt.

Formell godkjenning

Jeg hadde behov for å behandle personopplysninger i undersøkelsen. Sammenholdt med Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste (NSD) begrunnet jeg behovet for å innhente og oppbevare personopplysninger ved å melde prosjektet til personvernombudet for forskning. Etter å ha mottatt godkjenning om at prosedyrer for håndtering var i samsvar med personopplysningsloven (vedlegg 1), gikk jeg i gang med å finne deltakere. Jeg brukte mitt utvidede nettverk som lærer på barnetrinnet.

Den første deltakeren

Jeg kom i kontakt med en aktuell deltaker via «kursing» fra en «digital fyrårnslærer» på Østlandet. Fyrårnslærere omtales som kommunens egne spesialister. Digitale fyrårn var blant de aller første som deltok i piloteringen med nettbrett i skolen, og skulle sammen med innleid kompetanse veilede skoler som ble innlemmet i påfølgende puljer av iPad-implementeringen. Vedkommende satte meg i kontakt med en annen fyrårnslærer. Jeg gjennomførte en pilotobservasjon hos denne læreren som deltok aktivt i kommunens iPad-satsning. Hun meddelte å ha bidratt til utformingen av et digitalt undervisningsopplegg i matematikk for 1.–4. trinn som hele kommunen benytter. I tillegg deltok hun på nettveksamlinger med det hun refererte til som andre «Apple-spesialister». Apple.com (u.d.) betegner «Apple Professional Learning-spesialister» som «lærere med lang fartstid som demonstrerer hvordan du best mulig kan bruke Apple-produkter i undervisningen» og at «det legges

stor vekt på nyskaping for å gi elevene en dypere forståelse av pensum». Vedkommende var positiv til å stille opp, så det ble naturlig å gå videre med henne i undersøkelsen.

Antall deltakere var ikke bestemt på forhånd, og begrunnes med at det ikke var hensiktsmessig å legge for mange begrensninger på datainnsamlingen. Dette er heller ikke anbefalt på et innledende stadium i en eksplorerende undersøkelse der ledetråder og utvalg er ment å guide prosessen fremover (Glaser, 1998, s. 175; Silverman, 2014, s. 122; Corbin & Strauss, 2015, s. 134). Jeg visste ikke hva jeg kom til å finne, og måtte jeg ta høyde for å samle inn data i flere omganger med tilpasninger underveis. For å kunne gjennomføre dette som et masterprosjekt, valgte jeg allikevel å avgrense datamaterialet. Jeg bestemte meg for å avslutte en observasjon etter tre påfølgende undervisningsøkter, dersom det ikke dukket opp noe nytt som var interessant å følge opp.

Videre teoretisk utvelgelse

Å finne nye deltakere og datakilder som bidrar til å utvikle relevante kategorier som kan forklare det man oppdager å se, er et generelt GT-prinsipp (Corbin & Strauss, 2015). Forklaringen blir tynn dersom man samler inn samme type data gjentatte ganger (Glaser, 1998, s. 174). Teoretisk utvelgelse kan skje systematisk, eller noe mer tilfeldig. Det sistnevnte er vanligst for nybegynneren av praktiske årsaker: Valgmulighetene rundt hvor og hvem som skal lede forskningen videre kan være begrenset (Corbin & Strauss, 2015, s. 144). I tillegg utvikler man seg som forsker med erfaring (s. 146) og blir bedre på å se akkurat hva man trenger å gå videre med. Mine deltakere ble hovedsakelig med i undersøkelsen etter hensiktsmessige utvalgsriterier. At utvelgelsen ikke foregikk systematisk, betyr ikke at konstante sammenligninger ikke kan realiseres. Variasjon i dataene dukker ofte opp naturlig fordi situasjonene man studerer er litt forskjellige, og man kan få mye ut av de dataene som er tilgjengelig (Corbin & Strauss, s. 141;144). «If the analyst is comparing incidents and events on the basis of the concepts, looking for properties and dimensions, then he or she is doing theoretical sampling regardless of how the data were actually gathered» (Corbin & Strauss, 2015, s. 145).

Jeg ønsket å finne lærere som kunne bidra til variasjon til datamaterialet og sendte e-post til ledelsen ved ulike barneskoler. Forespørsler ble sendt til nettopp dem, fordi det stod i skolens pedagogiske profil at de satset på bruk av nettbrett som primært læremiddel til å produsere elevarbeider. Det ble ikke napp. Da forsøkte jeg igjen å bruke mitt utvidede nettverk. Jeg sendte en henvendelse til lærere med funksjon som lærerspesialist i «profesjonsfaglig digital kompetanse» eller «begynneropplæring» i samme kommune som første deltaker, og spurte om de kjente noen som kunne tenke seg å stille. Det førte ikke fram. Men mot tampen av skoleåret fikk jeg plutselig en e-post fra en lærer jeg tidligere hadde vært i kontakt med, som åpnet for at jeg kunne få observere.

I klasserommet til deltaker nummer to, ble nettbrettene brukt på en litt annen måte enn hos første deltaker. Dermed ble det bragt inn en variasjon som ga meg et godt grunnlag for konstant komparative analyser. Den tredje og siste deltakeren kjenner jeg fra før på et profesjonelt plan; derfor var det selvsagt ikke ideelt å bruke henne. På dette tidspunktet hadde jeg kommet godt inn i analysen, og tenkte at læreren kunne tilføre et interessant sammenligningsgrunnlag sett opp mot dataene jeg allerede hadde samlet inn. Jeg vil nå greie ut om gjennomføringsfasen av datainnsamlingen, før jeg i kapittel 3.4.3 behandler analyseprosessen.

3.4.2 Datainnsamling

Datainnsamlingen strakk seg over kalenderåret 2019. Det ble gjort opptak av tre påfølgende undervisningsøkter i tre ulike klasserom, med 5-6 måneder mellom hver observasjonsbolc. Av aidentifiserende hensyn, oppgir jeg ikke eksakte datoer. Hele forskningsprosessen igjennom har jeg etterstrebet å ivareta etiske prinsipper. I dette underkapittelet reflekterer jeg først rundt etiske hensyn forbundet til datainnsamling. Deretter kommer jeg inn på forberedelser som ble gjort, selve gjennomføringen og utfordringer jeg møtte på veien.

Etiske hensyn

Allerede i forberedelsesfasen bør forskeren tenke igjennom hvordan etiske hensyn og praktiske utfordringer rundt datainnsamlingen kan imøtekommes (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 10). Et etisk hensyn ved bruk av kamera og mikrofoner, er særlig forbundet med å etablere tillitt. Deltakerne bør forsikres om at forskeren skal studere praksiser, og ikke foreta en kritisk analyse av dem (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 16). For at læreren og elevene skulle være mest mulig komfortable med utstyret og at jeg var til stede, forberedte jeg dem så godt jeg kunne. Formålet med prosjektet ble kommunisert til deltakerne i god tid før gjennomføringen. Her er prinsippet om formelt informert samtykke overordnet (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 17). Jeg brukte en standardmal for samtykkeskjema (vedlegg 2) som ble sendt på e-post til lærerne. Her kan det være et poeng at undersøkelsens hovedhensikt og informasjon om hvordan resultatene skal benyttes fremkommer åpent nok, men ikke så presist beskrevet at det går ut over forskningen (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 248-249). Lærerne fikk anledning til å komme med innspill og gi sitt frivillige samtykke innen filming kunne skje. I den forbindelse ønsket jeg å unngå enhver form for press, slik Postholm og Jacobsen (2018, s. 248) betoner viktigheten av. For eksempel skrev en lærer som i utgangspunktet hadde sagt ja, at hun ikke ønsket å stille likevel fordi hun ikke hadde kapasitet. Det respekterte jeg. Selv om mine deltakere var lærere, ville opptak av enkeltelever og skjærmer utgjøre hovedessensen i datamaterialet. Jeg utformet derfor et eget skriv til foresatte (vedlegg 3) der de fikk velge å samtykke til at jeg kunne håndtere personopplysninger om deres barn, samt huke av for å ha forstått

innholdet. Foreldre eller barn som ikke ønsket å samtykke, skulle la være å returnere skjemaet. Det var viktig for meg å unngå at de som ikke samtykket ble fanget opp av kameraene. Jeg avklarte med lærerne på forhånd om dette kunne la seg gjøre ved å endre på plassering i klasserommet; alternativt om de det gjaldt kunne være i en av de andre klassene på trinnet i de aktuelle timene. Jeg mottok 16/18 samtykkeskjemaer i den første klassen og 21/23 i den andre klassen. Siden et fåtall ikke samtykket, gikk det greit å organisere opptak uten at disse elevene kom med. Tredje observasjonsbolk foregikk i en mindre gruppe, der samtlige åtte samtykket til å delta under filming.

Heath m.fl. (2010, s. 18) drøfter særlige etiske forhold som melder seg når studien innebærer filming av barn, både hva angår lovgivning og hvordan man som forsker bør praktisere i feltet. De presiserer viktigheten av å unngå enhver form for press og ivareta sårbare gruppers rettigheter. Dette hadde jeg et bevisst forhold til både før og under datainnsamlingen. En utfordring som gjelder de yngste barna spesielt, er å forklare hvorfor man er til stede og hva man skal gjøre på et språk de forstår. Det er ikke tilstrekkelig å motta samtykke fra foresatte; barna skal også være involvert (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 21). Lærerne forberedte elevene på at jeg skulle komme og hvorfor da skrevet ble sendt med hjem. I tillegg innledet jeg selv med å fortelle hvem jeg var, hvorfor jeg var til stede i klasserommet og hva jeg skulle filme. Jeg tydeliggjorde at opptakene ikke skulle vises til noen andre. Barna fikk også anledning til å komme med spørsmål. Siden jeg er vant til å kommunisere med barn i aldergruppen, opplevde jeg at praten falt seg naturlig i alle klassene.

For å trygge barna best mulig i forkant av opptakssituasjonen, anbefales først å foreta en lengre periode med feltarbeid (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 16). Jeg anså ikke dette som mulig innenfor prosjektrammen, men utførte heller en pilotobservasjon og kom tilbake for å filme i det samme klasserommet. Jeg opplevde dette som positivt med et dobbelt hensyn: Barna virket trygge i situasjonen og ga uttrykk for at det var stas å skulle bli filmet, samtidig som jeg fikk tenkt igjennom praktiske utfordringer rundt plassering av utstyr. Det skal nevnes at elevene, ifølge læreren, var vant til å ha eksterne innom for observasjon og hadde blitt filmet tidligere. Jeg gjennomførte ikke et slikt besøk på forhånd i det andre klasserommet. I etterkant ser jeg at det ville vært hensiktsmessig, noe jeg regner som en svakhet ved gjennomføringen. I det tredje klasserommet gjennomførte jeg derfor en tilsvarende pilotobservasjon for å gjøre meg litt kjent på forhånd.

Forberedelser

Bruk av video i klasseromsforskning fører med seg praktiske utfordringer. Det kan for eksempel dreie seg om kameraplassering, hvordan fange nøkkelhendelser og hvor mye data man trenger (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, ss. 10-11). Som nybegynner opplevde jeg at utfordringene dukket opp underveis, og ville vært vanskelig og planlagt for. Jeg kunne imidlertid sørge for å gjøre meg godt

kjent med utstyret som jeg hadde booket på forhånd. Heath m.fl. (2010, s. 56) anbefaler å øve seg på bruk av utstyr før man entrer feltet. Under observasjonen ønsket jeg i tråd med rådet til Postholm og Jacobsen (2018, s. 131) å konsentrere meg om virksomheten i klasserommet og ikke om utstyret. Jeg gjorde meg kjent med tekniske innstillinger og testet ut på egen arbeidsplass. For eksempel måtte batterier være oppladet, sender og mottaker til myggmikrofon samkjørt på frekvens, sensibilitet for lyd justert, og mottaker koblet til stativkamera. GoPro-kameraet måtte settes opp siden det var helt nytt, men var enkelt å ta i bruk. Før hver observasjon var jeg ute i god tid slik at utstyret var klart da timen startet. Heath m.fl. (2010, s. 55) tipser om alltid å ha med hodetelefoner for å sjekke om lyden er adekvat. Dette hadde jeg sørget for, og stilte inn lyden så godt det lot seg gjøre.

Videre oppfordrer Postholm og Jacobsen (2018, s. 131) til å forberede seg på observatørrollen man ønsker å innta før datainnsamlingen starter. Her refererer de til Golds inndeling, der forskeren bør tenke igjennom grad av avstand og deltakelse i observasjonen (2018, s. 115). Jeg ønsket opptak av elever som brukte nettbrettet under mest mulig normale omstendigheter. Derfor var det et poeng å holde en viss avstand. Dersom jeg hadde valgt å snakke mer med elevene under produksjonsarbeidet og bedt dem forklare sin tenkning, kunne det eksempelvis ført til mer dialog enn det som faktisk var tilfelle i klasserommet. Allikevel måtte jeg bevege meg tett innpå elevene for å filme skjermene. Jeg anså dette som lite forenelig med å være fullstendig observatør tilbaketrasket fra situasjonen. Min rolle ble derfor «observatør-som-deltaker». Her ønsker man ikke å være en del av prosessene som blir studert. For eksempel besvarer ikke forskeren spørsmål som angår undervisningen, men kan svare vennlig på spørsmål fra elever om hvem de er og hva de gjør – og motsatt (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 115). Observatørrollen ble avklart med elever og lærere i forkant. Ved enkelte anledninger kom lærerne bort til meg for å vise frem elevens arbeid under produksjon. Da var det naturlig å anerkjenne deres observasjoner, være seg positive eller spørrende til det de merket seg ved elevenes virksomhet knyttet til nettbrettet.

Som et siste trinn i forberedelsene, utarbeidet jeg en intervjuguide med spørsmål (vedlegg 4). Selv om jeg hadde en utforskende tilnærming, brukte jeg den teorien jeg hadde som støtte i utformingen (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 132). Som beskrevet i kapittel 3.2.3, la jeg opp til et semistrukturert intervju. Corbin og Strauss (2015, s. 44) anser det ikke som problematisk å bruke en intervjuguide så lenge deltakerne gis mulighet til å ta opp temaer den ikke dekker. Intervjuguiden ble derfor avsluttet med et åpent spørsmål hvor deltakerne kunne legge til det de måtte ønske. Intervjuguiden ble prøvd ut på en lærerkollega for å se til at spørsmålene var forståelige. Postholm og Jacobsen (2018, s. 132) tipser om å gjøre et slikt prøveintervju for å se hvordan spørsmålene åpner for dialog. Vedkommende hadde noen innspill til justeringer som ble foretatt før gjennomføring av feltarbeidet. Siden det

generelt sett anbefales å gjøre opptak av intervjuer (Silverman, 2014, s. 169), hadde jeg booket jeg en lydopptaker fra studiestedet til dette formålet.

Utfordringer og overveielser

Valgene knyttet til antall kameraer, vinkel på filmingen og kameraplassering – har innvirkning på hvilke data man samler inn og analysemulighetene som ligger i dem (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 37). Min tanke var å rette stativkameraet mot skjermen og helklassen, samt filme elevene med det mobile kameraet. Heath m.fl. (2010, s. 41) bemerker: «you may begin with an idea that a fixed camera will provide the most useful corpus of data only to find that the practicalities of the activity require more flexible access to the domain». Under pilotobservasjonen så jeg at den fleksible kameravinkelen var nødvendig for komme tett nok innpå elevene. Dermed bestemte jeg meg for at opptak fra GoPro-kameraet skulle utgjøre hovedkilden til å utvikle observasjoner. Stativkameraet fikk en mindre viktig rolle enn hva jeg i utgangspunktet hadde sett for meg. Videodataene fra den statiske vinkelen ble brukt som hjelp og kontekstuell støtte til å utvikle observasjonene.

Den vanligste kritikken innvendt mot bruk av håndholdt kamera, er at det blir mer eller mindre tilfeldig hva forskeren fanger opp på video. Man får med det som virker mest interessant eller relevant akkurat der og da. Dette regnes som en generell ulempe med ustrukturert observasjon (Blikstad-Balas & Sørvik, 2014, s. 142). Med handlinger på flere steder i klasserommet til samme tid, innebar min kameraløsning at jeg måtte ta raske valg i opptakssituasjonen. En annen utfordring var at en hendelse kunne starte før jeg fikk vendt fokuset mot det som faktisk skjedde. Dette er en vanlig utfordring ved bruk av fleksibel kameraløsning som kan gjøre det vanskelig å analysere strukturen i hendelsen (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 40). Her ble den kontekstuelle støtten fra stativkameraet nyttig ved flere anledninger. For eksempel var det situasjoner der jeg beveget meg ut på gangen for å filme enkeltelever. Da kunne jeg i etterkant se hva som foregikk i klasserommet parallelt. Lyden var en annen årsak til at det var fint å ha opptakene. Lærerens myggmikrofon sendte direkte til stativkameraet. For å få med meg hva som skjedde relatert til nettbrettene, måtte jeg flere ganger gå bort til læreren mens hun var i samtale med enkeltelever. Fikk jeg ikke med meg elevenes spørsmål, kunne jeg gå tilbake til stativkameraet for å høre hva som ble sagt forut.

I samråd med lærerne ble det valgt ut 5-7 fokuselever som jeg fulgte med på under undervisningsaktivitetene. Jeg rullerte på å filme de aktuelle elevene. At jeg ikke har det konsekvente blikket på handlingsstrømmen knyttet til deres digitale produksjon – er en svakhet. Optimalt sett kunne jeg antakelig fått til det dersom elevene selv hadde hatt på kamera. Å stå over et barns skulder for å filme hele undervisningsaktiviteten igjennom, regnet jeg som uaktuelt av etiske hensyn. Ved noen anledninger var stativkameraet også plassert slik at det timen igjennom filmet fokuselever som

satt på et gruppebord, men det ga meg ikke nødvendigvis oversikt over hva de gjorde på skjermene. Det er vanskelig å filme hva noen gjør fra en fast kameravinkel, fordi subjektets fysiske kropp ofte vil skjule en del av denne handlingen (Blikstad-Balas & Sørvik, 2014, s. 142). Jeg opplevde derfor at håndholdt kamera og fleksibel vinkel, fungerte best for å fange informasjonen jeg var interessert i.

Fleksibilitet i designet og mulighet til å foreta endringer er en styrke ved GT-metodologien (Corbin & Strauss, 2015, s. 87). I det første klasserommet jeg observerte var elevene plassert på gruppebord. Her var det uproblematisk å få med både TV-skjerm og alle som samtykket til filming i samme bilde. Utformingen av det andre klasserommet var mer spesiell, og kameraløsningen fungerte dårligere. Pultene fordelte seg i to rektangulære rom, hvor elevene satt vendt med ansiktet mot vegg eller vindu. Det var utfordrende å filme med en fast kameravinkel da elevene satt så spredt. Løsningen ble å plassere noen fokuselever på et gruppebord foran stativkameraet, og ellers gå ut ifra at det mobile kameraet kunne gi meg tilstrekkelige data. Etter denne andre runden med datainnsamling, innså jeg at et besøk i forkant var helt nødvendig. Jeg foretok derfor en pilotobservasjon hos den tredje deltakeren, før jeg kom tilbake for å filme. Her satt elevene alltid i samlingskrok da TV-skjermen var i bruk, og jeg vurderte det til at det var mest hensiktsmessig å plassere stativkameraet fremst i hjørnet av klasserommet. Da ble elevene filmet forfra i samling, samtidig som kamerat filmet et gruppebord mens elevene jobbet med oppgaver. I tillegg filmet jeg også TV-skjermen med GoPro-kameraet.

Etter hver enkelt observasjon importerte jeg videomaterialet til et sikret lagringsområde, før jeg klargjorde for nye opptak og slettet videoene fra enhetene. Da jeg skrudde på kameraet for å overføre videofilene fra GoPro-kameraet etter andre observasjon i det tredje klasserommet, stod det at SD-kortet måtte formateres. Det var ikke mulig å komme seg inn på kameraet uten å foreta den automatiske formateringen. Dessverre medførte dette at opptaket ble slettet. Siden jeg fremdeles hadde videodata fra stativkameraet, satte jeg meg umiddelbart ned for å notere fra timen mens jeg så på filmen. Jeg fikk erfare hvor viktig den fleksible vinkelen faktisk var.

Hva angår intervjuene, ønsket jeg å bruke disse for å gjøre deltakernes stemme hørbar i forskningen jamført med Postholm og Jacobsen (2018, s. 102). Lærerne benyttet seg av tilbudet om å få intervjuguiden tilsendt på e-post, slik at fikk mulighet til å reflektere over spørsmålene på forhånd. For at deltakerne skal oppleve intervjuet som mest mulig komfortabelt, anbefales det å la dem velge hvor det skal foregå (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 132). Det første intervjuet ble derav gjennomført på skolens personalrom. Da samtalen foregikk utenfor lærernes pausetid, ble ikke dette et problem, men jeg la inn en videre presisering om å bruke et sted der vi kunne snakke sammen uforstyrret. De to andre intervjuene fant sted på grupperom. Under gjennomføringen er det viktig å stole på at lydopptakeren fanger opp det den skal, og forsøke å være til stede i intervjusituasjonen (Postholm &

Jacobsen, 2018, s. 133). Jeg var opptatt av å legge til rette for en hyggelig setting, for eksempel med bekreftende tilbakemeldinger eller anerkjennende nikk i samtalene. Siden jeg allerede hadde observert deltakerne, var det etablert en viss kontakt før intervjuet. Med det opplevde jeg at stemningen var god og at det falt seg naturlig for dem å snakke med lydopptaker i rommet. Ingen av deltakerne fremstod som nervøse i verken kroppsspråk eller stemmeleie. Svarene lærerne oppga avslutningsvis da de ble spurt om opplevelsen av å bli observert og intervjuet, understøtter dette.

Allikevel vil jeg si at det var mer krevende å få til gode intervjuer enn hva jeg kanskje var forberedt på. Postholm og Jacobsen (2018) bemerker: «I og med at vi samtaler hele tiden, kan det også forlede oss til å tro at intervju er lett å gjennomføre for å samle inn data» (s. 117). Som nybegynner var det utfordrende å stille gode oppfølgings spørsmål for å frem deres forklaringer på hendelser introdusert i intervjuet, og inngående spørsmål med hensikt å holde forskningen fokusert mot tematikken (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 122). I enkelte situasjoner opplevde jeg at deltakerne snakket seg helt bort fra temaet. Kanskje var mitt utforskende element i tilnæringsmåten også en årsak til at dette ble litt vanskelig. Fra arbeidslivet er jeg bedre trent i klasseromsobservasjon. Når jeg hører på lydopptakene i etterkant, har jeg altså litt å gå på med hensyn til å lede et intervju. Tross dette, gjorde jeg mitt beste både hva angår forberedelse og gjennomføring, og mener sammenholdt med Postholm og Jacobsen (2018, s. 117) at man som forsker utvikler seg med erfaring.

Kamera- og forskningseffekt

Postholm og Jacobsen anbefaler å holde seg til observatørrollen man har besluttet å gå for (2018, s. 131). Sett i ettertid ble jeg nok litt for opptatt av ikke å påvirke situasjonen for mye, og kunne trygt ha spurt elevene noe mer – innenfor min observatørrolle. De fleste forskningsmetoder vil uansett ha en effekt på situasjonen (2017, s. 513). Mange hevder at såkalt kameraeffekt er den største ulempen ved å bruke video i datainnsamlingen, fordi det har så stor innvirkning på de naturlige situasjonene det er ønskelig å studere. Heath m.fl. (2010, s. 48) og Blikstad-Balas (2017, s. 513) argumenterer for at denne effekten er noe overdreven sett opp mot hvordan man påvirker dataene tilsvarende ved bare å være til stede og observere. Deres erfaringer er at deltakerne ofte glemmer kameraene etter en stund. I tillegg antas det at måten forskeren fremtrer på har større innvirkning på situasjonen enn kameraene i seg selv (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 49). Det er derfor viktig å reflektere over hvordan datainnsamlingen påvirker de observertes væremåte i egen studie – især når man ikke er fullstendig observatør (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 44).

Selv om lærerne meddelte at de ikke tenkte noe særlig over kameraene, og mente at elevene oppførte seg som normalt, har jeg ikke snakket med barna om hvordan de opplevde situasjonen. På forhånd var antakelsen at de færreste ville oppleve det spesielt komfortabelt å bli filmet lenge på

nært hold. Samtidig trengte jeg å komme tett på for å fange de rette dataene. Dette var hovedgrunnen til at jeg vurderte det som nødvendig å rullere på filmingen fokuselevne imellom, og slik forsøke å unngå å være intimiderende. I tillegg signaliserte jeg tydelig at det var iPaden jeg skulle ha søkelys på, og var bevisst på å møte barna med en blid og vennlig innstilling.

Akkurat hvor sterk forskningseffekten var, er usikkert. Selv tror jeg at den fleksible filmingen hadde større innvirkning i forhold til stativkameraet. For eksempel har jeg opptak fra stativkameraet der en gruppe elever snakker om private ting og ler høyløyt. Kanskje ville de ikke oppført seg slik dersom de hadde vært veldig påvirket. Jeg opplevde at det gikk greit å filme skjermene mens elevene jobbet, men ved et par tilfeller holder jeg det for sannsynlig at enkelte ble litt nervøse. Et eksempel på en slik hendelse var da elevene gikk ut på gangen for å gjøre individuelle lydopptak med forklaring til mattestykkene. Her forstod jeg det som at en gutt ble litt satt ut idet jeg kom. Jeg spurte om han syntes det var greit at jeg filmet skjermen mens han spilte inn forklaringen sin. Eleven svarte tydelig at det gikk fint, før han spilte inn lydfilen på nytt.

3.4.3 Analyseprosessen

Postholm og Jacobsen (2018, s. 60) tegner et hovedskille mellom problemstillinger der man søker dypere *forståelse* av en situasjon, et sted, eller en hendelse; og forskningsspørsmål der man søker *forklaringer* på noe som skjedde. Med GT må forskeren kunne vise til forklaringer som er mer enn beskrivelser klassifisert under temaer (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 144). «In this approach, the original question(s) is modified over and over again in light of what is being discovered during the analysis» (Corbin & Strauss, 2015, s. 240). Jeg vil nå skissere og eksemplifisere hvordan jeg har jobbet med dataene rent metodisk for å utforme kategorier som kan forklare måten elever uttrykker matematikk på med digital produksjon i begynneropplæring. Analyseprosessen er basert på Corbin og Strauss' metode (2015) samt Postholm og Jacobsens (2018) gjengivelse av prosedyrene. Resultatet av analysen presenteres i kapittel 4.

Åpen kodingsfase

Første steg i analyseprosessen består i å gjennomgå innsamlede data (Corbin & Strauss, 2015, s. 69). Materialet struktureres og sammenlignes for å gjøre det mer oversiktlig (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 146). Målet er å finne midlertidige kategorier som fungerende ledestjerner i den fremvoksende analysen (Corbin & Strauss, 2015, s. 71;87;243). Åpen koding kan utføres på tre måter; linje for linje, setning for setning, eller materialet i sin helhet (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 146). Jeg valgte å se på hver observasjon helhetlig. Begrunnelsen henger sammen med søkelyset på iPad-bruken: I det første klasserommet var det lite samhandling fordi elevene jobbet mye individuelt. Det gav derfor ikke mening å skulle transkribere alt videomateriale. I slike tilfeller kan det være formålstjenlig å ta

stilling til hvilke deler det er nødvendig å transkribere etter hvert som analysen spisses inn (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, s. 67). For å få oversikt over hva lærerne hadde sagt, ble intervjuene transkribert ved bruk av programvaren «f4transkript», etterfulgt av stikkordsnotering i margen.

Heath m.fl. (2010, s. 62) anbefaler å kategorisere hendelser og aspekter ved aktivitetene fanget på video så raskt som mulig. Hensikten er å gjøre en forenklet kartlegging som bidrar til å klassifisere materialet. Rådet deres er å bruke en egnet programvare hvis datasettet er stort, mens man i mindre datasett gjør det enklest ved å skrive ned observasjonene manuelt (2010, s. 64). Jeg lagde derfor et todelt observasjonsskjema. Ved å bruke to skjermer, kunne jeg se filmen på den ene og skrive på den andre. Jeg noterte observasjoner med tidsangivelser i den ene kolonnen, og umiddelbare tolkninger eller kommentarer i den andre. Ettersom jeg så filmene flere ganger, la jeg stadig merke til nye ting og opplevde at observasjonsskjemaet ble et nyttig verktøy for å utforske materialet.

Jeg ønsket å avgrense undersøkelsen til det jeg faktisk kunne observere i det fysiske klasserommet av situasjoner hvor læreren hadde valgt å koble iPaden inn for at elevene skulle fremstille arbeid ved bruk av apper og digitale funksjoner. På den måten «skrelte» jeg bort data som ikke var relevant å jobbe videre med, eksempelvis iPad til spill og mengdetrening. I alle mine observasjoner innebar produksjonsarbeid at elevene lagde digitale matematikkbøker i appen «Book Creator», med unntak av en undervisningsaktivitet der barna lagde digitale tankekart i appen «Kidspiration».

Applikasjonene er såkalte produksjonsapper som i motsetning til spill-apper ikke har et forhåndsprogrammert innhold utviklet spesielt for undervisning. Under følger en tabell som gir en oversikt over iPad-bruken i de observerte øktene. Lærerne er aidentifisert med fiktive navn.

<i>Lærer</i>	<i>Første observasjon</i>	<i>Andre observasjon</i>	<i>Tredje observasjon</i>
Cathrine Pilotobservasjon: Addisjon i tallområdet 0-20 - Book Creator - Number Pieces	Overordnet tema: • Addisjon Matematisk objekt: • Addisjon som regneoperasjon iPad i bruk: • Book Creator • Number Pieces • Number Line • Lydopptak	Overordnet tema: • Addisjon Matematisk objekt: • Addisjon som regneoperasjon iPad i bruk: • Book Creator • Number Pieces • Lydopptak	Overordnet tema: • Addisjon Matematisk objekt: • Addisjon som regneoperasjon iPad i bruk: • Book Creator • Lydopptak Annet: • Rutebok, blyant • Multi SmartØving

<p>Marte</p> <p>Ingen test-observasjon</p>	<p>Overordnet tema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Måling <p>Matematisk objekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Omkrets <p>iPad i bruk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Book Creator Pattern shapes 	<p>Temaer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Måling, geometri, multiplikasjon <p>Matematiske objekter: Begrepene: En liter, en meter, en kilo, ett minutt, rett vinkel, likesidet trekant rektangel, kvadrat og multiplikasjon</p> <p>iPad i bruk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Book Creator Kamerafunksjon <p>Andre ressurser:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vekt, målebånd, litermå 	<p>Overordnet tema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Brøk <p>Matematisk objekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Brøken tre firedeler <p>iPad i bruk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kidspiration Number Pieces Number Line Number Rack Pattern Shapes Geoboard Tegnebrett Fractions
<p>Silje</p> <p>Pilotobservasjon:</p> <p>Brøkene $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{8}$</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geometriske brikker - Kamerafunksjon på iPad - Book Creator 	<p>Overordnet tema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Algebra <p>iPad ikke i bruk av elevene, kun av lærer</p> <ul style="list-style-type: none"> Ingen digital produksjon <p>Annet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ark og blyant 	<p>Overordnet tema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Multiplikasjon <p>Matematisk objekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Multiplikasjon som areal <p>iPad i bruk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Book Creator Lydopptak Kamerafunksjon <p>Andre ressurser:</p> <ul style="list-style-type: none"> Multilinks 	<p>Overordnet tema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Multiplikasjon <p>Matematisk objekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Multiplikasjon som areal <p>iPad i bruk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Book Creator Lydopptak Kamerafunksjon <p>Andre ressurser:</p> <ul style="list-style-type: none"> Multilinks

I det første klasserommet var det gjentakende at Cathrine la opp til bruk av konkretiseringsapper samt innspilling av lydfiler i forbindelse med at elevene produserte matematikkbøker i «Book Creator». Deretter sammenlignet jeg bruken av apper med observasjoner fra Martes klasserom. Her dukket det også opp et bruksområde hvor elevene tok bilde av eller filmet fysiske gjenstander med iPadens kamerafunksjon. I det tredje klasserommet, hos Silje, ble det ikke brukt konkretiseringsapper, men konkrete ressurser. Disse tok elevene bilde av for å sammenstille løsningene i digitale matematikkbøker (Book Creator). Samtidig vendte lydopptak tilbake som et bruksområde. Hos Silje representerte barna også fritt på et tomt lerret på iPaden under oppstartsaktiviteter i samling. Her ble elevene bedt om å tenke og notere på egen iPad, før de delte med klassen og visket ut igjen. Selv om iPaden så ut til å fungere forholdsvis godt i situasjonene hvor læreren byttet visning mellom elevenes skjermer og ba dem forklare, ble ikke de digitale arbeidene tatt vare på. Derfor bestemte jeg meg for å definere det ut fra digital produksjon.

Etter hvert som jeg vendte tilbake til observasjonene og sammenlignet med nye data, utkrystalliserte det seg tre områder for bruk av iPad: *Elevene brukte konkretiseringsapper, elevene brukte kamerafunksjonen til å ta bilde/filme fysiske gjenstander, og elevene brukte lydfunksjonen til å spille inn forklaringer.* Jeg så videre at *representasjon på iPad var en fellesnevner ved produksjonsarbeidet.*

Representasjoner handler om uttrykksformer (Hana, 2014, s. 10). Bruksområdene for digital produksjon kunne derav knyttes til ulike representasjonsformer i matematikk. Jeg tok utgangspunkt i begrepene fysiske, konkrete og visuelle representasjoner (Delaney, 2001). Skjermbaserte virtuelle konkreter (Moyer-Packenham, Salkind, & Bolyard, 2008) stod for innholdet i konkretiseringsappene. Jeg kategoriserte uttrykk fremstilt med virtuelle konkreter som «*visuell representasjon med apper*». Videre ble Delaneys begreper tilpasset måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon. Jeg slo sammen fysiske ressurser og konkrete ressurser i kategorien «*fysisk-konkret representasjon med foto/video*». I kategorien har jeg plassert uttrykk fremstilt med kamerafunksjonen, dvs. foto/video av konkrete ressurser eller andre fysiske gjenstander. Med dette identifiserte jeg følgende i produksjonsarbeidet: *Bruk av konkretiseringsapper medførte en visuell representasjonsform, bruk av kamerafunksjonen medførte en fysisk-konkret representasjonsform, og bruk av lydfiler medførte en verbal representasjonsform*. Med utgangspunkt i tre overordnede kategorier for måter å uttrykke matematikk på med digital produksjon, kunne jeg utvikle relevante subkategorier. Tabellen under viser i hvilke timer de overordnede kategoriene som svarer til digitale representasjonsformer dukket opp. Tallet bak lærerens forbokstav viser til observasjon 1, 2 eller 3:

Kategorier for å strukturere analysen	Cathrine	Marte	Silje
Visuell representasjon med apper	C1, C1, C2	M1, M3	
Fysisk-konkret representasjon med foto/video		M2	S2, S3 + pilot
Verbal representasjon med lydfil	C1, C2, C3		S2, S3

Innledende analysearbeid handler om å fremkalle mulige forklaringer til det man ser, og sjekke tolkningene opp mot dataene (Corbin & Strauss, 2015, s. 71). Om denne tankeprosessen skriver Corbin og Strauss (2015, s. 58): «To arrive at meaning, analysts brainstorm, make comparisons, try out different ideas, eliminate some interpretations, and expand upon others before finally arriving at an interpretation». Et eksempel på hvordan jeg jobbet med å forstå dataene i den åpne kodingsfasen, omhandler tidsbruk forbundet til iPadene. Et gjentakende mønster kom til syne etter første observasjonsbolk. Det så ut til å ta tid for elevene å utføre produksjonsarbeid med konkretiseringsapper. At tidsbruk skulle bli vesentlig å gå videre med, får jeg bekreftet da læreren ved fire anledninger i intervjuet bringer det på banen. For eksempel svarer Cathrine på mitt spørsmål om hun opplever at nettbrettet fører med seg noen begrensninger for elevenes læring:

*Nei, ikke annet enn det med tiden. At det tar litt ekstra tid. Kanskje de sitter og **fikler** og **holder** på (.) istedenfor å jobbe med matematikk så går tiden til å ta ut «pieces» i «Number pieces» og sånn. Men begrensninger ellers (2.0) nei, jeg vet ikke.*

Det ble vesentlig å spørre seg hvorfor og under hvilke forhold tidsbruken fremtrådte. Skyldtes det «teknisk dilldall», eller kunne det være at ting tok tid fordi elevene ikke var kjent med selve appene? Jeg gikk tilbake til videodataene som tydelig indikerte at barna visste hvor de skulle trykke. Det får jeg også bekreftet av intervjuet hvor jeg følger opp Cathrines forrige utsagn. Jeg spør: «*Men sånn som nå med de appene elevene bruker (.) er det sånn at det tar tid fordi de må lære seg appen skikkelig, opplever du (.) eller kan de disse appene godt nå, slik at de kjenner bruken?*» Cathrine svarer: «*Nei, det går så fort. (...) De lærer seg det utrolig fort, synes jeg*». I videre analyser ble det interessant å sammenligne handlinger i de andre klasserommene med merkelappen «*bruker tid på teknisk utførelse*» som jeg tok med meg inn i den aksiale kodingsfasen. Under vil jeg gjøre rede for den aksiale kodingsfasen, før jeg beskriver den etterfølgende selektive kodingsfasen.

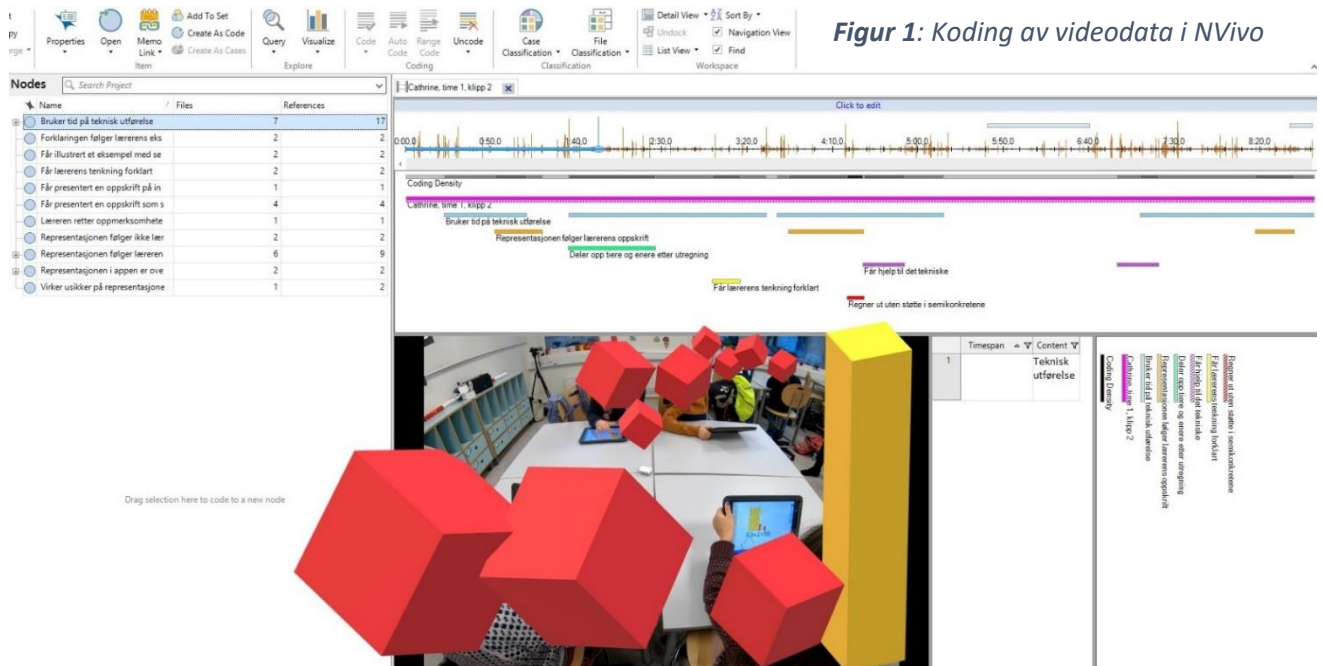
Aksial kodingsfase

Aksial koding innebærer å strukturere empirien innenfor en kategori. Målet er å danne subkategorier som kan identifisere sammenhengen mellom kontekst og prosess. Subkategoriene kan for eksempel angi forhold (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 148; 150). Subkategoriene kan utvikles ved å spørre når, hvorfor eller under hvilke forhold en kode dukker opp, og hva det fører til (2018, s. 149). Til å studere mine overordnede kategorier i detalj, brukte jeg to grunnleggende analytiske strategier: konstante sammenligninger og det å stille spørsmål til dataene (Corbin & Strauss, 2015, s. 87;90).

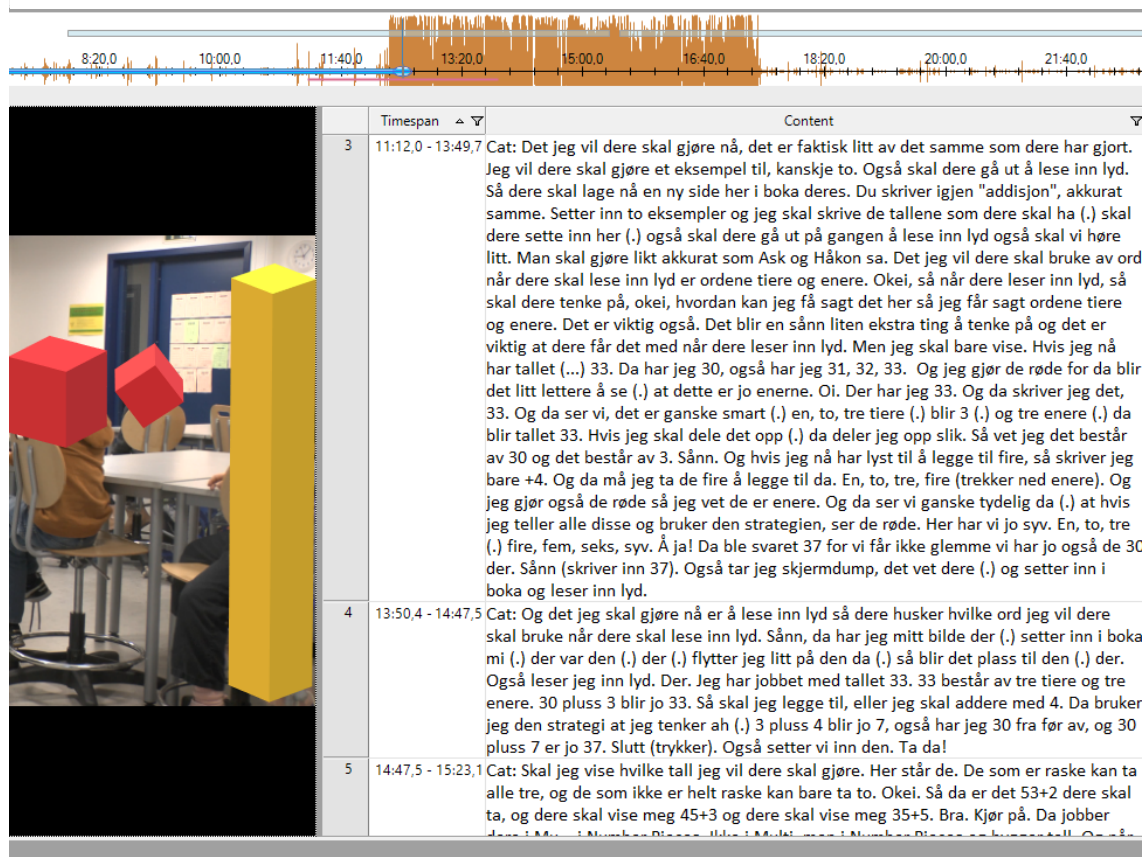
Jeg grupperte segmenter som inneholdt konseptuelle likheter under samme kode. «Each new incident that is coded under a code adds to the general properties and dimensions of that code, elaborating it and bringing in variation» (Corbin & Strauss, 2015, s. 239). Her utgjør memos og diagrammer to viktige analytiske verktøy for å samhandle med dataene (Corbin & Strauss, 2015, ss. 106-107). Memos er nedskrivninger av analytisk tenkning som bringer prosessen fremover, mens de visuelle fremstillingene i analysearbeidet skisseres i diagrammer (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 151). Jeg opplevde det som nødvendig å ta i bruk analyseverktøyet «NVivo» for å holde styr på tanker og klassifisering av koder i det komplekse analysearbeidet. Her kunne jeg jobbe direkte med koding av videodata, transkripsjoner, memos og diagrammer – alt i ett prosjekt. Jeg vil nå illustrere hvordan jeg brukte NVivo. Bildene er tatt i arbeidsprosess, og navn på koder har blitt forfinet i etterkant. Det er derfor *ikke* et poeng å skulle lese teksten i selve figurene. Navn på endelige koder og kategorier legges frem når jeg presenterer resultatet av analysen i kapittel 4.

I programvaren kunne jeg enkelt markere videosegmenter under deskriptive merkelapper. Lignende hendelser ble klassifisert under samme kode. Ulike koder fikk automatisk hver sin farge. Det var enkelt å endre navn på koder etter hvert som nyansene ble mer påfallende. Figur 1 skisserer hvordan dette så ut i programvaren. Lyseblå sekvenser i tidslinjen er eksempelvis kodet under merkelappen

«bruker tid på teknisk utførelse». Typiske handlingsstrømmer som faller inn her, er at eleven drar ut virtuelle konkreter i appen for å bygge med dem, endrer farge på dem etc. Videre ble det nødvendig å transkribere utvalgte videosegmenter. Dette gjaldt hendelser jeg ville analysere nærmere fordi de kunne tolkes som sentrale. Figur 2 viser et bilde av hvordan transkriberingen ble utført manuelt i NVivo mens jeg spilte av videofilene. I tillegg la jeg inn kommentarer til meg selv ved tidsangivelser.



Figur 2: Transkripsjon av videodata i NVivo



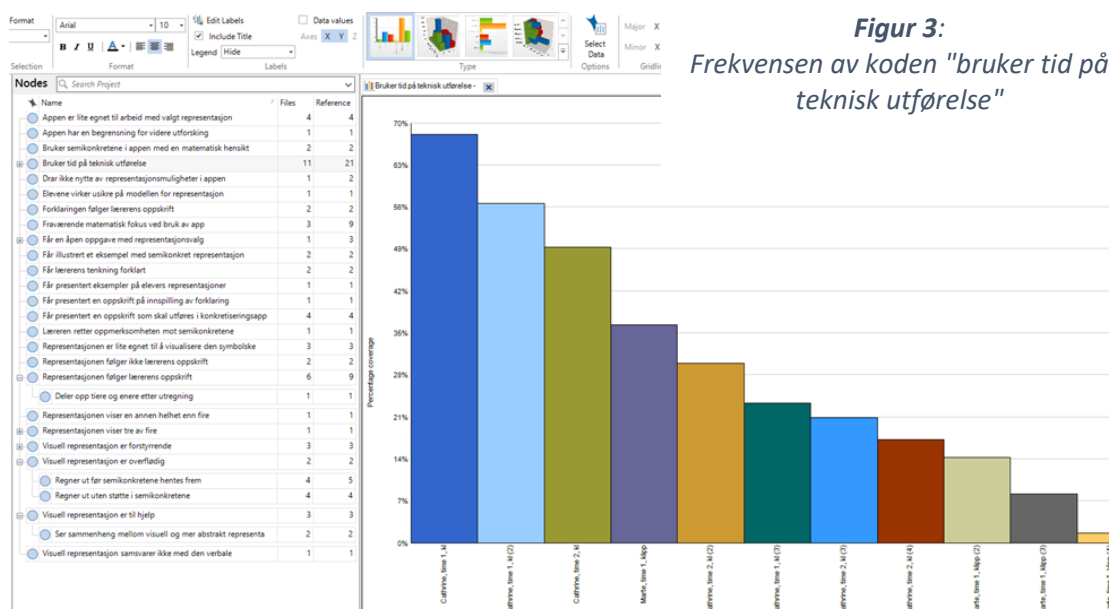
Trekker frem en elev som får vise frem sine eksempler fra forrige time. Elevene skal lage en ny side med eksemplene $53+2$, $43+3$ og $35+5$ i sin digitale mattebok i Bookcreator. Cathrine Hun forklarer hvordan elevene skal jobbe i Number Pieces, sette inn i boka og lese inn lyd. Hun sier også at hun gjør enerne røde for å vise tydeligere hva som er enere og tiere.

I GT er det et mål å få frem likheter og variasjoner i datamaterialet som grunnlag for å tolke funn (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 151; Corbin & Strauss, 2015, s. 98). Merkelappene skulle med dette fungere som en støtte i å få frem forskjellige dimensjoner i subkategoriene jeg utviklet gjennom dataanalyse. Corbin og Strauss (2015, s. 94) bruker følgende bilde for å illustrere poenget: Merkelappen appelsin skiller seg fra merkelappen sitron i dimensjonen smak, men de klassifiseres begge under sitrusfrukter, som igjen er en kategori innunder det mer abstrakte begrepet frukt. På denne måten starter analysen deskriptivt, og ender opp i en mer abstrakt kjernekategori som binder alle kategoriene sammen (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 143-145). Den vanligste utfordringen for en nybegynner er å bevege seg over fra det detaljerte ved hvert tilfelle, til å se hva som er felles på tvers av ulike tilfeller (Corbin & Strauss, 2015, s. 96).

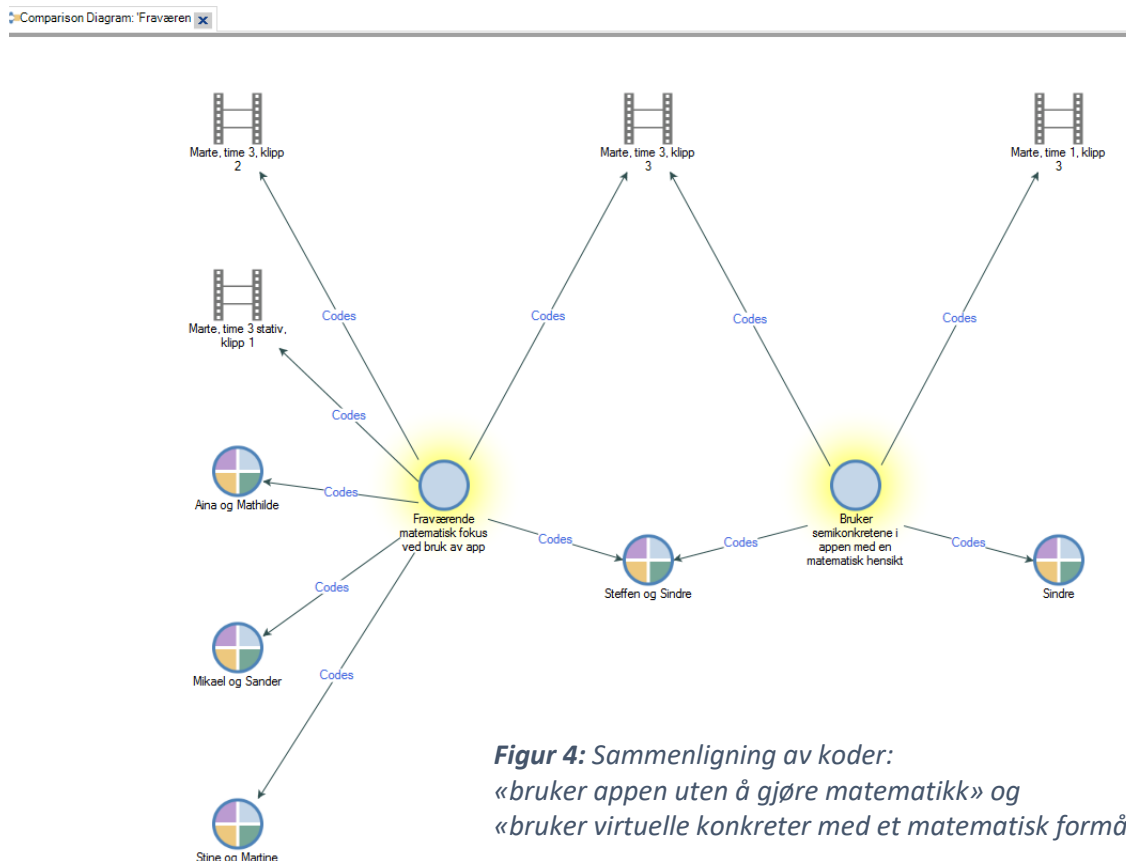
I kombinasjon med konstante sammenligninger, stiller man som forsker hele tiden spørsmål til dataene. Svarene på disse er viktige bidrag i arbeidet med å utvikle subkategorier (Corbin & Strauss, 2015, s. 87). Sammenholdt med Corbin og Strauss (2015, ss. 92-93) er dette eksempler på spørsmål som var nyttige for meg for å oppdage mønstre og variasjoner i mitt materiale: Hva skjer i hendelsesforløpet for akkurat denne eleven? Hva fører det til? På hvilke måter er elevens handlinger like eller ulike fra andre elevers handlinger? Hvilke forhold peker handlingen tilbake på? Er det noen nøkkelhendelser som peker seg ut? Hva er problemet ved aktiviteten? Og hva kunne skjedd hvis?

Jeg opplevde at innebygde verktøy i NVivo fungerte som en god støtte i analysearbeidet.

Programmet har rike muligheter for sammenligning ved hjelp grafer og linking til memos, som jeg tok i bruk. Det ble registrert hvor mange ganger hver kode fremtrådte og i hvilke situasjoner. Man kan da huke av for akkurat de kodene man ønsker å sammenligne nærmere. Figur 3 er et eksempel på sammenligning ulike videoklipp imellom som viser frekvensen av koden «bruker tid på teknisk utførelse». Grafen bekrefter at dette svært ofte var tilfellet for Cathrines elever (2. trinn), men at det også forekom i situasjoner med enkelte av Martes elever (4. trinn).



Forskeren bør tenke dimensjonalt om kategorier som angir forhold (Corbin & Strauss, 2015, s. 98). Variasjon i subkategoriers karakterdrag kan for eksempel dimensjoneres på kontinuum (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 149). Det er lite sannsynlig at det ikke foreligger variasjon dataene. En av mine subkategorier heter f.eks. «matematisk fokus i bruken av apper», og avdekker dimensjonene «fraværende – i bakgrunnen – tydelig». I de fleste av mine tilfeller er det matematiske fokuset i bakgrunnen, og i noen tilfeller fraværende. Jeg måtte virkelig lete for å finne et tilfelle av et tydelig matematisk fokus; hvor en elev ser ut til å bruke virtuelle konkreter med et matematisk formål. Nettopp det å *søke etter tilfellet som ikke passer mønsteret, er en spesifikk og viktig strategi som kan gi en fylldig utforskning av subkategorien*. Et avvikende tilfelle kan gi rikere funn og alternative forklaringer (Corbin & Strauss, 2015, s. 101). Figur 4 viser hvordan NVivo ved sammenligning av to koder under subkategorien «matematisk fokus i bruken av apper», lenker til hvilke timer og i hvilke elevtilfeller koden dukker opp. Arbeidet med å forfine subkategorier pågikk helt til de ulike dimensjonene jeg kunne finne var bygget inn i de ulike kategoriene.



Figur 4: Sammenligning av koder: «bruker appen uten å gjøre matematikk» og «bruker virtuelle konkreter med et matematisk formål»

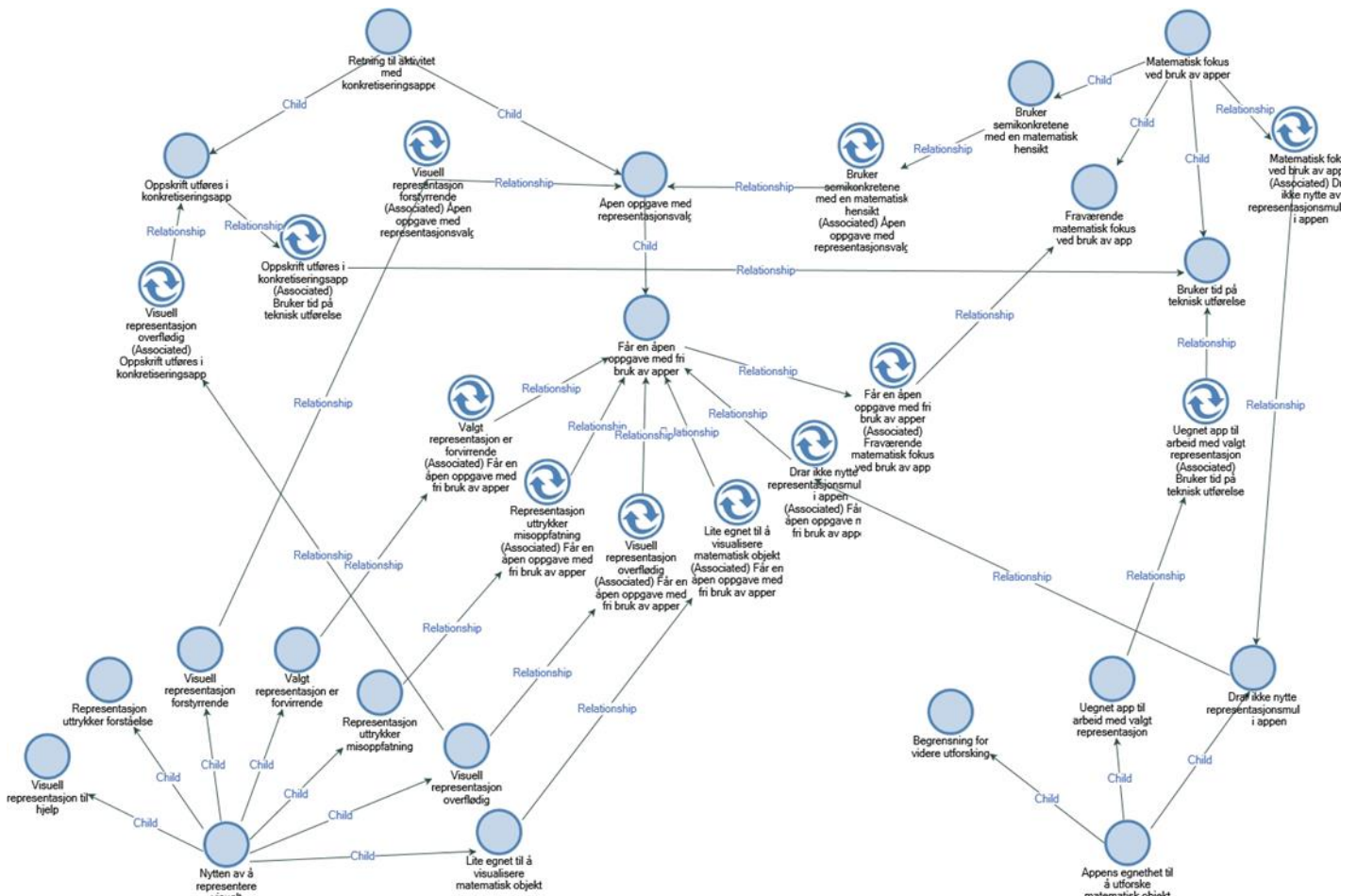
Selektiv kodingsfase

Jamfør Postholm og Jacobsen (2018, s. 145) forsøkte jeg i den selektive kodingsfasen å relatere alle kategorier til hverandre for å sette bitene samme til en helhet og utvikle en kjernekategori. Her finner forskeren ut hva undersøkelsen egentlig handler om i sin helhet. Kjernekategori i denne undersøkelsen har jeg valgt å kalle: *Elevers representasjonsmuligheter med iPad*.

Med utgangspunkt i datamaterialet – som ga informasjon om elevenes observerbare virksomhet knyttet til iPad-bruk – var målet å oppnå en dypere forståelse for hva som skjedde da de jobbet med digital produksjon. Siden vi kan trekke slutninger om elevers tenkning og matematiske idéer på grunnlag av det de uttrykker med sine representasjoner, siktet jeg meg inn mot den produktive siden av representasjonskompetanse som tidligere gjort rede for. Jeg fant relevant teori om representasjonskompetanse og elevers bruk av representasjoner i matematikk og som kunne passe tilfellene jeg studerte. Det inkluderte tilpasninger av begreper til nye situasjoner. På den måten ble eksisterende teori veid inn underveis og var til hjelp for å drive analysen fremover.

Jeg jobbet i en prosjektmappe i NVivo for å utvikle forklarende subkategorier til måten elevene uttrykker matematikk på med digital produksjon. Figur 5 viser prosjektmappen til kategori 1, «visuell representasjon i apper». Subkategoriene er plassert i hver sin ytterkant av diagrammet og peker på mulige dimensjoner jeg har utforsket. Pilene imellom kategorier viser til mulige sammenhenger jeg har sett nærmere på. Bildene er tatt i arbeidsprosess, og navn på koder har blitt forfinet i etterkant. *Endelige navn på koder og subkategorier vil legges frem i kapittel 4: Resultat av analyse.* I presentasjonen av analysen, vil jeg sammenholdt med Postholm og Jacobsen (2018, s. 143) referere til eksisterende forskning for å understøtte egne funn.

Figur 5: Kartlegging av sammenhenger mellom subkategorier og dimensjoner i kategori 1



3.4.4 Teoretisk metning

Teoretisk metning er et sentralt begrep i GT, hvor det ikke er tilstrekkelig å presentere en liste med deskriptive temaer. Forskeren må definere kategorier i form av karakterdrag og dimensjoner, relatere kategoriene til hverandre i en sammenbindende kjernekategori, og vise hvordan den varierer med ulike forhold. Ideelt sett bør man altså fortsette datainnsamlingen til forklaringene er mettet og uten hull, for å vise hvordan angitte forhold er betydningsfulle for kjernekategorien (Corbin & Strauss, 2015, ss. 139-140). Jeg har ikke hatt som mål å oppnå metning i denne undersøkelsen, men å utvikle egne kategorier.

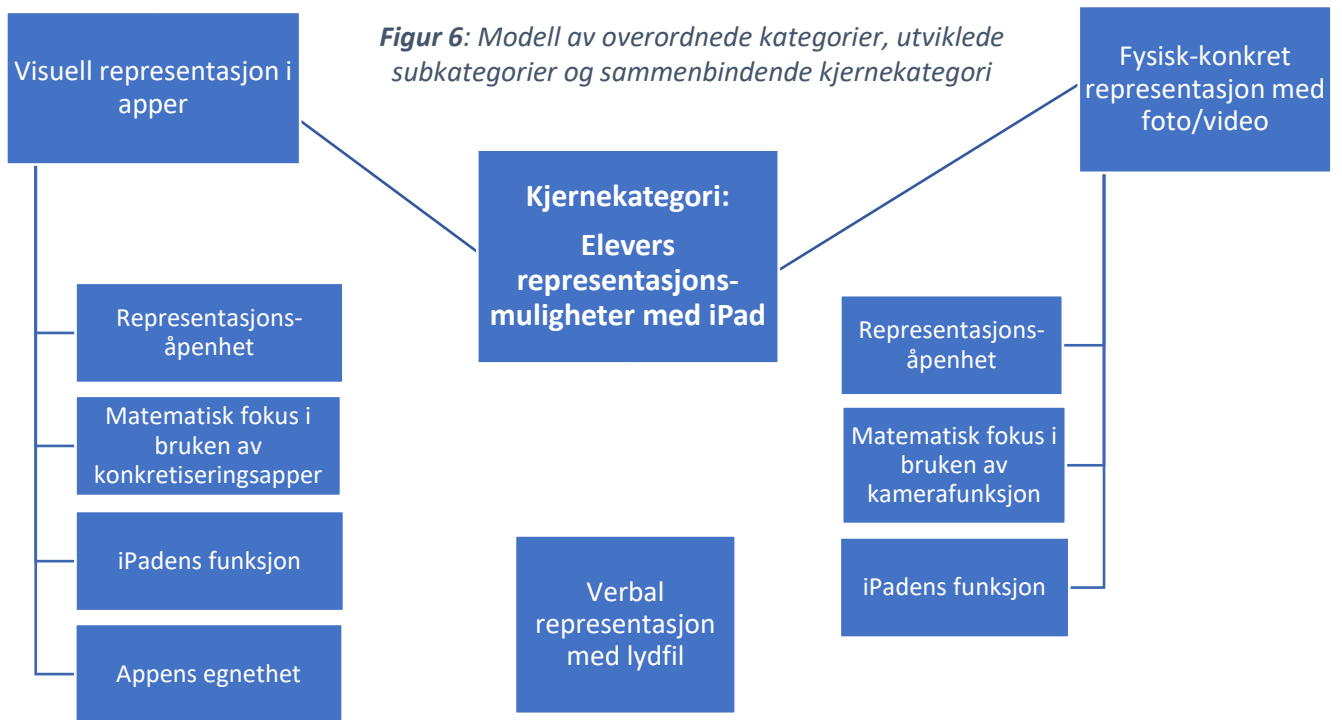
Corbin og Strauss (2015) definerer metning slik: «When no new categories or relevant themes are emerging» (s. 139). På en annen side kan man i realiteten samle inn data i evigheten, og stadig legge til nye karakterdrag og dimensjoner i kategoriene. Metning er altså ikke å etterstrebe i en masteroppgave: «The only exception would be for master-level students where the purpose of doing the research is to learn the process and not so much to develop new knowledge» (Corbin & Strauss, 2015, s. 140). Forfatterne mener det er naturlig å avslutte arbeidet når kjernekategorien er tilstrekkelig utviklet sett opp mot hensikten med forskningen.

Mine overordnede kategorier ble først identifisert etter andre bolk med observasjoner. Det er ikke uvanlig at forskere vender tilbake til analyserte data på et senere tidspunkt i prosessen med et helt nytt blikk (Corbin & Strauss, 2015, s. 141). I løpet av prosessen utvikles sensitivitet og man kan oppdage å finne akkurat det som trengs i data man allerede har (Corbin & Strauss, s. 147). For meg tok det rett og slett tid å se mulighetene som lå i dataene mine. Med observasjoner i tre klasserom, har jeg fulgt produksjonen til 5-7 elever i hvert av dem. Mitt teoretiske utvalg har ikke gitt metning, men et rikt grunnlag for sammenligning. Jeg valgte å gå dypere inn i to kategorier, for så å utvikle subkategorier relatert til disse. Av avgrensningshensyn valgte jeg ikke å gå videre med den tredje kategorien. Jeg hadde heller ikke tilstrekkelig med data til å bygge den ut. Har man ikke mulighet til å samle inn mer data for å tette eventuelle hull i forklaringene, blir det uavdekkede en del av undersøkelsens begrensning (Corbin & Strauss, 2015, s. 144). Dersom jeg skulle jobbet videre med det teoretiske utvalget, ville neste steg blitt å samle flere eksempler der elevene spilte inn lydfil.

3.4.5 Resultat

Figur 6 er en modell som sammenfatter resultatet av analysen i form av kategoriene jeg har laget. Jeg har utforsket to overordnede kategorier, «visuell representasjon i apper» og «fysisk-konkret representasjon med foto/video». Den uavdekkede kategorien, «verbal representasjon med lydfil», er en del av undersøkelsens begrensning. Kjernekategorien, «elevers representasjonsmuligheter med

iPad», binder det hele sammen og definerer hva forskningen i sin helhet handler om. I kapittelet som følger, vil resultatet av analysen presenteres mer detaljert. Jeg fokuserer på å vise hva som ligger i subkategoriene jeg har utviklet. Disse er underordnet visuell representasjon i apper og fysisk-konkret representasjon med foto/video som illustrert i figur 6.



4 Resultat av analyse

Ved å legge frem resultatet av analysen, belyser jeg problemstillingen: *Hvilke kategorier kan forklare måten elever uttrykker matematikk på med digital produksjon i begynneropplæring?* Jeg tar utgangspunkt i den overordnede kategorien «visuell representasjon i apper» i kapittel 4.1. Her viser jeg hvordan subkategorier har blitt utviklet. I kapittel 4.2 vil jeg av sammenligningsformål referere kort til undervisningssituasjoner fra min andre overordnede kategori, «fysisk-konkret representasjon med foto/video». Dette er for å vise at de samme forholdene gjentar seg uavhengig av den identifiserte representasjonsformen i de to kategoriene. I kapittel 4.3 defineres mine hovedfunn samt det jeg anser for å være kjernen i undersøkelsen.

Mønstrene i dataene vil avspeile få tilfeller hvor elevenes *bruk av apper og digitale funksjoner ble redskap for å tenke og kommunisere matematikk*. Forhold angitt i subkategoriene utelukker ikke hverandre; sammen kan de forklare hvorfor dette skjedde i de studerte situasjonene. Jeg argumenter for at forholdene var avgjørende for måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon. Kategoriene utgjør med dette et mulig svar på masteroppgavens problemstilling.

4.1 Visuell representasjon i apper

Denne kategorien er utviklet med opphav i situasjoner hvor elevene brukte apper til å uttrykke matematikk med digital produksjon. Virtuelle konkrete utgjør innholdet i appene. Elevenes representasjon med konkretiseringsapper, var videre koblet til bruk av en produksjonsapp. I det følgende vil jeg gjøre rede for sammenligningsgrunnlaget innad i kategorien, for deretter å legge frem de fire subkategoriene jeg har laget. Subkategoriene dimensjoneres langs konstruerte kontinuum. Hver subkategori er bygget opp rundt koder i datamaterialet, der registrerte hendelser bidro til å avdekke dimensjoner som markerer variasjoner. Eksempelene jeg gjengir er valgt for å illustrere spennet i hver subkategori. Jeg drøfter eksemplene underveis i presentasjonen.

Fremstillingen er basert på stillbilder fra videodataene, ledsaget av utvalgte transkripsjoner¹ eller beskrivelser. Bilde støtte kan gi nyttig analytisk innsikt når man skal systematisere hendelser utav videodata (Heath, Hindmarsh, & Luff, 2010, ss. 72-73). Dette gjelder for eksempel i tilfeller hvor mangel på verbal kommunikasjon kan medføre utfordringer med å analysere det som skjer (s. 77).

¹ Jeg bruker følgende forklaringer i kommende tekstutdrag fra transkripsjoner av intervju og observasjoner:

- Ikke** fet utheving, understreker emfatisk trykk
- (...) deler av siteringen er utelatt
- (.) kort pause, under to sekunder
- (3.0) lengre pause, lengde oppgitt i hele sekunder
- ... taleren avbryter seg selv eller blir avbrutt av annen taler
- ↑ taleren går opp i tonefall, spørrende
- (tekst) tekst i parentes angir forklarende tilleggsinformasjon, f.eks. observerte nonverbale handlinger

Her kan stillbilder kombinert med beskrivende sammendrag fungere som utgangspunkt for å utvikle observasjoner (s. 80). Dette benyttet jeg meg av, da flere av undervisningsaktivitetene innebar taust produksjonsarbeid. De observerte elevene er anonymisert med fiktive navn.

4.1.1 Grunnlag for sammenligninger

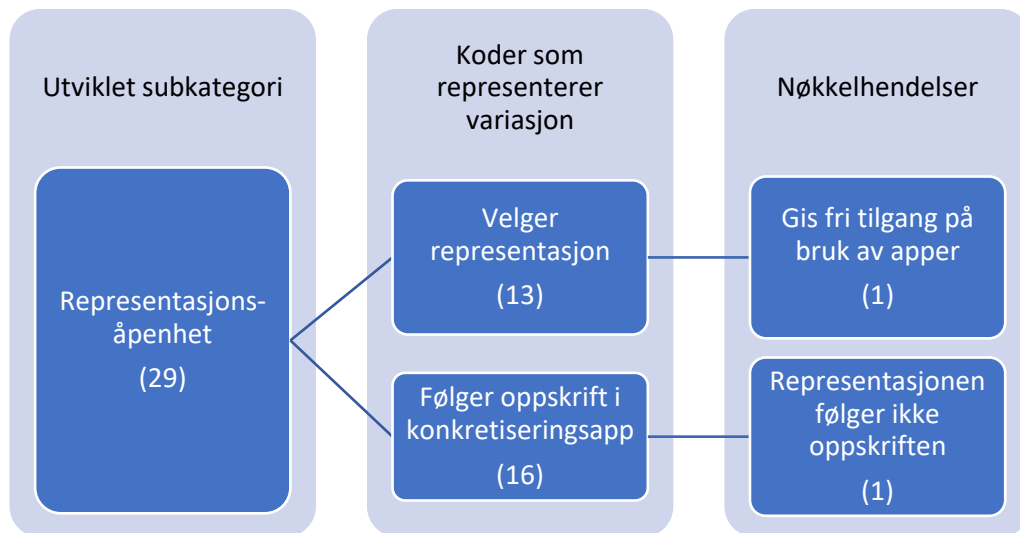
Tre undervisningsaktiviteter med digital produksjon dannet grunnlag for sammenligninger i kategorien visuell representasjon i apper. Da det hos Silje (3. trinn) ikke ble benyttet konkretiseringsapper i produksjonsarbeidet, baseres kategorien på empiri fra klasserommene til Cathrine (2. trinn) og Marte (4. trinn). Siden jeg har undersøkt fenomenet «digital produksjon» på tvers av ulike situasjoner, vil også eksemplene jeg presenterer bevege seg frem og tilbake mellom følgende undervisningsaktiviteter: «å vise addisjonen», «å vise tre firedeler» og «rektanglene».

Tabellen under gir en oversikt over timene og hva de observerte undervisningsaktivitetene gikk ut på.

Undervisningsaktivitet	«Å vise addisjonen»	«Å vise tre firedeler»	«Rektanglene»
Lærer	Cathrine (2. trinn)	Marte (4. trinn)	Marte (4. trinn)
Apper brukt til digital produksjon	<i>Book Creator</i> - Produksjonsapp for å lage egne bøker digitalt <i>Number Pieces</i> - Base-10-materiell (virtuelle konkrete)	<i>Kidspiration</i> - Produksjonsapp for å lage digitalt tankekart Diverse apper med virtuelle konkrete: <i>Number Pieces</i> , <i>Number Line</i> , <i>Number Rack</i> , <i>Pattern Shapes</i> , <i>Geobard</i> , <i>Tegnebrett</i> , <i>Fractions</i>	<i>Book Creator</i> - Produksjonsapp for å lage egne bøker digitalt <i>Pattern Shapes</i> - Geometriske brikker (virtuelle konkrete)
Hva blir appene brukt til?	Bygge tall med tiere og enere for å vise utregning av addisjonsstykker. Ta skjermdump og lime inn i digital mattebok.	Lage tankekart rundt brøken tre firedeler, ved hjelp av konkretiseringsapper. Ta skjermdump av løsningene og sammenstille i digitalt tankekart.	Bruke kvadratiske brikker til å bygge flest mulig rektangler med omkrets 28 lengdeenheter. Ta skjermdump av løsningene og sammenstille i digital mattebok.
Stoffområde: Matematisk objekt	Tall: Addisjon som regneoperasjon	Tall: Begrepet tre firedeler	Geometri: Omkrets
Gang i timen	(Dagens tall) Introduksjon - Ca. 11 minutter Individuelt arbeid - Ca. 36 minutter - To korte avbrudd underveis, hvor læreren demonstrerer og viser frem to elev eksempeler Oppsummering - Ca. 1,5 minutter	Introduksjon - Ca. 5 minutter Arbeid i par eller individuelt - Ca. 35 minutter Oppsummering - Ca. 10 minutter - Underveis plukker læreren ut noen av elevenes løsninger. Disse kobles opp på TV-skjerm. Dette danner utgangspunkt for samtale.	Introduksjon - Ca. 10 minutter Arbeid i par eller individuelt - Ca. 40 minutter Oppsummering - Ca. 11 minutter - Underveis plukker læreren ut noen av elevenes løsninger. Disse kobles opp på TV-skjerm. Dette danner utgangspunkt for samtale. Elevene får komme opp og forklare systemene de har funnet.

4.1.2 Representasjonsåpenhet

Denne subkategorien er bygget opp rundt to koder: Handlinger som indikerer at eleven følger en oppskrift i konkretiseringsappen, og handlinger som viser at eleven velger representasjon selv i en oppgave som har en eller flere valgmuligheter for representasjon. Antall registreringer i materialet er angitt i parentes (se figur 7).



Figur 7:

Over: Oversikt over koder som subkategorien er bygget opp rundt, samt to nøkkelhendelser for tolkning

Under: Konstruert kontinuum som representerer variasjonen



Øvre del av figur 7 viser at jeg har fanget opp 13 tilfeller hvor jeg ser at en elev gjør et representasjonsvalg; enten mellom app og papir, eller blant ulike apper. Ved 16 anledninger følger en elev oppskriften i konkretiseringsappen. Jeg har laget subkategorien ved å spørre hvorfor og under hvilke forhold kodene for elevenes handlinger dukket opp. Kodene er tolket dithen at de peker tilbake på hvorvidt oppgaven i undervisningsaktiviteten var representasjonslukkede eller representasjonsåpne. Subkategorien heter derfor representasjonsåpenhet.

Som tidligere referert, er det å velge representasjonsform i møte med et matematisk objekt eller problem en essensiell del av den produktive siden ved representasjonskompetanse (Niss & Jensen, 2002). Det viste seg imidlertid at representasjonsvalg i seg selv, ikke var tilstrekkelig for at elevene faktisk uttrykte matematikk med digital produksjon. Jeg kommer derfor til å beskrive og drøfte to registrerte nøkkelhendelser som i særlig grad bidro til å avdekke dimensjoner av

representasjonsåpenhet: I det første tilfellet følger ikke representasjonen den gitte oppskriften, i det andre tilfellet får elevene fri tilgang på apper. Sistnevnte situasjon vil illustrere at representasjonsåpenheten ikke er utforskende innrettet mot matematikk, selv om elevene får uttrykke seg helt fritt med bruk av apper. Som presisert i teorigrunnlaget, handler utforskning om å undersøke matematiske objekter eller bruke matematikk som et redskap for å undersøke en problemstilling (Hana, 2014). Min subkategori viser imidlertid at representasjonsåpenhet på iPad også kan være aktiviserende. Her bruker jeg begrepet aktiviserende (Andersen, Fiskum, & Rosenlund, 2018) i en ny sammenheng hvor elevene er aktivisert med visuell representasjon i apper, uten at virksomheten er matematisk.

Mine avdekkede dimensjoner av «representasjonsåpenhet» er *lukket, aktiviserende og utforskende* som plassert på et tiltenkt kontinuum i figur 7. Grad av representasjonsåpenhet er det første av fire identifiserte forhold som kan ha formet de studerte situasjonene. Kategorien kan være med på å forklare måten elevene uttrykker matematikk på med digital produksjon. *Utforskende representasjonsåpenhet* bør ligge til grunn i oppgaven for å kunne uttrykke matematikk med iPad.

Nøkkelhendelse: Representasjonen følger ikke lærerens oppskrift

Dette eksempelet kaster lys over koden «følger oppskrift i konkretiseringsapp» som fremstilt i figur 7. Flertallet av antall ganger koden er registrert, opptrer den i klasserommet til Cathrine (2. trinn). Undervisningsaktiviteten går i hovedtrekk ut på at elevene skal representere addisjoner med tierstaver og enerklosser i appen «Number Pieces». For hvert regnestykke skal de ta skjermbilde og sette inn i digital mattebok i «Book Creator», forkortet BC. Deretter skal de spille inn lydfil med forklaring til utregningen direkte i BC. Nøkkelhendelsen jeg velger å gjengi, bidro i kombinasjon med oppgaveintroduksjonen, til at jeg rent deskriptivt tolket elevenes handlinger på nettbrettet som at de fulgte en oppskrift i konkretiseringsappen. Dette svarer til *lukket representasjonsåpenhet*.

Figur 8 viser et utklipp fra Håkons arbeid i BC. Omtrent midtveis i timen trekker Cathrine ut noen elever som får komme opp å vise for klassen hva de har gjort på iPaden. Alle elevene har fulgt instruksjonen med virtuelle konkkreter trinn for trinn, med unntak av Håkon. Han har lagt opp fem tierstaver og tre enere. Under har han skrevet $53+2=55$ og representert verdiene til sifrene symbolsk. Direkte tale er gjengitt under og viser at Cathrines oppmerksomhet rettes mot at eleven ikke har fulgt alle trinnene i instruksjonen for visuell representasjon:

Håkon: Her har jeg lagt et regnestykke med 53. 53 pluss 2 er lik 55. 53 består av 50 og 3.

Cathrine: Det er helt riktig, men hvordan fikk du... Hvordan tenkte du for å få 55 da?

Håkon: Fordi jeg tenkte sånn at hvis jeg tar først fem tiere og så tar jeg tre enere (Cat: Ja) Så får jeg jo 53 (Cat: Ja) Og så delte jeg opp 53 i 3 og 50.

Cathrine: I 3 og 50. Ja. **Der** og **der** (peker). Bra. Og den **der** da?

Håkon: Også plusset jeg på 2, og da blir det 55.

Cathrine: Er det noe du **mangler** her da? Som **kunne** ha vært med? (...) Hva er det som ikke er med på den der som Håkon kunne ha tatt med hvis han skulle vist det enda smartere? Torstein?

Torstein: De to klossene...

Cathrine: Ja! De to klossene til 2 (.) ikke sant. For da hadde du sett veldig tydelig hvis du hadde hatt to klosser til 2, så hadde det vært en, to (.) tre, fire, fem. Ahh! Og 2 pluss 3 er jo 5. Og jeg ser at du har også glemt de... (Peker på neste oppgave.) Hvor mange klosser har du glemt der?

Håkon: Tre

Cathrine: Ja

Figur 8: Utklipp fra Håkons side i BC (de to enerne har eleven tegnet inn etter å ha presentert for klassen).



Hendelsen er viktig for tolkningen av materialet fordi den kan bekrefte at læreren ønsker at elevene skal representere på en bestemt måte – der enerne som grupperes er synliggjort. En mulig fallgrube ved konkretisering er at elevenes tenkning kan bli rutinepreget dersom læreren er opptatt av at oppgaven skal løses trinn for trinn med konkrete (Stein & Bovalino, 2001). Jeg holder det for sannsynlig at lukket representasjonsåpenhet, gjorde prosessen mer tungvinn for de av andreklassingene som regnet stykker som $53+2$ eller $21+1$ i hodet. Elevene må visualisere med virtuelle konkrete, tilsvarende eksempeloppgaver man kunne funnet bilder av i en lærebok. De har ingen representasjonsvalg, som jamfør teorigrunnlaget er viktig for å utøve representasjonskompetanse (Niss & Jensen, 2002).

For Håkon fungerer ikke de virtuelle konkretene på iPaden som et tankeredskap for å løse et problem, men brukes til «representasjon av oppgaveløsning». Det vil si at Håkon nedtegner essensen i prosessen etter at oppgaven er løst, der hovedformålet er å vise hvordan han har tenkt og kommunisere løsningen sin til andre (Saundry & Nicol, 2006; Woleck, 2001). Men som Greeno og Hall (1997) bemerker, er ikke formålet med å uttrykke matematikk til stede når representasjonen avspeiler en instrumentell innlæring av konvensjonelle representasjoner. I Håkons tilfelle brukes de

virtuelle konkretene til å gjengi en ekstern representasjon som er ment å demonstrere et bestemt matematisk objekt sammenholdt med Goldin og Shteingold (2001). Altså blir heller ikke Håkons representasjon et redskap for å kommunisere egen matematisk forståelse og innsikt.

I lys av eksempelet med Håkon, kan distinksjonen demonstrerende og utforskende bruk av ressurser (Delaney, 2001; 2010) forklare hva som skjer ved lukket representasjonsåpenhet på iPad. Eksempelet hentyder til at de virtuelle konkretene ikke bare brukes av læreren til demonstrasjon rettet inn mot klassen og enkeltelevers arbeid. Med iPaden skal Håkon og de andre elevene *også demonstrere for læreren* at de har forstått konkretiseringen av det symbolske uttrykket. Representasjonskompetanse går utover slik gjengivelse (Bobis & Way, 2018).

Tolkningen om at elevenes representasjon skal gjengi en ekstern representasjon, tilsvarende en eksempeloppgave man kunne funnet i en lærebok, får jeg trolig bekreftet av Cathrine på flere måter. Underveis i en av øktene kommer læreren bort til meg og forteller at hun har «tro på at elevene får lov til å lage eksemplene selv». I intervjuet bemerker hun det samme. Det virker som digital produksjon for Cathrine består i å bruke iPaden på denne måten. Jeg spør: «Når du sier produsere, hvilke apper er det du tenker på spesielt da?». Cathrine svarer:

*Ja, da er det «Number Pieces», og «Number Frames» også er det «Number Lines». Også er det selvfølgelig «Book Creator» hvor de tar bilder og legger inn, og leser inn lyd. Så der får de liksom lage sin **egen** mattembok, og **da** har jeg faktisk en **tro** på at hvis de får jobbe **godt** med ordentlige oppgaver, at de liksom **selv** får bygd opp (.) for det blir jo veldig mange oppgaver ganske like de matteoppgavene man finner i bøker, men de lager de **selv** (.) istedenfor å få bilde av en grupperingsmodell, så får de lage den (.) bygge den med tiere og enere. (...) Jeg har tro på at de gjør noe **fysisk**.*

Nøkkelhendelse: Elevene gis fri tilgang på bruk av apper

Dette eksempelet kaster lys over koden «velger representasjon» i en situasjon *med aktiviserende representasjonsåpenhet* på iPad. Undervisningsaktiviteten «å vise tre firedeler» (4. trinn), går ut på å bruke «Kidspiration» til å lage et tankekart rundt brøken tre firedeler. Elevene skal ta skjermdump av løsningene, eller bilde med iPaden av eventuelle tegninger, og sammenstille løsningene i sitt digitale tankekart. Introduksjonen til oppgaven er forholdsvis kort (ca. 5 min.). Det inkluderer teknisk gjennomgang av produksjonsappen «Kidspiration» samt organisering av samarbeidende par.

Læreren åpner «Kidspiration». Hun viser hvordan $\frac{3}{4}$ skal plasseres i midten av tankekartet og hvordan man setter inn bobler som henger sammen med denne. Oppgaven går ut på å finne mange måter å representere brøken på, hovedsakelig ved hjelp av virtuelle konkreter. Elevene deles inn i par som

skal jobbe sammen. Deretter sier Marte: «Jeg tipser dere om disse appene, for de synes jeg det er lett å finne brøk med». På skjermen åpner hun en mappe med åtte ikoner for konkretiseringsapper. Hun klikker seg inn og ut av appene «Pattern Shapes», «Number Line» og «Geoboard» mens hun sier at elevene kan tenke på om de klarer å finne tre fjerdedeler i disse. Marte legger til at det også er lov å tegne på ark og sette inn bilde, eller lage en oppgave der svaret blir $\frac{3}{4}$. Hun sier:

*«**Alt** som har med tre fjerdedeler er godkjent å sette inn (.) sant. Finn **mest** mulig som har med tre fjerdedeler å gjøre. Så tre fjerdedeler blir på en måte overskriften eller mammaboblen, også skal du se hva du kan klare å lage **rundt**. Også kan du tenke på om noen av **de**, babyboblene, henger sammen også.»*

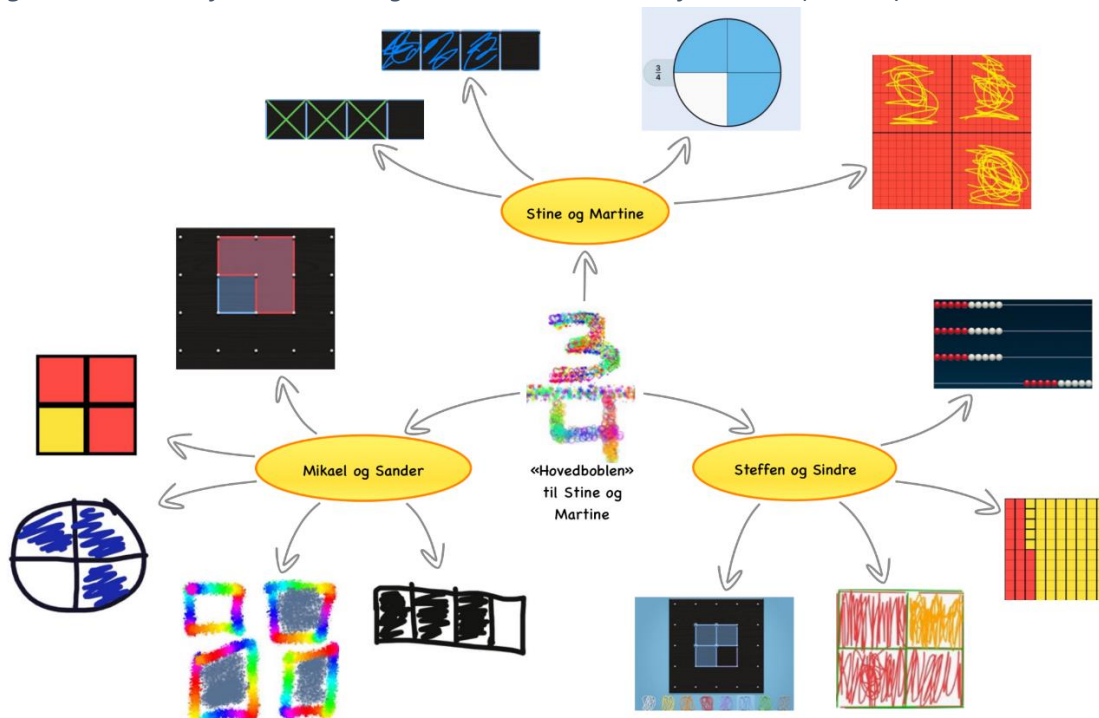
Her introduseres en oppgave som er representasjonsåpen: Elevene kan uttrykke seg helt fritt med bruk av apper og velge måter å representere brøken på. Et fleksibelt brøkbegrep kan som nevnt styrkes ved å se sammenhenger mellom forskjellige representasjoner for delen av helheten (Boaler, Munson, & Williams, 2018; Solem, Alseth, & Nordberg, 2018). At Marte ber elevene tenke på om noen av boblene i tankekartet henger sammen, kan indikere at hensikten hennes er å skape sammenheng og konsolidere matematisk forståelse. Orientering mot sammenheng, blant annet mellom elevs representasjoner, er som nevnt effektivt for læring (Askew, 2010(1999)). Det er interessant å merke seg at læreren spiller inn tegning på papir som et representasjonsvalg. Allikevel velger elevene utelukkende å jobbe i konkretiseringsapper. Ingen tegner på papir – kun i appen «Tegnebrett». Flertallet av tilfellene hvor jeg har registrert at en elev velger representasjon i form av en app, opptrer i denne undervisningsaktiviteten, «å vise tre firedeler».

Representasjonskompetanse handler deskriptivt om hvordan elevene bruker representasjoner i møte med blant annet matematiske objekter (Niss & Jensen, 2002), i dette tilfellet tallet tre firedeler. Her blir forbindelsen til hjelpemiddelkompetanse særlig tydelig fordi det bringes inn så mange ulike apper i undervisningsaktiviteten. Kjernen i hjelpemiddelkompetanse er å bruke relevante redskaper til matematisk virksomhet, for eksempel konkrete ressurser for å undersøke sammenhenger og støtte begrepsdannelse (Niss & Jensen, 2002). I tråd med teorigrunnet, kan representasjonskompetanse forbundet til denne situasjonen, være å finne ulike måter å representere tre firedeler på *ved hjelp av virtuelle konkrete*.

Tankekartene til tre av læringsparene jeg fulgte gjennom undervisningsaktiviteten, er satt sammen i figur 9. Figuren viser hva elevene fikk produsert og uttrykt av matematikk i løpet av en drøy halvtime. Jeg vil nå illustrere hvordan elevene var aktivisert med visuell representasjon i apper, uten at virksomheten ble matematisk. Fri tilgang til bruk av svært mange apper kan ha medvirket til at representasjonsåpenheten ikke ble utforskende – som trolig var lærerens intensjon. Graden av

representasjonsåpenhet i undervisningsaktiviteten kan dermed plasseres i midten av mitt konstruerte kontinuum som tidligere fremstilt i figur 7.

Figur 9: Tankekart fra undervisningsaktiviteten «å vise tre firedeler» (4. trinn)



Aktiverende representasjonsåpenhet kan sees i sammenheng med det som skjer etter at elevene i de registrerte kodene velger representasjon i form av en app. Eleven velger en app, for deretter å bruke den uten å gjøre matematikk. Den typiske handlingssekvensen består her i å trekke ut eller tegne fire enheter, markere eller fargelegge tre av dem, ta skjermdump, lime inn i tankekart og velge en ny app. Dette utgjør koden «bruker appen uten å gjøre matematikk», som var med på å bygge opp min neste subkategori. Poenget ved å nevne det, er at koden opptrer ni ganger i datamaterialet – utelukkende forbundet til brøkoppgaven «å vise tre firedeler» (4. trinn).

I intervjuet forklarer Marte at hensikten med undervisningsaktiviteten var å vise tre firedeler på forskjellige måter. Elevene finner imidlertid ikke ulike representasjoner, bare samme representasjon uttrykt med ulike apper de klikker seg inn og ut av. Det kan vitne om at konkretiseringsappene, slik de blir brukt, er overflødig for flere av elevene. De nyttiggjør seg ikke av dem som et hjelpemiddel til matematisk virksomhet i tråd med Niss og Jensen (2002). I videomaterialet finner jeg totalt 15 registreringer der elevens visuelle representasjon viser tre av fire med et svært konkret bilde. Av disse viser 11 en arealmodell der helheten er delt i fire, og resterende 4 en mengdemodell der antallet i hele mengden er fire. Jeg finner bare ett tilfelle av at tre firedeler uttrykkes på en *noe* mer matematisk velutviklet måte. Det skjer da Steffen og Sindre har funnet det de omtaler som en bedre

løsning i «Number Pieces» i forhold til sin første (3 av 4). På en rød hundreplate legger de gule tiere og enere som dekker 75 av rutene. Dermed representerer den gule delen av figuren tre firedeler. Steffen argumenterer for at dette stemmer da han sier at «25 er en fjerdedel. Og 25 ganger tre er 75». Han ser den likeverdige sammenhengen mellom brøkene $\frac{75}{100}$ og $\frac{3}{4}$.

Som teorigrunnet har vist, er det viktig for begrepsforståelsen at elevene får bruke og utforske forskjellige representasjoner på en meningsfull måte. Hvorfor ikke flere fokuselever bruker konkretiseringsappene mer variert til å utforske sammenhenger i hvordan brøken kan relatere til helheten, er trolig sammensatt. Det kan for eksempel avhenge av tidligere erfaringer med brøk og brøkforståelse. Som Dickson m.fl. (1984) konstaterer, kan elevene få vanskeligheter med å bevege seg videre fra arealmodellen ved ensidig vekt på denne. Derfor er det ifølge Solem m.fl. (2018) viktig å veksle mellom de ulike brøkmodellene for å unngå at elevene knytter brøkbegrepet for sterkt til en av dem. I tråd med Duvals (2006) poeng om at en representasjon ikke må bli ensbetydende med det matematiske objektet den står for, vil elevens brøkforståelse være lite velutviklet dersom objektet eksempelvis oppfattes som en «pizzamodel». Kanskje kan noen av representasjonene i figur 9 peke mot et lite velutviklet brøkbegrep. Selv om elevenes tankekart kan insinuere en mulig svak brøkforståelse, er dette vanskelig å si noe om på bakgrunn av observasjonene. Jeg har ikke snakket nærmere med elevene om dette, og læreren hadde heller ikke fulgt klassen i matematikk over flere år. Hun forteller i intervjuet at de antakelig har jobbet mye med rutineoppgaver i matematikkboken tidligere. Muligens ville elevenes tankekart sett helt annerledes ut under andre forhold.

Min tolkning innebærer samtidig at det kan ha vært utydelig for elevene hva de egentlig skulle gjøre i alle appene. Derav mener jeg at friheten de fikk gjennom representasjonsåpenhet på iPad ble et aktiviserende element. Dette kan sees i sammenheng med en potensiell fallgrube ved bruk av konkrete ressurser, hvorpå Stein og Bovalino (2001) mener det kan føre til usystematisk utforsking å overlate for mye av ansvaret til elevene. Alternativt kan appene ha vært distraherende fordi de de var spennende å utforske for sin egen del i tråd med Delaney (2001). I praksis så det ut til at det sentrale ble å representere brøken i flest mulig apper, fremfor å lete etter varierte representasjoner. Dersom elevene hadde brukt de virtuelle konkretene til å utforske sammenhenger eller utvikle egne idéer om det matematiske objektet, ville de fungert som tankeredskap i tråd med Papandreou (2014). Det skjedde ikke i denne situasjonen. Elevenes visuelle representasjoner som vist i figur 9, tyder heller ikke på appene ble redskap for å kommunisere matematikk. De uttrykte seg trolig ikke på måter som reflekterte deres matematiske innsikt og forståelse jamført Bobis og Way (2018). Man kan spørre seg om appene egentlig ga elevene muligheter for dette; eller om deres interne representasjoner for tre firedeler faktisk var så lite matematisk velutviklet som de uttrykte

representasjonene kan tilsi. Selv om elevene i denne situasjonen fikk rikelig med valgmuligheter for representasjon, ble det i hovedsak uttrykt lite matematikk i produksjonsarbeidet.

I intervjuet sier også Marte at dersom elevene skal bruke iPad i timen, legger hun hovedsakelig opp til bruk av konkretiseringsapper eller at elevene tar bilde av ting. Dette i kombinasjon med at de produserer egne mattemattekter i BC. Jeg spør Marte om det er undervisningssituasjoner hvor hun tenker at nettbrettet fungerer spesielt godt. Hun svarer:

*Det ene er jo konkretiseringsmidler nå som de blir litt eldre hvor du har brukt f.eks. Cuisinaire-staver som gjør at du liksom godt kan begynne å bruke de på iPaden (.) mer som **halvkonkreter** da (.) at hvis du tenker deg stigen med mer og mer abstrakt. Og selvfølgelig ta **bilder og samle** ... Kanskje for å sammenligne. (...)*

Jeg oppfatter at Marte synes det er nyttig at elevene har tilgang til virtuelle konkrete på iPaden for å bevege seg mot abstraksjon. I tillegg mener hun det fungerer fint å bruke iPad til å ta bilder av ulike løsninger og sammenligne dem. Sitatet under antyder videre at hun er opptatt av at elevene selv skal få mulighet til å velge representasjon, hvilket er en vesentlig del av representasjonskompetanse, selv om den frie app-bruken ble et forstyrrende element i akkurat denne situasjonen. Som oppfølging av forrige sitat svarer Marte på hva nettbrettet eventuelt kan tilføre undervisningen:

*Nei, det må jo være det at de **lager** bøker selv og at de får velge ... Jeg synes det er viktig at de får **velge** litt selv (.) hvilke apper ... Hvilke av de konkretiseringsappene de bruker (.) om de bruker **de** eller om de vil bruke noe annet utstyr.*

Representasjonsåpenhet i den tredje undervisningsaktiviteten: «rektanglene»

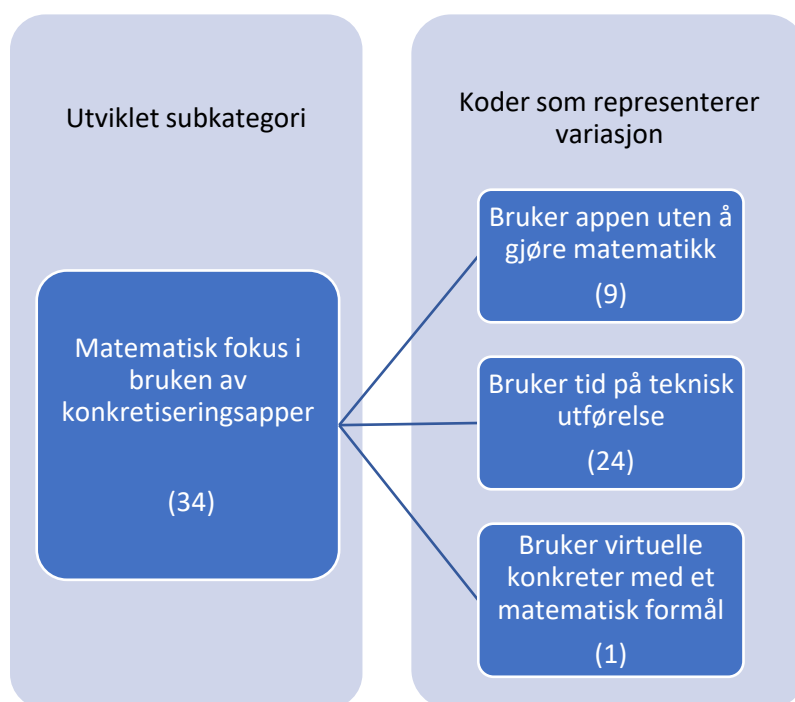
Jeg har diskutert to nøkkelhendelser som bidro til å identifisere «representasjonsåpenhet» som et avgjørende forhold for måten elevene uttrykker matematikk på med digital produksjon. Eksemplene viser at elevenes bruk av konkretiseringsapper ikke ble redskap for å tenke og kommunisere matematikk da representasjonsåpenheten var enten lukket eller aktiviserende.

I undervisningsaktiviteten «rektanglene», kunne Martes elever (4. trinn) bruke kvadratiske brikker i konkretiseringsappen «Pattern Shapes» til å finne så mange rektangler som mulig med omkrets 28 lengdeenheter. For å finne ulike løsninger, var det valgfritt å bruke virtuelle konkrete. Elever som ønsket å tegne rektanglene på ruteark, eller gå over til å representere symbolsk, kunne velge å gjøre det. Jeg oppfattet dette som *utforskende representasjonsåpenhet* rettet mot matematikk. Altså kunne mine studerte elevtilfeller potensielt plasseres til høyre på subkategoriens kontinuum. På tross av utforskende representasjonsåpenhet, skulle det vise seg at andre forhold ble avgjørende for

hvorvidt elevene faktisk uttrykte matematikk. Jeg kommer derfor tilbake med elev eksempler fra denne undervisningsaktiviteten senere i analysen.

4.1.3 Matematisk fokus i bruken av apper

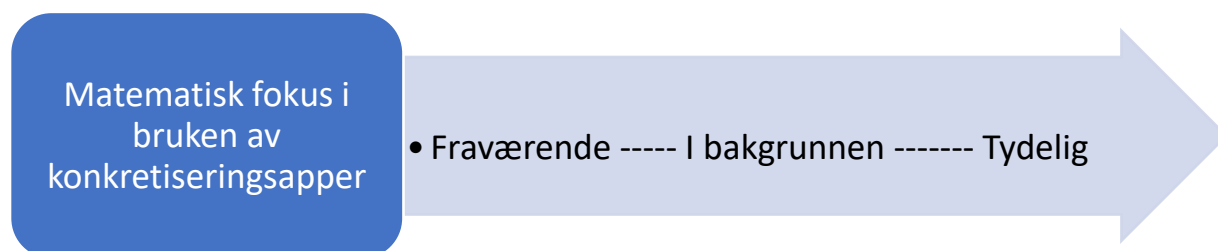
Denne subkategorien er bygget opp rundt koder som er beskrivende for hva elevenes virksomhet ser ut til å befestes ved med bruk konkretiseringsapper til digital produksjon. Variasjonen i elevenes handlinger fordeler seg på tre koder: eleven bruker appen uten å jobbe med matematikk, tiden i hovedsak går til teknisk utførelse i appen, eller virtuelle konkreter brukes med et matematisk formål. Øvre del av figur 10 viser antall registreringer i materialet for hver av kodene.



Figur 10:

Over: Oversikt over koder som subkategorien er bygget opp rundt

Under: Konstruert kontinuum som representerer variasjonen



Samlet har jeg tolket kodene dithen at de peker på hvorvidt det var et matematisk fokus til stede i bruken av konkretiseringsapper. Både Delaney (2001) og Stein og Bovalino (2001) fastslår at det er viktig å være bevisst hva elevene egentlig fokuserer på ved bruk av slike ressurser. Subkategorien, som er bygget opp rundt det andre av fire identifiserte forhold som trolig var med på å forme iPad-situasjonene, heter derfor «matematisk fokus i bruken av konkretiseringsapper». Subkategorien

avdekker dimensjonene *fraværende, i bakgrunnen og tydelig*. Nedre del av figur 10 viser at ulike dimensjoner av matematisk fokus kan plasseres mellom ytterpunktene fraværende og tydelig på et konstruert kontinuum. Grad av matematisk fokus er det andre av fire identifiserte forhold som trolig var med på å forme de studerte situasjonene. Kategorien kan med dette være med på å forklare måten elevene uttrykker matematikk på med digital produksjon. Dette vil jeg illustrere med to eksempler som markerer en variasjon i datamaterialet. Jeg mener det må være et tydelig matematisk fokus til stede i bruken av konkretiseringsappene, for å kunne uttrykke matematikk med dem.

Om koden «bruker appen uten å gjøre matematikk»

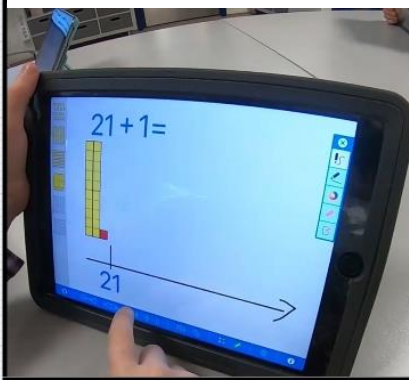
Et matematisk fokus fremstod som tilnærmet fraværende i enkelte studerte situasjoner. I forrige eksempel kommenterte jeg undervisningsaktiviteten «å vise tre firedeler». Jeg viste til forbindelsen mellom aktiviserende representasjonsåpenhet og koden «bruker appen uten å gjøre matematikk». Etter at eleven hadde valgt en app til representasjon, ble den brukt uten å gjøre matematikk – noe som utlukkende skjedde da elevene skulle «vise tre firedeler». Dette indikerer at det er dimensjoner i mine subkategorier til dels overlapper med hverandre.

Jeg går ikke nærmere inn på enkeltteksempler fra denne koden, da jeg allerede har illustrert og drøftet dette med utgangspunkt i figur 9 som omhandlet brøkoppgaven «å vise tre firedeler». Her la læreren hovedsakelig vekt på å gjennomgå produksjonsappen «Kidspiration» i sin introduksjon. Det ble ikke demonstrert med eksempler hvordan konkretiseringsappene kunne brukes. Sammenholdt med Delaney (2001) kunne en slik demonstrasjon vært nyttig hvis den hadde skapt en forståelse som kunne støttet elevene i det som var tiltenkt å være utforskning av ulike måter å representere tre firedeler på. Siden måten ressursene blir presentert på virker inn på elevens bruk (Delaney, 2001) holder jeg det for sannsynlig at mangelfull introduksjon av de virtuelle konkretene, kan ha hatt betydning for det som endte med å bli usystematisk utforskning. Konkretiseringsappene så ut til å være et «gøyalt» element, men uten at elevene uttrykte matematikk.

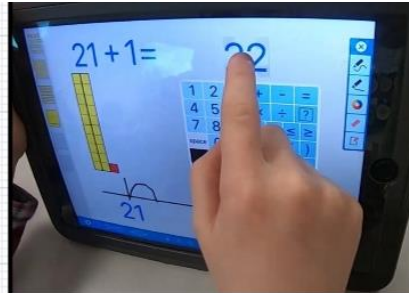
Eksempel fra koden «bruker tid på teknisk utførelse»

Dette eksempelet kaster lys over koden «bruker tid på teknisk utførelse» som opptrer 24 ganger i datamaterialet. Koden er den nest mest frekvente, og det tekniske aspektet ved digital produksjon utmerker seg som et hovedfunn i denne undersøkelsen. Her mener jeg at elevenes fokus var rettet mot tekniske elementer i bruken konkretiseringsappen, fremfor matematikk. Graden av matematisk fokus kan dermed plasseres imellom ytterpunktene på mitt konstruerte kontinuum i figur 10. Figur 11 på neste side er illustrerende for elevens handlinger som er plassert under koden «bruker tid på teknisk utførelse». Jeg vil nå beskrive det som skjer og drøfte hendelsen i lys av teori.

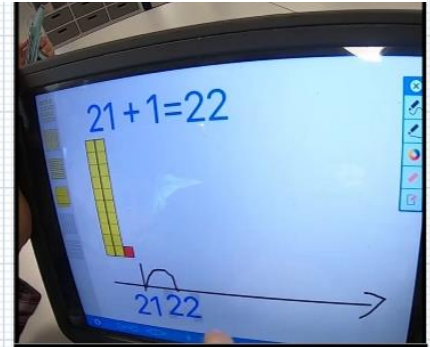
Figur 11: Torstein utfører oppgaven 21+1 i «Number pieces» (2. trinn)



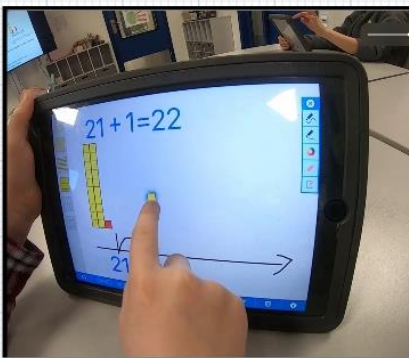
02.42: HAR BYGGET TALLET OG SKREVET INN REGNESTYKKET



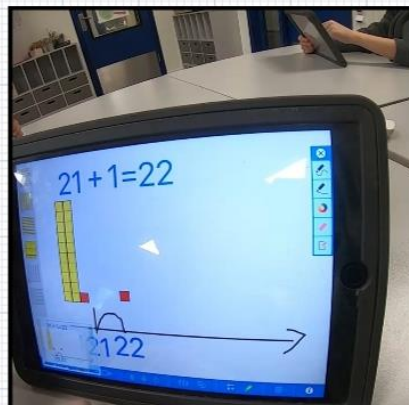
TRYKKER PÅ PENNEVERKTØY, MARKERER ETT HOPP PÅ TALLINJA, TRYKKER PÅ IKON FOR SYMBOLER, SKRIVER INN TALLET 22 OG Plasserer DET BAK LIKHETSTEGNET



TRYKKER PÅ IKON FOR SYMBOLER IGJEN, SKRIVER INN TALLET 22, Plasserer TALLET PÅ TALLINJA



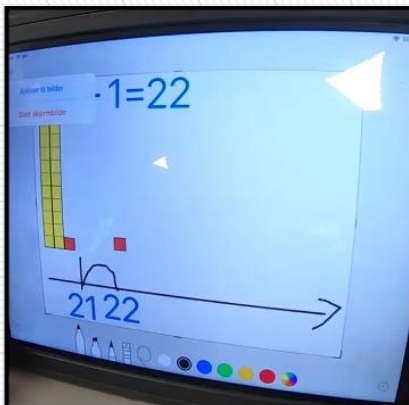
03.23: TREKKER NED EN ENER, TRYKKER PÅ RØDFARGEN, MARKERER ENEREN SLIK AT DEN BLIR RØD



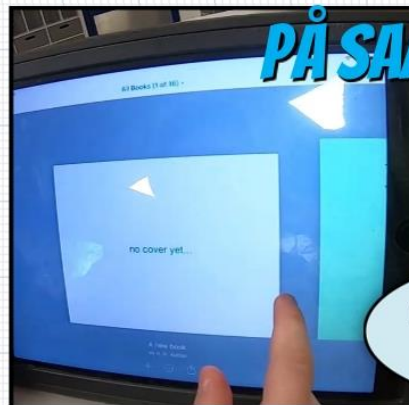
TAR SKJERMDUMP



BESKJØRRER BILDET



03.45: TRYKKER PÅ «ARKIVER BILDE»



ÅPNER APPLIKASJONEN BOOKCREATOR

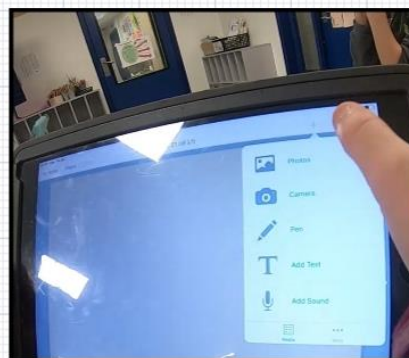


Medelev: 99+1=100, det skal jeg ta!

BLAR SEG FORBI ÅTTE LIKE BOKER



04.05: ÅPNER RIKTIG BOK, BLAR TIL SISTE SIDE (DVS. S. 20), LEGGER TIL EN BLANK SIDE



TRYKKER PÅ PLUSSTEGNET, LEGGER INN DET ARKIVERTE BILDET AV REGNESTYKKET



FORMINSKER BILDET, GÅR UT AV BOOKCREATOR OG TILBAKE I NUMBER PIECES. BEGYNNER PÅ EN NY OPPGAVE 04.27.

Figur 11 viser handlingsstrømmen og hva tiden går til da Torstein representerer addisjonen $21+1$ i «Number Pieces». Appen inneholder skjermbaserte kopier av base-10-materiell. Regnestykket har han valgt selv. Eleven bruker nesten 4,5 minutter på å utføre oppgaven. Nærmere analyser viser at tidsbruken ikke er knyttet til betegnningstid eller usikkerhet rundt håndtering av appen. Den tekniske prosedyren er tidkrevende i seg selv fordi hver enerkloss, tierstav og tallsymbol må trekkes ut fra verktøylinjen i konkretiseringsappen. Trolig vet Torstein at $21+1=22$, før han i det hele tatt begynner å bygge tallet med virtuelle konkreter. I så fall innebærer dette en «representasjon av oppgaveløsning» som fremstilles etter at oppgaven er løst jamført med Saundry og Nicol (2006) og Woleck (2001). Hovedformålet er da å vise hvordan man har tenkt for å dele idéer eller kommunisere løsningen sin til andre. Men i dette tilfellet – å demonstrere prosedyren til læreren.

Eksempelet er hentet fra min andre observasjon hos Cathrine (2. trinn). Elevene starter med å lage egne regnestykker, slik som Torstein. Læreren endrer på dette underveis i timen. Cathrine sier eksplisitt at mange synes dette er for lett. Derfor skriver hun seks regnestykker på tavla som elevene får velge mellom – tre hun definerer som henholdsvis middels, og tre veldig vanskelige. For hver addisjon bruker elevene virtuelle konkreter, hopper på tom tallinje og spiller inn lydfil. Læreren hensikt med undervisningsaktiviteten er at elevene skal vise og forklare hvordan de tenker for å løse addisjoner. Blant annet sier hun i intervjuet at «det er jo tenkningen rundt matematikken når de får forklart hvordan de tenker (.) det har jeg veldig stort fokus på. (...)» Videre forteller Cathrine at hun er opptatt av å jobbe parallelt med grupperingsmodell og tallinjemodell for å utvikle strategier hos elevene, og at dette er selve hovedfokuset i matematikkundervisningen på 2. trinn.

Det læreren forteller indikerer at hun ønsker å legge vekt på elevenes tenkning forbundet til utvikling av regnestrategier, i dette tilfellet addisjonsstrategier. Som referert i teorigrunnet, forenkler addisjon tellingen ved at man kan kombinere hele mengder av samme enhet – enten ved å gruppere eller tenke lineært på tallene. Plassverdisystemet utgjør tradisjonelt et hovedfokus i skolematematikken (Thompson, 2003). Her *kan* eksempelvis base-10-materiell fungere som et relevant hjelpemiddel (National Research Council, 2001). Et elementært eksempel på representasjonskompetanse er da at eleven utfører regneoperasjoner *ved hjelp av* materialet (Niss & Jensen, 2002). I undervisningsaktiviteten «å vise addisjonen», brukes derimot *ikke* konkretiseringsappen på en måte som er til hjelp for å utvikle elevenes addisjonsstrategier. Et slikt potensielt matematisk fokus, kommer fullstendig i bakgrunnen av teknisk utførelse i appen.

Undervisningsaktiviteten «å vise addisjonen» pågår i cirka 36 minutter. De fleste elevene får gjort totalt tre til fire oppgaver i løpet av denne tiden, mens enkelte får bare gjort to. Torstein er den eleven som i samtlige tre observerte matematikktimer er raskest i klassen til å utføre oppgavene med

konkretiseringsapper på iPaden. Dette vet jeg ettersom barna fikk beskjed om å gå ut på gangen for å spille inn lydfil da de var ferdig med minst tre regnestykker. I videomaterialet observerer jeg at nettopp Torstein blir sendt først ut av læreren – alle tre gangene. Felles for timene er at de består av en innledende demonstrasjon, etterfulgt av individuelt arbeid, med innslag av korte oppsummeringer underveis og avslutningsvis. Virtuelle konkreter brukes utelukkende til demonstrasjon, ikke til utforsking hvor elevene for eksempel kan uttrykke sin egen forståelse i møte med det matematiske objektet (Delaney, 2001; 2010). Som referert går representasjonskompetanse utover å memorere og gjengi konvensjonelle representasjoner (Bobis & Way, 2018; Goldin & Shteingold, 2001), og handler om å gi de interne representasjonene en ekstern form (Goldin & Shteingold, 2001; National Research Council, 2001). Torstein i eksempelet, gis derav ingen mulighet til å bruke representasjoner fleksibelt som redskap for å tenke eller kommunisere sin forståelse og matematiske innsikt. I dette tilfellet mener jeg derfor at produksjonsarbeidet ble begrensende for muligheten til å uttrykke matematikk.

Som tidligere påpekt, da jeg i metodedelen eksemplifiserte hvordan jeg har jobbet med analysen, trakk Cathrine selv frem tidsdimensjonen som en ulempe ved digital produksjon. Hun nevnte faktisk at det tok tid å dra ut konkreter i «Number Pieces» og spille inn lyd. Som følge av produksjonsarbeid blir det færre oppgaver og mindre mengdetrening, mener Cathrine. Hun opplever at det er vanskelig å få til en god balansegang mellom mengdetrening og det at elevene skal være produsenter, nå som iPad har blitt det primære læringsverktøyet. For øvrig forteller alle mine tre lærere at skolene har kuttet betydelig i innkjøp av matematikkbøker etter at nettbrett ble innført. På Cathrines skole har de helt bort fra læreboka og bruker utelukkende digitale ressurser supplert av kladdebøker. Jeg stiller Cathrine et spørsmål å bekrefte om jeg har oppfattet henne riktig hva angår tidsbruk: «Så du sier at de (elevene) bruker mye tid på det de produserer?». Til dette svarer Cathrine:

*Hvis du ser i Multiboka der, så får de jo på en sånn side kanskje **tjue** oppgaver som de får gjort. (...) Men her får de kanskje jobbet med **fire** ↑ fordi det tar litt tid å ta bilde og sette inn og lese inn lyd og sånn. Kanskje hvis de hadde gjort tjue ↑ man vet jo ikke ↑ Eller kanskje er det bedre at de bare får gjort fire og jobbet **ordentlig** med de. You never know.*

Eksempel fra koden «bruker virtuelle konkreter med et matematisk formål»

Dette eksempelet kaster lys over koden «bruker virtuelle konkreter med et matematisk formål» som fremstilt i figur 10. Koden utgjør en enkeltobservasjon i mitt materiale. Slik sett skiller eksempelet seg fra mønsteret i dataene. Eksempelet viser eleven Sindre i undervisningssituasjonen der oppgaven går ut på å finne så mange rektangler som mulig med omkrets 28 rutelengder («rektanglene», lærer Marte, 4. trinn). Til å løse problemet får elevene velge mellom å bygge rektangler med kvadratiske brikker i appen «Pattern Shapes» og ta skjermdump, eller tegne dem på ruteark og ta bilde med iPad. Figur 12 viser stillbilder av Sindres visuelle representasjon med geometriske brikker.

Figur 12: Sindres tidslinje fra undervisningsaktiviteten "rektanglene" (4. trinn)

VARIGHET AKTIVITET: CIRKA 40 MINUTTER

BESKJØRER SKJERMDUMP OG LIMER INN

TREKKER UT KVADRATER FRA «PATTERN SHAPES», FORMINSKER DEM, SETTER SAMMEN LØSNING, TAR SKJERMDUMP, LIMER INN, SLETTER KVADRATENE

TREKKER UT KVADRATER PÅ NYTT, FORMINSKER DEM, SETTER SAMMEN NY LØSNING

PRODUKT: SEKS AV SINDRES NI REKTANGLER SAMMENSTILT PÅ ÉN SIDE I «BOOKCREATOR»

Sindre

Sindre tar utgangspunkt i rektangelet der alle sidelengdene er like (kvadrat 7×7 ruter). Deretter bygger han forskjellige rektangler ved å øke den ene sidelengden med én rute, og minske motstående sidelengde tilsvarende. Noe av det han gjør på iPaden er av en viss teknisk karakter, som eksempelvis å trekke ut nye brikker for hvert rektangel og forminske dem. Her kunne Sindre ha brukt brikkene han allerede hadde på skjermen til å bygge neste rektangel. Allikevel går det svært raskt å trekke ut og forminske brikkene. Den tekniske utførelsen tar ikke overhånd for det matematiske fokuset, slik som med Cathrines elever på 2. trinn som skulle «vise addisjonen». Dette kan naturligvis være relatert til alder og motoriske ferdigheter, da Sindre er fjerdeklassing. Samtidig kan det tenkes å ha sammenheng med at konkretiseringsappen blir brukt til å finne løsninger på et matematisk problem, og ikke til å demonstrere en illustrert prosedyre. Jamført Delaney (2001; 2010) kan utforskende bruk av ressurser eksempelvis være å interagere med representasjonene for å finne og beskrive mønstre og visualisere sammenhenger. Sindre jobber systematisk etter et mønster for å finne ulike løsninger ved hjelp av brikkene. Derfor mener jeg å se at han «bruker virtuelle konkreter med et matematisk formål». Graden av matematisk fokus er *tydelig*, og tilfellet kan dermed plasseres til høyre på mitt konstruerte kontinuum i figur 10.

Jeg mener ikke at de virtuelle konkretene nødvendigvis er avgjørende med hensyn til å finne ulike løsninger, men at de ser ut til å fungere som et matematisk redskap for Sindre. Sammenholdt Greeno og Hall (1997) må representasjonen i så fall springe ut av en hensikt, som i dette tilfellet er å utforske mønstre og sammenheng. Trolig ville Sindre også oppdaget systemet med en annen representasjonsform enn det jeg har valgt å kategorisere som «visuell representasjon i apper»; for eksempel å tegne rektanglene på ruteark, eller gå over til symbolsk representasjon. Men *eleven velger* å bruke appen for å organisere arbeidet. Med en slik funksjon kan konkretiseringsappen være et tankeredskap i tråd med Papandreou (2014). I hennes undersøkelse brukte barna tegning som et tankeredskap da de utforsket sammenhenger og satte sammen opplysninger. Som eneste mulige tilfelle i datamaterialet, kan det altså tenkes at Sindre bruker «representasjon som oppgaveløsning». Da er representasjonen selve redskapet for å løse oppgaven – i dette tilfellet som systemholder for å holde oversikt – hvilket blir en problemløsende funksjon (Saundry & Nicol, 2006).

Etter hvert som Sindre setter inn hver løsning han finner på siden i den digitale, skjer det noe jeg synes er interessant. Siste bilde i figur 12 viser at arbeidsflaten på iPaden er fylt opp etter seks rektangler. Eleven åpner da en blank side i BC, og fortsetter å bygge rektangler som han limer inn bilder av. Sindre ender opp med ni rektangler. To av dem tilsvarer rektangler han allerede har bygget på forrige side, bare i roterte varianter (6×8 og 9×5 ruter). Dette ser ikke Sindre, før læreren gjør ham oppmerksom på det under oppsummeringen. Han er da koblet til hovedskjermen for å vise frem arbeidet sitt for klassen. Sindre mener først å ha funnet ni ulike rektangler, men Marte får ham til å klikke seg mellom de to sidene i BC og se etter om alle løsningene er «*helt* forskjellige». Eleven virker litt usikker, men kommer sammen med læreren frem til at han har syv ulike rektangler.

I intervjuet forteller Marte at en fordel med iPad kan være å samle mange løsninger. Hun legger til: «Det **kunne** du gjort i en bok og. Men det kan jo **kanskje** være litt lettere her ↑ Da kan du forminske og sette opp.» Siden elevene fikk valget mellom app og ruteark, spør jeg om *hun* tenker at det noen forskjell på å bruke papir versus iPad til å sette sammen løsninger. Etter en liten tenkepause, kommer Marte inn på den overnevnte hendelsen. Hun sier:

*(...) Jeg sier gjerne at de skal slå opp sånn at de har **to** ledige sider (i kladdeboka) for da kan du kladde på den ene siden for eksempel og lage en oversikt på den andre. For det blir litt liten **plass** der (refererer til eleven Sindre og finner frem bildet av arbeidet hans på sin iPad.) Det var jo fint at han kunne sette inn, men det er klart hvis du hadde hatt to sider i en **bok**, kanskje han kunne klart å tegne **alle** på de to sidene og fått oversikt. For her var det det med, klarte han å **se** (2.0) for det var på neste side de kom de snudde løsningene igjen. (...) Det har jeg tenkt på (.) at det kan være vanskeligere å få oversikt.*

Jeg vil nå kommentere et eksempel hvor to elever velger å bruke ruteark. Merk at dette er definert ut av kategorien «visuell representasjon i apper» siden elevene velger å *tegne* rektanglene. Jeg synes allikevel det utgjør en spennende sammenligning i datagrunnlaget. Hensikten er å illustrere en mulig forskjell som berører hendelsen jeg nettopp belyste med eleven Sindre. Figur 13 viser stillbilder fra Stine og Ainas arbeid med oppgaven. Stine støtter seg til det ferdige arbeidet i form av peking mens hun forklarer mønsteret de oppdaget:

Vi har først funnet ut at $4+4$ er 8 og $10+10$ er 20, og vi skulle få 28. (...) Og da tok vi minus på denne siden (peker) og pluss på denne, at det ble 5 og 9 (peker) og det ble også 28. Så tok vi minus her og pluss her (peker) at det ble 6 og 8. Og da har vi plussa og minusa på alle sidene.

Figur 13: Eksempel til sammenligning fra undervisningsaktiviteten «rektanglene» (4. trinn)

Stine og Aina

VARIGHET AKTIVITET: CIRKA 40 MINUTTER

VELGER RUTEARK. FINNER LØSNINGER VED Å BRUKE TEGNING OG SYMBOLER.

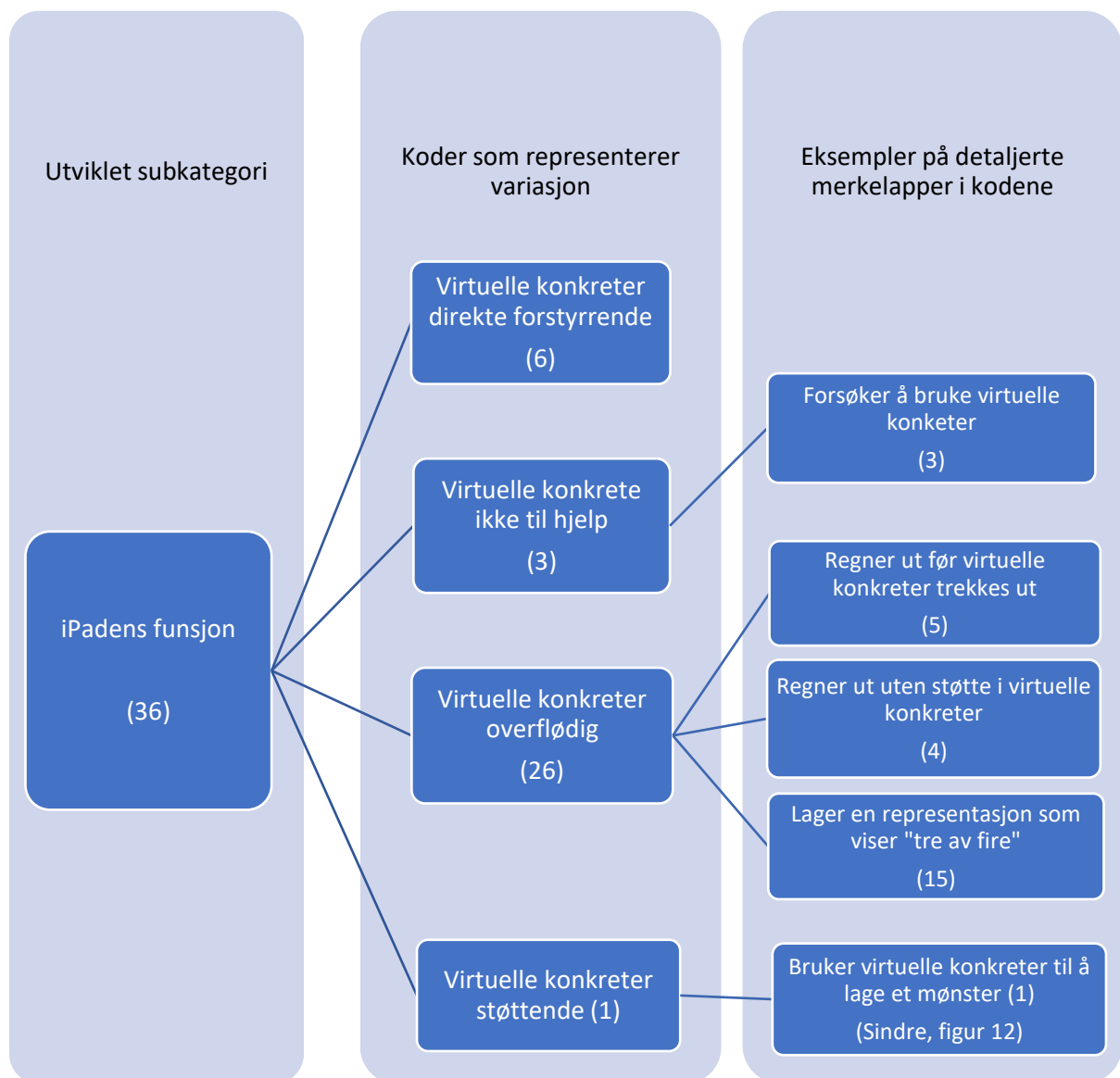
LIMER INN BILDE AV LØSNINGENE I BOOKCREATOR.

30:45 Stine:
Men der er det 8 og 6, og da blir det det samme som det (peker på det tredje rektangelet de har tegnet). Men da må man gjøre 11 og 3.

Stine og Aina (figur 13) får plass til flere løsninger på samme side, enn hva Sindre gjorde på iPaden (figur 12). Etter å ha tegnet kvadratet med sidelengder 7 ruter, er det interessant å merke seg at Stine peker på arket mens hun skaffer oversikt over hvilke rektangler de har funnet. Snakkeboblen gjengir det Stine sier da hun ser hvilket rektangel de må tegne etter 7×7 . Kanskje er det tilfeldig, men muligheten er til stede for at det blir tydeligere å se hvilket rektangel som blir det neste i systemet fordi hun har alle løsningene fremfor seg – istedenfor å måtte bla imellom to sider i produksjonsappen BC. Som lærer Marte var inne på i sitatet på forrige side, vil det samme gjelde ved behov for å bruke flere ark. Da kan man legge arkene ved siden av hverandre og få oversikt. Den muligheten har man ikke på en iPad. Derfor er det mulig at selve arbeidsflaten på en iPad-skjerm kan bli en begrensning med hensyn til å se sammenhenger – uten at jeg kan si dette med sikkerhet. Betrakningen bringer meg over i neste subkategori som omhandler iPadens funksjon.

4.1.4 IPadens funksjon

Denne subkategorien er bygget opp rundt koder som er beskrivende for hvilken rolle konkretiseringsappene så ut til å spille for elevene. Jeg har ikke snakket med elevene, og har naturligvis ikke klart å fange alt på video – men her skjedde det mye forskjellig. Fire koder utgjør variasjonen: virtuelle konkreter direkte forstyrrende, virtuelle konkreter ikke til hjelp, virtuelle konkreter overflødig, og til sist koden hvor jeg mener å kunne se at en elev bruker de virtuelle konkretene som en støtte. Øvre del av figur 14 viser antall registreringer i materialet for hver av kodene angitt i parentes, samt eksempler på detaljerte merkelapper.



Figur 14:

Over: Oversikt over koder som subkategorien er bygget opp rundt
Under: Konstruert kontinuum som representerer variasjonen

iPadens funksjon

• Forstyrrende ----- Overflødig ----- Støttende

Jeg mener at kodene samlet kan peke på hvorvidt iPaden fikk en støttende funksjon, og avdekker dimensjonene forstyrrende, overflødig og støttende. Subkategorien heter derfor iPadens funksjon og kan dimensjoneres på et konstruert kontinuum mellom de aktuelle ytterpunktene (figur 14). Grad av støttende funksjon i iPaden er det tredje av fire identifiserte forhold som trolig var med på å forme de studerte situasjonene. Kategorien kan med dette være med på å forklare måten elevene uttrykker matematikk på med digital produksjon. For å få mulighet til å uttrykke matematikk, mener jeg det er avgjørende at iPaden fungerer støttende for eleven.

Av plasshensyn velger jeg å drøfte *to* eksempler som er illustrerende for graden av støttende funksjon i iPaden. Som fremstilt i figur 14, har jeg 6 registreringer der virtuelle konkreter er direkte forstyrrende. Dette kommer jeg til å belyse med et eksempel. Videre har jeg 3 registreringer hvor de ikke er til hjelp. Her skjer det eksempelvis at elever forsøker å bruke virtuelle konkreter til å løse oppgaven, men legger de bort og går over til en annen app. Jeg går ikke nærmere inn på denne variasjonen i materialet. I svært mange av tilfellene fanget på video, ser de virtuelle konkretene ut til å være overflødig. Dette skjer 26 ganger, og jeg kommer til å presentere et eksempel på en slik hendelse. Til sist har jeg 1 registrering hvor en elev ser ut til å støtte seg til visuelle representasjoner han uttrykker med digital produksjon. Tilfellet er allerede belyst med utgangspunkt i figur 12, der Sindre brukte geometriske brikker med et *matematisk formål*. Her fungerte virtuelle konkreter som redskap i organiseringen av arbeidet – eleven jobbet systematisk etter et mønster. Jeg tror samtidig at han brukte brikkene som en *støtte* til finne ulike rektangler, altså at iPaden var til hjelp for å utforske problemet. Derav overlapper to av mine subkategorier i det eksempelet.

Eksempel fra koden «virtuelle konkreter direkte forstyrrende»

Dette eksempelet kaster lys over koden «virtuelle konkreter direkte forstyrrende». Graden av støttende funksjon i iPaden kan dermed plasseres til venstre på mitt konstruerte kontinuum i figur 14. Kvadratiske brikker i appen «Pattern Shapes» kom i veien for flertallet av de elevene som valgte å benytte seg av dem i undervisningsaktiviteten «rektanglene». Altså utgjør den omtalte eleven Sindre det hederlige unntaket. Figur 15 viser stillbilder og siteringer knyttet til Martines produksjonsarbeid. Med utgangspunkt i figuren, vil jeg argumentere for at de virtuelle konkretene – og derav iPaden –

blir et forstyrrende element for henne. Istedenfor å lage flest mulig rektangler med omkrets 28 rutelengder, bygger Martine et rektangel av 28 brikker. Dermed blir omkretsen 32 rutelengder.

Figur 15: Martines produksjonsarbeid i undervisningsaktiviteten "rektanglene"

VARIGHET AKTIVITET: CIRKA 40 MINUTTER

17:50 Lærer Marte:
Har du gått rundt hele hjørnet? (Martine teller.) Nå teller du hvor mange ruter som er i rammen du. Du har ikke gått rundt hele, for du teller den (hjørnet) som 1. (...) Så nå ble nesten rutene litt forvirrende for deg.

24:45
Først så tok jeg med kantene (mener hjørnene), men så kom jeg på at det skulle man ikke ...

25:00 MARTE FORKLARER AT MAN SKAL GÅ HELE VEIEN RUNDT. «DE FLESTE RUTENE GÅR DU ÉN PÅ (...) MEN DA ER DET TO SKRITT RUNDT HJØRNET DER».

37:58 RESULTAT: MARTINE SIER HUN IKKE SKJØNTE HVA MARTE MENTE TIDLIGERE, OG BEKREFTER AT HUN HAR TELT DE BLÅ RUTENE I RAMMEN.

Martine

Ved tidsangivelsen 17:50 kommer lærer Marte bort og spør Martine om hun har gått rundt hele hjørnet. Martine teller i rektangelet til høyre på skjermen sin (senere markert feil). Læreren observerer at hun teller antall ruter i selve rammen og ikke lengdeenheter rundt rektangelet. Siden antall brikker i Martines rektangel er 28, blir omkretsen 32. Læreren prøver å forklare at man må telle 2 på hjørnerutene, slik at både den loddrette og den vannrette kanten langs hjørneruta telles med som en del av omkretsen. Læreren spør: «Vil du ha et ark ved siden av å teste deg på, eller vil du fortsette i appen?» Martine velger å fortsette i appen, og læreren går videre til en annen elev som trenger hjelp.

Det ser ut til at Martine misforstår og tror hun skal fjerne hjørnebrikkene i rektangelet, slik hun har gjort i figuren til venstre på skjermen sin (først markert riktig, senere feil). Neste gang læreren kommer innom (24:45), prøver hun igjen å forklare at man må gå to skritt rundt hjørnet for å finne omkretsen. Da lærer Marte kommer innom henne en tredje gang ved tidsangivelsen 37:58, bekrefter Martine at hun har telt *antall* brikker – ikke *lengdeenheter rundt* figuren som nå har blitt en tolvkant. Hun peker på de blå radene og sier: «Jeg trodde det var her jeg, liksom rundt her, på den blå.»

I tråd med Niss og Jensen (2002) kunne representasjonskompetanse i denne situasjonen vært å finne rektangler ved hjelp av kvadratiske brikker. Det skjer ikke, og Martine utøver ikke representasjonskompetanse i møte med problemet. Jeg holder det for sannsynlig at brikkene, kombinert med elevens forståelse av omkrets, fører til at Martine ender opp med ikke å finne en eneste løsning på oppgaven. Siden hun ikke finner noen løsninger, bruker hun heller ikke «representasjon som

oppgaveløsning». Jamfør Saundry og Nicol (2006) går dette ut på at representasjonen fungerer som tankeredit for å løse oppgaven, noe som ikke skjedde for Martines del.

Omkrets er det sentrale matematiske objektet elevene bør ha et visst begrep om i møte med problemet som ble introdusert i undervisningsaktiviteten «rektanglene». I motsetning til lærerens presentasjon av brøkkaktiviteten «å vise tre firedeler» som jeg tidligere har drøftet, ble det i denne situasjonen gitt en matematisk introduksjon. Læreren gjorde rede for omkretsbegrepet og eksemplifiserte med begge de to representasjonsformene elevene kunne velge mellom.

Sammenholdt Delaney (2001) kan en innledende demonstrasjon være støttende i det videre arbeidet hvis den gir elevene en forståelse av problemet de skal utforske. Videre ble det lagt opp til *utforskende* bruk ved valg av visuell representasjon i app. I dette tilfellet innebar det å samhandle med ressursene for å finne og beskrive mønstre samt visualisere sammenhenger (Delaney, 2001; 2010). Elevene fikk i tillegg tilstrekkelig med tid (40 min.) til utforsking som er en viktig faktor for virkningsfull bruk av ressurser (Stein & Bovalino, 2001). Totalt sett lå mye til rette for en vellykket undervisningssituasjon i og med at avgjørende faktorer referert i teorigrunnet var oppfylt.

Selv om de virtuelle konkretene ikke er den eneste hindringen for Martine, mener jeg å se at de blir et forstyrrende element, slik at iPaden ikke får en støttende funksjon. Det samme problemet ville nok oppstått med konkrete ressurser, men i denne undersøkelsen er det iPadens apper og funksjoner jeg er opptatt av. Som tidligere referert, bør forskeren i analysearbeidet blant annet stille seg spørsmålet «hva kunne skjedd hvis?» (Corbin & Strauss, 2015). Alderen tatt i betraktning, hvor eleven bør ha utviklet et visst begrep om måling av lengder jamført med Niss og Jensen (2002), tror jeg Martine kunne klart å tegne et rektangel med omkrets 28 lengdeenheter på ruteark. Uten virtuelle konkreter hadde man kanskje kunnet fjerne elementet som trolig misledet eleven til å fokusere på *antall* *brikker i rektangelet* fremfor *lengdeenheter rundt rektangelet*. Jeg oppfatter at læreren blir oppmerksom på dette i løpet av undervisningsaktiviteten, da hun henvender seg til meg og bemerker det. Tilsvarende skjer nemlig hos flere av elevene som har valgt app fremfor å tegne rektangler på ruteark: De retter oppmerksomheten mot antall brikker. I intervjuet sier Marte:

Det er ikke alle mattetimer jeg bruker nettbrett (.) hvis vi skal jobbe utforskende matematikk for eksempel. (...) Jeg så det som kom i veien sist var den (8.0) (Viser meg rektangeloppgaven.) Men da ville jo vanlige konkreter ha kommet i veien også. Det var disse som skulle bygges. Jeg sa de kunne bygge de med kvadrater. Og da var det noen som istedenfor å tenke omkrets, telte kvadratene.

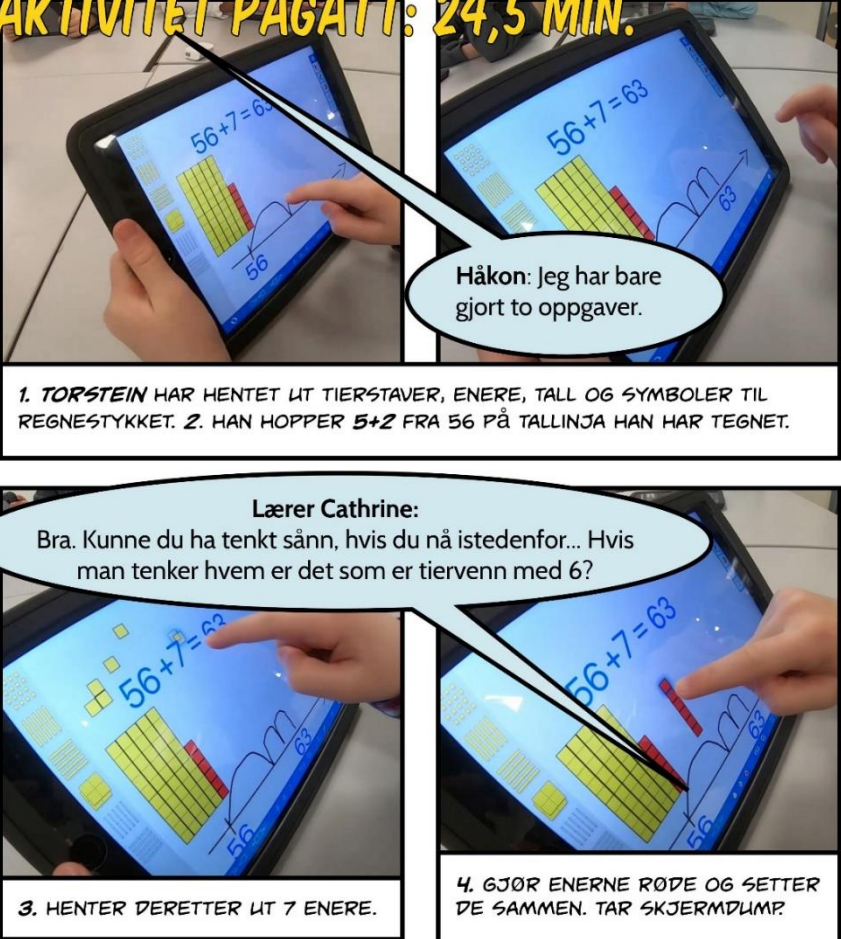
Eksempel fra koden «virtuelle konkrete overflødig»

Dette eksempelet kaster lys over koden «virtuelle konkrete overflødig» som opptrer 26 ganger i datamaterialet. Koden er derav mest frekvent og utmerker seg som et hovedfunn i denne undersøkelsen. Her mener jeg at appene elevene uttrykte matematikk med, ble et påkoblet konkretiserings-elementet som var overflødig. Graden av støttende funksjon i iPaden kan dermed plasseres imellom ytterpunktene på mitt konstruerte kontinuum i figur 14.

Jeg vil nå illustrere med et eksempel hvordan virtuelle konkrete kan være overflødig. Eksempelet er hentet fra undervisningsaktiviteten «å vise addisjonen» (2. trinn). Med utgangspunkt i figur 16, beskriver jeg tilfellet og bruker teori for å drøfte det som skjer. Til venstre i figur 16 har jeg synliggjort hva eleven Torstein gjør på skjermen. Til høyre har jeg gjengitt en dialog mellom eleven Ask og læreren Cathrine som finner sted etter at hans representasjon er ferdigstilt.

Figur 16: Torstein og Ask viser addisjonen $56+7$ individuelt i "Number Pieces" (2. trinn)

AKTIVITET PÅGÅTT: 24,5 MIN.



1. TORSTEIN HAR HENTET UT TIERSTAVER, ENERE, TALL OG SYMBOLER TIL REGNESTYKKET. 2. HAN HOPPER 5+2 FRA 56 PÅ TALLINJA HAN HAR TEGNET.

Håkon: Jeg har bare gjort to oppgaver.

3. HENTER DERETTER UT 7 ENERE.

4. GJØR ENERNE RØDE OG SETTER DE SAMMEN. TAR SKJERMDUMP.

5. ASK HAR LØST SAMME OPPGAVE.

Cathrine: Hvis du sier 1, 2, 3, 4. Hva skal da stå der?
Ask: 60
C: Ja!
A: Da må jeg skrive 60 der, også må jeg ta et nytt bilde.
C: Ja, du kan ta et ordentlig hopp opp til 60, så kan du bare hoppe tre.
A: Okei, så jeg skal gjøre det?
C: Du skal ikke, men jeg lurer på om det er en smart måte å gjøre det på?
A: Jeg kan skrive 60 der, også kan jeg ta skjermdump av det, også kan jeg sette det inn? Jeg gjør det.

Elev: Jammen, jeg har bare gjort én.

15 MIN. IGEN...

Torstein dukket tidligere opp i figur 11 i forbindelse med koden «bruker tid på teknisk utførelse», da med et selvvalgt regnestykke. I dette eksempelet løser han addisjonen $56+7$; et stykke læreren har definert som veldig vanskelig. Jeg forstår det som at Cathrine mener addisjonen er vanskelig fordi

den innebærer å bevege seg mellom tiere. Bilderute 1 og 2 viser at Torstein allerede har representert to ganger, symbolsk og på tom tallinje, før han i bilderute 3 trekker ut sju enere fra det virtuelle base-10-materiellet i appen. Til slutt markerer han enerne røde i tråd med «oppskriften» (bilderute 4).

Et elementært eksempel på representasjonskompetanse med base-10-materiell som hjelpemiddel, er å regne ut ved hjelp av ressursene (Niss & Jensen, 2002). Etter å ha lagt opp tallet 56 med virtuelle konkreter under den symbolske representasjonen 56, legger Torstein til 7 enere under den symbolske representasjonen av tallet 7. Han grupperer ikke $6+7$ enere i $10+3$. Hadde Torstein hatt behov for ressursene som et hjelpemiddel, ville han trolig måttet veksle for å komme frem til løsningen, om ikke annet gruppert ti av enerne. Det er heller ingen antydning til at han støtter seg til de virtuelle konkretene i form av telling. Jeg *vet* ikke om Torstein tenker lineært eller med gruppering – men han løser oppgaven mentalt. Dessuten er den symbolske representasjonen nedtegnet før han trekker ut tiere og enere i appen. De virtuelle konkretene på iPaden fungerer ikke som tankeredskap for Torstein, men brukes til «representasjon av oppgaveløsning» (Saundry & Nicol, 2006).

På bakgrunn av det Cathrine har fortalt om formålet med undervisningsaktiviteten, er hensikten å bruke tall til anvendelsesformål, herunder metoder for å kunne regne (Niss & Jensen, 2002). Som referert i teorigrunnet gir ulike modeller tilgang til ulike aspekter ved de matematiske objektene – i dette tilfellet addisjon som regneoperasjon. Det er altså viktig å jobbe både med gruppering og lineær tallmodell (National Research Council, 2001). Det sier også Cathrine i intervjuet. Hennes intensjon med å jobbe parallelt med modellene, kan muligens være å skape sammenheng gjennom å gi elevene erfaringer med å overføre mellom uttrykksformer, som fremhevet av blant andre Duval (2006). Men i så fall må elevenes representasjoner springe ut av et reelt formål der de får uttrykke seg på sin måte for å vise hvordan de tenker (Greeno & Hall, 1997). Det skjer ikke når arbeidsmåten avspeiler en instrumentell innlæring der elevene demonstrer en prosedyre for læreren. I dette tilfellet er det tydelig at undervisningsaktiviteten «å vise addisjonen» er overføringsorientert (Askew, 2010(1999)). I intervjuet sier Cathrine:

*Tom tallinje er jo kjempeviktig. Så det er jo derfor vi innfører det nå (.) og kjører på med det som en god strategi. Så jeg tenker etter hvert (.) så kan de forlate **den** strategien (.) kanskje gå litt mer over på gruppering. Men å prøve å veksle mellom de to modellene er jo **kjempeviktig**. (...) Ja, at de kanskje **klarer** det, ikke sant, **kan** det oppi hodet uten å måtte tegne det ned. (...) Torstein ser jeg allerede nå at han klarer nesten å gjøre det. Han (tenker): Åja, det er to opp til 20, også er det tre til.*

Det interessante med sitatet er at Cathrine faktisk *ser* at Torstein regner disse oppgavene i hodet. Til tross for at Cathrine er oppmerksom på at Torstein antakelig anvender en lineær modell mentalt, må

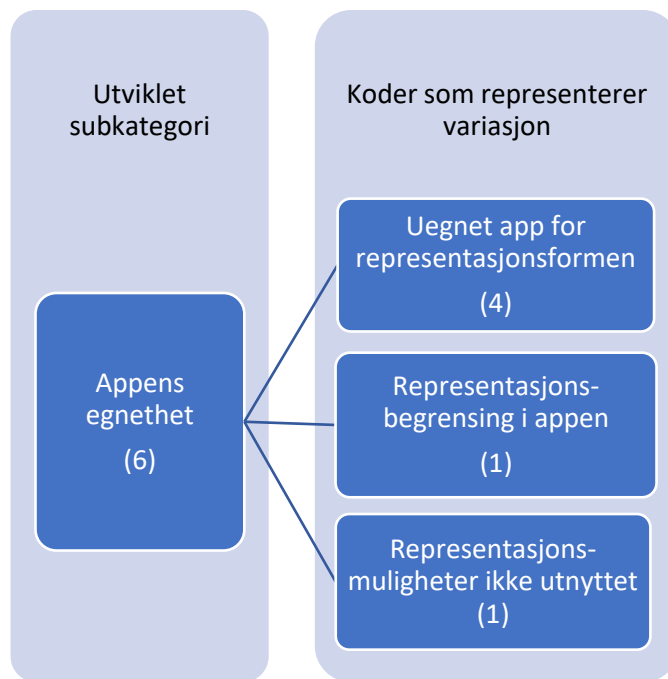
han representere med både gruppering og tom tallinje. Det fremstår som lite meningsfullt å representere oppgaveløsingen dobbelt opp. Trolig bidrar ikke dette til å utvikle representasjonskompetanse med hensyn til når ulike representasjoner kan være hensiktsmessige å bruke (Niss og Jensen, 2002; Greeno og Hall, 1997). At forskjellige representasjoner anvendes på en meningsfull måte, er avgjørende for elevenes forståelse. Torstein får ikke velge representasjonsform og mulighet til å bruke representasjon fleksibelt som et redskap for å tenke eller vise hvordan han har tenkt sammenholdt med teorigrunnet. Derfor mener jeg at produksjonsarbeidet i dette tilfellet begrenset hans muligheter til å uttrykke matematikk.

På videoen ser den visuelle representasjonen i konkretiseringsappen ut til å være overflødig også for eleven Ask (bilderute 5, figur 16). Eleven bruker ikke base-10-materiellet til å veksle de 13 enene inn til 1 tier og 3 enere. Det ser ut til at Ask tenker lineært for å løse oppgaven, men med et behov for å regne videre med en om gangen fra 56. Cathrine prøver å få ham til å hoppe rett til 60 på tallinja. Det resulterer i at Ask må gjøre oppgaven på nytt, for så å ta ny skjermdump og sette inn i BC. Dialogen i figur 16 understreker at lukket representasjonsåpenhet og et teknisk fokus består også når læreren har endret på oppgaven. Jeg holder samtidig muligheten åpen for at appen kunne vært mer til hjelp i regneprosessen for enkelte elever, dersom den for eksempel hadde vært programmert til å veksle en gruppe på ti enere inn til en tier. Den muligheten finnes ikke, så har man trukket ut enere og behovet for å veksle melder seg, må man markere og slette enere, for så å trekke inn tieren. Betraktingen kan samtidig markere at mine subkategorier henger sammen, de utelukker ikke hverandre.

4.1.5 Appens egnethet

Denne subkategorien er bygget opp rundt observerte enkelttilfeller i datamaterialet som sier noe om hvorvidt det ligger hensiktsmessige representasjonsmuligheter i selve appen. Øvre del av figur 17 viser oversikt over tre registrerte koder som utgjør variasjonen: I fire tilfeller har jeg registrert at appen eleven jobber i er lite formålstjenlig til representasjon; i et tilfelle har jeg registrert at det ligger en representasjonsbegrensning i appen; i det siste tilfellet har jeg registrert at det ligger representasjonsmuligheter i appen, men som eleven ikke drar nytte av. Jeg vil illustrere hva dette innebærer ved å drøfte et eksempel fra hver kode.

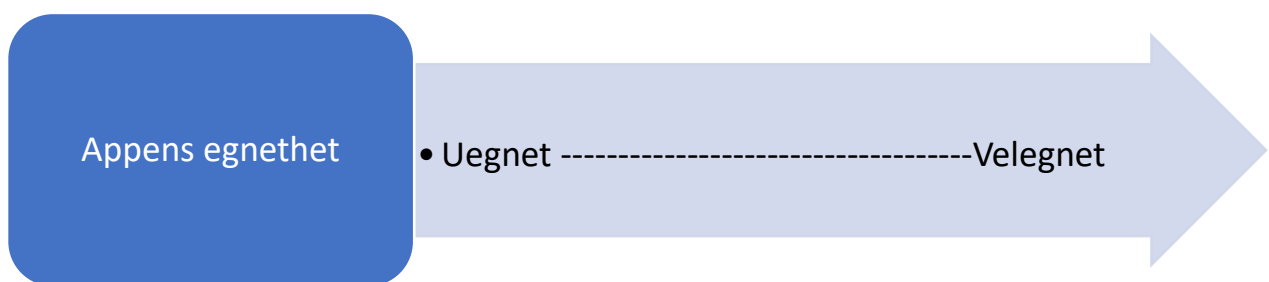
Jeg mener at kodene samlet kan peke på hvorvidt appen egner seg til representasjon, og avdekker dimensjonene uegnet og egnet. Subkategorien jeg har laget heter derfor appens egnethet. Nedre del av figur 17 viser at grad av egnethet kan dimensjoneres imellom de aktuelle ytterpunktene på et tiltenkt kontinuum. Dette er det siste av fire identifiserte forhold som trolig var med på å forme iPad-situasjonene. Kategorien kan dermed være med på å forklare måten elevene uttrykker matematikk på med digital produksjon. For å kunne uttrykke matematikk, mener jeg at appen må være egnet.



Figur 17:

Over: Oversikt over koder som dannet subkategorien

Under: Konstruert kontinuum som representerer variasjonen



Eksempel fra koden «uegnet app for representasjonsformen»

Dette eksempelet er hentet fra undervisningsaktiviteten «rektanglene» og kaster lys over koden «uegnet app for representasjonsformen». Graden av egnethet kan dermed plasseres til venstre på mitt konstruerte kontinuum i figur 17.

Figur 18 viser tidslinjen til Steffen, en elev som ifølge læreren utmerker seg faglig. Steffen velger å tegne rektanglene på ruteark fremfor å bruke brikker i konkretiseringsappen – fordi han mener det tar lang tid på iPad. Steffen tegner bare et rektangel, før han sier til læreren at han har oppdaget sammenhengen. Den lilla ruten med overskrift «rektanglene», viser elevens oppslag med forklaring i digital mattebok. Marte ber Steffen vise systemet sitt i en tabell, for å presentere det til klassen senere. Han får beskjed om å skrive det rett inn i BC. Det som da skjer, er at eleven bruker halve timen på å jobbe i en app som er uegnet for representasjonsformen.

Figur 18: Steffens tidslinje fra undervisningsaktiviteten "rektanglene" (4. trinn)

VARIGHET AKTIVITET: CIRKA 40 MINUTTER



Som tidligere påpekt, er det viktig at elevene får bruke representasjoner på en meningsfull måte (Duval, 2006; National Research Council, 2001). Da Steffen ikke har behov for å tegne rektanglene, får han innledningsvis mulighet til å velge en hensiktsmessig representasjonsform. I spennet fra konkret til abstrakt, ser det ut til at han har dannet seg en mental modell på det ikoniske representasjonsnivået. Denne modellen av strukturen kan eleven bruke videre for å utvikle abstrakt kunnskap i det symbolske representasjonssystemet (Bruner, 1966). Mye tyder på at Steffen overfører mellom representasjonsformer, som er en del av den produktive siden av representasjonskompetanse (Niss & Jensen, 2002). Altså får han mulighet til å uttrykke matematikk.

Steffen mener å finne en generell sammenheng: «Man kan finne like mange rektangler som halvparten av tallet i omkretsen av det rektanget som du skal skrive ned». Dette stemmer imidlertid ikke, da rektangelet med sidelengder 0 og 14 ikke eksisterer. Her ville det vært en fordel om eleven ble utfordret ytterligere til å undersøke om formodningen kan stemme. Det som heller skjer da Steffen kommer bort for å vise arbeidet til læreren, mener jeg utgjør en kritisk hendelse for virksomheten som utspiller seg på iPaden resten av timen.

Marte ber Steffen lage en tabell på neste side i produksjonsappen BC, slik at han kan forklare systemet sitt til klassen. Med formål om å kommunisere sin matematiske innsikt til andre, oppfordres han dermed til å nedtegne en «representasjon av oppgaveløsningen» (Saundry & Nicol, 2006). Tilfellet skiller seg fra tidligere diskuterte eksempler på representasjon av oppgaveløsning, hvor elevene skulle gjengi en ekstern representasjon som var ment å demonstrere et bestemt matematisk objekt (Goldin & Shteingold, 2001). Steffens representasjon er derimot hans egen. Her kan man tenke på det eksterne som en representasjon av det interne (Goldin & Shteingold, 2001). Hensikten med å nedtegne systemet, er å presentere sin matematiske innsikt til andre – altså et reelt formål. Mye ser ut til å ligge til rette for at Steffen kunne brukt representasjoner som et redskap for å

kommunisere matematikk jamført Wolek (2001) og Papandreou (2014). Det vil si som springbrett for å dele egne idéer og snakke om matematikk med andre. Innenfor mine subkategorier har representasjonsåpenheten gitt arbeidet en utforskende retning, og eleven har selv valgt bort de virtuelle konkretene som ville blitt overflødige i dette tilfellet.

Steffen setter i gang med å lage tabellen ved tidsangivelsen 20:45. Det viser seg at appen er uegnet til denne representasjonsformen. BC har ingen funksjon for å sette inn tabell. Steffens virksomhet resten av timen går til å trekke inn alle vannrette linjer, loddrette linjer og sifre han trenger for å fylle ut tabellen. Han jobber først med dette i cirka 20 minutter. Da skal klassen ha en faglig oppsummering. Mens oppsummeringen pågår, sitter Steffen igjen ved pulten og jobber videre. Han bruker ytterligere 10,5 minutter på å fullføre tabellen. Det tar ham altså 30 minutter å lage tabellen i produksjonsappen. Her er selve den tekniske utførelsen kodet innunder forholdet som omhandler matematisk fokus i bruken av apper. Hendelsen er dermed forbundet til dimensjonen hvor tidsbruk i appen overskygger et matematisk fokus. Samtidig mener jeg at appens manglende egnethet til å lage tabell, ble avgjørende for Steffens muligheter til å uttrykke matematikk. Jeg holder det for sannsynlig at det ville tatt kortere tid å tegne tabellen i rutebok, eventuelt bruke en egnet app som et *relevant redskap* i tråd med hjelpemiddelkompetanse (Niss & Jensen, 2002).

Lærer Marte forteller i intervjuet at elevene hennes sjelden får lage bøker helt fra «scratch» i BC. Når de skal produsere digitalt, foretrekker hun å klargjøre en mal på forhånd, slik at elevene kan fylle inn. Dette fordi hun ønsker å unngå at tiden går til å velge skrifttype, skriftstørrelse, pynte forsiden, endre bakgrunnsfarge etc. Marte sier at her går det på å ha tydelige regler som innebærer pynting til slutt. Jeg gjorde rede for tidsbruk tidligere i oppgaven. Marte bringer det her på banen. Det er usikkert om hun har tenkt på at tidsbruk *også* kan skyldes valg av feil app eller appen i seg selv. Læreren har ikke fanget opp at Steffen måtte trekke inn linjer og sifre fra verktøylinjen i appen. Jeg kommer inn på dette elevksempelen i intervjuet og sier: «Han som hadde oppdaget systemet og ... Han var vel den som hadde kommet **lengst** med oppgaven og funnet en sammenheng, men han satt ganske lenge i etterkant og lagde den tabellen her.» Jeg synes det er viktig å påpeke at Marte da konkluderer med det samme som meg. Hun svarer:

Marte: Ja. Så der hadde det sikkert vært bedre bare og hatt (.) en vanlig bok også tegna tabellen rett og slett.

Om koden «representasjonsbegrensing i appen»

Denne hendelsen er hentet fra undervisningsaktiviteten «rektanglene» i Martes klasserom (4. trinn), og utgjør koden «representasjonsbegrensing i appen». Eleven Sindre, tidligere omtalt i eksempelet med utgangspunkt i figur 12, jobber i appen «Pattern Shapes» for å finne så mange rektangler som

mulig med omkrets 28 lengdeenheter. Sindre legger til tallsymboler i sin visuelle representasjon, men går ikke over til å se løsningene mentalt, da han faktisk bygger alle rektanglene. Hadde eleven tenkt mer abstrakt i det symbolske representasjonssystemet (Bruner, 1966), antar jeg at han ville løsrevet seg fra brikkene. Jeg mener at appen begrenser antall løsninger det er mulig å bygge – altså med virtuelle konkrete. Potensielt kan det ha noe å si for elevenes mulighet å uttrykke en generell og abstrakt sammenheng, gjennom å tenke på rektangelet som et visuelt bilde for alle mulige rektangler. Jeg studerer en dialog mellom Sindre og læreren hvor jeg blir oppmerksom på begrensningen i appen:

*Sindre: Marte, jeg har sju løsninger. Alle i **ett** system.*

Marte: Oi! Kan jeg få ta bilde av den siden hvor du hadde så mange? (Tar frem kameraet på sin digitale enhet for å ta bilde av løsningene hans.)

Sindre: I sta så tok jeg 8 der oppe og 6 her, nå skal jeg fortsette.

Marte: Okei, så (.) syv, åtte, ni, ti, elleve, tolv (viser til at den ene sidelengden i rektanglene øker). Hvor mange løsninger tror du det finnes da? (Spør mens hun ser inn i sin egen skjerm og tar bilde av elevens skjerm.) Kan du si noe om det nå?

*Sindre: Jeg **aner** ikke. Sikkert **over** hundre.*

Marte: Tror du det er så mange? (Marte blir nå ferdig med å ta bilde. Hun beveger kameraet bort fra elevens skjerm mens hun stiller spørsmålet.)

Sindre: Ja, jeg vet ikke.

*Marte: **Undersøk** litt. Hvis vi klarer å finne ut av hvor mange det er, så vet vi når vi skal stoppe.*

Sindre sier at han ikke aner hvor mange rektangler som har den samme omkretsen, men han tror det er over hundre. Det er interessant av flere grunner. For det første kan det understøtte en av mine tidligere tolkninger. At Sindre ikke ser et endelig antall løsninger (hvor sidelengdene er heltall) etter å ha bygget seks rektangler, kan tyde på at han brukte de kvadratiske brikkene utforskende sammenholdt med Delaney (2001); og at han som eneste mulige tilfelle bruker «representasjon som oppgaveløsning». For det andre berører eleven noe interessant da han sier at han ikke aner hvor mange løsninger som finnes: Det finnes uendelig mange rektangler med omkrets 28. Med visuell representasjon i appen, er det bare mulig å finne sider med heltallsløsninger. Sindre finner de syv mulige løsningene hvor sidelengdene er heltall.

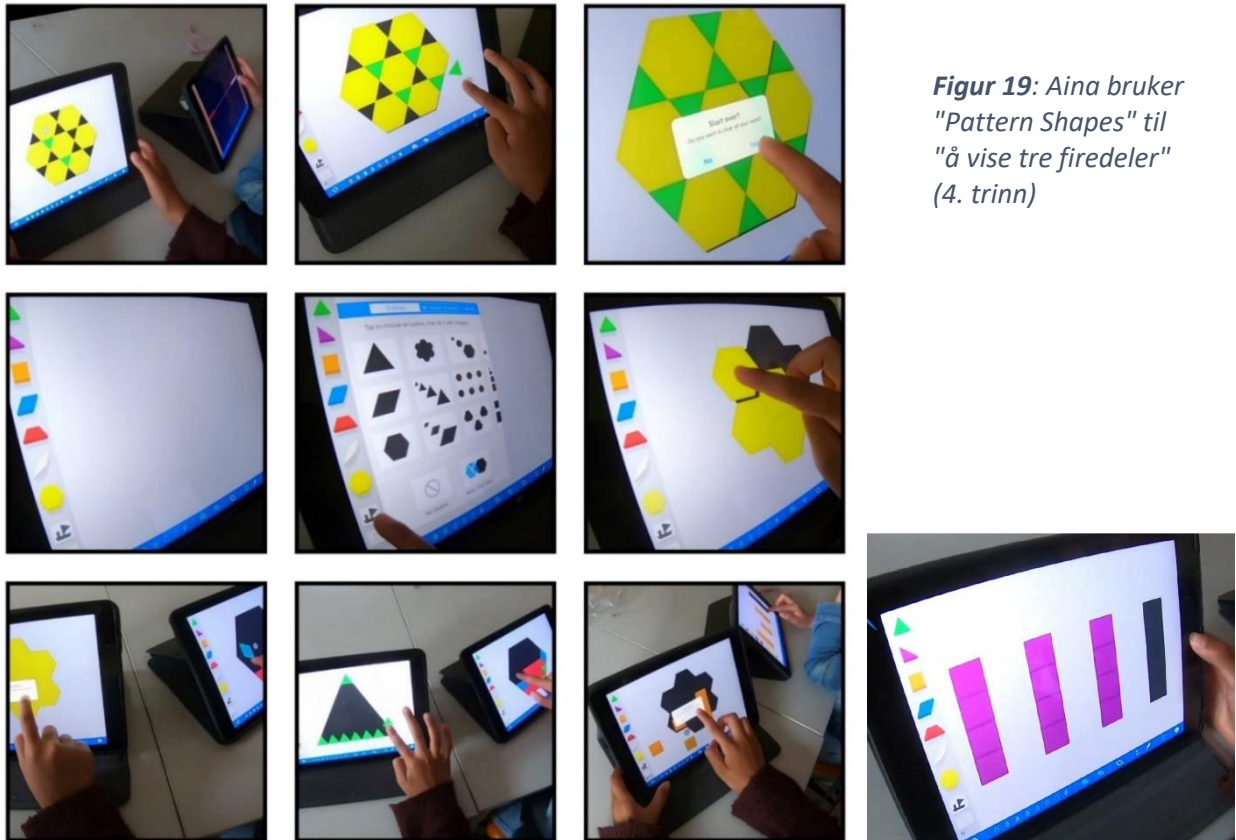
Representasjonsbegrensingen ville også vært til stede dersom eleven hadde benyttet konkrete ressurser. Men man kan stille spørsmålet: Hva *kunne* ha skjedd hvis han hadde tegnet på ruteark? *Eller* dersom appen hadde hatt representasjonsmuligheter for å dele opp ruter – eventuelt definere omkretsen i rektangelet for så å endre sidelengdene litt og litt? Kanskje hadde Sindre funnet enda flere løsninger. For eksempel kunne han tegnet rektanglene 0,5 ruter×13,5 ruter, 1,5 ruter×12,5 ruter osv. I tråd med teorigrunnlaget er det rimelig å anta at elever i siste del av fjerne trinn i noen grad vil kunne operere utover den mest elementære tallmengden, heltallene (National Research Council, 2001). Sannsynligvis ville dette fordret at læreren hadde ført eleven videre inn på dette sporet. Kanskje kunne en slik utvidelse av oppgaven bidratt til økende grad av abstraksjon for enkelte elever. Med det mener jeg å se for seg rektangelet som representasjon for alle mulige rektangler, og oppdage at antall løsninger ikke kan defineres. En lengdeenhet kan alltid deles opp i mindre deler som referert (National Research Council, 2001).

På den ene siden kan det ha vært underforstått at sidelengdene skulle ha heltallsløsninger. På den andre siden ble aldri dette nevnt eksplisitt av læreren. Dersom læreren hadde fanget opp Simens formodning om at det sikkert er over hundre løsninger, kunne hun utfordret ham til å bevege seg videre med problemet. I en undervisningssituasjon er det imidlertid krevende å være lydhør for det elevene sier, og man kan umulig fange opp alt. Når jeg ser igjennom videosekvensen, er det allikevel bemerkelsesverdig at læreren virker å være mest opptatt av å ta bilde av Sindres skjerm akkurat i det han sier: «Jeg aner ikke. Sikkert over hundre.» Om hun faktisk oppfatter det han sier, er uvisst.

Om koden «representasjonsmuligheter ikke utnyttet»

Enkelte av appene jeg har omtalt i tidligere eksempler, kunne kanskje vært egnet for representasjon knyttet til det matematiske stoffet i timene. For eksempel ble det referert at «base-10-materiell» kan brukes til å utvikle forståelse for sifferverdier i naturlige tall (National Research Council, 2001). Imidlertid ble ikke konkretiseringsappen «Number Pieces» med virtuelt base-10, brukt hensiktsmessig i de observerte situasjonene. Det skyldtes både *lukket representasjonsåpenhet* og tiden som gikk med til teknisk utførelse. Elevenes visuelle representasjoner fungerte verken som redskap for å tenke eller kommunisere matematikk i disse tilfellene.

I datamaterialet har jeg likevel et eksempel på at det kan ligge representasjonsmuligheter i appen «Pattern Shapes» som eleven ikke drar nytte av. Hendelsen som utgjør koden, er fra undervisningsaktiviteten «å vise tre firedeler» (4. trinn), og må derfor sees i sammenheng med «aktiviserende representasjonsåpenhet» og en antatt mangelfull introduksjon til oppgaven. Eksempelet jeg skal presentere tar utgangspunkt i figur 19 som viser eleven Ainas virksomhet i tidsrommet 11:15-17:27 fra undervisningsaktivitetens tidslinje.



Figur 19: Aina bruker "Pattern Shapes" til "å vise tre firedeler" (4. trinn)

Aina trekker ut en svart sekskantet bakgrunnsfigur. Oppå denne legger hun geometriske brikker: gule sekskanter og grønne likesidede trekanter. «Med Pattern Shapes er det enklere å finne tre firedeler» sier Aina til læringspartneren, mens hun trekker ut trekanter fra verktøylinjen i appen og tilpasser til figuren med de andre flisene. Aina dekker hele bakgrunnsfiguren med brikker og kommenterer at hun trenger mange trekanter. Så skjer dette:

Aina: Okei, hvor mange er det inni (eleven teller på skjermen). Går det an også få tre fjerdedeler ut av 19? (Hun henvender seg til meg.)

Jeg: (3.0) Ja, det må nesten du finne ut (.) og regne på.

Aina: Ehh. (9.0) Jeg vet ikke om det går an å få tre fjerdedeler ut av 19 (mumler mens hun teller). (12.0) Nei, det går ikke an. (Sletter arbeidet med et trykk.)

Aina starter på nytt. Akkurat det samme gjentar seg med ytterligere tre bakgrunnsfigurer: Hun dekker dem med brikker, men sletter arbeidet fordi hun ikke klarer å finne tre firedeler av figurene. Det som skjer, kan naturligvis ha sammenheng med elevens brøkførståelse. Siden Aina teller brikkene flere ganger, kan det for eksempel tenkes at hun ikke ser brikkene som et areal, men som en mengde det ikke er mulig å dele i fire og samtidig få en heltallsløsning. På grunnlag av observasjonen er det vanskelig å si noe sikkert om dette uten å ha snakket mer med eleven.

Det kom litt overraskende på da Aina henvendte seg til meg. Dette var den eneste gangen en elev stilte et faglig spørsmål under opptak. Jeg tenkte at det var utenfor min definerte observatørrolle å hjelpe henne. Eksempelvis kunne Aina funnet tre firedeler av den første figuren med utgangspunkt i at 3 trekanter og $1\frac{3}{4}$ sekskant representerer en firedel. Den visuelle representasjonen hun ender opp med å bruke i tankekartet, viser en mengdemodell med fire separate bakgrunnsfigurer (staver), hvorav tre av dem er dekket med lilla brikker. At eleven ikke finner en annen løsning, kan sees i sammenheng med den frie bruken av apper. Eksempelen kan understøtte min tidligere tolkning, nemlig at det ble utydelig for elevene hva de skulle gjøre i alle konkretiseringsappene. Her virket det som om Aina var mer opptatt av å lage fine mønstre med fliser, enn å tenke at utgangspunktet for å bygge figuren skulle være å uttrykke tre firedeler. Jeg mener at representasjonsmulighetene i «Pattern shapes» kunne vært bedre utnyttet. Dette vil jeg belyse med et sammenlignende eksempel fra min andre kategori, «fysisk-konkret representasjon med foto/video»

4.2 Fysisk-konkret representasjon med foto/video

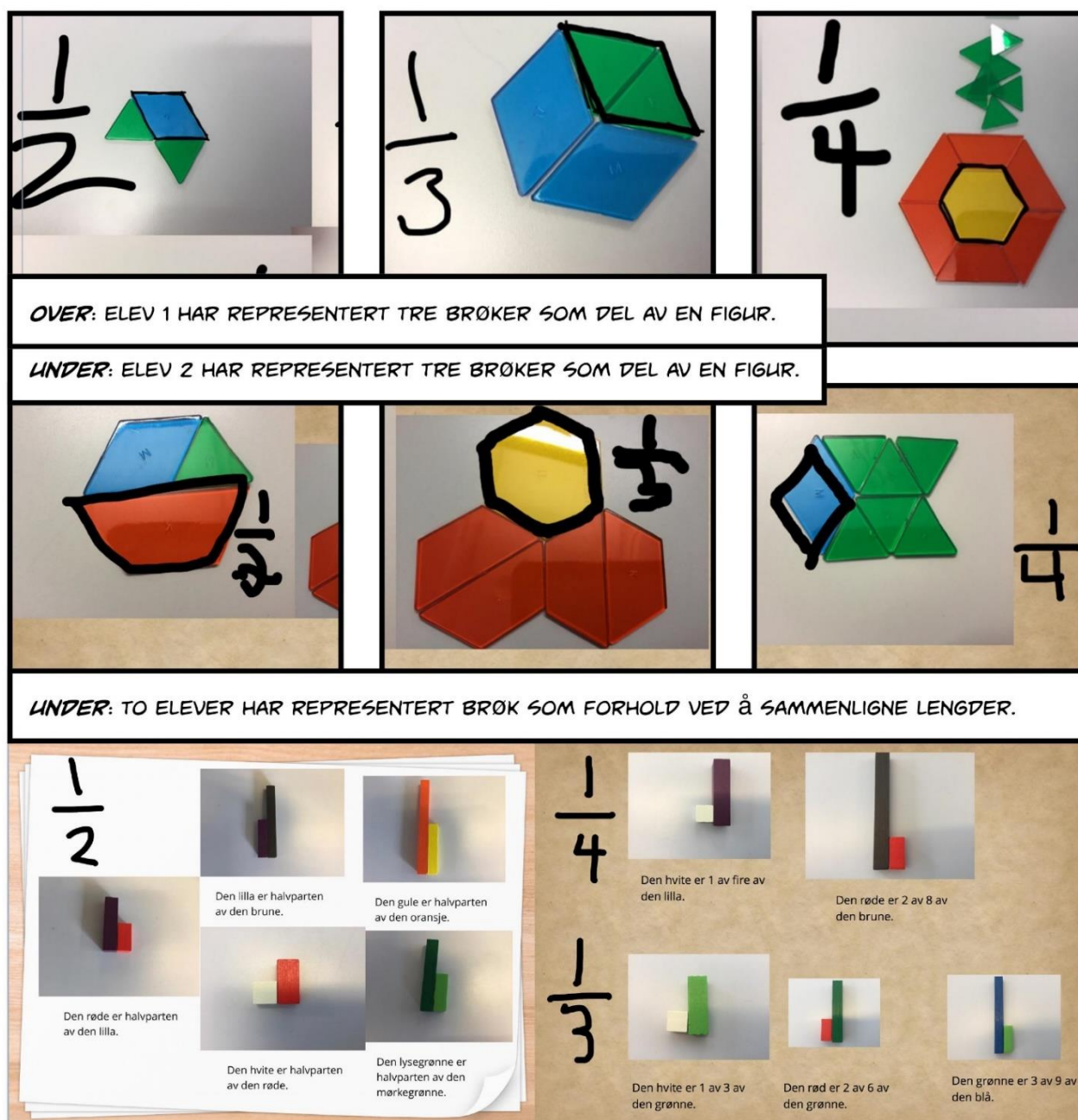
Denne kategorien ble utviklet med opphav i situasjoner hvor elevene uttrykte matematikk som et bilde eller en video av konkrete ressurser eller andre fysiske gjenstander. Produksjonsappen BC ble brukt til å presentere og samle løsninger digitalt. Jeg mener å finne at tre av de samme forholdene ble avgjørende for elevenes muligheter til å uttrykke matematikk. Poenget med dette delkapittelet er å vise hvordan subkategoriene gjentar seg – uavhengig av den identifiserte representasjonsformen i mine to kategorier. Jeg vil derfor ikke gi en detaljert presentasjon, men velger å sammenligne eksempler fra undervisningssituasjoner med allerede refererte funn.

4.2.1 Å dokumentere løsninger med foto – støttende funksjon i iPaden?

Undervisningsaktiviteten jeg nå viser til er hentet fra pilotobservasjonen hos lærer Silje (3. trinn). Her tok jeg feltnotater og fikk tilgang til enkelte elevarbeider. Corbin og Strauss (2015) er tydelige på at alle mulige data er tillatt å bruke og kombinere for å bringe analysen fremover. Jeg velger å ta med bilder fra testobservasjonen fordi jeg synes de er interessante sett opp mot dimensjonen som ble belyst i mitt forrige eksempel, «representasjonsmuligheter ikke utnyttet». Siljes elever bruker ikke appen «Pattern shapes», men konkrete geometriske brikker til å synliggjøre brøk som del av en hel med arealmodell. De starter med å representere $\frac{1}{2}$ av en figur, deretter $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, og $\frac{1}{8}$. Silje har valgt hvilke former de kan bruke: grønn likesidet trekant, blå rombe, rød trapes og gul sekskant. Oppgaven går ut på bygge en figur, dokumentere løsningen med et bilde og markere hvilken brikke som representerer brøkdelen av figuren. I timen før dette hadde elevgruppen jobbet med en lignende oppgave, fortalte Silje. Her sammenlignet de lengden av cuisenairstaver med hverandre istedenfor å sammenligne del og helhet. Med iPaden tok elevene bilde av ulike måter å representere $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ og $\frac{1}{4}$

på, og samlet løsningene underveis i BC. Sistnevnte undervisningsaktivitet har jeg altså ikke observert. Jeg velger allikevel å ta med to sider fra elevenes digitale mattebøker (figur 20, nederste linje) for å vise at måten iPaden brukes på hos Silje, skiller seg fra mine andre studerte situasjoner. Elevene bruker kamerafunksjonen og tar bilde etter at oppgaven er løst – det vil si at bildene er «representasjoner av oppgaveløsninger» (Saundry & Nicol, 2006). For Siljes elever mener jeg imidlertid at iPaden *fungerer* som verktøy for å presentere sin oppgaveløsning, uten å være selve løsningen. Produksjonsappen «Book Creator» brukes hovedsakelig til å sette sammen og presentere ulike løsninger dokumentert med foto. Figur 20 viser noen bilder fra barnas digitale mattebøker:

Figur 20: Å vise delen av helheten, og sammenligning av lengder (3. trinn)



De to første radene i figur 20, viser hver sin elev. Elevene har representert samme brøker, på forskjellige måter. Ved å sette løsningene opp mot hverandre, kan det synliggjøres at ingen form blant de geometriske brikkene sier noe om brøken. Formen må sees i relasjon til figuren den er en del av (Boaler, Munson, & Williams, 2018). For eksempel kan den blå romben representere både en todel (elev 1, rute 1) og en firedel (elev 2, rute 3). Tilsvarende kan den røde cuisenairestaven representere både en todel, en tredel og en firedel (nederst i figur 20). Det er viktig å presisere at fysisk-konkrete representasjoner ikke er tankeredskap for å finne løsninger på oppgaven jamført Papandreou (2014), Saundry og Nicol (2006). Til dette brukes konkrete ressurser. Elevene får imidlertid mulighet til å representere den samme brøken på flere måter. Som referert kan det styrke et fleksibelt brøkbegrep å se en helhet på mange forskjellige måter (Boaler, Munson, & Williams, 2018; Solem, Alseth, & Nordberg, 2018). Forholdet hva angår grad av representasjonsåpenhet, finner jeg dermed igjen i kategorien «fysisk-konkret representasjon med foto/video». I undervisningssituasjonene som figur 20 baserer seg på, innebærer *utforskende representasjonsåpenhet* ref. min subkategori. Elevene blir ikke bare aktivisert (Andersen, Fiskum, & Rosenlund, 2018). Det ligger i oppgaven at de skal undersøke matematiske idéer knyttet til brøkbegrepet.

Jeg tror oppgavens representasjonsåpenhet kan ha beveget elevenes virksomhet i en bestemt retning. Det kan understøttes av argumentet om at måten ressursene blir presentert på, virker inn på elevenes bruk og interaksjon med matematikken (Delaney, 2001). Hos Silje brukes konkrete ressurser utforskende for å visualisere sammenhenger sammenholdt Delaney (2001;2010). I dette tilfellet består virksomheten i å sammenligne areal eller lengder. Et slikt matematisk fokus var fraværende eller ble overskygget av teknisk utførelse i flere av eksemplene jeg belyste med konkretiseringsapper. Eksempelvis fraværende da eleven Aina (4. trinn) i figur 19 jobbet i appen «Pattern Shapes». Jeg antar at virtuelle geometriske brikker kunne vært brukt tilsvarende med appen. Derfor mener jeg også at det ligger representasjonsmuligheter i «Pattern Shapes» som Aina ikke utnyttet seg av.

Utdrag fra digitale mattebøker i figur 20 indikerer at elevene på 3. trinn uttrykker matematikk. Forholdet hva angår grad av *matematisk fokus*, gjentar seg med fysisk-konkret representasjonsform, selv om iPaden her benyttes til å dokumentere løsninger med foto/video. Matematisk fokus handler i bruken av kamerafunksjonen handler om å fange elevens matematiske innsikt og forståelse, fremfor å bruke tid på teknisk dilldall eller ta bilder/video av gjenstander uten at virksomheten har noe med matematikk å gjøre. Det siste forholdet som går igjen, er *iPadens funksjon*. I situasjonene på tredje trinn er det mulig at iPaden får en støttende funksjon som systemholder. I tråd med Saundry og Nicol (2006) innebærer det at representasjonen er til hjelp for å holde oversikt når man løser et problem. I

og med at elevene tar bilde for hver løsning og setter inn i BC, er det mulig at fysisk-konkret representasjon hjelper dem med å systematisere utforskingen. De hadde riktig nok ikke trengt en iPad til dette. Elevene *kunne* holdt oversikt ved å tegne og skrive ned løsninger underveis i arbeidet. Allikevel mener jeg her å se at iPaden *kan* fungere støttende.

Med noen nyanser i dimensjonene, finner jeg tre av de samme subkategoriene med fysisk-konkret representasjon som med visuell representasjon. Subkategoriene er:

- **Representasjonsåpenhet:** lukket – aktiviserende - utforskende
- **Matematisk fokus i bruken av kamerafunksjon:** fraværende – i bakgrunnen – tydelig
- **IPadens funksjon:** forstyrrende – overflødig – støttende

Med utgangspunkt i forhold angitt i kategoriene, argumenterer jeg for at følgende ble avgjørende for å kunne uttrykke matematikk da representasjonsformen var fysisk-konkret: Oppgavene i undervisningsaktiviteten måtte innebære utforskende representasjonsåpenhet; bruken av kamerafunksjonen måtte befestes ved et tydelig fokus på å fange elevens matematiske innsikt og forståelse med foto/video; og iPaden måtte ha en støttende funksjon som systemholder. Kategoriene kan forklare måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon.

Lærer Silje (3. trinn) bruker elevenes digitale arbeid som utgangspunkt for oppsummering. Hun sammenstiller bilder av løsninger på tilsvarende måte som i figur 20, og tar dem opp på skjermen. Dette kan få frem sammenhenger mellom matematiske idéer og elevenes representasjoner jamført Askew (2010(1999)). Dersom læreren gjør slike forbindelser eksplisitt for elevene, kan hun bidra til å konsolidere matematisk forståelse (Niss & Jensen, 2002). Her får elevene mulighet til å overføre mellom konkret, symbolsk og verbal representasjonsform. Dette er viktig for å utvikle forståelse (Duval, 2006). Gjennom undervisningsaktiviteten dannet antakelig tredjeklassingene seg noen erfaringer med idéen om brøk som relasjonelt konsept jamført teorigrunnet.

I intervjuet forteller Silje at hun synes det er nyttig å bruke iPaden slik at elevene tar bilder av det de har gjort og samler arbeidet i digitale bøker. Hun sier at dette er en veldig enkel måte å bruke verktøyet på, men at det er virksomt. Silje utdyper:

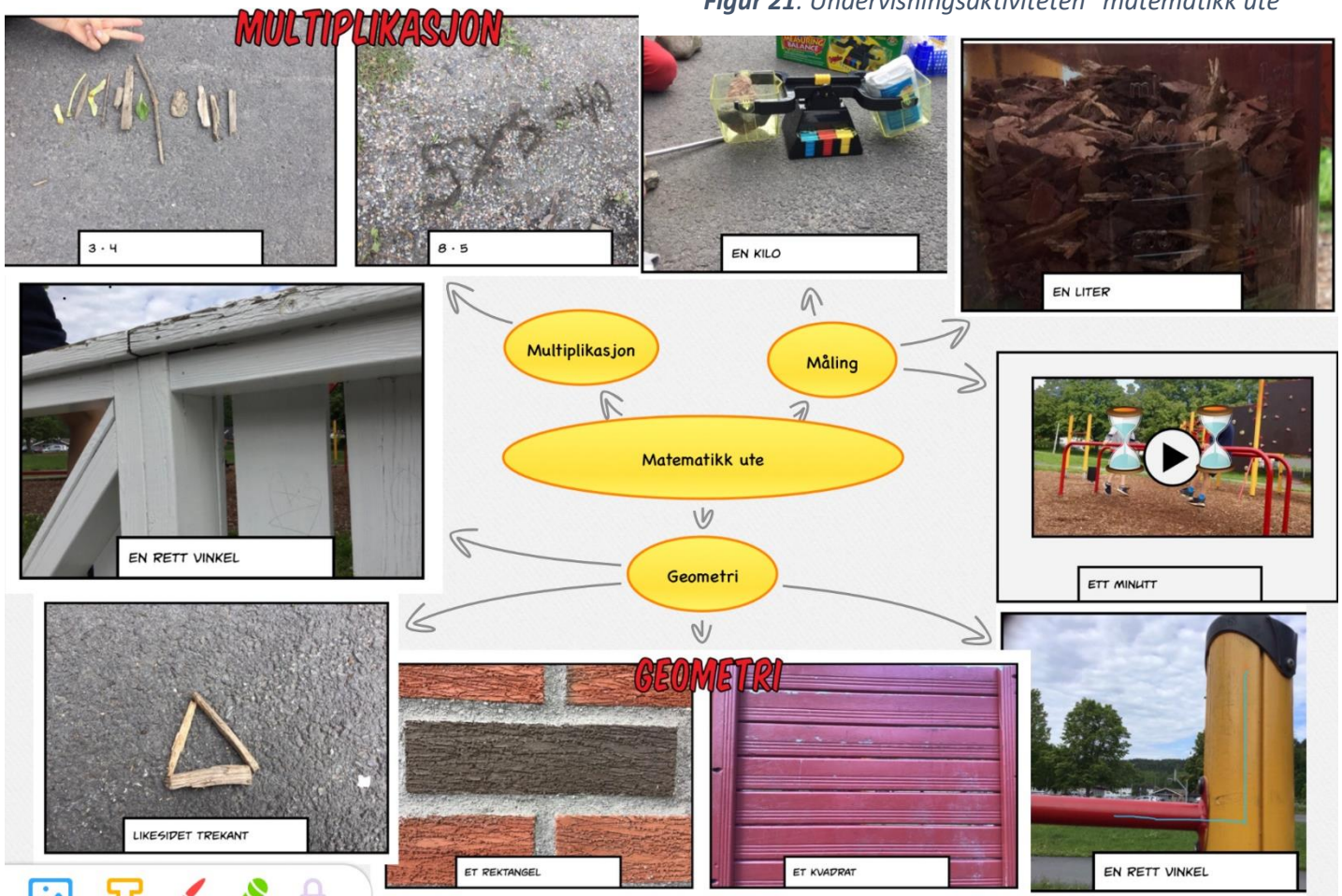
*Nå er jeg veldig opptatt av at elevene får tegne eller representere matematikken visuelt (...) Ja, at de bruker det (iPaden) som støtte underveis. For eksempel da, ta **bilder** av det de finner ut av (.) ta bilde av hvis de har tegnet på ark (.) ta det opp på skjermen sånn som vi gjorde i timen. Ja, mange **muligheter** da. (...) Typisk er jo at en lærer står på tavla eller at du må skrive alt på nytt igjen, at læreren viser "sånn gjorde han det". Mens her får du elevenes arbeider rett opp. (...)*

4.2.2 Å dokumentere løsninger med foto/video – ingen funksjon i iPaden

Undervisningsaktiviteten jeg nå viser til er hentet fra andre videoobservasjon hos lærer Marte (4. trinn). I BC har læreren forberedt en utfyllingsbok som heter «matematikk ute».

Undervisningsaktiviteten går ut på at elevene tar bilder av gjenstander i skolegården, eller filmer noe de gjør, og limer inn dokumentasjon av sine løsninger. Bildene de fyller inn i boken blir med dette «representasjoner av oppgaveløsninger» (Saundry & Nicol, 2006). Den digitale matteboken dekker ulike stoffområder. Fra området måling fyller elevene inn foto/video av en kilo, en meter, en liter og ett minutt. Her har Marte funnet frem diverse utstyr som kan tas i bruk for sammenligning: skålvækt, målebånd, litermål og en kilo sukker. Fra området geometri fyller de inn foto/video av et rektangel, et kvadrat, likesidet trekant og en rett vinkel. Fra området multiplikasjon fyller de inn noe som kan visualisere $3 \cdot 4$, $8 \cdot 5$ og $3 \cdot 2 + 2 \cdot 4$. Boken inneholder også en side om brøk, men ingen av elevene kommer så langt. Undervisningsaktiviteten «matematikk ute» ligner på mange måter brøkoppgaven observert i samme klasse, hvor elevene skulle «vise tre firedeler» med ulike konkretiseringsapper. Med utgangspunkt i mine kategorier, vil jeg argumentere for at akkurat det samme skjer – forskjellen er bare at representasjonsformen på iPad er fysisk-konkret istedenfor visuell. Figur 21 viser noen bilder fra elevenes digitale bøker:

Figur 21: Undervisningsaktiviteten "matematikk ute"



For det første: Oppgavene i undervisningsaktiviteten er representasjonsåpne, men aktiviserende (Andersen, Fiskum, & Rosenlund, 2018). Elevene kan fritt velge hvordan de ønsker å representere for eksempel ett minutt, men blir bare aktivisert til å bruke iPadens kamerafunksjon utendørs. Representasjonsåpenheten er ikke utforskende fordi valgfriheten ikke innrettes mot å undersøke et matematisk objekt eller en problemstilling i tråd med Hana (2014).

For det andre: Elevene dokumenterer en rekke ulike matematiske objekter med foto/video. Det gjør at det ikke er et tydelig matematisk fokus til stede i deres virksomhet: For noen elever er matematikken trolig fraværende, for andre i kanskje bakgrunnen til fordel for det tekniske. Av intervjuet forstår jeg at Martes hensikt med å lage boken på forhånd, er å unngå at tiden går med til for eksempel pynting og overskrifter. Hun sier: «Hvis jeg sier at nå skal du lage en egen bok, da tar det en evighet. Det var derfor jeg hadde en **ferdig** bok til dem i dag.» Jeg observerer allikevel at noen av oppgavene er tidkrevende. Det gjelder særlig oppgaven hvor elevene skal filme noe som tar ett minutt å gjøre; eksempelvis å stå i planke, henge i klatrestativet eller telle til 60. Elevene bruker vesentlig mer tid enn ett minutt på selve filmingen. Noen gjør flere opptak: De går inn på kamerarullen, ser igjennom opptak flere ganger, sletter og tar nytt opptak, før de sier seg fornøyd og laster opp til BC. Enkelte sliter med lagringsplassen, og et læringspar bruker 14 minutter på oppgaven før de endelig laster opp videoen til den digitale matteboken.

For det tredje: iPaden har ingen støttende funksjon for elevene med henblikk på å uttrykke matematikk. Jeg antar at den blir et overflødig konkretiseringselement. For enkelte, kanskje også et forstyrrende element når de skal dokumentere en liter, en kilo etc. Forholdet hva angår iPadens funksjon må igjen sees i relasjon til de andre kategoriene, «representasjonsåpenhet» og «matematisk fokus i bruken av kamerafunksjon». I dette tilfellet fremstår det som om lærerens hensikt er å gå ut med elevene for å gjøre noe gøy, uten et reflektert forhold til å orientere undervisningen mot sammenheng og matematisk forståelse. Undervisningsaktiviteten faller med dette inn under det Botten (2005) betegner som «moromatematikk». Da vi i intervjuet snakker om muligheter ved bruk av iPad, merker jeg meg at Marte mener hun bør ta med iPaden ut oftere. Hun sier:

*Ja, sånn som når vi var ute i dag for eksempel. Det er typisk sånn vi burde gjort mer av. (...) Så mer det om man skulle hatt med iPaden på uteskole ↑ (2.0) for det er veldig mye du ikke får med deg derfra. Det er mye lettere å ta noen **bilder**, så kan de sette sammen i en bok når de kommer tilbake. Enn å skulle ha med bok å **tegne og notere** på uteskole. (...)*

Til tross for at elevenes representasjoner i dette tilfellet ikke fungerte som redskap for å kommunisere matematisk innsikt og forståelse jamført Wolek (2001), kan Marte fremdeles ha et poeng i det hun sier. Jeg holder muligheten åpen for at bruk av nettbrett kan fungere nyttig med

hensyn til å dokumentere funn fra f.eks. uteskole – forutsatt at forhold angitt i mine kategorier er til stede. Med dette stiller jeg spørsmålet: Hva *kunne* ha skjedd hvis representasjonsåpenheten hadde vært utforskende? Elevene kunne for eksempel undersøkt ulike vinkler på lekeapparater, bygninger eller andre ting ute i skolegården, for så å komme inn og sortere bildene etter vinkelstørrelse. Kanskje hadde det ført til et matematisk fokus i virksomheten, da sortering er matematisk aktivitet. Og kanskje ville iPaden fungert støttende med henblikk på å systematisere? Det hadde vært spennende å se om en slik justering kunne ført til en mer vellykket variant av «matematikk ute». Fjerdeklassingene uttrykte imidlertid ikke matematikk i situasjonen det her er vist til.

4.3 Hovedfunn og kjernekategori

I dette kapitlet har jeg fremstilt resultatet av analysen. Funnene ble presentert i form av kategorier jeg har utviklet ved å sammenligne observerte situasjoner. Av hensyn til plass, la jeg frem en detaljert gjennomgang av kategorien «visuell representasjon i apper», for deretter å illustrere kort hvordan funn gjentok seg med «fysisk-konkret representasjon med foto/video». Gjennom analysearbeidet identifiserte jeg forhold som kan ha formet situasjonene hvor elevene jobbet med digital produksjon. Med utgangspunkt i elevenes handlinger fordelt på koder i datagrunnlaget, har jeg laget subkategorier og vist hvordan variasjoner kan plasseres på tiltenkte kontinuum. Med eksempler som markerer spennet i hver kategori, har jeg drøftet det som skjedde i ulike tilfeller. I analysen har jeg vevd inn eksisterende teori og forskning knyttet til representasjonskompetanse og elevers bruk av representasjoner – med begrepsbruk tilpasset måter å uttrykke matematikk på med iPad.

Jeg argumenterer for at forhold angitt i subkategoriene, avgjorde elevenes muligheter for å uttrykke matematikk. Elevenes *representasjonsmuligheter med iPad*, kan ha blitt beveget i en bestemt retning ut fra i hvorvidt hvert av forholdene var til stede. Kategoriene kan med dette forklare måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon, og gir et mulig svar på problemstillingen. Jeg ønsker å påpeke at funnene henger sammen, og at kategoriene i noen grad kan være overlappende. Som utgangspunkt for en avsluttende diskusjon rundt undersøkelsens funn, definerer jeg nå to hovedfunn og en overordnet kjernekategori som er oppsummerende for analysen:

Hovedfunn

Basert på frekvensen av koder i materialet, utmerker det seg to hovedfunn:

1. For det første er det mange tilfeller hvor et potensielt matematisk fokus overskygges av iPaden. Dette kommer til syne gjennom teknisk utførelse i appene eller i bruken av kamerafunksjon. Her mener jeg at nettbrettet gjentatte ganger ble en *tidstyv* i undervisningen.

2. For det andre er det flest tilfeller av at en støttende funksjon i iPaden ikke er til stede. Dette kommer til syne i at foto/video eller virtuelle konkreter – som utgjør innholdet i representasjonsformen – er overflødig for eleven. Her mener jeg at nettbrettet endte opp med å bli et *påkoblet konkretiseringselement* i undervisningsaktivitetene, uten at elevene hadde behov for dette.

Funnene har sammen bidratt til å peke ut undersøkelsens kjerne.

Kjernekategori

Undersøkelsens kjernekategori skal med noen få ord beskrive hva forskningen i sin helhet handler om (Corbin & Strauss, 2015; Postholm & Jacobsen, 2018). Jeg identifiserer «*elevers representasjonsmuligheter med iPad*» som forskningens hovedtema. Mønstrene i dataene avspeiler *få tilfeller hvor elevenes bruk av apper og digitale funksjoner ble redskap for å tenke og kommunisere matematikk*. Mine subkategorier angir *mulige* forhold som kan forklare hvorfor dette skjedde i de studerte situasjonene. Underveis har jeg blitt oppmerksom på relevante begrep å knytte egne data opp mot, samt teori som kunne passe for å drøfte iPad-situasjonene. På denne måten har jeg utviklet kategorier og brukt eksisterende teori i en ny sammenheng, som var mitt formål med å bruke GT-metodologien.

5 Avsluttende diskusjon og oppsummering

I dette kapittelet vil jeg samle trådene fra analyser og tidligere drøfting i en avsluttende diskusjon. Mine to hovedfunn diskuteres i lys av teorigrunnlaget. Jeg starter med å drøfte det tekniske aspektet ved bruk av iPad i kapittel 5.1, før jeg drøfter iPad som påkoblet konkretiseringsselement i 5.2. Deretter følger en metodologisk drøfting av undersøkelsen i kapittel 5.3. Til sist oppsummerer jeg i kapittel 5.4 det som har kommet frem av oppgaven, og peker på implikasjoner for videre forskning.

5.1 Teknisk utførelse – iPad som mulig tidstyv?

Den nest mest frekvente koden i mitt datamateriale svarer til handlinger som indikerer at en elev bruker tid på teknisk utførelse. Koden er forbundet til hvorvidt det var et matematisk fokus til stede i bruken av apper og kamerafunksjon. Jeg bygde opp en subkategori rundt variasjonen jeg fant i materialet, og anga *matematisk fokus* som et avgjørende forhold for måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon. Eksempelet jeg brukte for å illustrere *teknisk utførelse*, var knyttet til bruk av konkretiseringsapper. Figur 11 dokumenterte at eleven Torstein (2. trinn) brukte nesten 4,5 minutter på å «vise addisjonen» $21+1$ på iPad – som den raskeste i klassen til å utføre oppgaven. At elever brukte tid på teknisk utførelse, skjedde også ved bruk av kamerafunksjonen. I undervisningsaktiviteten «matematikk ute» (4. trinn) observerte jeg flere læringspar som blant annet brukte tid på oppgaven hvor de skulle filme noe som tok ett minutt å gjøre. Altså gjentar funnet seg – både med «visuell representasjon i apper» og «fysisk-konkret representasjon med kamerafunksjon» – bare på to litt forskjellige måter. Her finner jeg at et potensielt matematisk fokus plasserte seg fullstendig *i bakgrunnen* på bekostning av tid til teknisk utførelse.

Jeg vil nå drøfte hvordan det elevenes virksomhet befestet seg ved, kan ha vært relatert til undervisningen og oppgavene som ble gitt. Elevenes interaksjon med matematikken er som referert følsom for undervisningspraksis (Delaney, 2001). Kategorien som omhandler matematisk fokus, er derav nært forbundet med kategorien representasjonsåpenhet. Jeg ønsker å trekke frem noen sammenhenger. Flertallet av tilfellene der tiden gikk med til det tekniske, oppstod da utforskende representasjonsåpenhet ikke var til stede. Teknisk utførelse forekom nesten utelukkende samtidig som representasjonsåpenheten var lukket eller aktiviserende: Lukket da elevene i klasserommet til Cathrine (2. trinn) fulgte en oppskrift i konkretiseringsappen for «å vise addisjonen»; Aktiviserende da elevene til Marte (4. trinn) skulle filme eller ta bilde av en rekke matematiske objekter med «matematikk ute», eller «vise tre firedeler» i forskjellige apper. For å få mulighet til å uttrykke matematikk, var det altså ikke tilstrekkelig at elevene ble aktivisert i form av å representere visuelt i apper eller fysisk-konkret med foto/video. Undervisningsaktivitetene «å vise tre firedeler» og «matematikk ute», faller inn under det Botten (2005) betegner som «moromatematikk. Med disse

situasjonene har jeg begrunnet hvorfor utforskende representasjonsåpenhet ble viktig for måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon. Ifølge Andersen m.fl. (2018) kan aktiviserende undervisning være at elevene er fysisk aktive imens de lærer. Men her nyttiggjorde ikke elevene seg av teknologien til å gjøre matematikk, selv om de var aktive. Jeg forfekter at det neppe ble et læringsutbytte av å representere i en rekke konkretiseringsapper eller gå ut og ta bilder av diverse gjenstander med iPaden. Argumentasjonen faller sammen med Bottens (2005) betraktning om at aktivitet i seg selv, ikke nødvendigvis fører til læring. Som poengtert av blant andre Hana (2014), handler matematikklæring om å bruke nettopp matematikk som et redskap.

Videre kan fokuset i bruken av apper og kamerafunksjon forstås i lys av undervisningens orientering (Askew, 2010(1999)). Lærer Martes intensjon med «å vise tre firedeler» og «matematikk ute» (4. trinn) var orientering mot oppdagelse, men undervisningsaktivitetene manglet orientering mot sammenheng. Det kan ha vært betydningsfullt for at det i liten grad var et matematisk fokus til stede i elevenes bruk av apper og kamerafunksjon i disse tilfellene som utgjorde dimensjonen *fraværende*. Videre var teknisk utførelse i konkretiseringsapper knyttet til dimensjonen der det matematiske fokuset var *i bakgrunnen*. Dette umerket seg spesielt i undervisningsaktiviteten «å vise addisjonen» hos lærer Cathrine (2. trinn). Her var produksjonsarbeidet tydelig preget av forklaringer fra lærerens side og prosedyrer som elevene skulle demonstrere og presentere, hvilket innebar overføringsorientering. Orientering mot overføring i undervisningen kan kanskje ha gjort at tidsbruken i appene ble mer utpreget enn med en eventuell orientering mot sammenheng. For eksempel viste figur 12 at Sindre (4. trinn) dro ut kvadratiske brikker fra appen svært raskt for å bygge rektangler med dem. Dette avviker imidlertid fra mønsteret i materialet – kanskje fordi Sindre er to år eldre enn andreklassingene som brukte tid på teknisk utførelse da de fulgte oppskriften med virtuelt base-10-materiell. Med dette kan man stille seg spørsmålet om elevenes alder og finmotoriske ferdigheter kan ha noe å si for tidsbruk i konkretiseringsapper. Det er mulig at disse appene er bedre egnet for eldre elever, enn for de yngste i begynneropplæringen.

Mitt datamateriale tyder på at handlinger som å hente ut virtuelle konkrete fra verktøylinjen og bygge med dem tok tid i seg selv, særlig for de yngste elevene jeg observerte. Jeg argumenterer for at tidsbruken ikke bare skyldtes at oppgavene i undervisningsaktiviteten var representasjonslukkede. Med frekvensen hva angår tekniske utførelse, argumenterer jeg for at nettbrettet ofte ble en tidstyv i matematikkundervisningen. Dette er noe å være bevisst på for lærere som legger opp til produksjonsarbeid i begynneropplæringen. Synspunktet samsvarer med Delaney (2001) og Stein og Bovalino (2001) som mener det er viktig at læreren er oppmerksom på hva elevene fokuserer på ved bruk av ressurser. Funnet mitt kan understøttes av poenget til Solem m.fl. (2018) om at tiden elevene

bruker på å representere sine løsninger visuelt, ikke må på bekostning av den matematiske tenkningen.

At det ble fokus på helt andre ting enn matematikk, skjedde også i eksempelet med Steffen hentet fra undervisningsaktiviteten «rektanglene» (figur 18). Eleven brukte en halvtime på å representere i en app som var uegnet til å lage tabell. I denne undervisningssituasjonen var representasjonsåpenheten innrettet mot matematisk utforskning. Videre hadde Steffen valgt bort virtuelle konkrete fordi han mente det tok lang tid. For å finne løsninger på problemet opererte han abstrakt på det symbolske nivået, frigjort fra konkret støtte (Bruner, 1966). Han mente å ha funnet et mønster og skulle i gang med å visualisere sammenhengen. Jamfør Goldin og Shteingold (2001) kunne Steffens interaksjon med matematikken – det han sa, skrev og tegnet – reflektere hans interne representasjoner. Med fleksibilitet i måten å uttrykke seg på, lå forholdene til rette for at han kunne øke sin matematiske innsikt (Bobis & Way, 2018). Men så ble appen koblet inn. Den hadde ikke de nødvendige representasjonsmulighetene for måten han skulle uttrykke seg på. Dermed gikk store deler av timen til teknisk utførelse. Eksempelet med Steffen viser at iPaden kan bli en tidstyv – *også* i undervisningssituasjoner som ikke er preget av overføring. Det kan markere viktigheten av å ha et reflektert forhold til *når* appene eventuelt kan fungere som en ressurs i matematikkundervisningen på småskoletrinnet. Synspunktet er sammenfallende med Niss og Jensens (2002) poeng om at læreren må ha innsikt i hva hjelpemidlene kan tilføre matematikkundervisningen når det gjelder innhold og arbeidsmåter.

Diskusjonen rundt mitt første hovedfunn som vitner om at iPaden *kan* bli en mulig tidstyv i matematikkundervisningen, har fulgt to sentrale tråder. For det første forekom tidsbruken samtidig som oppgaver var representasjonslukkede eller aktiviserende, og uten orientering mot sammenheng i undervisningen. For det andre kunne tidsbruken skyldes at appene ikke var gode nok som redskap for å løse oppgavene, eller for å uttrykke seg med. Tidstyveri forekom oftest da elevene fulgte en oppskrift i konkretiseringsappen eller var aktivisert med diverse apper og kamerafunksjon, men det kunne også skje ved valg av en uegnet app til representasjonsformen. I drøftingen tilknyttet analysen viste jeg til sitater som indikerte at lærerne forsøkte å være bevisst på mulig tidstyveri angående produksjon av digitale bøker i appen BC. Andreklasselærer Cathrine antydet samtidig at elevene brukte tid i selve konkretiseringsappen til visuell representasjon. Tidstyveriet var også mest fremtredende i hennes timer. Cathrine fortalte at hun opplevde balansegangen mellom mengdetrening og produksjonsarbeid som utfordrende. Som referert i teorigrunnlaget, har matematikklærere ulik undervisningspraksis. Med det stiller jeg spørsmål til hvorvidt det er formålstjenlig for elevenes læring dersom skolen kutter ut lærebøker i matematikk, til fordel for at elevene skal være produsenter med iPad som læringsverktøy. Funnt fra tidligere nettbrett-forskning i

undervisningssammenheng, har vist at bruken ofte tilpasses en etablert tradisjonell praksis (Guðmundsdóttir, Dalaaker, Egeberg, Hatlevik, & Tømte, 2014; Jahnke, Bergström, & Mårell-Olsson, 2017; Berrum, Fyhn, Gulbrandsen, & Nilsen, 2017). Kanskje er det særlig grunn til bekymring for tidstyveri som potensiell fallgrube, dersom iPaden plasseres i et tradisjonelt klasserom preget av overføringsorientering.

5.2 Ipad som påkoblet konkretiseringselement – Begrensende for abstraksjon?

Den mest frekvente koden i mitt datamateriale svarer til handlinger som indikerer at virtuelle konkreter er overflødig for en elev. Koden er forbundet til hvorvidt iPaden hadde en støttende funksjon i produksjonsarbeidet. Jeg bygde opp en subkategori rundt variasjonen jeg fant i materialet, og anga *iPadens funksjon* som et avgjørende forhold for måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon. Jeg illustrerte overflødigheten av virtuelle konkreter med et eksempel. Figur 16 dokumenterte at eleven Torstein (2. trinn) representerte $56+7=63$ både symbolsk og på tom tallinje, før han trakk ut enere fra base-10-materiellet i appen for å visualisere. Torstein regnet ut mentalt, og ikke *ved hjelp av* ressursene, slik Niss og Jensen (2002) eksemplifiserer representasjonskompetanse med hjelpemidler. Videre understreket jeg at heller ikke eleven Ask støttet seg til ressursene for å bevege seg mellom tierne 50 og 60. Dataene tyder på at han tenkte lineært for å løse oppgaven. I drøftingen tilknyttet analysen, viste jeg til et sitat som vitner om at læreren hadde fanget opp at også Torstein løste oppgavene lineært i hodet. Jeg stiller meg undrende til hvorfor han da måtte representere med appen «Number Pieces».

Sammenholdt blant andre Hana (2014) er fleksibel bruk av representasjoner nødvendig for å kunne utøve og uttrykke matematikk. I undervisningsaktiviteten «å vise addisjonen» ble elevene pålagt visuell representasjon i konkretiseringsapp. Som påpekt i teorigrunnet, er det avgjørende at elevene selv får fylle et matematisk objekt med mening for å kunne ta det i bruk. Det fikk ikke nødvendigvis elevene i mine studerte tilfeller. Det er lite som tyder på at andreklassingene fikk erfaringer som førte til at plassverdisystemet ga mening i seg selv, og bidro til å utvikle deres mentale addisjonsstrategier. Her er samspillet mellom de eksterne og interne representasjonene av betydning for elevenes læring. I tråd med Goldin og Shteingold (2001) er det viktig at elevenes interaksjon med eksterne representasjoner i læringsmiljøet bidrar til å utvikle deres interne representasjoner. Måten «Number Pieces» ble brukt på, antyder at det virtuelle base-10-materiellet ble en ekstern representasjon for plassverdisystemet og addisjon som regneoperasjon – og ikke noe elevene selv fylte med mening. Da kan det være en fare for at de utvikler lite fleksibel tenkning med hensyn til å regne mentalt med tall. Jamfør Thompsons (2003) argumentasjon er det samtidig en mulighet for at elevene kan siktes inn mot oppstillingsverdien i form av å telle antall tier og enere på skjermen,

istedenfor å utvikle hoderegningsstrategier. Et fokus på telling, vil i så fall ikke hjelpe elevene mot større grad av abstraksjon.

Når elevene får mulighet til å uttrykke seg fleksibelt på sin måte, kan representasjonene deres tolkes å ligge tettere opp mot det interne representasjonssystemet, og dermed reflektere matematisk innsikt og forståelse (Bobis & Way, 2018; Dahl, 2020). Teorigrunnlaget viste at tegning kan være et eksempel på en slik representasjonsform. Tegning dukket sjelden opp i mine studerte iPad-situasjoner. Men i undervisningsaktiviteten «å vise addisjonen» (2. trinn) representerte elevene med utgangspunkt i tom tallinjemodell. I arbeid med den tomme tallinja ligger det muligheter for at elevene kan uttrykke seg fleksibelt i møte med matematiske problemer. Modellen kan både støtte utviklingen av mentale regnestrategier for addisjon og subtraksjon, samt brukes til å synliggjøre hvordan man har tenkt (Beishuizen, 2010(1999)). I figur 16 viste jeg som tidligere nevnt til elevene Ask og Torstein. De brukte trolig brukte denne modellen for å regne ut $56+7=63$. Men de hadde naturligvis ikke trengt en iPad til å synliggjøre sin tenkning på den tomme tallinja. Det tror jeg nok også læreren Cathrine var klar over. Elevene brukte nemlig tom tallinjemodell i samtlige tre observerte økter. Modellen ble riktig nok brukt på en rigid måte, slik at fleksibiliteten ikke var tilstrekkelig utnyttet. Den første gangen brukte elevene appen «Number Line»; her ble det tidkrevende å trekke ut buer, siffer og symboler fra verktøylinjen. Den andre gangen tegnet de med fingeren under den visuelle base-10-representasjonen i Book Creator (som gjengitt i mine eksempler). Den tredje gangen tegnet de heller i ruteboka og limte inn et foto av det i BC.

Undersøkelser (Woleck, 2001; Saundry & Nicol, 2006; Papandreou, 2014) har vist at barn abstraherer spontant gjennom tegning i meningsskapende aktiviteter. Da er det ikke nok at de bare gjør noe fysisk eller aktiviserende i matematikktimen. Betragtningen faller sammen med Balls (1992) ytring om at forståelse ikke vandrer fra fingertuppene og oppover armen. Når førstehåndserfaringer er etablert enaktivt, handler abstrahering om å bygge opp indre bilder for strukturer og mønstre. Disse kan eleven støtte seg på og uttrykke ikonisk jamført Bruner (1966). Da er det rimelig å anta at det vil være naturlig for eleven å løsrive seg fra eventuelle konkrete ressurser. Med dette mener jeg det blir formålsløst å koble på virtuelle konkreter for en elev som kan operere mentalt med objektet. I verste fall kan barna hindres fra økende grad av abstraksjon ved å bli holdt igjen i tilnærmet enaktive representasjoner. Synspunktet kan understøttes av Solem m.fl. (2018) som forfekter at for å kunne hjelpe elevene mot abstraksjon, må læreren se når det de arbeider med blir meningsløst istedenfor meningsfylt.

Mine lærere trekker frem at med iPaden er det lett å legge til rette for at undervisningen blir «hands on» og elevaktiv. Det samme gjør tidligere forskning på bruk av nettbrett i

undervisningssammenheng (Berrum, Gulbrandsen, Elgaard, & Krumsvik, 2018; Jahnke & Kumar, 2014a; 2014b; Clark & Luckin, 2013). Jeg stiller spørsmål til hvilke implikasjoner iPad-bruken kan få for elevenes mulighet til å abstrahere i matematikk. Ifølge Stein og Bovalino (2001) er lærerens organisatoriske forberedelser, som å hente og klargjøre materiell, avgjørende for en vellykket bruk av konkrete ressurser. Med iPaden slipper lærerne å tenke på slike organisatoriske forberedelser. Man har virtuelle konkrete og kamerafunksjonen tilgjengelig til enhver tid; digitale affordanser er innebygd i verktøyet. Affordans handler som referert om hva slags innhold ulike uttrykksformer egner seg til å formidle. Nettbrett-forskningen jeg refererte til, argumenterte for at digitale affordanser som funksjoner for foto, video, lyd og produksjonsapper, kan tilføre undervisningen en merverdi utover det som kan oppnås med tradisjonelle læremidler (Jahnke & Kumar, 2014a; Jahnke, Bergström, & Mårell-Olsson, 2017; Berrum, Gulbrandsen, Elgaard, & Krumsvik, 2018). Spørsmålet jeg stiller på bakgrunn av undersøkelsens funn er: I hvilken grad bringes elevene mot abstraksjon dersom læreren bruker dette unødvendig – eller dersom den digitale affordansen ikke er noe elevene nyttiggjør seg av for å uttrykke matematikk?

Med *måten* produksjonsarbeidet foregikk på i mange av de studerte tilfellene, argumenterer jeg for at apper eller kamerafunksjon ble påkoblede konkretiseringselementer som elevene ikke trengte. Altså fikk iPaden sjelden en støttende funksjon. Det kunne skje i situasjoner da konkretiseringsapper ble brukt til å demonstrere en prosedyre og oppgaveløsning («å vise *addisjonen*», figur 11 og 16); i situasjonen hvor samme representasjon ble visualisert i mange forskjellige konkretiseringsapper («å vise *tre firedele*», figur 9); og i situasjonen der foto/video av gjenstander ble representasjoner for en rekke matematiske objekter («*matematikk ute*», figur 21»). Dersom konkretiseringsappene eller kamerafunksjonen skulle fungert formålstjenlig med hensyn til å uttrykke matematikk, måtte de vært nyttige som hjelpemidler jamført Niss og Jensen (2002). Elevene måtte nyttiggjort seg av teknologiens affordans. Det ville i så fall innebåret å bruke digitale funksjoner og apper som hjelp til å finne svaret på oppgaven eller til å finne og systematisere ulike løsninger på et problem.

I kategorien der konkretiseringsapper medførte en visuell representasjonsform, jobbet elevene *i selve appene* for å fremstille oppgaveløsninger. En representasjon får en problemløsende funksjon, først når den svarer på et behov hos eleven for å kunne løse oppgaven (Saundry & Nicol, 2006). Her dukket det opp et mønster i mine data som er viktig å merke seg: Appene fungerte sjelden som tankeredskap for elevene jamført med Woleck (2001) og Papandreou (2014). Som drøftet i analysen, fant jeg bare ett elevtilfelle hvor det så ut til at virtuelle konkrete hadde en støttende funksjon. Fjerdeklassingen Sindre brukte «Pattern Shapes» utforskende til å løse et problem («*rektanglene*», figur 12). Konkretiseringsappen ble *representasjon som oppgaveløsning*. Dette utgjorde avviket fra mønsteret, der elevene i hovedsak jobbet i appene med *representasjon av oppgaveløsning*. Ifølge

Corbin og Strauss (2015) kan et avvikende tilfelle gi rikere funn. I min undersøkelse er Sindres avvikende tilfelle det hederlige unntaket som viser at en app også *kan* fungere som tankeredskap for å løse et problem jamført Saundry og Nicol (2006).

I kategorien der bruk av kamerafunksjon medførte en fysisk-konkret representasjonsform, var det som oftest foto som utgjorde representasjonene (i noen tilfeller video). Disse bildene anser jeg som elevenes dokumentasjon av løsninger. Siden de ble tatt for å vise hvordan man løste oppgavene, klassifiserer jeg også bildene som *representasjoner av oppgaveløsninger*. Hovedformålet er da å kommunisere løsningen sin og vise hvordan man har tenkt (Woleck, 2001; Saundry & Nicol, 2006). Et mønster i mine data er som sagt at elevene som oftest brukte iPaden til representasjon av oppgaveløsning forbundet til en av de to digitale uttrykksformene jeg utforsket. På den måten ble iPaden i hovedsak brukt som *et verktøy for å presentere sine løsninger til andre*.

Videre åpnet jeg for at iPaden kunne fungere støttende med hensyn til å systematisere og *holde oversikt* over ulike løsninger. Jeg holder det for sannsynlig at iPaden fungerte som systemholder i tråd med Saundry og Nicol (2006) da Siljes tredjeklassinger skulle synliggjøre brøk som del av en hel. Det innebærer at verktøyet kan ha vært til hjelp for å holde oversikt over mulige løsninger da elevene løste problemet. iPaden ble fremdeles ikke *selve tankeredskapet*; elevene løste jo problemet ved hjelp av konkrete ressurser og symbolske representasjoner. Men jeg argumenterer for at oppgaveløsningene elevene presenterte på iPaden *faktisk hadde som formål å kommunisere matematisk innsikt til andre*. Elevene fikk synliggjøre sine idéer knyttet til brøk som relasjonelt begrep, og tredjeklasselærer Silje brukte deres løsninger som utgangspunkt for felles oppsummering der idéene kunne deles. Også fjerdeklasselærer Marte brukte elevenes presentasjon av løsninger som utgangspunkt for samtale, men selve appene de benyttet til representasjon kunne komme i veien for å uttrykke matematikk. Oppgaveløsningene elevene presenterte på iPad hos andreklasselærer Cathrine, ble bare demonstrasjoner av prosedyrer. Disse representasjonene knyttet seg ikke til et reelt kommunikasjonsformål der barna fikk mulighet til å uttrykke sin matematiske forståelse og innsikt (Greeno & Hall, 1997). Med dette avspeiler flertallet av mine studerte tilfeller at iPaden *sjelden ble et redskap for å kommunisere matematikk*. Undervisningssituasjoner fra klasserommet til Silje skiller seg imidlertid fra mønsteret, og antyder at bevisst bruk av digitale funksjoner og applikasjoner kan gjøre nettbrettet egnet som presentasjonsverktøy.

Diskusjonen rundt mitt andre hovedfunn som vitner om at iPaden *kan* bli et påkoblet konkretiseringselement i undervisningen, har fulgt to sentrale tråder. For det første ble verktøyet sjelden et fungerende tankeredskap da elevene uttrykte – eller ikke uttrykte – matematikk visuelt med konkretiseringsapper. For det andre ble kamerafunksjonen og apper sjelden fungerende

redskap for å kommunisere sin matematiske innsikt og forståelse. Hovedmønstrene i dataene må sees i lys av undervisningen som utgjorde den kontekstuelle rammen for elevenes virksomhet. Her fikk ikke nødvendigvis elevene mulighet til å uttrykke seg fleksibelt med matematikk i oppgavene som ble gitt. Men med utgangspunkt i det jeg observerte hos Silje, ser jeg et potensiale for at nettbrettet *kan* gi elevene muligheter for å presentere løsninger som samtidig uttrykker matematikk. Ved bevisst bruk fra lærerens side, antar jeg at iPaden gir elevene presentasjonsmuligheter, så fremt de får kommunisere sin matematiske innsikt og forståelse. Jeg stiller imidlertid spørsmål til hvorvidt iPaden er et hensiktsmessig verktøy som representasjon i tankeprosesser – altså som selve veien til løsningen i matematikk. Kanskje kunne andre redskap, som eksempelvis tegning, vært bedre egnet for å bevege elevene mot økende grad av abstraksjon. Mine studerte situasjoner kan tyde på at det er viktig å ha et reflektert og balansert forhold til bruken av digitale funksjoner og apper, slik at ikke iPaden ender opp med å bli et påkøbt konkretiseringselement i undervisningen. På grunnlag av dette hovedfunnet, mener jeg det er viktig å stille videre spørsmål til hvilke representasjonsmuligheter digitale affordanser gir elevene i matematikk og eventuelt når de er egnet. En gjennomgående argumentasjon i min avsluttende diskusjon, har vært at iPaden bør ha en støttende funksjon for eleven der den eventuelt skal benyttes i begynneropplæringen i matematikk. I noen situasjoner bør kanskje iPaden bli liggende i sekken.

5.3 Metodologisk drøfting

I dette delkapittelet reflekterer jeg rundt forhold som har med forskningens kvalitet å gjøre. Først vil jeg drøfte påliteligheten i gjennomføringen av prosjektet, deretter indre og ytre gyldighet i undersøkelsen. Pålitelighet i kvalitative undersøkelser handler ikke om undersøkelsen kan kopieres, da funnene er kontekstuelle. Et fenomen kan endre seg raskt, og undersøkelsen vil være knyttet til forskerens subjektivitet og de som deltar. Min drøfting rundt pålitelighet, vil med dette bestå i å reflektere rundt hvordan undersøkelsen og jeg som forsker kan ha påvirket resultatet (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 223-224). I denne masteroppgaven har jeg også etterstrebet å synliggjøre forskningsprosessen, slik at leseren kan gjøre seg opp en mening rundt påliteligheten.

Denne undersøkelsen startet med et åpent utgangspunkt. Jeg ønsket å få bedre forståelse for hvordan nettbrett ble brukt til digital produksjon i matematikkundervisning i begynneropplæring. Siden jeg rettet søkelyset mot fenomenet heller enn den enkelte læreren, er det ifølge Postholm og Jacobsen (2018, ss. 225-226) særlig viktig å stille spørsmål ved hvorvidt mine forskningsdeltakere hadde en kompetanse som kunne belyse forskningsspørsmålet. Selv om rekrutteringen gikk noe trådt, fant jeg etter hvert lærere som jobbet på skoler der de hadde hatt 1:1-dekning av nettbrett i minst to år, og som ikke underviste på førstetrinn. Jeg mener at dette ga gode forutsetninger for å komme inn i klasserom hvor en digital praksis allerede var etablert, og slik observere det jeg ønsket

informasjon om. Som tidligere nevnt var min første deltaker, Cathrine, involvert i utforming av digitale undervisningsopplegg i matematikk og iPad-kursing av andre lærere på kommunalt nivå. Etter pilotobservasjonen hos henne, bestemte jeg meg for at elevenes digitale produksjon var det jeg ønsket å gå videre med i undersøkelsen. De to andre lærerne ble med på et senere tidspunkt, slik at jeg kunne sammenligne det elevene produserte opp mot det jeg hadde begynt å legge merke til hos Cathrine. Sammenholdt Corbin og Strauss (2015) var de studerte situasjonene litt forskjellige. Jeg mener at sammenligningsgrunnlaget ga meg spennende variasjoner å utforske. På den andre siden: Antall studiepoeng i matematikk var ulikt hos de tre lærerne, selv om de alle hadde godkjent undervisningskompetanse av nyere dato i faget. De underviste også på forskjellige alderstrinn. Disse faktorene kan ha påvirket undersøkelsen. Jeg hadde heller ikke lagt noen føringer for undervisningstema. Kanskje hadde resultatet blitt annerledes dersom de observerte timene hadde vært tilknyttet samme matematikkfaglige tema. På en annen side: Jeg rettet søkelyset mot representasjonskompetanse – som gjelder på tvers av alle stoffområder og alderstrinn.

Analysene i mitt masterprosjekt er primært basert på observasjon innhentet med videodata. Fra et konstruktivistisk ståsted er det naturlig å anerkjenne at min tilstedeværelse og opptakene som ble gjort, virket inn på de studerte situasjonene (Postholm & Jacobsen, 2018). Som gjort rede for i metodologikapittelet, valgte jeg å tilnærme meg fenomenet med en viss distanse for ikke å påvirke resultatet av forskningen for sterkt. Valgene jeg foretok og måten jeg har filmet på, kan videre ha påvirket undersøkelsens resultat. Jeg har tidligere argumentert for at en fleksibel kameravinkel var nødvendig for å fange informasjonen jeg var interessert i. Med fleksibel kameravinkel kommer man tett på handlingene det er ønskelig å studere jamført Heath m.fl. (2010). På en annen side kan det være en ulempe at informasjonen forskeren klarer å fange blir noe mer tilfeldig fordi man filmer det som virker mest interessant eller relevant akkurat der og da. Dette er en generell kritikk av ustrukturert observasjon (Blikstad-Balas & Sørvik, 2014). I GT er det et poeng at forskingsprosessen skal styres av det situasjonelle, og forskeren anbefales ikke å strukturere observasjonene etter forhåndsbestemte kategorier (Corbin & Strauss, 2015). Derfor mener jeg også at kameraløsningen jeg valgte, passet metodologien.

Sammenholdt Postholm og Jacobsen (2018) ønsket jeg å unngå fallgruven hvor jeg som forsker skulle forsøke å få med meg «alt» i mine observasjoner. For å unngå at datainnsamlingen skulle bli helt tilfeldig, ble det i samråd med lærerne valgt ut 5-7 fokuselever i hver klasse som jeg konsentrerte meg om å filme. Av etiske hensyn, rullerte jeg på å filme fokuselevne i respektive klasser. At jeg ikke har det konsekvente blikket på handlingsstrømmen til disse elevene, anser jeg som den største svakheten ved gjennomføringen. Hadde jeg visst akkurat hva elevene gjorde til enhver tid, ville kanskje kodene i min analyse både sett annerledes ut og fordelt seg annerledes med henhold til

frekvens. I etterkant har jeg blitt oppmerksom på skjermopptak som metode for datainnsamling i klasseromsforskning. Kanskje hadde dette vært et godt alternativ. På en annen side: Det ville blitt for store datamengder å analysere i en masteroppgave i forhold til antall timer og elever jeg filmet. Jeg opplevde å finne interessante ting å gå videre med i dataene jeg fikk samlet inn, selv om det tok tid å se potensialet som lå der.

Mine forventninger til hva jeg kanskje kunne finne var basert på førforståelsen jeg brakte med meg inn i prosjektet i form av eksisterende forskning fra en-til-en-klasserom. Men det jeg fant, samsvarte ikke med tidligere perspektiver fra forskningen om at digitale affordanser kan gi undervisningen en merverdi når elevene aktivt skaper innholdet selv ved hjelp av blant annet produksjonsapper. Heath m.fl. (2010, s. 10) skriver: «Perhaps the most significant problem is that audio-visual recordings of everyday activities, as data, do not necessarily resonate with the theories, concepts and themes that inform dominant approaches to research in the social sciences». For å belyse nye perspektiver, ble det ble riktig for meg ikke å bruke forhånsdefinerte kategorier. Dataene ga meg muligheter for å få frem relevante kategorier forbundet til måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon. Jeg gikk videre på områder som pekte seg ut som sentrale, og vektla det som var mest synlig og frekvent i utviklingen av kategorier. Det er muligheter for at andre kategorier kunne gitt annen informasjon om elevers bruk av nettbrett. Det er også mulig at kategorien med lydfiler som jeg ikke gikk videre med, kunne påvirket undersøkelsen i en annen retning. Kanskje ville kommunikasjonskompetanse knyttet til elevers representasjoner blitt viktigere. Det uavdekkede er som tidligere nevnt å anse som en del av undersøkelsens begrensning. Innenfor rammene av masteroppgaven hadde jeg behov for å avgrense studien og analysene. Jeg holder muligheten åpen for at lydfiler kan gi elevene andre muligheter for å uttrykke matematikk. Med dette kan bruk av lyd som digital affordans være et område å undersøke nærmere i klasseromsforskningen.

Et pålitelighetsproblem forbundet til kvalitative datainnsamlingsmetoder, er muligheten for at forskeren i datainnsamlingen bare ser det som passer med eget verdensbilde (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 228). Ved å fange fokuselevenenes handlinger på video, kunne jeg analysere handlingene gjentatte ganger, og kontinuerlig bevege meg frem og tilbake mellom egne tolkninger og datagrunnlaget. Jeg har forsøkt å vise at jeg har forholdt meg til datasettet som helhet, og lett etter variasjoner gjennom konstant sammenligning. Selvfølgelig kan det ha vært viktig informasjon jeg ikke fikk med meg fra klasserommene, men måten jeg har jobbet på med systematisk koding av materialet for å utvikle kategorier, kan understøtte at jeg ikke bare har valgt ut vilkårlige eksempler som passet mitt virkelighetsbilde. Med dette beveger jeg meg inn på spørsmålet som omhandler indre gyldighet; det vil si hvorvidt det er samsvar mellom virkeligheten jeg mener å ha studert, og de begrepene og teorien jeg har benyttet meg av (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 229).

Med en åpen tilnærming til empirien er det viktig å stille spørsmål til hvor godt mine kategorier og beskrivelser representerer virkeligheten. Dette kalles begrepsmessig gyldighet og er knyttet til undersøkelsens indre gyldighet (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 229). I oppgaven har jeg forsøkt å synliggjøre hvordan kategorier har vokst frem gjennom en grundig prosess. Jeg har gitt eksempler på hvordan jeg har interagert med dataene og benyttet analysestrategier for å vurdere om det finnes grunnlag for de tolkningene jeg har kommet frem til. Samtidig har jeg vurdert andre mulige tolkninger. Jeg opplevde at NVivo, særlig muligheten for å sammenligne og lage diagrammer, fungerte som en god støtte i analysearbeidet. Forhåpentligvis har jeg gitt leseren mulighet til å «se virkeligheten» slik den fremsto for meg som forsker. Og det er opp til leseren å vurdere om mine kategorier fremstår som meningsfulle abstraksjoner av empirien.

På en annen side har jeg ikke konferert med de observerte lærerne om de opplever mine kategorier og begrepsstilpasninger som meningsfulle gjennom deltaker-validering sammenholdt Postholm og Jacobsen (2018). Jeg har riktig nok hatt samtaler med forskningsdeltakerne, slik at de fikk beskrive fenomenet og situasjonene jeg observerte. Kombinasjon av flere datainnsamlingsmetoder er en måte å styrke både pålitelighet og gyldighet på. Selv om dette er et ideal i forskning, krever det tid og ressurser. Jeg skulle gjerne hatt mulighet til å gå dypere inn i det deltakerne fortalte, men av hensyn til fokus i forskningen og plass i oppgaven, ble det nødvendig å begrense dette. I fremstillingen av denne forskningen har jeg valgt å legge størst vekt på mine tolkninger av observasjonene. Kunnskapen ville sannsynligvis fortone seg på en annen måte dersom mitt presenterte utsnitt av virkeligheten hadde gjenspeilet andre valg.

I denne oppgaven har jeg etterstrebet å gjøre forskningsarbeidet transparent for leseren. Dette kan styrke overførbarheten, ifølge Postholm og Jacobsen (2018). Overførbarhet vil si ytre gyldighet, og går ut på i hvilken grad funn fra en kontekst kan overføres til en annen. Kunnskapen i min undersøkelse er forbundet til de studerte situasjonene og kan ikke generaliseres direkte. Postholm og Jacobsen (2018, s. 238) påpeker imidlertid at det er liten vits i å diskutere forskningen med andre enn forskningsdeltakerne, dersom man ikke implisitt har en intensjon om at kunnskapen kan brukes utover akkurat de situasjonene man har studert. De forklarer naturalistisk generalisering som at leseren kan tilpasse beskrivelsene som kommer frem av en forskningstekst til sin egen situasjon. Forskningen kan virke som et tanke- og utviklingsredskap for leserens egen praksis, og på den måten være nyttig og relevant (Postholm & Jacobsen, 2018, ss. 238-239). Det handler altså ikke om direkte overføring, men om tilpasning. Denne undersøkelsen kan være bevisstgjørende for praksisfeltet med hensyn til elevers representasjonsmuligheter med iPad. Arbeidet viser at det er viktig å løfte frem potensielle fallgruver ved bruk av iPad i undervisningen, også i fremtidig forskning.

5.4 Oppsummering og veien videre

Tittelen på denne masteroppgaven er: «Digital produksjon – tradisjonell matematikkundervisning i ny innpakning eller innovativ pedagogikk?» Med tidligere perspektiver fra nettbrett-forskningen ble det trukket frem at digitale affordanser innebygd i iPaden kan gi undervisningen en merverdi, og bidra til en aktiv elevrolle der *de* skaper innholdet ved hjelp av blant annet produksjonsapper (Jahnke & Kumar, 2014a; 2014b; Jahnke, Bergström, & Mårell-Olsson, 2017; Berrum, Gulbrandsen, Elgaard, & Krumsvik, 2018). Jeg ønsket å tilføre fagspesifikk forskning på området. Utgangspunktet for masterprosjektet ble å undersøke digital produksjon i *matematikkundervisning* på småskoletrinnet. For å avgrense undersøkelsen, gikk jeg videre med to overordnede kategorier som jeg utforsket grundigere: «visuell representasjon i apper» og «fysisk-konkret representasjon med kamerafunksjon». Underordnet disse utviklet jeg subkategoriene representasjonsåpenhet, matematisk fokus i bruken av apper/kamerafunksjon, iPadens funksjon, og appens egnethet. Kategoriene kunne forklare måten elevene uttrykte matematikk på med digital produksjon i begynneropplæring.

Jeg argumenterte for at forhold angitt i subkategoriene ble avgjørende for elevenes representasjonsmuligheter. Matematikken som kom til uttrykk, kunne forklares med i hvilken grad forholdene var til stede. For å kunne uttrykke matematikk, mener jeg på bakgrunn av analyser at:

- *Representasjonsåpenheten* på iPad måtte være utforskende innrettet mot matematikk – ikke aktiviserende eller lukket til å følge en oppskrift.
- Det måtte være et tydelig *matematisk fokus* til stede i elevenes bruk av konkretiseringsapper eller kamerafunksjon. (Med apper: Utforskende bruk av ressursene som for eksempel å finne mønstre og visualisere sammenhenger. Med kamerafunksjon: Bruk av foto/video for å fange elevenes matematiske innsikt og forståelse.)
- iPaden måtte ha en støttende *funksjon* for eleven. (Med konkretiseringsapper: At representasjonen i appen ble et redskap for å løse oppgaven. Med kamerafunksjon: At iPaden ble et redskap for å samle og holde oversikt over løsninger.)
- Ved bruk av apper, måtte selve appen være *egnet* til valgt representasjonsform.

På grunnlag av frekvens i kategoriene definerte jeg to hovedfunn:

1. I kategorien som omhandlet matematisk fokus var det mange tilfeller av at elevene brukte tid på teknisk utførelse. Da var det *ikke et tydelig matematisk fokus* til stede i iPad-bruken.
2. I kategorien som omhandlet iPadens funksjon var det svært mange tilfeller av at virtuelle konkreter ble overflødig for eleven. Da hadde *ikke iPaden en støttende funksjon*.

Sett opp mot problemstillingen, peker hovedfunnene mot at elevene sjelden uttrykte matematikk da de var digitale produsenter. Mønstrene i dataene avspeilet få tilfeller hvor elevenes bruk av apper og digitale funksjoner ble redskap for å tenke og kommunisere matematikk. Måten å uttrykke seg på med iPad, bestod svært ofte i å representere en oppgaveløsning for å vise løsningen til andre etterpå. Begge mine hovedfunn kan være med på å forklare hvorfor det lå lite matematikk i dette. Å presentere løsningen av en oppgave med iPaden tok tid i seg selv da det skulle visualiseres i en app. Når selve veien til å fremstille løsningen foregikk på denne måten, fungerte heller ikke appen som tankeredskap. Det positive unntaket, viste imidlertid et elevtilfelle der appen så ut til å fungere som tankeredskap for å løse oppgaven, uten at det ble tidkrevende. I det andre avviket fant jeg et potensiale for å kommunisere matematikk i bruken av kamerafunksjon. Det kunne skje da elevenes fokus bestod i å fange bilder av sin matematiske forståelse og innsikt. Her mente jeg at iPaden kunne fungere støttende som systemholder for å samle og holde oversikt over løsninger på problemet, for så å presentere til andre.

Tilknyttet hovedfunnene i undersøkelsen, drøftet jeg to mulige fallgruver ved bruk av iPad som produksjonsverktøy i den avsluttende diskusjonen. Jeg begrunnet hvorfor iPaden kan bli en mulig tidstyv, og/eller ende opp som et påkoblet konkretiseringselement i matematikk. Når det gjelder bruk av iPad i undervisningen, kan man på ene siden argumentere for at alt avhenger av læreren. Ved å plassere verktøyet i forgrunnen, har denne undersøkelsen også bidratt til å belyse at iPaden i seg selv ikke nødvendigvis er et velfungerende redskap for å uttrykke seg fleksibelt eller løse oppgaver i matematikk. Det gjennomgående hovedpoenget i min argumentasjon har vært at dersom iPaden skal være nyttig i matematikkundervisning i begynnerklasserommet, bør den ha en støttende funksjon for elevene der fokuset befester seg ved å uttrykke matematikk. Det er lite trolig at undervisningen bringes til nye høyder av å tenke nytt om didaktikken forstått som at digitale affordanser skal komme til sin rett. I mine studerte situasjoner svarte ikke dette til innovativ pedagogikk. For å unngå at nettbrettene blir en tidstyv eller ender opp som påkoblet konkretiseringselement i matematikkundervisningen, håper jeg på økt bevissthet rundt balansert bruk av apper og digitale funksjoner. Jeg tror at denne undersøkelsen kan være nyttig og relevant for skolen som praksisfelt.

Jeg ser på mine funn som viktige fordi de avdekker negative sider ved bruk av iPad som ikke har gjort seg gjeldende i eksisterende forskning. Her ligger det et spenningsforhold i merverdien digitale affordanser kan tilføre elevenes læring ifølge forskningen på den ene siden – og rollen appene og de digitale funksjonene spilte for mine observerte elever på den andre siden. Digital affordans i konkretiseringsapper og kamerafunksjon fremstod ikke som hensiktsmessige bidrag til elevenes matematikklæring. Undersøkelsen har med dette reist nye spørsmål. Jeg stiller spørsmål til bruk av

iPad som et produksjonsverktøy. Jeg tror det er nødvendig å sette fokus på elevers representasjonsmuligheter med iPad, og diskutere hvorvidt iPaden egner seg som selve veien til løsningen i matematikk. Det kunne imidlertid vært interessant å forske videre på om andre digitale affordanser som lydfunksjonen egner seg bedre til å uttrykke matematikk. Det ville også vært interessant å undersøke hva som skal til for at iPaden kan fungere hensiktsmessig som presentasjonsverktøy for å få elevenes tenkning på banen. Samtidig peker denne undersøkelsen på viktigheten av å øke kunnskapen om hva som skjer i en-til-en-klasserommene, og hvilken innvirkning dette kan ha på elevenes læring. Her er det ytterligere behov for fagspesifikk klasseromsforskning.

Referanser

- Andersen, H. P., Fiskum, T. A., & Rosenlund, M. R. (2018). Hva menes med undrende, utforskende og aktiviserende undervisning? I T. A. Fiskum, D. Gulaker, & H. P. Andersen (Red.), *Den engasjerte eleven. Undrende, utforskende og aktiviserende undervisning i skolen* (ss. 17-29). Nordic Open Access Scholarly Publishing: Cappelen Damm Akademisk.
- Apple.Inc. (2017). *Apple Inc. (US)*. Hentet juni 21., 2019 fra <https://www.apple.com/no/education/docs/ipad-in-education-results.pdf>
- Apple.Inc. (u.d.). *Apple.com*. Hentet April 23, 2020 fra <https://www.apple.com/no/education/apple-professional-learning/>
- Askew, M. (2010(1999)). It ain't (just) what you do: effective teachers of numeracy. I I. Thompson (Red.), *Issues in Teaching Numeracy in Primary Schools (Ebook)* (ss. 31-44). Buckingham: Open University Press.
- Ball, D. L. (1992). Magical Hopes: manipulatives and the reform of mathematics education. *American Educator*, 16, ss. 14-18, 46-47.
- Beishuizen, M. (2010(1999)). The empty number line. I I. Thompson (Red.), *Issues in teaching numeracy in primary schools (Ebook)* (ss. 174-187). Buckingham: Open University Press.
- Berrum, E., Fyhn, J., Gulbrandsen, I., & Nilsen, Ø. L. (2017). *Evaluering av digital skolehverdag*. Oslo: Rambøll Management Consulting. Hentet juni 24., 2019 fra <https://www.baerum.kommune.no/globalassets/tjenester/skole/digital-skolehverdag/evaluering-av-digital-skolehverdag-rapport-15.mai-2017.pdf>
- Berrum, E., Gulbrandsen, I. P., Elgaard, J. F., & Krumsvik, R. J. (2018). *Evaluering av digital skolehverdag del 2*. Oslo: Rambøll Management Consulting. Hentet oktober 21., 2019 fra <https://no.ramboll.com/-/media/files/rno/publikasjoner/andre-evaluering-av-digital-skolehverdag-for-brum-kommune19juni-2018.pdf?la=no>
- Blikstad-Balas, M. (2017). Key challenges of using video when investigating social practices in education: contextualization, magnification, and representation. *International Journal of Research & Method in Education*(VOL. 40), ss. 511-523. doi:org/10.1080/1743727X.2016.1181162
- Blikstad-Balas, M., & Sørvik, G. O. (2014, Juni). Researching literacy in context: Using video analysis to explore school literacies. *Literacy*(Vol.49), ss. 140-148. doi:10.1111/lit.12037
- Boaler, J. (2016). *Mathematical mindsets*. San Fransisco: Jossey-Bass.
- Boaler, J., Munson, J., & Williams, C. (2018). *Mindset Mathematics. Visualizing and Investigating Big Ideas*. San Fransisco: Jossey-Bass.
- Bobis, J., & Way, J. (2018). Building connections between children's representation's and their conceptual development in mathematics. I V. Kinnear, M. Lai, & T. Muir (Red.), *Forging connections in early mathematics teaching and learning* (ss. 55-72). Singapore: Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-981-10-7153-9_4

- Boon, H. J., Boon, L., & Bartle, T. (2020). Does iPad use support learning in students aged 9–14 years? A systematic review. doi:<https://doi.org/10.1007/s13384-020-00400-0>
- Botten, G. (2005, April). Om reflektert og ureflektert moromatematikk. *Tangenten*(2), ss. 2-4.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press.
- Clark, W., & Luckin, R. (2013). *What the research says - iPads in the classroom*. London Knowledge Lab. Hentet fra <https://digitalteachingandlearning.files.wordpress.com/2013/03/ipads-in-the-classroom-report-lkl.pdf>
- Corbin, J., & Strauss, A. (2015). *Basics of Qualitative Research. Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory* (4. utg.). Thousand Oaks, California: SAGE Publications.
- Dahl, H. (2020). Tegning som verktøy for å utforske multiplikative situasjoner. I V. Nilssen, & S.-M. Høyenes (Red.), *Samtaleorientert matematikk - et samspill mellom didaktiske og adidaktiske situasjoner* (ss. 193-219). Bergen: Fagbokforlaget, Vigmostad & Bjørke.
- Delaney, K. (2001). Teaching mathematics resourcefully. I P. Gates (Red.), *Issues in mathematics teaching* (ss. 123-146). London: Routledge.
- Delaney, K. (2010). Making connections: teachers and children using resources effectively. I I. Thompson (Red.), *Issues in Teaching Numeracy in Primary Schools (Ebook)* (ss. 72-83). Buckingham: Open University Press.
- Dickson, L., Brown, M., & Gibson, O. (1984). *Children Learning Mathematics: A Teacher's Guide to Recent Research*. London: Holt, Rinehart and Winston Ltd.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis og problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*(1-2). doi:10.1007/s10649-006-0400-z
- Gilje, Ø., Bjerke, Å., & Thuen, F. (2020). *Gode eksempler på praksis. Undervisning i en-til-en klasserommet*. Oslo: Enhet for forskning, innovasjon og kompetanseutvikling i skolen ved Universitetet i Oslo.
- Glaser, B. G. (1998). *Att göra grundad teori - problem, frågor och diskussion*. (H. Thulesius, & T. Åström, Overs.) Mill Valley, California: Sociology Press.
- Goldin, G., & Shteingold, N. (2001). Systems of representations and the development of mathematical concepts. I H. Bass, C. Kieran, A. B. Powell, J. Solomon, A. A. Cuocu, & F. Curico (Red.), *The roles of representation in school mathematics, NCTM 2001 yearbook* (ss. 1-23). Reston, Virginia: NCTM.
- Greeno, J. G., & Hall, R. P. (1997). Practicing representation. Learning with and about representational forms. *Phi Delta Kappan* 78(5), ss. 361-367.
- Grønmo, L. S. (2014). Svikter skolen de flinke elevene? I L. S. Grønmo, E. Jahr, K. Skogen, & I. Wistedt, *Matematikktalenter i skolen - hva med dem?* (ss. 9-35). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.

- Guðmundsdóttir, G. B., Dalaaker, D., Egeberg, G., Hatlevik, O. E., & Tømte, K. H. (2014). Interactive Technology. Traditional Practice? Two Case Studies of Teacher's Commencing with Interactive Whiteboards and Tablets. *Nordic Journal of Digital Literacy*(9), ss. 23-43.
- Hana, G. M. (2014). *Matematiske tenkemåter*. Bergen: Caspar Forlag.
- Haug, P. (2006). Begynnerundervisning og tilpassa opplæring. I P. Haug (Red.), *Begynnaropplæring og tilpassa undervisning* (ss. 19-53). Bergen: Caspar Forlag AS.
- Haug, P. (2010). Elevaktiviteten. *Bedre skole* (2), Mai 2010, ss. 19-23.
- Heath, C., Hindmarsh, J., & Luff, P. (2010). *Video in Qualitative Research*. London: SAGE.
- Jahnke, I., & Kumar, S. (2014a). Digital Didactical Designs: Teachers' Integration of iPads for Learning-Centered Processes. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*(30:3), ss. 81-88. doi:org/10.1080/21532974.2014.891876
- Jahnke, I., & Kumar, S. (2014b). iPad-Didactics - Didactical Designs for iPad-classrooms: Experiences from Danish Schools and a Swedish University. I C. Miller, & A. Doering (Red.), *The New Landscape of Mobile Learning: Redesigning Education in an App-based World* (s. Kapittel 15). New York: Routledge. Hentet juni 24., 2019 fra <https://www.researchgate.net/publication/260990906>
- Jahnke, I., Bergström, P., & Mårell-Olsson, E. H. (2017). Digital Didactical Designs as research framework: iPad integration in Nordic schools. *Computers & Education*, ss. 1-15. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.006
- Jahnke, I., Norqvist, L., & Ohlsson, A. (2013). Digital Didactical Designs in iPad-Classrooms. *Conference Proceedings of European Conference of Technology-Enhanced Learning, ECTEL 2013*. Cyprus. (ss. 1-4). Extended Online Material.
- Kilpatrick, J. (2020). Competency Frameworks in Mathematics Education. I S. Lerman (Red.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (2. utg., ss. 110-112). SpringerLink.
- Klaveness, E. (2010). Konkretiseringsmateriell og abstraksjonsmateriell. *Tangenten - Tidsskrift for matematikkundervisning*(1), ss. 27-29.
- Klette, K. (2007). Bruk av arbeidsplaner i skolen – et hovedverktøy for å realisere tilpasset opplæring? *Norsk pedagogisk tidsskrift* 4/2007, 91, ss. 344-358.
- Kucirkova, N. (2014, July). iPads in early education: Separating assumptions and evidence. *Frontiers in Psychology*(5), ss. 1-4. doi:10.3389/fpsyg.2014.00715
- Kunnskapsdepartementet. (2017). *Framtid, fornyelse og digitalisering. Digitaliseringsstrategi for grunnopplæringen 2017-2021*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju* (3. utg.). (T. M. Anderssen, & J. Rygge, Overs.) Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Lee, C. (2006). *Language for Learning Mathematics*. Maidenhead: Open University Press/McGraw-Hill.

- Meld. St. 28. (2015-2016, april 15.). *Fag – Fordypning – Forståelse – En fornyelse av Kunnskapsløftet*. Hentet mars 21., 2018 fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/contentassets/e8e1f41732ca4a64b003fca213ae663b/no/pdfs/stm201520160028000dddpdfs.pdf>
- Moyer-Packenham, P., Salkind, G., & Bolyard, J. (2008). Virtual manipulatives used by K-8 teachers for mathematics instruction: Considering mathematical, cognitive, and pedagogical fidelity. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* 8(3), ss. 202-218.
- National Research Council. (2001). *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*. (J. Kilpatrick, J. Swafford, & B. Findell, Red.) Washington, DC: The National Academies Press.
- Niss, M., & Jensen, H. (2002). *Kompetencer og matematiklæring. Ideer og inspirasjon til utvikling af matematikundervisning i Danmark*. København: Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- NOU 2014: 7. (2014). *Elevenes læring i fremtidens skole*. Oslo: Kunnskapsdepartementet. Hentet Mars 29., 2016 fra <http://nettsteder.regjeringen.no/fremtidensskole/nou-2014-7-elevenes-laering-i-fremtidens-skole/>
- OECD. (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. Paris: PISA, OECD Publishing. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Papandreou, M. (2014). Communicating and thinking through drawing activity in early childhood. *Journal of Research in Childhood Education*, ss. 85-100. doi:10.1080/02568543.2013.851131
- Postholm, M. B., & Jacobsen, D. I. (2018). *Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanning* (1. utg.). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Rieger, K. L. (2018). Discriminating among grounded theory approaches. *Nursing Inquiry*(26:e12261). doi:10.1111/nin.12261
- Sandvik, M. (2018). 1:1 iPad i den første lese- og skriveopplæringen? I K. Palm, & E. Michaelsen, *Den viktige begynneropplæringen. En forskningsbasert tilnærming* (ss. 91-113). Oslo: Universitetsforlaget.
- Saundry, C., & Nicol, C. (2006). Drawing as problem-solving: Young children's mathematical reasoning through pictures. I J. Novotná, H. Moraová, M. Krátká, & N. Stehlíková (Red.), *Proceedings of the 30th conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. VOL 5*, ss. 57-63. Prague: PME.
- Sfard, A. (2009). Moving Between Discourses: From Learning-As-Acquisition To Learning-As-Participation. *Physics Education Research Conference Proceedings*, 1179 (ss. 55-58). Ann Arbor, Michigan: American Institute of Physics. doi:10.1063/1.3266753
- Sfard, A. (2012). Introduction: Developing mathematical discourse - Some insights from communicational research. *International Journal of Educational Research*(VOL. 51-52), ss. 1-9. doi:10.1016/j.ijer.2011.12.013
- Sfard, A. (2015). Learning, commognition and mathematics. I D. Scott, & E. Hargreaves (Red.), *The Sage Handbook of Learning* (ss. 129-138). London: SAGE publications.

- Silverman, D. (2014). *Interpreting qualitative data* (5. utg.). London: SAGE publications.
- Skorpen, L. B. (2009). Nokre spesielle trekk ved arbeidet med matematikkfaget i begynneropplæringa. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 14 (3), ss. 7-32.
- Solem, I. H., & Ulleberg, I. (2013). Hva spør lærere om? I H. Christensen, & I. Ulleberg, *Klasseledelse, fag og danning* (ss. 139-153). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Solem, I. H., Alseth, B., & Nordberg, G. (2018). *Tall og tanke 1 - Matematikkundervisning på 1. til 4. trinn*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Solomon, Y., & Black, L. (2008). Talking to Learn and Learning to Talk in the Mathematics Classroom. I N. Mercer, & S. Hodgkinson (Red.), *Exploring Talk in School* (ss. 73-90). London: Sage Publishing.
- Stein, M. K., & Bovalino, J. W. (2001, February). Manipulatives: One Piece of the Puzzle. *Mathematics Teaching in the Middle School*(6), ss. 356-359.
- Svennevig, J., & Henriksen, A. H. (u.d.). *Modalitet*. Hentet februar 23., 2021 fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/modalitet>
- Svingen, O. E. (2018). *Representasjoner i matematikk*. Trondheim: Matematikksenteret.no. Hentet fra https://www.matematikksenteret.no/sites/default/files/attachments/Elever%20som%20presterer%20lavt/P4_M1Representasjoner-i-matematikk_fagtekst.pdf
- Thompson, I. (2003). Place value: the English disease? I I. Thompson (Red.), *Issues in Teaching Numeracy in Primary Schools (Ebook)* (ss. 181-190). Buckingham: Open University Press.
- Utdanningsdirektoratet. (2020). *udir.no*. Hentet fra Læreplaner, matematikk 1-10: <https://www.udir.no/lk20/mat01-05/om-faget/kjerneelementer?lang=nob&KjerneelementerForklaring=true&curriculum-resources=tru>
- Woleck, K. R. (2001). Listen to their pictures - An investigation of children's mathematical drawings. I H. Bass, C. Kieran, A. B. Powell, J. Solomon, A. A. Cuocu, & F. Curico (Red.), *The roles of representation in school mathematics, NCTM 2001 yearbook* (ss. 215-227). Reston, Virginia: NCTM.
- Aagaard, J. (2015). Mediet og budskapet: IT og medier i hverdagen. I J. Klitmøller, & D. Sommer (Red.), *Læring, dannelse og utvikling. Kvalifisering for fremtiden i barnehage og skole* (J. Seim, Overs., ss. 267-285). Oslo: Pedagogiske Forum.

Liste over figurer

Figur 1	Koding av videodata i NVivo	Side 48
Figur 2	Transkripsjon av videodata i NVivo	Side 48
Figur 3	Frekvensen av koden "bruker tid på teknisk utførelse"	Side 49
Figur 4	Sammenligning av koder: «bruker appen uten å gjøre matematikk» og «bruker virtuelle konkreter med et matematisk formål"	Side 50
Figur 5	Kartlegging av sammenhenger mellom subkategorier og dimensjoner	Side 51
Figur 6	Modell av overordnede kategorier, utviklede subkategorier og sammenbindende kjernekategori	Side 53
Figur 7	Subkategori «representasjonsåpenhet»	Side 56
Figur 8	Utklipp fra Håkons side i BC	Side 58
Figur 9	Tankekart fra undervisningsaktiviteten «å vise tre firedeler»	Side 61
Figur 10	Subkategori «matematisk fokus i bruken av apper»	Side 64
Figur 11	Torstein utfører oppgaven 21+1 i «Number pieces»	Side 66
Figur 12	Sindres tidslinje fra undervisningsaktiviteten "rektanglene"	Side 69
Figur 13	Eksempel til sammenligning fra undervisningsaktiviteten «rektanglene»	Side 71
Figur 14	Subkategorien «iPads funksjon»	Side 72-73
Figur 15	Martines produksjonsarbeid i undervisningsaktiviteten "rektanglene"	Side 74
Figur 16	Torstein og Ask viser addisjonen 56+7 individuelt i "Number Pieces"	Side 76
Figur 17	Subkategorien «appens egnethet»	Side 79
Figur 18	Steffens tidslinje fra undervisningsaktiviteten "rektanglene"	Side 80
Figur 19	Aina bruker "Pattern Shapes" til "å vise tre firedeler"	Side 84
Figur 20	Å vise delen av helheten, og sammenligning av lengder (3. trinn)	Side 86
Figur 21	Undervisningsaktiviteten "matematikk ute"	Side 89

Vedlegg

Vedlegg 1: Vurdering NSD

Vedlegg 2: Samtykkeerklæring lærere

Vedlegg 3: Samtykkeskjema elev/foresatt

Vedlegg 4: Intervjuguide

NSD NORSK SENTER FOR FORSKNINGSDATA

NSD sin vurdering

Prosjekttittel

«Nettbrett og matematikklæring i begynnerklasserommet» - Tradisjonell undervisning i ny innpakning, eller innovativ pedagogikk?

Referansenummer

492822

Registrert

06.09.2018 av Julie Hvidsten Kristiansen [redacted]@oslomet.no

Behandlingsansvarlig institusjon

OsloMet – storbyuniversitetet / Fakultet for lærerutdanning og internasjonale studier / Institutt for grunnskole- og faglærerutdanning

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Ida Heiberg Solem [redacted]@oslomet.no, tlf: [redacted]

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

Kontaktinformasjon, student

Julie Hvidsten Kristiansen [redacted]@gmail.com, tlf: [redacted]

Prosjektperiode

01.10.2018 - 15.06.2021

Status

10.09.2020 - Vurdert

Vurdering (3)

10.09.2020 - Vurdert

NSD har vurdert endringen registrert 09.09.2020. Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg den 20.09.2020. Behandlingen kan fortsette.

Microsoft OneDrive er databehandler i prosjektet. NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene til bruk av databehandler, jf. art 28 og 29.

Vi har nå registrert 15.06.2021 som ny sluttdato for forskningsperioden. I tilfelle det skulle bli aktuelt med

ytterligere utvidelse av den opprinnelige sluttdato 30.07.2020, må vi vurdere hvorvidt det skal gis ny informasjon til utvalget.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

Kontaktperson hos NSD: Kajsa Amundsen
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

18.12.2018 - Vurdert

NSD har vurdert endringen registrert 11.12.2018.

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg den 18.12.2018. Behandlingen kan fortsette.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

Kontaktperson hos NSD: Kajsa Amundsen
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

25.10.2018 - Vurdert

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg den 25.10.2018, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte.

MELD ENDRINGER

Dersom behandlingen av personopplysninger endrer seg, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. På våre nettsider informerer vi om hvilke endringer som må meldes. Vent på svar før endringer gjennomføres.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 31.07.2020.

LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake. Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER

NSD finner at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

- lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke behandles til nye, uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og

nødvendige for formålet med prosjektet

- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

DE REGISTRERTES RETTIGHETER

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20).

NSD vurderer at informasjonen om behandlingen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32).

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og/eller rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp behandlingen ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

Kontaktperson hos NSD: Kajsa Amundsen
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

Samtykke til deltakelse i forskningsprosjektet:

«Matematikkundervisning i det heldigitale klasserommet»

- Tradisjonell undervisning i ny innpakning eller innovativ pedagogikk?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et masterprosjekt der hensikten er å studere hvordan nettbrett blir brukt til digital elevproduksjon i matematikkundervisningen på småskoletrinnet. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Mitt kvalitative masterprosjekt har som formål å utforske digitale praksiser i matematikklasserom der nettbrett er integrert som et hovedverktøy. Jeg ønsker å ta utgangspunkt i lærerens måte å legge opp til bruk av nettbrett på i ulike undervisningsaktiviteter. Pedagogikken som kontekstualiserer bruken av teknologien, vil dermed plasseres i forgrunnen. Målet er å få økt innsikt i hva elevene faktisk produserer i disse undervisningsaktivitetene. Jeg ønsker å finne ut om bruken understøtter tradisjonelle og/eller innovative undervisningsformer i matematikkfaget.

Til dette formålet vil videoobservasjon bli brukt som primærmetode for å innhente data. Tre påfølgende økter med matematikkundervisning vil bli filmet. Deretter vil et intervju med læreren på inntil 30 minutter fungere som sekundærmetode for datainnsamling. Som dokumentasjon er det i tillegg ønskelig å innhente utvalgte digitale elevarbeider produsert i løpet av aktuelle undervisningsøkter.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Oslo Metropolitan University (OsloMet) er ansvarlig for masterprosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Jeg (student, Julie Hvidsten Kristiansen) har fått kjennskap til at deres skole har implementert bruk av nettbrett i begynneropplæringen. Du får spørsmål om å delta fordi jeg ønsker å forske på aktiviteter der disse verktøyene blir brukt i matematikkundervisningen. I mitt prosjekt er det ønskelig å samarbeide med lærere som har et engasjement både for matematikk og for bruk av nettbrett i begynneropplæringen. Utvalgsriterier for å kunne delta i prosjektet er at du underviser i matematikk på 1.-4. trinn samt at du og barna har brukt nettbrett i undervisningen i minst et år.

Hva innebærer det for deg å delta?

Deltakelse vil innebære at jeg gjennomfører **videoobservasjoner** når du underviser i matematikk. I tillegg ønsker jeg å gjennomføre et **intervju** der du får mulighet til å komme med utfyllende informasjon rundt dine opplevelser og erfaringer med bruk av nettbrett i matematikkundervisning. Hvis du velger å delta i prosjektet innebærer det:

- **at tre påfølgende matematikkøkter der du underviser blir filmet.** Et kamera på stativ vil bli plassert for å fange opp hovedskjerm/tavle samt et best mulig helhetsbilde av det som skjer i klasserommet. Samtidig vil en mobil videooptaker bli brukt til å filme elevene når de bruker nettbrett i undervisningsaktivitetene. For å sikre tilstrekkelig lyd kvalitet på interaksjonene mellom lærer og elever, monteres en trådløs myggmikrofon på deg mens du underviser.
- **å delta i et intervju.** For å holde fokus på samtalen og kunne gjengi utdrag i etterkant, tar jeg lydopptak fra intervjuet. Intervjuet vil ta ca. 30 minutter og struktureres rundt noen

overordnede spørsmål. Dersom ønskelig, kan du få tilsendt intervjuguiden på forhånd. Eksempler på noen viktige spørsmål vi vil komme til å snakke om er: «Hva mener du det er viktig å legge vekt på at elevene skal lære i matematikkfaget?», «Hvordan legger du opp til bruk av digital teknologi i din matematikkundervisning?», «Kan du si litt om dine erfaringer med bruk av nettbrett i matematikkundervisning?» og «Opplever du at integrering av nettbrett i undervisningen kan skape spesielle muligheter/begrensinger for elevers læring i matematikk – på hvilke måter?».

Jeg vil bare bruke innhentede data i videre analyser dersom du som lærer ønsker å bidra med dette til prosjektet. Dersom du i etterkant av observasjon eller intervju skulle oppleve ikke å være fornøyd med timen eller svarene du oppga, kan jeg slette opptakene etter ditt ønske. Det vil ikke være noe problem å avtale et nytt tidspunkt for filming eller intervju.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke ditt samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

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

- Videomaterialet og intervjuopptaket vil bli lagret på et eksternt, sikret område som krever innlogging med sterkt tjuetegns passord samt tofaktorautentisering. Primært er det kun jeg som student ved OsloMet som har tilgang til datamaterialet.
- Veiledere ved utdanningsinstitusjonen som er prosjektansvarlig vil kunne få innsyn i et utvalg av dataene for å hjelpe meg i veiledningsprosessen samt muliggjøre dobbeltkoding.
- Elever og skoler anonymiseres i analyser av dataene. Det betyr at de umulig kan identifiseres. Deltakende lærere aidentifiseres i analyser av dataene. Det betyr at ingen vil kunne gjenkjennes i oppgaven som følger av forskningen. Da utvalget er begrenset, er det likevel sannsynlig at den enkelte lærer som har vært deltakende i prosjektet, vil kunne gjenkjenne seg selv i f.eks. intervjuutdrag eller beskrivelser av undervisningssituasjoner fra klasserommet.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Prosjektet skal etter planen avsluttes innen 31.01.2021. Alle personopplysninger og opptak vil slettes ved prosjektslutt.

Dine rettigheter

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

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

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

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

Hvor kan jeg finne ut mer?

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

- Masterstudent ved Oslo Metropolitan University, Julie Hvidsten Kristiansen, [redacted]@oslomet.no)
- Veiledere: Ida Heiberg Solem [redacted]@oslomet.no), Eyvind Martol Briseid [redacted]@oslomet.no) og Ove Edvard Hatlevik [redacted]@oslomet.no
- Vårt personvernombud: Ingrid Jacobsen (ingridj@oslomet.no)
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på e-post (personvernombudet@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Student

Julie Hvidsten Kristiansen

Prosjektansvarlig

Veileder matematikk: Ida Heiberg Solem
Veileder matematikk: Eyvind Martol-Briseid
Veileder pedagogikk: Ove Edvard Hatlevik

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Matematikk læring i det heldigitale begynnerklasserommet*», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i videoobservasjon av tre påfølgende matematikkøker
- å delta i intervju der det blir gjort lydopptak

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

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg 3: Samtykkeskjema elev/foresatt

Samtykkeerklæring til filming av undervisning

Informasjon til foresatte om forskningsprosjekt

Klassens lærer er deltaker i masterprosjektet: «**Matematikk læring i det heldigitale klasserommet**» – Tradisjonell undervisning i ny innpakning, eller innovativ pedagogikk? Formålet med prosjektet er å utforske digitale praksiser i matematikklasserom der nettbrett er integrert som et hovedverktøy i undervisningen. Bruken av den digitale teknologien vil dermed stå i forgrunnen av observasjonene.

For å innhente data til studien vil tre påfølgende økter med matematikkundervisning bli filmet. Et kamera på stativ plasseres for å fange opp et best mulig helhetsbilde av hva som skjer i klasserommet. Samtidig vil en mobil videoopptaker fange opp hvordan nettbrettene blir brukt i undervisningsaktivitetene. Selv om lærerens klasseromspraksis knyttet til digital teknologi står i fokus for forskningen, vil opptak av elevene som tredjeparter inngå i datamaterialet.

Hva skjer med informasjonen om elevene?

Alle personopplysninger vil bli behandlet konfidensielt i henhold til regelverket. Videomaterialet vil bli lagret på et eksternt, sikret område som krever innlogging med sterkt tjuetegnspassord samt tofaktorautentisering. Elever, lærere og skoler anonymiseres i analyser av dataene. Det betyr at ingen vil kunne gjenkjennes i masteroppgaven. Prosjektet skal etter planen avsluttes innen 31.01.2021. Alle personopplysninger og opptak vil bli slettet ved prosjektslutt.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta når videoobservasjonene skal gjennomføres. Dersom du *ikke* ønsker at ditt barn skal bli filmet, lar du være å samtykke. Det vil da legges til rette for et alternativt undervisningstilbud eller at barnet blir plassert slik at det ikke fanges opp av kameraene.

Dine rettigheter

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

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

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg/ditt barn?

Vi behandler opplysninger om deg/ditt barn basert på ditt samtykke som foresatt.

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

Hvor kan jeg finne ut mer?

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

- Masterstudent ved Oslo Metropolitan University, Julie Hvidsten Kristiansen, på e-post (██████████@oslomet.no) eller telefon: ██████████
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på e-post (personvernombudet@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17

Samtykke

Jeg ønsker at foresatte **krysser av og signerer** for tillatelse til at barnet kan være med under videoopptak av matematikkundervisningen disse øktene. Skjemaet returneres til kontaktlærer.

På forhånd takk for ditt bidrag til mitt masterprosjekt!

Vennlig hilsen

Julie Hvidsten Kristiansen, masterstudent og lærer

Jeg har mottatt informasjon om prosjektet

Jeg gir tillatelse til at mitt barn kan delta under filming av undervisning

Navn på elev: _____

Signatur fra foresatt: _____

Vedlegg 4: Intervjuguide

- ❖ Intervjuet blir strukturert rundt ti hovedspørsmål (kulepunkter)
- ❖ Relevante oppfølgingsspørsmål underveis (strekpunkter samt ting som dukker opp)

1. Bakgrunn

- Kan du si litt om din bakgrunn som lærer og ditt engasjement for matematikkfaget?
 - Antall års **erfaring** fra læreryrket, trinn
 - Undervisningserfaring i matematikk, **undervisningskompetanse** i faget
 - Kompetanse i **bruk av nettbrett**, kursing etc.

2. Syn på matematikkfaget

- Hva mener du det er viktig å legge vekt på at elevene skal **lære i matematikkfaget**?
 - Spesielle ferdigheter, metoder og tenkemåter – annet?
- Når det gjelder faglig innhold disse tre øktene; hva har du som lærer vært **opptatt av** når du har planlagt for elevenes læring?

3. Erfaringer med bruk av nettbrett

- Kan du fortelle om dine erfaringer med bruk av nettbrett i matematikkundervisning?
 - **Hvor lenge** har du brukt nettbrett som et hovedverktøy i undervisningen? Benytter du/skolen **andre læremidler** enn nettbrett i matematikkundervisningen?
 - Er det undervisningssituasjoner der du tenker at det **fungerer** spesielt godt/ikke så godt? **Hvorfor/hvorfor ikke?** (Bruk gjerne eksempler fra timen.)
 - Opplever du at integreringen av nettbrett i undervisningen kan skape **muligheter/begrensinger** for elevers læring i matematikk – i så fall, på hvilke måter?

4. Praksis for bruk av nettbrett som pedagogisk verktøy

- Kan du **selv beskrive** hvordan du legger opp til pedagogisk bruk av nettbrett i din matematikkundervisning?
 - Når anser du bruken av nettbrett som **hensiktsmessig**?
- Hvordan vil du si at nettbrettene fungerte for elevene **i undervisningsaktivitetene i de observerte timene**? (Vis gjerne til eksempler.)

5. Arbeidsformer i matematikklasserommet

- Hvilke arbeidsmåter kjennetegner en typisk matematikktime i ditt klasserom?
- Mener du at teknologien bidrar til endrede **lærer- og elevroller**?
 - På hvilke måter tenker du at bruken av nettbrett blir en støtte for **tradisjonell undervisningspraksis** i matematikk?
 - På hvilke måter tenker du at teknologien eventuelt kan støtte en mer **innovativ** undervisningspraksis?
- Opplever du at nettbrettene påvirker **kommunikasjonsmønstrene** i klasserommet? I så fall, hvordan?
 - Mer/mindre samarbeid, individuelt arbeid, elever som hjelper hverandre, individuell veiledning, helklassesamtale, muntlige ferdigheter

6. Deltakers opplevelse

- Hvordan har du opplevd det å bli filmet og intervjuet?
 - Er det noe du ønsker å tilføye?