Masteroppgave

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap
Institutt for pedagogikk og livslang læring

Nora Therese Rapp

Augmented Reality som et pedagogisk verktøy

Har teknologien betydning for utvikling av mental rotasjon, indre motivasjon og mestringsforventning?

Masteroppgave i Spesialpedagogikk
Veileder: Ekaterina Prasolova-Førland og Per Frostad
Mai 2020

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Nora Therese Rapp

Augmented Reality som et pedagogisk verktøy

Har teknologien betydning for utvikling av mental rotasjon, indre motivasjon og mestringsforventning?

Masteroppgave i Spesialpedagogikk
Veileder: Ekaterina Prasolova-Førland og Per Frostad
Mai 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap
Institutt for pedagogikk og livslang læring

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Høsten 2020 tas de nye læreplanene i bruk. Disse vektlegger å utdanne barn til å blant annet ha evne til refleksjon, og være utforskende og kreative. Augmented Reality (AR) er en teknologi som kan være nyttig til nettopp dette. Hensikten med denne studien er derfor å undersøke effekten AR-brillene Microsoft HoloLens har på den spatiale ferdigheten mental rotasjon, indre motivasjon og mestringsforventning. Studien belyser følgende problemstilling: *Har bruk av AR-briller som undervisningsmateriale betydning for utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon, indre motivasjon og mestringsforventning hos elever i 13-årsalder?*

Spatial ferdighet har en sammenheng med matematikkferdigheter, og utvikling av denne vil muligens kunne utvikle elevers ferdigheter i matematikk. For å potensielt gi et bidrag til spesialpedagogikken, blir problemstillingen utdypet gjennom forskningsspørsmål som undersøker forskjeller i utviklingen ut fra kjønn og prestasjonsnivå i matematikk. I tillegg undersøkes opplevelsen av forskningsprosjektet hos to elever med svake ferdigheter i matematikk.

For å samle kvantitativ data benyttes et kvasieksperimentelt pre- og posttest design med bruk av kontrollgruppe. Videre benyttes en pre- og post-spørreundersøkelse som gjennom sammensatte mål måler elevenes indre motivasjon og mestringsforventning. For å samle kvalitativ data brukes et dybdeintervju for å få innblikk i to elevers opplevelse av prosjektet. Utvalget består av 19 elever fra to skoler i Trondheim kommune, hvor 13 er del av eksperimentgruppa og 6 er i kontrollgruppa. På grunn av tiltakene mot Covid-19 ble utvalget dessverre mindre enn det som var ønskelig og gruppefordelingen ujevn.

Funnene fra studien tyder på at AR-briller har liten effekt på utvikling av mental rotasjon. Kontrollgruppa, som brukte tradisjonelle undervisningsmidler som konkreter og oppgaver på ark, hadde en sterkere effekt av tiltakene. Dette kan skyldes at oppgavene var lettere å administrere enn oppgavene med AR, i tillegg til at det var enklere å oppmuntre til refleksjon. Dette kan igjen ha stor betydning for utvikling av metakognitive ferdigheter, noe som kan være særlig nyttig for elever med svake ferdigheter i matematikk. Funnene viste også at guttene har sterkere ferdigheter i mental rotasjon enn jentene. Resultatene viste videre at AR har nær stor betydning for utvikling av indre motivasjon, og en moderat betydning for utvikling av mestringsforventning. Informantene underbygget disse funnene ved å uttrykke at AR er et verktøy som kan gjøre skoledagen mer lystbetont og gøy. Det ble likevel framhevet av den ene informanten at den tradisjonelle undervisningen muligens bidro til mer læring. Av den grunn kan det tenkes at en undervisning som kombinerer bruk av AR og mer tradisjonelle metoder vil kunne bidra til både motivasjon, mestringsforventning og god læring. Dette bør videre forskning undersøke. Videre forskning kan også undersøke effekten ulike AR-medier, for eksempel andre typer AR-briller og PC-basert AR, har på læring. Dette er fordi andre typer AR muligens åpner for flere muligheter og har flere funksjoner enn AR-brillene brukt i denne studien.

Abstract

In the autumn of 2020, the new curricula, which emphasize educating children to, among other things, have the ability to reflect, and be explorative and creative, will be implemented. Augmented Reality (AR) is a technology that can be useful for this. The purpose of this study is therefore to investigate the effect the AR glasses Microsoft HoloLens has on the spatial ability of mental rotation, intrinsic motivation and self-efficacy. The study highlights the following issue: *Does the use of AR glasses as teaching material have significance for the development of the spatial ability of mental rotation, intrinsic motivation and self-efficacy in students of the age of 13?*

Spatial ability is related to mathematical skills. Thus, developing the spatial ability may possibly develop students' mathematical skills. In order to potentially make a contribution to special education, the thesis statement is elaborated through research questions that examine differences in development based on gender and achievement level in mathematics. In addition, two students with low achievement skills are interviewed to gain insight into their experience of the project.

The quantitative data were collected by using a quasi-experimental pretest-posttest with a control group design. In addition, a pre- and post-survey measured students' intrinsic motivation and self-efficacy. To collect qualitative data, an in-depth interview was used. The sample consists of 19 students from two schools in Trondheim, of which 13 are a part of the experimental group and 6 are in the control group. Unfortunately, due to the measures taken against Covid-19, the sample was smaller than desirable and the group distribution uneven.

The results indicate that AR has a small effect on the development of mental rotation. The control group, that used traditional teaching aids such as concretes and assignments on sheets, had a stronger effect of the measures. These tasks were easier to administrate than the tasks with AR, in addition to the fact that it was easier to encourage to reflection. This, in turn, can be of great importance for the development of metacognitive skills, which can be particularly useful for students with poor mathematical skills. Further, the findings constitute that boys have stronger mental rotation skills than girls. The results also indicate that AR is of great importance for the development of intrinsic motivation, and a moderate importance for the development of self-efficacy. The informants supported these findings by expressing that AR is a tool that can make the school day more pleasurable and fun. However, it was pointed out of by one informant that traditional teaching methods may have contributed to more learning. For this reason, it is conceivable that teaching that combines the use of AR and more traditional methods can contribute to motivation, self-efficacy and good learning experiences. Further research should examine this. In addition, further research should examine the effects different AR media, such as other sorts of AR glasses and desktop AR, have on learning. The reasons are that other sorts of AR may offer more opportunities and include more features than the AR glasses used in this study.

Forord

Å skrive masteroppgave har vært en spennende og lærerik prosess, og sammen med alle årene som student på lærerutdanning er jeg nå klar for å prøve å omsette all teorien om til kunnskap i praksis som lærer og spesialpedagog. Jeg vil huske denne perioden som tidvis krevende og utfordrende, men stort sett som engasjerende og selvutviklende.

Først og fremst vil jeg takke kontaktlærerne jeg hadde kontakt med på skolene som deltok i prosjektet. Tusen takk for at jeg fikk gjennomføre datainnhentingen i deres klasse og for god hjelp underveis. Dernest vil jeg takke elevene som deltok i prosjektet. Uten dere hadde ikke studien vært gjennomførbar.

Jeg ønsker også å rette en stor takk til mine dyktige veiledere Ekaterina Prasolova-Førland og Per Frostad for kunnskapsrike innspill og meningsfulle veiledningstimer. Deres kunnskap på hvert enkelt fagområde har vært inspirerende og har hatt stor betydning gjennom hele prosessen. Videre rettes en stor takk til Wilhelm André Mangersnes for et godt samarbeid før og under datainnhentingen. Jeg er stolt av å ha gjennomført et tverrfaglig masterprosjekt, og din kunnskap om AR og annen teknologi har vært inspirerende.

Takk til gode studievenner for gode samtaler og råd, i tillegg til avkobling med moro iblant. Til slutt, tusen takk til familien hjemme, spesielt mamma og pappa, for god støtte gjennom hele utdanningsløpet.

Trondheim, NTNU, 2020

Nora Therese Rapp

Innhold

Figurer xi
Tabeller xi
Forkortelser/symboler xi
1 Innledning 13
1.1 Bruk av AR og VR i Norge 14
1.2 Begrepsavklaring 14
1.3 Oppgavens oppbygning 14
2 Teori 16
2.1 Spatial ferdighet og mental rotasjon 16
2.1.1 Geometrisk tenkning og van Hieles teori 16
2.1.2 Mental rotasjon 17
2.1.3 Lærevansker i matematikk 17
2.1.4 Tidligere forskning på mental rotasjon 18
2.2 Læring gjennom fordypning i digitale miljø 18
2.2.1 Konstruktivistisk læringsteori 19
2.2.2 Augmented Reality 20
2.2.3 Microsoft HoloLens 21
2.2.4 Tidligere forskning på AR og effekt på spatial ferdighet 22
2.3 Spillbasert læring 23
2.4 Deci og Ryans selvbestemmelsesteori 24
2.5 Banduras teori om mestringsforventning 25
3 Metode 27
3.1 Metodisk tilnærming, vitenskapsteoretisk standpunkt og design 27
3.1.1 Vitenskapsteoretisk standpunkt 27
3.1.2 Design 27
3.2 Populasjon og utvalg 28
3.3 Måleinstrument 29
3.3.1 Den kvantitative pre- og posttesten 29
3.3.2 Den kvantitative pre- og post-spørreundersøkelsen 29
3.3.2.1 Sammensatte mål 30
3.3.3 Det kvalitative forskningsintervjuet 31
3.3.3.1 Utarbeiding av intervjuguide 31
3.4 Gjennomføring av datainnsamling 32
3.4.1 Eksperimentgruppe – treningsopplegg med AR-briller 32
3.4.2 Kontrollgruppe – treningsopplegg med figurer på ark og konkreter 33

3.4.3 Intervju 35
3.5 Statistiske analyser 35
3.5.1 Faktoranalyse 35
3.5.2 T-test og ANOVA 35
3.6 Kvalitetssikring i en todelt studie 36
3.6.1 Validitet 36
3.6.1.1 Begrepsvaliditet 36
3.6.1.2 Statistisk validitet 37
3.6.1.3 Indre validitet 37
3.6.1.4 Ytre validitet 38
3.6.2 Reliabilitet 39
3.7 Forskningsetiske betraktninger 39
3.7.1 Informert og frivillig samtykke, og konfidensialitet 40
4 Presentasjon av empiri 41
4.1 Resultater fra den kvantitative testen og spørreundersøkelsen 41
4.1.1 Faktoranalyse 41
4.1.2 Deskriptiv statistikk 42
4.1.3 Har bruk av AR som undervisningsmateriale betydning for utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon, indre motivasjon og mestringsforventning hos elever i 13-årsalder? 43
4.1.4 Er det forskjell på utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon ut fra kjønn? 44
4.1.5 Er det forskjell på utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon ut fra prestasjonsnivå i matematikk? 45
4.2 Resultater fra det kvalitative forskningsintervjuet 46
4.2.1 Erfaringer til matematikk 46
4.2.2 Indre motivasjon 46
4.2.3 Mestringsforventning 47
5 Diskusjon 49
5.1 Utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon 49
5.1.1 Kunne andre typer AR-medium gitt et annerledes resultat? 50
5.1.2 Utvikling ut fra kjønn og prestasjonsnivå i matematikk 51
5.2 Utvikling av indre motivasjon 53
5.3 Utvikling av mestringsforventning 54
5.4 Metodiske styrker og svakheter 56
6 Avslutning 58
6.1 Veien videre 59
Referanser 60

Vedlegg 66

Figurer

Figur 2.1: Arbeid med telefonbasert AR 20
Figur 2.2: Arbeid med AR-brillene HoloLens 21
Figur 3.1: Oppgave i mental rotasjon-testen 29
Figur 3.2: Illustrasjon av AR-applikasjonen 33
Figur 3.3: Illustrasjon 1 av oppgaver i kontrollgruppa 34
Figur 3.4: Illustrasjon 2 av oppgaver i kontrollgruppa 34

Tabeller

Tabell 4.1: Faktoranalyse av indre motivasjon og mestringsforventning 41
Tabell 4.2: Frekvenstabell av utvalget 42
Tabell 4.3: Deskriptiv statistikk 42
Tabell 4.4: T-test avhengig utvalg - generell utvikling 43
Tabell 4.5: T-test uavhengig utvalg - er gruppene forskjellig i post? 44
Tabell 4.6: T-test avhengig utvalg - utvikling ut fra kjønn 44
Tabell 4.7: Deskriptiv statistikk - utvikling ut fra prestasjonsnivå 45
Tabell 4.8: ANOVA - er det forskjell på utvikling ut fra prestasjonsnivå? 45

Forkortelser/symboler

NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
AR	Augmented Reality
VR	Virtual Reality
UDIR	Utdanningsdirektoratet
3D	Tredimensjonal
2D	Todimensjonal
CSDT	Center for Self-Determination Theory
NSD	Norsk Senter for Forskningsdata
Eks.	Eksperimentgruppe
Kont.	Kontrollgruppe
Prest.nivå.	Prestasjonsnivå
Indmot.	Indre motivasjon
Mesfor.	Mestringsforventning
Var.	Variabel
X	Gjennomsnitt
SD	Standardavvik
N	Utvalgsstørrelse
P	Signifikans
Dif.	Differanse

1 Innledning

Denne avhandlingen tar for seg bruk av Augmented Reality (AR) i undervisning og utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon. I august 2020 tas de nye læreplanene i grunnskolen i bruk. Innholdet i fagene blir nytt fordi kunnskapen elevene skal lære skal være relevant, gi dybdelæring og vise sammenhenger mellom fagene. Utdanningsdirektoratet (Udir, 2018) viser til at samfunnet og arbeidslivet endrer seg med ny kunnskap, nye utfordringer og ny teknologi. Fagene fornyes for å kunne utdanne barn til å ha evne til refleksjon, være kritiske, utforskende og kreative, og da vil kunne håndtere disse stadige endringene. Kumar (2003) sier at vår tidsalder er preget av teknologi (s. 375). Bruken av teknologi øker kraftig, også i utdanning. De siste årene er det gjort flere studier og meta-analyser på hvordan teknologi med AR kan brukes i undervisning og hva den har å si for læring (Ozdemir, Sahin, Arcagok & Demir, 2018; Garzón & Acevedo, 2019; Sommerauer & Müller, 2018). Den nye læreplanen i matematikk sier at faget skal legge til rette for at elevene får utforsket matematikken, oppdage sammenhenger og bli gode problemløsere (Udir, 2019), og til nettopp dette kan AR være et nyttig verktøy (Dunleavy og Dede, 2014, s. 739). Med bakgrunn i dette har jeg valgt å undersøke om AR kan bidra til å utvikle den spatiale ferdigheten mental rotasjon, samt eventuelt påvirke indre motivasjon og mestringsforventning. Studiens overordnede problemstilling er da formulert slik:

> *Har bruk av AR-briller som undervisningsmateriale betydning for utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon, indre motivasjon og mestringsforventning hos elever i 13-årsalder?*

For å svare på denne problemstillingen har jeg jobbet i et tverrfaglig team med Wilhelm André Mangersnes, masterstudent i fysikk. Prosjektet er innovativt, og vil muligens kunne gi et innblikk i hvordan framtidens undervisning kan foregå. Mangersnes har utviklet applikasjonen som brukes i AR, mens jeg har hatt ansvar for de pedagogiske aspektene ved datainnhentingen.

Spatial ferdighet har en sammenheng med matematikkferdigheter både for voksne og barn (Shea, Lubinski & Benbow, 2001; Verdine et al, 2014). Utvikling av denne vil potensielt bidra til å øke elevenes evner i matematikk. For å undersøke eventuelle forskjeller i utviklingen, og da muligens gi et bidrag til spesialpedagogikken, vil problemstillingen bli utdypet og belyst gjennom følgende forskningsspørsmål:

> *Er det forskjell på utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon ut fra kjønn?*
>
> *Er det forskjell på utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon ut fra prestasjonsnivå i matematikk?*
>
> *Hvordan opplever to elever med svake ferdigheter i matematikk undervisning i mental rotasjon?*

1.1 Bruk av AR og VR i Norge

Thor Heyerdahl videregående i Larvik er landets første skole som har tatt i bruk AR-briller i undervisning, nemlig Microsoft HoloLens. Digitalpedagogen Jon Kvist sier til NRK at elevene deltar i undervisningen på en mer engasjerende måte og de får presentert sine egne ideer i virkeligheten (Hansen, Ellefsen & Iversen, 2018). På skolens nettside uttrykkes det at HoloLens gir elevene mulighet til å simulere situasjoner de vil møte i yrkeslivet, i tillegg til at de får sett egne konstruksjonstegninger tredimensjonalt. Skolen fremholder at dette vil bidra til en dypere forståelse og større læringsutbytte enn arbeid med todimensjonale skisser og bilder fra lærebøker (Thor Heyerdahl videregående skole, 2020).

Videre er VR Education et forskningsprogram som foregår i Norge i dag, og som vil bli kommersialisert etter sommeren 2020. De undersøker om elever kan forbedre de grunnleggende ferdighetene i matematikk gjennom å bruke Virtual Reality (VR). Forskerne bak prosjektet argumenterte for at tid er en utfordring i skolen ettersom man kan bli forstyrret av medelever eller mangle engasjement. VR kan da bidra til å stenge ut forstyrrelser fra medelever ettersom man befinner seg i en virtuell verden, i tillegg til at det kan skape engasjement og bedre utholdenhet. En pilottest ble gjennomført over seks uker ved en skole i Hedmark, hvor det ble brukt en eksperimentgruppe og en kontrollgruppe. Foreløpige resultater viser at begge gruppene oppnådde en bedring i ferdighetene, men eksperimentgruppen viste en høyere forbedring enn kontrollgruppen. Piloten viste også at guttene gjorde det bedre enn jentene, noe som kan skyldes at flere jenter uttrykte at de ble kvalme (Nordahl, 2018).

1.2 Begrepsavklaring

Begrepene *augmented reality, spatial ferdighet* og *mental rotasjon* har stor betydning for avhandlingen og vil bli nøyere beskrevet i teorikapitlet. Her er likevel en kort avklaring av de ulike:

Augmented reality, på norsk *utvidet virkelighet*, referer til teknologi som forener miljø fra virkeligheten og kontekstbasert digital informasjon. Virkeligheten blir således supplert med virtuelle objekt. Ideelt vil det framstå for brukeren at virtuelle og ekte objekt eksisterer i samme rom (Azuma, 1997, s. 356). I dag brukes mobile AR-applikasjoner i blant annet hodemontert display, kameraer, og mobiler og skjermbrett med internettilgang (Sommerauer & Müller, 2018, s. 1). I dette prosjektet benyttes et hodemontert display i form av AR-briller, som i likhet med Thor Heyerdahl videregående er Microsoft HoloLens.

Spatial ferdighet utgjør et omstridt begrep[1]. I Store Norske Leksikon definerer Svartdal (2019) spatial ferdighet som «(...) et individs evne til å kunne skape et mentalt bilde, en forestilling, om romlige forhold, og det å kunne operere med romlige relasjoner». Det kan for eksempel knyttes til geometrioppgaver, puslespill og orientering. *Mental rotasjon* vil bli presentert som en kategori av spatial ferdighet, og defineres av Svartdal (2019) som «(...) det å se for seg at et objekt roteres i rommet».

1.3 Oppgavens oppbygning

Avhandlingen består av seks kapitler, og begynner med en redegjørelse av relevant teori som vil kunne belyse problemstillingen og forskningsspørsmålene. Videre følger et

[1] Begrepet vil bli behandlet ytterligere i teorikapitlet.

kapittel om metode som beskriver og forklarer metodiske valg i forskningsprosessen, samt etiske vurderinger. Her vil det også bli gjort rede for kvalitetssikring. Deretter presenteres empiri, som følgende blir drøftet ved hjelp av teori. Avslutningsvis vil jeg gi en oppsummering, samt prøve å konkludere.

2 Teori

I følgende del vil det bli redegjort for det teoretiske grunnlaget som problemstillingen og forskningsspørsmålene bygger på. Først presenteres spatial ferdighet og komponenten mental rotasjon, noe som vil bringe oss til lærevansker i matematikk. Deretter følger teori om AR og konstruktivistisk læringsteori. Videre utdypes element fra spillbasert læring, og avslutningsvis beskrives Deci og Ryans selvbestemmelsesteori og Banduras teori om mestringsforventning.

2.1 Spatial ferdighet og mental rotasjon

Ifølge Linn og Petersen (1985) er spatial ferdighet en viktig komponent i den intellektuelle ferdigheten. Innledningsvis ble det nevnt at det finnes ulike synspunkt på hva spatiale ferdigheter egentlig innebærer, og det eneste punktet det finnes enighet om er at ferdigheten består av flere komponenter og brukes på ulike områder (s. 1479). Mizzi (2017) uttrykker at det handler om manipulering av rom, altså å kunne håndtere og påvirke omgivelsene. Dette er en ferdighet som er nødvendig for å kunne navigere og løse spatiale oppgaver, både i virkeligheten og mentalt (s. 10). Pinkernell og Thurstone, referert i Mizzi (2017), definerer spatial ferdighet som å kunne manipulere to- og tredimensjonale objekter i rommet mentalt (s. 11). Dette kan innebære å legge puslespill, bygge med byggeklosser eller gjøre oppgaver i geometri. Med bakgrunn i dette kan man trekke linjer til geometrisk tenkning. Dette og dets sammenheng med spatial ferdighet vil bli gjennomgått i neste avsnitt.

2.1.1 Geometrisk tenkning og van Hieles teori

Geometrisk tenkning handler om å bruke allerede formelle begrep til å beskrive form og rom. Disse begrepene kan for eksempel innebære målenheter, vinkelformer og kongruens. Underliggende geometrisk tenkning finner man spatial ferdighet. Battista (2007) beskriver dette som evnen til å se, undersøke og reflektere over for eksempel objekter, bilder og forhold. Her inkluderes det å kunne produsere mentale bilder, altså ha evne til å se for seg objekt som ikke er fysisk til stede. Dette kan kobles sammen med abstraksjon. Videre skal man kunne manipulere og bruke de mentale bildene i videre tankegang. Således vil spatial ferdighet sørge for innførsel av formell geometrisk tenkning gjennom bruk av felles begrep, for eksempel definisjoner på figurer. I tillegg vil man utvikle kritiske kognitive verktøy for å kunne gjennomføre geometriske oppgaver (Battista, 2007, s. 843-844).

Spatial ferdighet kan således hevdes å være nødvendig for å kunne utvikle evne til geometrisk tenkning. Utvikling av denne ferdigheten beskrives ofte ut fra van Hieles teori om nivå i geometrisk tenkning. Det finnes 6 nivå som går fra 0 til 5. Disse går i rekkefølge og er hierarkiske. For at elevene skal kunne fungere tilfredsstillende på et nivå, må de ha mestret og gått videre fra et lavere nivå. Nivå 0 baserer seg på å håndtere en delmengde av figurkarakteristikker, og man kan derfor identifisere kun et fåtall vanlige former. I nivå 1 gjenkjenner man figurene etter kategorier, og kan definere de som firkant og trekant. Man forholder seg til figuren som en helhet, og kan ikke identifisere figurene ut fra egenskaper. For eksempel kan man ikke vite at en spesifikk firkant er et kvadrat fordi det har rette vinkler og like lange sider. Hvis elevene ikke kan

se figuren, har de heller ikke mulighet til å visualisere den som tredimensjonal, dens plassering eller bevegelse. Figurene manipuleres dermed ut fra gjetting. I nivå 2 derimot, kan elevene gjenkjenne figurene ut fra karakteristikker. Her kan man skille mellom ulike typer firkanter, for eksempel rektangel, kvadrat og parallellogram. Elevene kan visualisere enkle bevegelser av figuren fra en synlig vinkel til en annen. Videre i nivå 3 kan man se sammenhenger mellom figurer, og forstår gjerne hvorfor man trenger ulike definisjoner. For eksempel kan elevene skjønne at et kvadrat er en type rektangel, som igjen er en type parallellogram. I tillegg kan man i noen tilfeller forstå og lage logiske argument. Her kan elevene visualisere bevegelse av figuren, selv med vinkler som ikke er synlige. I nivå 4 er man kommet videre til å forstå aksiomatiske systemer, nemlig systemer som ikke trenger bevis og er selvinnlysende. I tillegg kan man stille opp enkle bevis der det trengs. Visualiseringen er her på et høyt nivå, og henger sammen med god kunnskap om egenskaper ved hver figur. I det siste nivået, nivå 5, kan man studere geometri abstrakt og lage formelle argument (Battista, 2007, s. 847). Ifølge Bjørnestad, Kongelf og Myklebust (2006) kommer man ikke på nivå 5 verken i grunnskolen eller videregående skole (s. 493). Med bakgrunn i dette kan det sies at utvikling av geometrisk tenkning kan ha en sterk sammenheng med utvikling av spatial ferdighet. Linn og Petersen (1985) har utviklet tre kategorier av spatial ferdighet: spatial persepsjon, spatial visualisering og mental rotasjon (s. 1482). Disse kategoriene kan man si at benyttes i van Hieles teori når elevene lærer å visualisere bevegelse av figuren. Mental rotasjon er den relevante kategorien i denne avhandlingen, og vil bli nøyere gjennomgått i neste delkapittel.

2.1.2 Mental rotasjon

Mental rotasjon handler om å kunne rotere to- og tredimensjonale objekt nøyaktig. Oppgavene er tydelige og involverer en gestaltlignende, analog framgangsmåte (Linn & Petersen, 1985, s. 1483-1484). Det vil si at helheten av objektet er i fokus, og at man ut fra denne danner objekt som er lik originalen, men vist fra en annen vinkel. Med andre ord skal man forestille seg hvordan et objekt ville sett ut hvis det var rotert. En annen forklaring er at man skal vurdere om en testfigur, for eksempel en geometrisk figur, et tall eller en bokstav, er lik eller ulik en gitt standard. Tester i mental rotasjon baserer seg gjerne på et utvalg roterte figurer, hvor man skal identifisere en figur som er lik en annen. Shepard og Metzler undersøkte denne ferdigheten i 1971. Konklusjonen var blant annet at løsningstiden på oppgavene økte når vinkelforskjellen mellom figurene økte (Shepard & Metzler, 1971, s. 701).

En studie av Xue et al (2017) refererer til Lynn A. Cooper og Roger N. Shepard når de hevder at løsningsprosessen på oppgaver i mental rotasjon er antatt å bestå av fem trinn (s. 1). Først må man perseptuelt kode stimulusen, altså tolke objektet som presenteres. Deretter identifiserer man stimulusen, nemlig gjenkjenner objektet som for eksempel en kube. I det tredje steget roterer man stimulusen mentalt, før man i det fjerde trinnet vurderer denne roterte varianten. Til slutt, i det femte steget, har man en reaksjon og gjennomfører oppgaven ved å velge figur.

2.1.3 Lærevansker i matematikk

Som nevnt innledningsvis, viser forskning at det er en sammenheng mellom spatiale ferdigheter og ferdigheter i matematikk (Shea et al, 2001; Verdine et al, 2014). Ifølge Ostad (2013) viser norske studier at omtrent 10% av elever i grunnskolen har lærevansker i matematikk. Dette er elever som har opplevd et brudd i den faglige utviklingen. Likevel er dette ingen ensartet gruppe elever da vanskene kan variere i grad

og art (s. 10-11). I faglitteraturen finner man flere definisjoner og aspekter på matematikkvansker, for eksempel dyskalkuli og spesifikke matematikkvansker. I denne studien benyttes begrepet lærevansker i matematikk og matematikkvansker.

Vansker med den spatiale ferdigheten kan bli sett på som en av tre former for lærevansker i matematikk (Geary, 2004, s. 10; Lunde, 2010, s. 51). Ifølge Lunde (2010) finnes det ofte en sammenheng mellom elevers oppfatning av rom, og deres eventuelle vansker med tall (s. 41). Oppfatning av rom og form blir da beskrevet som et kjennetegn på matematikkvansker i Lunde (2010, s. 38). Dette kan for eksempel ha betydning for oppgaver knyttet til geometri, hvor en er avhengig av oppfatning og tolkning av figurer. Videre kan dette påvirke evnen til å danne mentale bilder, som blir dannet av en visuell og en spatial komponent. Den visuelle baserer seg på å kjenne igjen form, farge og lysstyrke ved et objekt, og den spatiale handler om å kjenne igjen delene av objektet sammen med plassering og mulig bevegelse. For eksempel bruker man ofte begreper som kvadrat, sirkel og kube i matematikkundervisning, og man bør da kunne forestille seg hvordan disse figurene ser ut. Å kunne danne mentale bilder, kan således være svært viktig for begrepsutvikling, lagring av informasjon og igjen evnen til å løse oppgaver (Lunde, 2010, s. 42; van Garderen, 2006, s. 504). Med bakgrunn i dette kan oppgaver som trener spatial ferdighet muligens være nyttig for elever som strever i matematikk, ettersom denne treningen også kan ha effekt på matematikkferdighetene.

Denne studien undersøker blant annet effekten AR-briller har på elever med ulikt prestasjonsnivå i matematikk. Utvalget består av elever som har sterke, middels og svake ferdigheter i matematikk, men ingen som er i matematikkvansker. Likevel kan teori på dette området trolig være relevant ettersom elever med svake ferdigheter kan relateres til elever i vansker. Et brudd i den faglige utviklingen kan oppstå slik at elevene senere havner i vansker (Ostad, 2013, s. 10). Det kan således være hensiktsmessig å ha kunnskap om matematikkvansker, slik at man kan prøve å unngå at vansker oppstår. Dessuten kan det tenkes at en didaktikk som ivaretar elever i vansker, også vil være nyttig for andre elever. For eksempel uttrykker Nortvedt og Vogt (2012) at det trolig er en sammenheng mellom en lærers undervisningsform og elevenes verdsetting av faget matematikk. En undervisningsform som er preget av dialog mellom lærer og elever vil kunne gi positive holdninger til faget (s. 377).

2.1.4 Tidligere forskning på mental rotasjon

Rodán, Gimeno, Elosúa, Montoro & Contreras (2019) argumenterte for at spatial ferdighet er avgjørende i dagligdagse situasjoner som å kjøre bil og å orientere seg i et område (s. 1). Av den grunn kan det være hensiktsmessig å trene og forbedre den spatiale ferdigheten, noe en metaanalyse av Uttal et al (2013) viser at er mulig. Videre fokuserer flere studier på kjønnsforskjeller i arbeid med mental rotasjon, hvor et flertall viser at gutter gjør det bedre på disse oppgavene enn jenter (Linn & Petersen, 1985; Burton, Henninger & Hafetz, 2005; Lauer, Yhang & Lourenco, 2019).

2.2 Læring gjennom fordypning i digitale miljø

AR er et digitalt verktøy som gir mulighet til fordypning i emner og tverrfaglig læring (Dede, Jacobsen & Richards, 2017, s. 2). I engelsk litteratur brukes ofte begrepet *immersion* i tilknytning til AR, som i overført betydning betyr opptatthet eller fordypelse. Dede (2009) argumenterer for at læring gjennom fordypning i digitale miljø kan forbedre undervisningen ved at man muliggjør flere perspektiv, og at muligheten for overføring til andre emner øker. Han fremholder at muligheten til å forandre perspektiv, ved å for

eksempel bruke AR, er en god fremgangsmåte for å forstå komplekse fenomen. Eksosentriske og egosentriske rammer kan da benyttes. Den eksosentriske rammen gir oversikt over et objekt utenfra og vil kunne bidra til abstrakt læring. Den egosentriske viser synspunktet fra selve objektet, og kan muliggjøre konkret læring (Dede, 2009, s. 66). Disse påstandene er begrunnet ut fra konstruktivistisk læringsteori, med argument som at kunnskap oppstår i realistiske situasjoner hvor man mestrer autentiske oppgaver. Videre dannes egne tolkninger av virkeligheten med utgangspunkt i disse erfaringene (Dunleavy og Dede, 2014, s. 736-737). For eksempel kan man gjennom AR utforske solsystemet slik det faktisk ser ut, framfor å bruke appelsiner og epler som konkreter. Gjennom den eksosentriske rammen vil man kunne utforske solsystemet som en helhet utenfra, mens den egosentriske gir mulighet til å undersøke planetene fra innsiden. Et annet eksempel er muligheten til å utforske innsiden av kroppen og organenes funksjoner. På denne måten kan AR muliggjøre flere perspektiv og la elevene fordype seg i det aktuelle temaet det blir undervist i. I neste avsnitt vil den konstruktivistiske læringsteorien beskrives mer utfyllende. Deretter utdypes den teoretiske bakgrunnen til AR, samt dets muligheter og begrensninger. Til slutt vises det til tidligere forskning på AR og dens effekt på spatial ferdighet.

2.2.1 Konstruktivistisk læringsteori

Den konstruktivistiske læringsteorien tar utgangspunkt i at mening og betydning blir skapt av hvert enkelt individ. Med andre ord vil det si at kunnskap ikke finnes i verden uavhengig, men blir skapt gjennom mennesker. Kunnskap blir for eksempel utviklet gjennom kognitivt nivå, egne erfaringer, tolkninger, sosiokulturell bakgrunn og kontekst (Dunleavy & Dede, 2014, s. 737). En persons tolkning av et fenomen, trenger altså ikke være lik en annens. Holm (2002) viser til at konstruktivismens grunnlag oppstod gjennom Piagets utviklingsstudier. Man skaper sin egen kunnskap og forståelse gjennom samhandling med omgivelsene. Kunnskapen kan ikke overføres fra en person til en annen, og den er heller ikke et bilde av virkeligheten ettersom den ikke kan bli forstått direkte. Med andre ord blir læring av kunnskap sett på som en prosess der man må skape og omskape kunnskap selv, og man tilpasser synet sitt på verden ut fra resultatet som konstrueres (s. 47-48). Videre settes det fokus på at aktiv tenkning og refleksjon er viktige element i en konstruktivistisk undervisning. For eksempel er matematikk et fag hvor læreren skal prøve å stimulere elevene til å gjøre egne matematiske erfaringer og da skape egen matematisk kunnskap. «Elevene må utvikle tanken som redskap til å løse problemer med» (Holm, 2002, s. 50). Kunnskap skal altså ikke overleveres fra læreren til elevene, men den skal bli aktivt skapt med læreren som veileder. Den overordnede delen av læreplanverket deler dette synet på læring da det uttrykkes at elevene skal utvikle en forståelse av kritisk og vitenskapelig tenkning, som innebærer å bruke fornuften på en undersøkende og systematisk måte. Skolen skal også gi elevene mulighet til å utvikle skaperglede, engasjement og utforskertrang, de skal få stille spørsmål og eksperimentere for å oppnå dybdelæring (Udir, 2017, s. 5-6). «Elevene skal lære å utvikle seg gjennom sansing og tenkning, estetiske uttrykksformer, og meningsfylt læring» (Udir, 2017, s. 6).

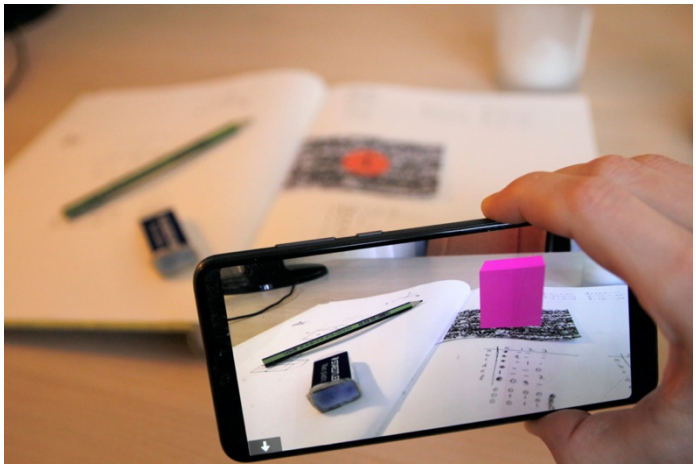
Undervisning i matematikk baserer seg ofte på konstruktivistiske trekk, ettersom faget består av komponenter som bygger på hverandre. Grunnlaget for å lære viktige matematiske begrep oppstår gjerne gjennom handlinger i lek og hverdag. For eksempel i leker hvor telling benyttes, eller matlaging hvor størrelser og målenheter er av betydning. Man fokuserer på objekter gjennom syn og berøring, og har koordinasjonsleker. Gjennom disse aktivitetene kan man skape grunnlaget for å utvikle

forståelse av abstrakte tema i matematikk som tallinja og symboler. Med bakgrunn i dette baseres ofte undervisning i matematikk på utforsking av konkreter, og etterhvert vil de abstrakte begrepene konstrueres ved blant annet refleksjon og uten bruk av konkret materiale (Holm, 2002, s. 51).

Fra et konstruktivistisk standpunkt vil AR kunne fungere som et pedagogisk verktøy ettersom deltakerne kan opptre i en kontekst hvor veiledning og stillasbygging blir ivaretatt (Dunleavy & Dede, 2014, s. 737). Stillasbygging bygger på at elevene opplever en balanse mellom de faglige utfordringene de blir presentert for, og deres kompetanse på området (Nortvedt & Vogt, 2012, s. 377). Veiledning og stillasbygging kan sikres gjennom å gi opplæring i bruk av teknologien, modellere oppgavene og gi en nødvendig grad av støtte som gis helt til elevene klarer å arbeide selvstendig. I tillegg kan bruk av AR kunne legge til rette for metakognitive læringsprosesser og flere representasjonsmåter (Dunleavy & Dede, 2014, s. 737). Flere representasjonsmåter kan igjen eksemplifiseres ved muligheten til å utforske solsystemet og kroppen fra ulike perspektiv. Metakognisjon handler om å være bevisst på egne læringsprosesser, noe elever i matematikkvansker ofte har svake ferdigheter i. Dette har igjen en tett sammenheng med strategibruk (Lunde, 2010, s. 74-75). Ettersom konstruktivismen vektlegger bruk av aktiv tenkning og refleksjon, og fokuserer mindre på pugging av kunnskap, vil denne didaktikken også kunne fungere godt for elever i matematikkvansker (Holm, 2002, s. 51-52). Med andre ord må tid til refleksjon over oppgavene og gjennomføringen av dem brukes god tid på, slik at elevene får drøftet over egne læringsprosesser, strategibruk og temaet det blir undervist i.

2.2.2 Augmented Reality

AR baserer seg på at virtuelle objekt legges til i den virkelige verden. Man kombinerer en virtuell verden med den ekte verden, slik at man kan få en helhetlig virkelighetsopplevelse. I 2016 kom spillet Pokémon Go som tar i bruk denne teknologien ved at spillerne gjennom kameraet på mobilen ser figurene de skal fange på gata (Dvergsdal & Aabakken, 2019). Innledningsvis ble det nevnt at Thor Heyerdahl videregående er den første skolen i Norge som bruker AR-briller i undervisning, noe som også tas i bruk i dette prosjektet. Ut fra litteratur og tidligere forskning, er det likevel rimelig å anta at det som er mest vanlig å bruke er mobile AR-applikasjoner som pekes på bilder og bøker (Green, Green & Brown, 2017; Chen, 2019). Da peker man kameraet fra telefonen, eventuelt nettbrettet, på boken og ser på skjermen at boken blir supplert med flere element i tre dimensjoner. Dette illustreres i figur 2.1.



Figur 2.1: Arbeid med telefonbasert AR

Figur 2.2: Arbeid med AR-brillene HoloLens

Figur 2.2 viser hvordan det arbeides med AR-briller i denne studien. Figurene er laget av og gjengitt etter tillatelse av Mangersnes. HoloLensens bruksområder vil bli utdypet i kapittel 2.2.3. Mulige årsaker til at mobile AR-applikasjoner benyttes i stor grad, er at det er relativt billig, i tillegg til at det ikke forutsetter tungt og dyrt utstyr (Green et al, 2017, s. 604).

Klopfer og Sheldon (2010) uttrykker at AR kan hjelpe elever med å se verden på andre måter, og bidra til større engasjement i arbeid med realistiske oppgaver i allerede kjente kontekster (s. 86). Realistiske oppgaver kan for eksempel innebære å utforske hvordan dinosaurene ser ut i deres reelle målestokk. Dunleavy og Dede (2014) viser til at den mest rapporterte fordelen med AR er muligheten til å presentere mangfoldige, komplementære perspektiv på et problem i et fysisk område. Dette vil igjen gi lærere mulighet til å utnytte hele det fysiske klasserommet som ekstra innhold til utforsking og manipulering (s. 739). Andre studier framhever at AR forenkler konkretisering, timen blir mer attraktiv og fører da til økt motivasjon og oppmerksomhet (Shelton & Hedley, 2002; Liu, Tan & Chu, 2007). En mulig begrensning som er blitt rapportert flere ganger er kognitiv overbelastning hos elevene. Dette har bakgrunn i at kompleksiteten ved oppgavene er overveldende, navigasjonen og undersøkelsesprosessen er utfordrende, og det kan være vanskelig å ta avgjørelser som lag (Dunleavy & Dede, 2014, s. 739). Dunleavy og Dede (2014) viser videre til flere studier som peker på utfordringer knyttet til at skolesystemet ikke er tilpasset til bruk av AR. Aktiviteten bør være utforskende og problemløsende, men kan igjen være tidkrevende og vanskelig å administrere (s. 739).

2.2.3 Microsoft HoloLens

I denne studien benyttes AR-brillene Microsoft HoloLens 1, som er den første uavhengige holografiske datamaskinen i verden. Gjennom holografiske opplevelser blir man presentert for data i tre dimensjoner (3D), plassert i den ekte verden rundt oss. For å forstå brukerens handlinger, inkluderer AR-brillenes funksjoner blikksporing og evne til å oppfatte bevegelser og stemmebruk. For eksempel plasseres hologrammet i det området hvor brukeren ser gjennom HoloLensen, og valg i applikasjonen som brukes kan gjøres gjennom en spesifikk bevegelse og stemmekommandoer (Microsoft, 2019a).

Hologrammene kan være private for hver enkelt bruker, slik at det kun er én og én HoloLens som ser et spesifikt hologram, men det kan også utvikles applikasjoner som gir mulighet for at flere brukere kan se et felles hologram på tvers av flere enheter. For eksempel kan dette gjøres ved å presentere et tema for en større gruppe, gi oppgaver som krever samarbeid eller gi veiledning én-til-én. Det blir likevel poengtert av Microsoft (2019b) at store grupper på flere enn seks personer kan føre til tekniske utfordringer knyttet til blant annet nettverket og sosiale utfordringer. Gruppestørrelsen kan videre påvirker representasjonen av mennesker i hologrammet og de virtuelle objektenes målestokk. For at gruppene således skal få best mulig kvalitet på hologrammet og at det skal bli enkelt å samhandle i applikasjonen, blir det anbefalt å benytte grupper på maks seks personer (Microsoft, 2019b). Det kan være verdt å nevne at det også finnes andre typer AR-briller, for eksempel Microsoft HoloLens 2 og Magic Leap, som muligens kan tilby andre funksjoner enn HoloLens 1. I denne studien benyttes likevel HoloLens 1 ettersom det er disse NTNU har tilgang på.

I 2018 ble det gjennomført en studie som sammenlignet tradisjonelt arbeid på PC, arbeid med AR gjennom nettbrett og Microsoft HoloLens 1. Mediene fungerer ulikt i muligheter til interaksjon, hvor man gjennom HoloLensen kan samhandle med teknologien på stedet hvor hologrammet er plassert. Med nettbrettet kan man samhandle med innholdet gjennom berøring, men 3D-innholdet er likevel presentert i to dimensjoner (2D). Resultatet viste at hvert medium har ulike fordeler. For eksempel kan man oppfatte 3D-innhold lettere ved bruk av HoloLens enn ved bruk av nettbrett og PC, som kun presenterer innholdet på en flat skjerm i 2D. Arbeid på PC ble likevel vurdert som raskest og mest presis i de fleste situasjoner, noe som kan skyldes at deltakerne i studien allerede er godt trent i bruksområdet til dette verktøyet (Bach, Sicat, Beyer, Cordeil & Pfister, 2018).

2.2.4 Tidligere forskning på AR og effekt på spatial ferdighet

Som nevnt, har tidligere forskning vist at AR kan være nyttig i undervisning ved at elevene blir presentert for flere perspektiv og lærerne får utnyttet klasserommet til det fulle. Videre studier på AR viser at dette også kan være nyttig i tilknytning til utvikling av spatial ferdighet. For eksempel studerte Lin, Chen og Chang (2015) effekten PC-basert AR har på spatiale ferdigheter, og undersøkte eventuelle forskjeller i prestasjonsnivå i matematikk. Ved denne type AR benyttes brikker med ulike mønster, for eksempel QR-koder, som plasseres foran kameraet på PC'en. På denne måten blir brikken supplert med virtuelle, tredimensjonale figurer på PC-skjermen. Studien fant ingen effekt hos elever med høy prestasjon, positiv, men liten effekt hos de med middels, og signifikant positiv hos de med lave prestasjoner. Gün og Atasoy (2017) forsket også på effekten PC-basert AR har på spatiale ferdigheter, i tillegg til effekt på matematiske prestasjoner, nemlig geometriske ferdigheter, og elevenes og lærerens opplevelse. Eksperimentgruppa, som brukte AR og konkreter, fikk signifikant endring i både spatial ferdighet og matematisk prestasjon. Kontrollgruppa, som kun brukte konkreter, fikk derimot kun signifikant endring i spatial ferdighet. Konkretene bestod av geometriske gjenstander som fantes i klasserommet, for eksempel et førstehjelpsskrin. Gruppene var ikke signifikant forskjellige, men eksperimentgruppa skåret litt høyere. Elevene uttrykte at bruk av AR var gøy og at det bidro til å visualisere abstrakte konsept. I tillegg hjalp AR dem til å lære og interessen økte gradvis i kurset. Læreren støttet elevenes utsagn, og

uttrykte at elevene møtte mer interesserte og nysgjerrige til undervisning, samt var mer utholdende. Dette leder videre til den teoretiske bakgrunnen til spillbasert læring.

2.3 Spillbasert læring

Spillbasert læring baserer seg hovedsakelig på digitale spill som har et læringsutbytte. Det faglige innholdet og spillets egenskaper sammenkobles slik at spilleren kan bruke det lærte innholdet i en reell kontekst. Spillene kan oppfordre til utforsking, leting etter mønster og problemløsning, og igjen føre til en bevisst strategiutvikling. I sin helhet, skal spill være en utfordrende aktivitet, strukturert med regler, mål, framgang og premier. De skal være atskilt fra den ekte verden, og ikke minst sørge for leksfølelse (Whitton, 2014, s. 5-6). Ifølge de Freitas (2018) kan lek være en viktig rolle i læring og har preget mye av innholdet i spill (s. 76). Statlig Spesialpedagogisk Tjeneste (2019) uttrykker at spill, både pedagogiske og underholdningsmessige, kan berøre tema fra flere fag, og da egne seg godt for både tverrfaglig arbeid og dybdelæring. de Freitas (2018) vurderte flere pedagogiske spill, og fant at lærere har gode muligheter til å innføre disse i undervisningen og at de kan bidra til motivasjon og engasjement hos elevene (s. 80). Læreren skal da legge bort rollen som «informasjonsgiver» og heller fungere som trener og veileder. Hen skal kunne spillet godt selv og gi gode råd underveis. Etter endt spill, skal en oppfordre til refleksjon og spørre elevene om, for eksempel, hva som fikk dem til å handle slik de gjorde (de Freitas et al, 2012, s. 27).

Bruk av spill i skolen kan knyttes til den grunnleggende ferdigheten digitale ferdigheter. Utdanningsdirektoratet (2016) beskriver at digitale ferdigheter dreier seg om «å innhente og behandle informasjon, være kreativ og skapende med digitale ressurser, og å kommunisere og samhandle med andre i digitale omgivelser» (s. 1). Elevene skal kunne løse digitale oppgaver hensiktsmessig og forsvarlig, samt utvikle digital dømmekraft gjennom kunnskap og gode strategier for nettbruk. Senter for IKT i utdanningen og Spillpedagogene har i samarbeid utviklet et notat om dataspill i skolen (Senter for IKT i utdanningen, 2017). Her legges det vekt på at flere kompetansemål åpner for bruk av spill og at dette er et læringsverktøy som kan gi elever meningsfulle erfaringer gjennom å bruke fagkunnskapen og konkretisere abstrakte tema (s. 7). Dette underbygges av de Freitas et al (2012) som vektlegger at spillbasert læring kan være ekstra nyttig i situasjoner hvor elevene ikke ser hensikten med læringen, gjerne i læring av abstrakte konsept, ettersom spillet viser emnet i en troverdig kontekst (s. 30). Whitton (2014) viser derimot til at det er en mangel på robust forskning som tydeliggjør de mulige fordelene med spillbasert læring. De teoretiske fordelene er tydelige, men de er ikke underbygd med forskning (s. 185).

Videre i notatet, *Dataspill i skolen*, presenteres ulike spillbegrep, blant annet *læringsspill*, som er det aktuelle begrepet for denne avhandlingen. Senter for IKT i utdanningen (2017) definerer læringsspill som «dataspill som utvikles og designes for utdanningsformål eller for å lære opp spesifikke ferdigheter eller fagstoff» (s. 8). Det legges mer vekt på læring enn underholdning, og det finnes da innvendinger mot at spillerne kan oppleve dem som lite engasjerende. Notatet oppsummerer at dataspill kan gi elevene erfaringer og opplevelser som kan hjelpe dem til å lære og forstå bedre, og igjen gjøre at kunnskapen sitter lenger. I tillegg utdypes det at interaksjon med spill skiller seg fra andre medier, ettersom det åpnes for innlevelse, lek med identiteter og roller, og aktiv utforsking. Til slutt nevnes det at spill ikke skal bli sett på som hovedkilden til elevenes fagkunnskap, men som en mulig arena de kan øve på

kunnskapen i. Kunnskapen må komme fra for eksempel læreren eller fagbøker på forhånd (Senter for IKT i utdanningen, 2017, s. 21).

Autentisitet er en viktig kvalitet i utvikling av spill, og den vil gjerne oppleves ulikt fra spiller til spiller. Spillet skal bringe med seg en opplevelse av tillit, engasjement og motivasjon, og er da relatert til grad av fordypelse, tilstedeværelse og troverdighet. Målet er at spillet skal oppleves ekte. At spillet føles autentisk er altså avgjørende for å oppnå engasjement og motivasjon, og da også læring, hos brukerne (de Freitas et al, 2012, s. 29-30). Med bakgrunn i dette vil de to neste delkapitlene beskrive Deci og Ryans teori om selvbestemmelse og Banduras teori om mestringsforventning.

2.4 Deci og Ryans selvbestemmelsesteori

Siden 1970-årene har interessen for den indre motivasjonen økt (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 148). Deci og Ryan (2019) har utviklet den mest kjente teorien om indre motivasjon: teorien om selvbestemmelse (s. 112). Indre motivasjon defineres ut fra to tilnærminger. Den ene handler om at atferden springer ut av interesse og gir en egen belønning i form av glede, og er ikke avhengig av ytre belønning. Den andre tilnærmingen definerer indre motivert atferd som en funksjon av et grunnleggende psykologisk behov. Tre behov har særlig vært i fokus: behovet for autonomi, behovet for kompetanse og behovet for tilhørighet. For å oppnå indre motivasjon antas det å være en betingelse at disse behovene er tilfredsstilt. Det vil igjen bety at dersom behovene utvikles og fremmes, for eksempel gjennom å gi en person mulighet til selvbestemmelse, vil også den indre motivasjonen øke (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 149).

Behovet for autonomi, altså selvbestemmelse, er behovet Deci og Ryan tillegger størst vekt. Dette dreier seg om et ønske om å se seg selv som kilde til egne handlinger, og er da en atferd som anses som frivillig og som kommer fra egne interesser og verdier. Selvbestemt atferd skyldes indre kontroll, og ikke av belønning eller tvang. Dersom atferd skyldes ytre påvirkning, altså ytre kontroll, vil den indre motivasjonen bli undergravd. Til og med i situasjoner hvor en person i utgangspunktet er indre motivert, vil ytre kontroll i form av belønning eller straff undergrave den indre motivasjonen (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 149; Deci, Koestner & Ryan, 1999).

Følelse av tilhørighet kan også være en forutsetning for indre motivasjon. Behovet viser til at man trenger å føle nærhet til andre, og være del av et samfunn eller en gruppe. Det innebærer å gi og motta omsorg, og føle seg inkludert og akseptert. Deci og Ryan (2000) poengterer likevel at opplevelse av tilhørighet ikke er en absolutt forutsetning for indre motivasjon (s. 235). For eksempel engasjerer man seg ofte i aktiviteter på egenhånd, blant annet trening og lesing. I sosiale kontekster derimot, som skole og arbeid, er det viktig å føle tilhørighet for å kunne være indre motivert i utførelse av aktiviteter (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 150). Videre sies det at behovet for kompetanse er en viktig drivkraft for å kunne engasjere seg i oppgaver som er utfordrende. Da er det nødvendig med utholdenhet slik at man klarer å gjennomføre krevende oppgaver. Når en da har mestret oppgaven, vil gjerne følelsen av kompetanse gi et ønske om å utføre aktiviteten igjen. Ifølge Skaalvik og Skaalvik (2018) vektlegger Deci og Ryan de affektive sidene ved følelse av kompetanse, mens Bandura vektlegger det kognitive aspektet (s. 150). Dette dreier seg om forventning om mestring, som vil bli beskrevet i neste delkapittel.

2.5 Banduras teori om mestringsforventning

I forrige delkapittel ble det beskrevet at mangel på mestringsopplevelse er noe som kan hindre utvikling av indre motivasjon. Hvis man derimot har opplevd mestring, kan man videre utvikle en forventning om mestring. Dette har igjen en viktig betydning for utvikling av motivasjon, noe en studie av Skaalvik, Federici og Klassen (2015a) underbygger. De fant at mestringsforventning i matematikk sterkt predikerte indre motivasjon, innsats og utholdenhet. Teorien om forventning om mestring er utviklet av Albert Bandura, og han definerer dette som «(…) beliefs in one's capabilities to organize and execute the courses of action required to produce given attainments» (Bandura, 1997, s. 3). Elever med høy mestringsforventning ser gjerne på nye oppgaver og situasjoner som utfordringer og muligheter, mens elever med lav mestringsforventning oppfatter det muligens som truende og gir fortere opp. Med andre ord kan man si at man ofte har en tendens til å oppsøke situasjoner man tror man vil mestre, og unngå de man ikke tror man vil mestre (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 124).

For å oppnå forventning om mestring, regner man med fire hovedkilder: mestringserfaringer, vikarierende erfaringer, verbal overtalelse og fysiologiske og emosjonelle reaksjoner. Førstnevnte, mestringserfaringer, er den mest betydningsfulle kilden og den fungerer som indikator på dyktighet. Mestringsopplevelser støtter troen på mestringsforventning, mens erfaringer med å mislykkes svekker den. For å utvikle en sterk mestringsforventning, er det viktig med erfaringer hvor man har mestret store utfordringer gjennom god innsats (Bandura, 1997, s. 79-80). Skaalvik og Skaalvik (2018) skiller videre mellom to typer mestringserfaringer: reell mestring og opplevd mestring. «Objektiv mestring» er det samme som reell mestring, og viser til for eksempel resultat på en test. Opplevd mestring derimot, er mestring slik den oppleves av den aktuelle personen (s. 126).

Selv om mestringserfaringer betraktes som den viktigste kilden til forventning om mestring, er også sosial sammenligning av betydning. I enkelte situasjoner sammenligner man for eksempel egne resultater med andres for å vite noe om prestasjonen (Bandura, 1997, s. 86). Vikarierende erfaringer handler om denne formen for sosial sammenligning. Man observerer andre man identifiserer seg med, og deres prestasjoner. Det er altså personer man føler er mest mulig lik seg selv som har betydning for egen tro på mestring. Sammenligningen kan fungere positivt og negativt ved at troen på å mestre en oppgave kan bli både styrket og svekket. Mestringsforventningen øker dersom man ser at andre får til en aktivitet, men vil igjen også svekkes dersom man ser andre mislykkes (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 130-131).

Den neste kilden til mestringsforventning er verbal overtalelse. Bandura (1997) hevder at det er lettere å opprettholde en følelse av mestring, dersom signifikante andre uttrykker tro på personens evner, framfor tvil. Dette gjelder særlig når en arbeider med utfordrende oppgaver (s. 101). Elevene kan oppfatte den verbale overtalelsen som et signal på hvordan man blir vurdert av andre. Ved å få tilbakemelding på at hen vil greie oppgavene gjennom innsats, kan eleven oppfatte signalet som en positiv vurdering og da at læreren har tro på hens ferdigheter (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 131). Verbal overtalelse i seg selv vil ha en begrenset effekt. Den kan gi en virkning i øyeblikket, for eksempel gjennom økt innsats, dersom den gis med realistiske rammer (Bandura, 1997, s. 101). Dersom innsatsen fører til mestringserfaring, kan det bidra til å styrke elevens mestringsforventning. Skaalvik og Skaalvik (2018) uttrykker at slik overtalelse kun bør

brukes i situasjoner hvor økt innsats vil gi mestring kjapt. Hvis mestring ikke oppstår etter overtalelse, vil gjerne elevene miste tillit til lærerens vurdering (s. 131-132).

Når man skal vurdere egne ferdigheter, stoler man ofte på fysiologiske og emosjonelle reaksjoner. Mennesker har en tendens til å tolke fysiske og emosjonelle reaksjoner i stressende situasjoner som sårbarhet (Bandura, 1997, s. 106). Reaksjoner som kan signalisere at man ikke behersker en situasjon eller oppgave, kan være svetting, hjertebank og angst. Det er ofte lav mestringsforventning som vil utløse slike reaksjoner, og istedenfor å prøve å finne ut hvordan en kan løse vanskene, dveler en ved hvordan en skal forsvare seg. Har man høy mestringsforventning derimot vil man ikke mane frem negative reaksjoner (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 132).

3 Metode

I dette kapitlet vil først den metodiske tilnærmingen og designet som er valgt bli nøyere beskrevet, før populasjonen og trekking av utvalget utdypes. Deretter følger informasjon om måleinstrumentene: pre- og posttest, spørreundersøkelse og intervju. Gjennomføringen av datainnsamlingen, med treningsopplegget til utvalgene, vil så bli redegjort for, etterfulgt av beskrivelse av de statistiske analysene som er brukt. Til slutt utdypes kvalitetssikring i forskningen og forskningsetiske betraktninger.

3.1 Metodisk tilnærming, vitenskapsteoretisk standpunkt og design

I samfunnsvitenskapelig forskning skilles det ofte mellom to overordnede strategier: kvantitative og kvalitative metoder. En kvantitativ strategi er gjerne basert på talldata og gir beskrivelser av virkeligheten gjennom tall og tabeller. Denne metoden egner seg for spørsmål om forklaringer, og det kreves ofte et relativt stort utvalg. Kvalitativ metode er derimot basert på tekstdata, og gir da tekstlige beskrivelser av virkeligheten. Forskningsspørsmål som har som formål å beskrive passer godt her, og informasjonen kan være basert på et lite antall informanter (Ringdal, 2018, s. 24-25). Ettersom denne studien stiller forskningsspørsmål som har formål i å både forklare og beskrive fenomen, trekkes det mot bruk av en todelt studie. Det vil si at denne studien tar i bruk både kvantitative og kvalitative tilnærminger for å belyse problemstillingen og forskningsspørsmålene, hvor den kvalitative er underordnet den kvantitative (Ringdal, 2018, s. 116-117). Metodene er komplementære og vil kunne utfylle hverandre (Ringdal, 2018, s. 109).

3.1.1 Vitenskapsteoretisk standpunkt

I noen sammenhenger er det forskningsspørsmålet som peker mot passende metode, mens andre ganger kan det være vitenskapsteoretisk standpunkt som avgjør (Ringdal, 2018, s. 25). Det finnes ulike syn på både virkeligheten og kunnskap i vitenskapsteorien, noe som da kan gi ulike svar på forskningsspørsmål. I de fleste vitenskapene skapes kunnskapen i et samspill mellom teori og observasjon (Ringdal, 2018, s. 37). Jeg stiller meg i et kritisk realistisk vitenskapssyn ettersom jeg tror at kunnskapen vår om virkeligheten er konstruert, men ikke selve virkeligheten. Kritisk realisme er en nyere vitenskapsteoretisk retning som vektlegger at virkeligheten eksisterer uavhengig av våre teorier, og vi vil aldri kunne få en objektiv kunnskap om den. Det finnes altså kun én virkelighet, men flere perspektiver og teorier om hvordan den fungerer (Kleven & Hjardemaal, 2018, s. 203). For eksempel benytter denne studien flere begrep for å forsøke å si noe om virkeligheten, blant annet indre motivasjon og mestringsforventning. Man kan likevel ikke vite om disse begrepene egentlig eksisterer og virkelig illustrerer virkeligheten, eller om de kun er en konstruksjon. Kleven og Hjardemaal (2018) poengterer at man gjennom kritisk realisme kan utvikle gyldig kunnskap om virkeligheten, men den vil alltid kunne problematiseres (s 203).

3.1.2 Design

Et design er forskerens plan for forskningen (Ringdal, 2018, s. 111). Studiens problemstilling etterspør en mulig effekt, og ser da på et årsaksforhold. Ettersom det

ikke var mulighet for randomisering, altså en tilfeldig fordeling av personer på eksperiment- og kontrollgruppe, er det tatt i bruk et kvasieksperimentelt design. Denne type design egner seg godt for å studere effekten av et tiltak, og for å skape et sammenligningsgrunnlag brukes både en eksperimentgruppe og en kontrollgruppe (Ringdal, 2018, s. 131-134). Ettersom det er en mulig endring i mental rotasjon, indre motivasjon og mestringsforventning som undersøkes, er også et longitudinelt design tatt i bruk. Her bygges det på data fra flere tidspunkter, gjennom en pre- og posttest og en spørreundersøkelse før og etter treningsopplegget. Videre brukes også et kvalitativt dybdeintervju. Dette er en fleksibel intervjuform som kan beskrives som en målrettet samtale (Ringdal, 2018, s. 26-27). Valg av intervju ble gjort for å rette et lys på elever som strever i matematikk og deres opplevelse av forskningsprosjektet. Dette fokuset ble valgt på grunn av min posisjon i spesialpedagogikken, og vinklingen vil potensielt kunne gi noe til det spesialpedagogiske feltet.

3.2 Populasjon og utvalg

Ringdal (2018) definerer populasjonen som «den mengde enheter en vil at undersøkelsen skal ha gyldighet for» (s. 224). I dette prosjektet består populasjonen av 13-åringer i Trondheim kommune, nemlig elever fra 7. og 8. klasse. Dette er valgt med bakgrunn i en aldersgrense knyttet til bruk av AR-briller. Ettersom populasjonen er relativt stor, er det trukket et mindre utvalg gjennom bekvemmlighetsutvelging. Dette baserer seg på utvalg på slump, og betyr at man velger de nærmest tilgjengelig relevante analyseenhetene (Ringdal, 2018, s. 212). Utvelgingsprosessen ble påvirket av geografisk beliggenhet og elevenes alder. I løpet av vinteren 2019/2020 ble ulike skoler tilknyttet skolelaboratoriet og VR-laben til NTNU kontaktet på mail, hvorav to skoler takket ja til å delta. Ringdal (2018) vektlegger at bruk av bekvemmelighetsutvalg ikke gir mulighet til statistisk generalisering, og at det er en lettvint teknikk som ikke gir representative utvalg (s. 212). Dette ble likevel gjort på grunn av prosjektets omfang og tidsbegrensning.

Blant skolene som takket ja, fikk vi et bruttoutvalg på 28 elever. Nettoutvalget for undersøkelsen ble til slutt 19 elever. Frafallet skyldes elevers ønske om å ikke delta, samt sykdom underveis i datainnhentingen. I tillegg oppstod det et frafall på ni elever da tiltakene mot viruset Covid-19 ble iverksatt i midten av mars 2020. Konsekvensene dette førte til beskrives flere steder i avhandlingen. 18 av elevene er 7. klassinger og én er 8. klassing. Totalt består utvalget av ni jenter og ti gutter som har ulikt prestasjonsnivå i matematikk. 13 av disse er plassert på eksperimentgruppa og seks er på kontrollgruppa. I utgangspunktet skulle elevene bli fordelt tilfeldig på gruppene, men ettersom vi fikk et større antall elever som deltakere ved den ene skolen enn først antatt, måtte det tas en revurdering i øyeblikket. Opprinnelig hadde vi 12 elever fra den ene skolen og trakk at disse skulle være eksperimentgruppe. Da tidspunktet for datainnhentingen kom, var det likevel 16 elever som ønsket å delta hvorav 13 var tilstede på skolen den dagen. Av den grunn ble disse første 13 satt til eksperimentgruppe. De resterende tre, i tillegg til to elever til som leverte samtykkeskjema, ble satt til kontrollgruppe. Åtte av elevene fra den andre skolen ble da plassert på kontrollgruppa og to på eksperimentgruppa. Dessverre var det kun én av disse som fullførte treningsopplegget.

Videre ble det gjennomført en strategisk utvelging for å finne elever til intervju. Strategisk utvelging handler om at man systematisk velger informanter som har egenskaper som går overens med forskningsspørsmålet (Thagaard, 2018, s. 54). Alle elevene fikk utdelt informasjonsskriv om forespørsel i å delta i intervju (vedlegg 3), og

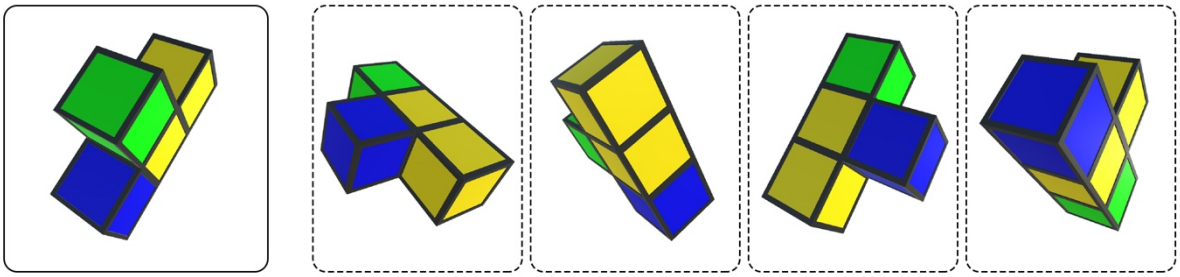
det ble valgt ut to elever med svake ferdigheter i matematikk som synes at faget kan være litt vanskelig. Én fra eksperimentgruppa og én fra kontrollgruppa. I denne avhandlingen vil informantene bli kalt informant 1 og informant 2, hvor førstnevnte er fra eksperimentgruppa og den andre fra kontroll.

3.3 Måleinstrument

Måling baserer seg på å forankre teorier til virkeligheten. Man knytter målbare indikatorer til teoretiske begrep, og kan da bygge bro mellom teori og virkelighet (Ringdal, 2018, s. 93). Med bakgrunn i prosjektets metodiske tilnærming, er det blitt tatt i bruk ulike måleinstrument for å belyse problemstillingen og forskningsspørsmålene. Det ble utviklet en test i mental rotasjon for å undersøke elevenes ferdigheter før og etter tiltakene, samt en elektronisk spørreundersøkelse for å studere deres opplevelse av indre motivasjon og mestringsforventning til arbeid med mental rotasjon. Denne ble også gjennomført både før og etter tiltakene. Videre ble det tatt i bruk intervju for å få et dypdykk i enkelte elevers opplevelse. De ulike måleinstrumentene, og utviklingen av dem, vil bli nøyere beskrevet i de følgende delene.

3.3.1 Den kvantitative pre- og posttesten

For å måle elevenes ferdigheter i mental rotasjon, ble det utviklet en test (vedlegg 4) med inspirasjon fra Shepard og Metzler (1971, s. 702). Testen inneholdt totalt 20 oppgaver, hvor ti av figurene bestod av fire klosser og de ti andre bestod av fem klosser. Økningen i antall klosser ble gjort for å skape en økende vanskelighetsgrad. Figurene er bilder fra applikasjonen som ble brukt til trening med AR-brillene. I motsetning til Shepard og Metzler valgte vi figurer med farge, slik at det ikke ble for avansert. Fargene kan bidra til å gjenkjenne detaljer i hver enkelt figur. Figur 3.1 viser eksempel på en av oppgavene.



Figur 3.1: Oppgave i mental rotasjon-testen

Den samme testen ble brukt som pre- og posttest for å undersøke en eventuell framgang etter trening. Ettersom det ikke ble mulighet for randomisering, er pretesten også med på å sikre at elevene er ekvivalente i utgangspunktet. Årsaksslutninger kan da trekkes sikrere (Ringdal, 2018, s. 111). Med bakgrunn i at oppgavene er likt utformet og består av like instrukser, er det grunn til å tro at alle oppgavene måler samme fenomen. Det ble gitt ett poeng for hver riktig oppgave, og null dersom det var valgt enten flere figurer eller ingen. Totalt var det mulig å oppnå 20 poeng, og poengskåren fungerer dermed som et samlet uttrykk for mental rotasjon. Elevene fikk den tiden de trengte for å gjennomføre testen, men de fleste brukte rundt 15 minutt.

3.3.2 Den kvantitative pre- og post-spørreundersøkelsen

Ringdal (2018) definerer en spørreundersøkelse som «en standardisert utspørring av et stort representativt utvalg av personer» (s. 112). Spørreskjemaet ble lagd elektronisk i

Nettskjema, som er en sikker løsning for datainnsamling via nett (Universitetet i Oslo, u.å.). I likhet med testen ble undersøkelsen utført både før og etter treningen, for å undersøke en eventuell endring i opplevd indre motivasjon og mestringsforventning knyttet til mental rotasjon. Spørsmålene som er relevant for denne avhandlingen var de samme på pre- og post-undersøkelsen. Disse bestod av lukkede spørsmål, det vil si spørsmål med faste svaralternativer (Ringdal, 2018, s. 198), og var utarbeidet som påstander som respondenten skulle ta stilling til. Her ble Likert-formatet benyttet, som ifølge Ringdal (2018) er «en gradert vurdering av påstander med 3-7 svarkategorier» (s. 200). Et eksempel på en påstand er «jeg liker å rotere figurer», hvor eleven måtte vurdere på en skala fra 1 til 6 hvor uenig eller enig hen var i påstanden. Spørreskjemaene ligger vedlagt som vedlegg 5 og 6.

3.3.2.1 Sammensatte mål

Måling innebærer å tallfeste, men det er ikke alle egenskaper som er direkte målbare (Ringdal, 2018, s. 94). I denne studien vil kjønn og prestasjonsnivå i matematikk fungere som direkte målbare enheter. Det kan diskuteres om kjønn er en direkte målbar enhet da det i dag finnes flere kjønn. I denne studien er det likevel valgt å bruke de to biologiske kjønnene man blir født til, gutt og jente. Prestasjonsnivå er målt direkte ettersom jeg har fått oppgitt et matematisk nivå av elevenes lærere. Likevel kan det nevnes at dette nivået ikke er direkte målt av lærerne, ettersom det er ulike vurderinger som gjøres for å sette en karakter. For eksempel kan to lærere gi ulik karakter på samme test. Man kan da si at variabelen prestasjonsnivå i matematikk er indirekte målt av elevenes lærere, men blir direkte målt av meg som forsker i denne studien da jeg kun har fått den oppgitt.

Videre kan variablene indre motivasjon og mestringsforventning kun måles indirekte. Disse begrepene måles best ved bruk av sammensatte mål (Ringdal, 2018, s. 94). Sammensatte mål består av minst to indikatorer, altså påstander, og respondentens sanne svar på indikatorene forventes å kunne gi et samlet mål på den teoretiske variabelen. På denne måten kan flere sider av begrepet bli belyst og det blir mindre utsatt for målefeil (Ringdal, 2018, s. 102). Målingen av begrepene indre motivasjon og mestringsforventning skal følgende bli beskrevet, i tillegg til deres mål på indre konsistens: Cronbachs Alfa. Dette er en statistisk størrelse som sier noe om hvor sterk sammenhengen mellom indikatorene er (Ringdal, 2018, s. 104).

Indre motivasjon ble undersøkt ved hjelp av fire indikatorer, og hadde til hensikt å undersøke elevenes interesse og lyst til å arbeide med mental rotasjon. Indikatorene bygger på Deci og Ryan sine indikatorer, men er tilpasset slik at de passer denne studiens formål (CSDT, u.å). Eksempler på indikatorer er: «jeg gleder meg til timene hvor vi skal rotere figurer» og «jeg synes det er morsomt å arbeide med rotering av figurer». Indikatorene innen indre motivasjon er betegnet: indmot1, indmot2, indmot3 og indmot4. Cronbachs alfa ble målt til .913.

Videre ble også mestringsforventning undersøkt ved hjelp av en skala med fire indikatorer. Påstandene var rettet mot elevenes forventning til å mestre arbeid med mental rotasjon. Disse indikatorene er inspirert av indikatorene brukt i Skaalvik et al (2015b) sin studie. Det ble brukt indikatorer som: «jeg er sikker på at jeg vil greie det vanskeligste i oppgaver med rotering av figurer» og «jeg er sikker på at jeg kan gjøre en god jobb på oppgaver og prøver i rotering av figurer». Disse indikatorene er betegnet: mesfor1, mesfor2, mesfor3 og mesfor4. Cronbachs alfa for mestringsforventning ble .618

i pre-undersøkelsen hvis vi fjernet item mesfor3 og .889 i post-undersøkelsen med alle indikatorene. Dette utdypes og diskuteres i kapittel 4.

3.3.3 Det kvalitative forskningsintervjuet

Formålet med et intervju er å skaffe fyldig og omfattende kunnskap om andre menneskers synspunkt og perspektiver på det aktuelle temaet det skal intervjues om. Det kan gi et godt grunnlag for å få innsikt i menneskers erfaringer, tanker og følelser (Thagaard, 2018, s. 89). Det kvalitative forskningsintervjuet vil i denne studien gi et innblikk i elever med svake ferdigheter i matematikk sin opplevelse av forskningsprosjektet, særlig deres erfaringer med matematikk som fag, deres tanker om bruk av AR-briller og arbeid med mental rotasjon. To elever ble intervjuet, hvor kun informant 1 utførte oppgaver med AR-briller. Informant 2 fikk prøve enkelte spill med AR-briller, men har ikke like god erfaring med bruk av brillene som informant 1. Av den grunn vil tanker om bruk av AR-briller være avhengig av deres foreløpige erfaring med AR. Videre kan deres refleksjoner gi en forståelse for hvordan elever med mulige vansker opplever matematikk, og om AR-briller kan fungere som et godt redskap i undervisning i framtiden. Igjen kan det da vurderes hva dette har å si for spesialpedagogisk arbeid med elever med svake prestasjoner i matematikk. Det er viktig å framheve at et intervju foregår som en fortolkende praksis hvor forståelsen blir utviklet av intervjuer og informant i fellesskap (Thagaard, 2018, s. 89).

I denne studien er det valgt å ta i bruk et delvis strukturert intervju, som er den formen som anvendes mest i kvalitativ metode. Dette er valgt slik at interessante tema som dukker opp underveis i samtalen kan følges opp med nye spørsmål som ikke var planlagt på forhånd. Intervjuet har da en fleksibel struktur som styres både av de temaene det ønskes å få kunnskap om, og de temaene som informanten bringer opp (Thagaard, 2018, s. 91).

3.3.3.1 Utarbeiding av intervjuguide

En viktig del av forberedelsene til intervju, er å utvikle en intervjuguide (vedlegg 7). Ifølge Thagaard (2018) er hovedstrukturen i intervjuguiden «spørsmål som representerer sentrale temaer i undersøkelsen» (s. 95). Åpne spørsmål ble benyttet slik at informantene ble oppmuntret til å gi konkrete og utfyllende svar. Dette inviterer dem også til å fortelle om egne erfaringer og synspunkter. Silverman, referert i Thagaard (2018), vektlegger at åpne spørsmål er særlig viktig dersom man ønsker autentiske svar (s. 97). Videre ble det stilt oppfølgingsspørsmål for å få mer utdypende svar om konkrete erfaringer og synspunkt. Disse kompenserer for at informantene kan uttrykke seg svært forskjellig, ettersom enkelte uttrykker seg mer generelt enn andre (Thagaard, 2018, s. 95-97).

For å oppnå et vellykket intervju, er det hensiktsmessig å sette seg inn i informantenes situasjon på forhånd, og ha gode kunnskaper om intervjuets kontekst (Thagaard, 2018, s. 94). Før den kvalitative datainnsamlingen forberedte jeg meg ved å bli kjent med elevene og hvordan de har arbeidet under forskningsprosjektet. Intervjuguiden ble utformet med spørsmål som elever fra både eksperiment- og kontrollgruppen kunne besvare, og tok utgangspunkt i avhandlingens forskningsspørsmål. Intervjuet baserte seg da på fire hovedtema: erfaringer med matematikk, erfaringer med mental rotasjon, opplevelse av forskningsprosjektet og tanker om arbeid med AR i framtiden. Innen hvert tema ble det stilt noen hovedspørsmål og oppfølgingsspørsmål for å oppnå utvidet informasjon. Det ble forsøkt å stille spørsmål som ga elevene rom til å fortelle om egen opplevelse og refleksjon. Denne utformingen faller sammen med «tre-med-grener-

modellen», som passer godt når det på forhånd er bestemt tema for intervjuet og man ønsker å sammenligne dataen med andre informanter (Rubin & Rubin, referert i Thagaard, 2018, s. 95).

En tillitsfull og fortrolig atmosfære er et overordnet mål i intervjusituasjonen. Intervjuer og informant må ha en god kontakt, slik at informanten blir oppmuntret til å gi utfyllende informasjon om de aktuelle temaene (Thagaard, 2018, s. 99). Ettersom jeg allerede hadde blitt kjent med informantene gjennom tidligere datainnhenting og trening, var det allerede etablert en relasjon som gav rom for trygghet og tillit. Det ble også gitt utdypende kommentarer til informantenes utsagn for å signalisere åpenhet og tillit. En slik kommentar kunne være: «det er gode tanker du uttrykker her».

3.4 Gjennomføring av datainnsamling

Arbeidet med masterprosjektet startet i november 2019, da jeg begynte å ta kontakt med skoler i Trondheim kommune. Da dette ikke gav noe resultat, ble det etter hvert nødvendig å kontakte skoler som var tilknyttet skolelaboratoriet og VR-laben på NTNU. Etter en stund takket én barneskole og én ungdomsskole ja til å delta i prosjektet. I starten av desember 2019 ble det sendt meldeskjema til Norsk Senter for Forskningsdata (NSD) for godkjenning av prosjektet, og dets innhold av ferdighetstest, spørreundersøkelse og intervju. Etter dette ble godkjent (vedlegg 1), fikk elevene i 7. og 8. klasse på hver skole utdelt et detaljert informasjonsskriv med samtykkeskjema (vedlegg 2). Da vi hadde fått tilbake signert samtykkeskjema fra elever og foresatte, startet datainnhentingen. Denne foregikk på skolene i to uker i februar 2020 og to uker i mars 2020. Spørreundersøkelsen og testen i mental rotasjon ble gjennomført første og siste dag i datainnhentingen, hvor elevene satt enkeltvis på hvert sitt bord. Underveis ble det i tillegg utdelt informasjonsskriv og samtykkeskjema om deltakelse i intervju (vedlegg 3), som også ble gjennomført siste dag i datainnsamlingen. Informantene ble da tilbudt å få utdelt intervjuguiden på forhånd, hvis ønskelig.

Før datainnsamlingen startet, ble det gjennomført en pilot av treningsoppleggene og testen i mental rotasjon. På grunn av prosjektets tidsbegrensning, var piloten kort og bestod av kun seks elever fra åttende klasse. Tre elever testet AR-brillene og tre arbeidet med ark og konkreter i omtrent 30 minutt. Vi observerte at oppleggene og testen fungerte godt, og noterte hva som måtte brukes ekstra tid på under datainnhentingen.

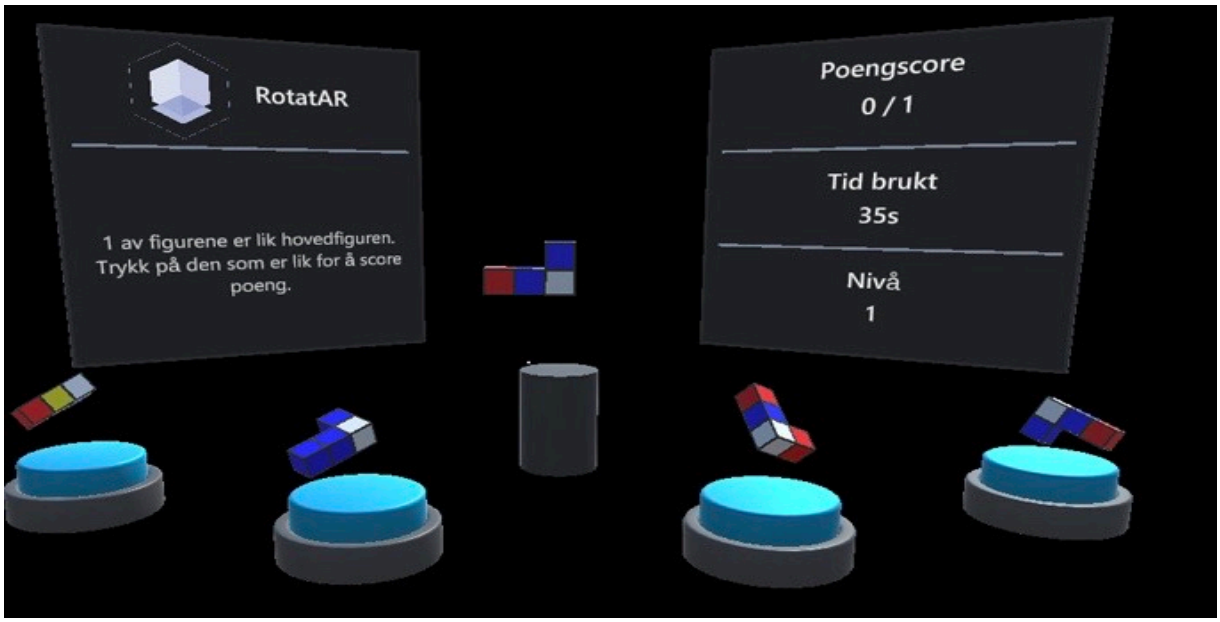
Datainnhentingen ble i utgangspunktet forsøkt gjennomført så likt som mulig ved hver skole, gjennom å gi samme type informasjon og instrukser om måleinstrumentene, samt å gi likt treningsopplegg. Mangersnes hadde ansvar for eksperimentgruppa og treningen med AR-briller, mens jeg hadde ansvar for kontrollgruppa. Da tiltakene mot Covid-19 ble iverksatt i midten av mars 2020, samtidig som vår datainnhenting på den andre skolen, ble det gjort vurderinger for å kunne fortsette innsamlingen. Treningsopplegget til hver gruppe, og gjennomføringen av den, vil bli nøyere beskrevet i kommende delkapitler. Til slutt presenteres gjennomføringen av intervjuene.

3.4.1 Eksperimentgruppe – treningsopplegg med AR-briller

Eksperimentgruppa bestod av totalt 13 elever, hvor de arbeidet i grupper på to og tre stykk. Dette er fordi vi totalt har tre par med AR-briller tilgjengelig. Treningen varte i totalt 20 minutt, ekskludert henting av gruppene og forberedelse, og den ble gjennomført annenhver dag. Totalt fikk elevene fire dager med trening, altså ca. 80 minutt. Treningen foregikk på et lukket grupperom på skolene. I utgangspunktet var det to elever til som skulle være en del av eksperimentgruppa, men disse ble tatt ut av

testingen da tiltakene mot Covid-19 ble iverksatt midt i datainnhentingen. Heldigvis fantes det allerede data fra 13 elever i denne gruppa, noe som gjør at dette frafallet vil ha liten betydning for resultatet.

Elevene brukte en applikasjon utviklet av Mangersnes for å trene på mental rotasjon gjennom AR-briller. Denne kalles RotatAR og baserer seg på å finne to like tredimensjonale figurer. De blir presentert for en hovedfigur, og skal finne en som er lik blant fire alternativer. Se figur 3.2 for eksempel. Figuren er gjengitt etter tillatelse fra Mangersnes. På bildet er bakgrunnen sort, men i virkeligheten er bakgrunnen det fysiske området elevene befinner seg i. Ved å bevege hodet vil man se figurene fra de ulike vinklene.



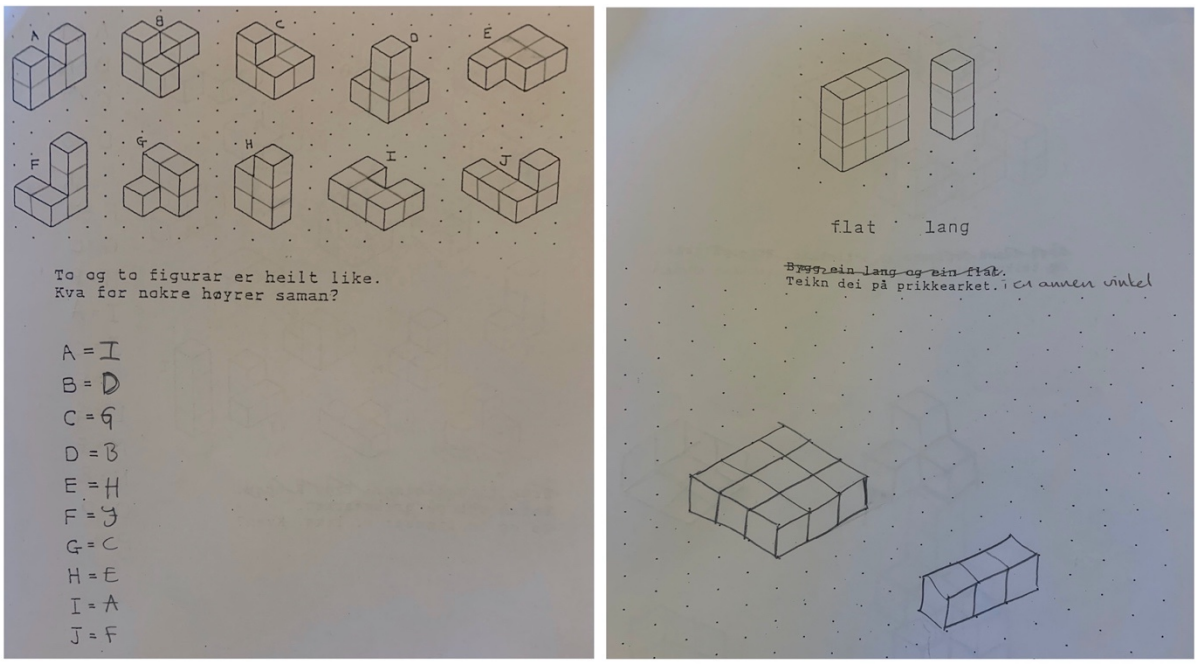
Figur 3.2: Illustrasjon av AR-applikasjonen

For å velge riktig figur ser eleven på den aktuelle figuren og «trykker» ved å bevege pekefingeren lett nedover. Hånden må synes gjennom brillene for at applikasjonen skal reagere. Teorien framhever at det også kan benyttes stemmekommandoer for utføre valg i HoloLensen, men dette ble ikke brukt i denne studien. På grunn av studiens tidsomfang ble heller ikke applikasjonen utviklet med mulighet for samarbeid. Elevene arbeidet altså individuelt og hver enkelt så et eget hologram gjennom brillene. Spillområdet er simpelt utviklet for å redusere belastning på utstyret, samt at brukeren kun blir presentert for nødvendig informasjon. For å gjøre applikasjonen spillbasert, ble det lagt til element som lyd ved valg av riktig figur, gradvis økning i nivå og poengscore. I utgangspunktet var også tidsbruk lagt til, men dette ble fjernet da dette kunne være en kilde til stress. Applikasjonen ble i løpet av høsten 2019 testet ut på blant annet elever fra videregående skole, og forbedret ut fra tilbakemeldinger. Utdypende beskrivelser av applikasjonens tekniske utforming og begrunnelser, kan finnes i Mangersnes' prosjektoppgave (Mangersnes, 2019).

3.4.2 Kontrollgruppe – treningsopplegg med figurer på ark og konkreter

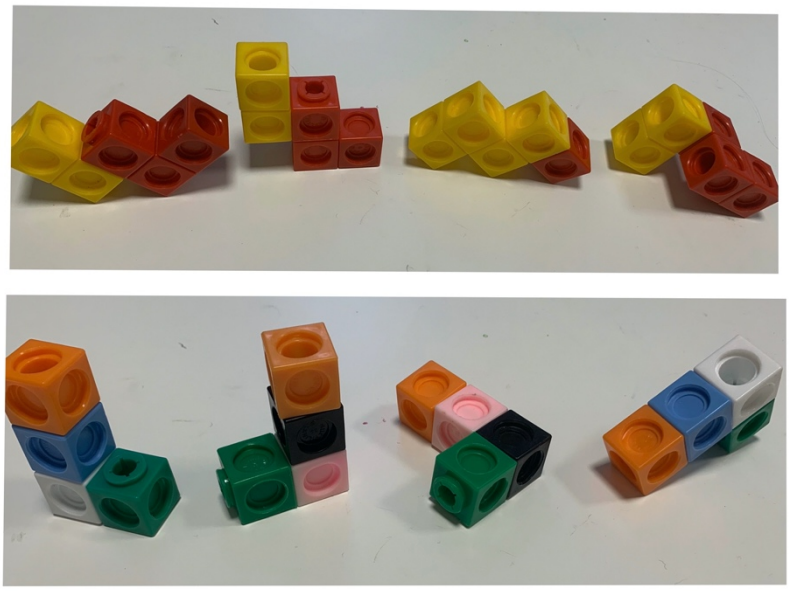
Kontrollgruppa bestod av seks elever, som også arbeidet i mindre grupper på tre og fire elever. Dette var for å skape opplegget tilnærmet likt som eksperimentgruppa. Også her varte treningen i totalt 20 minutt, og ble gjennomført annenhver dag, som resulterte i 80 minutt trening delt på fire dager. Treningen foregikk på ulike rom som var tilgjengelig for bruk, blant annet lukkede grupperom og kontorrom.

Elevene arbeidet individuelt med tradisjonelle undervisningsmidler, nemlig oppgaver på ark og med konkreter. Oppgavene på ark bestod av å tegne en avbildet tredimensjonal figur i en annen vinkel. Arkene inneholder prikker som elevene skal trekke streker gjennom for å tegne hver figur. Under piloten ble man oppmerksom på at å lære å tegne i tre dimensjoner var en utfordring. Det ble da beregnet god tid til å først lære elevene å tegne en kloss tredimensjonalt. Andre oppgaver var å finne to og to like figurer i forskjellig vinkel. Se figur 3.3 for eksempel.



Figur 3.3: Illustrasjon 1 av oppgaver i kontrollgruppa

Videre ble det brukt Multilink (konkreter) for å ha oppgaver som var tilnærmet likt opplegget til eksperimentgruppa. Da lagde undertegnede fire figurer på forhånd, hvor to var like. De ble presentert for en hovedfigur og fikk i oppgave å finne hvilken av de tre andre som var lik. Siste dagen med trening fikk elevene utdelt egne klosser for å lage slike oppgaver til de andre på gruppa. Se figur 3.4 for eksempel på oppgaver med Multilink.



Figur 3.4: Illustrasjon 2 av oppgaver i kontrollgruppa

På grunn av Covid-19 ble datainnhentingen på den andre skolen påvirket. Elevene fikk gjennomført pretesten og spørreundersøkelsen, samt en runde med trening, før tiltakene ble iverksatt. Elevene fikk tilsendt et detaljert skriv med oppgaver som de kunne gjøre hjemme. Disse elevene kunne da gjennomføre oppgavene på ark, men oppgaver med Multilink ble ikke mulig. Posttesten og spørreundersøkelsen ble også gjennomført hjemme. Med bakgrunn i dette har elevene i kontrollgruppa ikke gjennomført treningen og testingen ut fra samme kriterier, og har da heller ikke blitt fulgt opp på lik linje. Disse valgene ble gjort for å forsøke å få inn den resterende dataen vi manglet, men det var kun én av de åtte elevene på denne skolen som fullførte treningen. Utvalget i kontrollgruppa endte derfor opp med å bli mindre enn først forventet, og med en ujevn fordeling av kjønn og prestasjonsnivå.

3.4.3 Intervju

Intervjuene foregikk på et lukket grupperom med kun intervjuer og informant til stede. De hadde en varighet på kun 10-20 minutt, noe som kan skyldes at informantene er barn og intervjuguiden var relativt kort. For å kunne være fullstendig til stede under intervjuet og få fyldig informasjon, ble det brukt diktafon for å ta opp samtalen (Thagaard, 2018, s. 111-112). Etter gjennomføringen ble intervjuene transkribert og analysert. For å kode og kategorisere datamaterialet, er det blitt brukt det Thagaard (2018) kaller temaanalyse (s. 171). Hensikten med temaanalyse er at man går i dybden på de enkelte temaene og utvikler en dypere forståelse ved å sammenligne dataen. Ettersom intervjuene var korte og likt strukturert, var det enkelt å finne en oversikt og gode sitat å bruke i datamaterialet. Intervjuguiden var delt inn i fire tema, og i analysen er disse blitt sammenfattet til tre kategorier: erfaringer til matematikk, indre motivasjon og mestringsforventning. Resultatet vil bli presentert som en sammenhengende tekst med sitater i kapittel 4.

3.5 Statistiske analyser

For å analysere datamaterialet ble dataprogrammet SPSS benyttet. I de følgende delkapitlene beskrives de ulike statistiske analysene som er blitt brukt for å kvalitetssikre datamaterialet og for å finne eventuelle funn.

3.5.1 Faktoranalyse

Med bakgrunn i teori og tidligere forskning ble det utformet spørsmål i spørreskjemaet som skulle belyse ulike variabler. For å være sikker på at disse indikatorene målte samme fenomen, ble det gjennomført en faktoranalyse. Formålet er ikke å studere sammenhengen mellom avhengige og uavhengige variabler, men å utvikle variabler som kan benyttes i andre statistiske analyser (Ringdal, 2018, s. 284).

3.5.2 T-test og ANOVA

For å finne funn i resultatet, ble det brukt t-test for avhengig og uavhengig utvalg. T-test for avhengig utvalg brukes når man vil sammenligne gjennomsnittene for samme gruppe utvalg på to ulike tidspunkt. Denne studien følger et eksperimentelt og longitudinelt design, som har data fra to ulike tidspunkt gjennom målinger i pre- og posttester. T-test for avhengig utvalg egner seg derfor godt til å gi svar på om et tiltak har hatt en effekt. Videre brukes t-test for uavhengig utvalg i sammenligninger av gjennomsnittskåren til to ulike grupper. Denne testen vil kunne gi svar på om gruppene er signifikant forskjellig fra hverandre, og videre kan det trekkes tolkninger om et gitt tiltak synes å virke bedre enn andre (Pallant, 2010, s. 239). I denne studien vil postresultatet til eksperiment- og

kontrollgruppa bli sammenlignet, slik at man på denne måten kan undersøke om AR-teknologi kan ha en større virkning på variablene enn tradisjonell undervisning.

Både t-test for avhengig og uavhengig utvalg kan kun benyttes når man sammenligner verdier på en kontinuerlig variabel for to grupper eller på to tidspunkt (Pallant, 2010, s. 239). Det ene forskningsspørsmålet etterspør en forskjell i utvikling av variablene ut fra prestasjonsnivå i matematikk, som i denne studien er delt inn i tre grupper: svak, middels og sterk. I situasjoner hvor flere enn to grupper skal bli sammenlignet, må man da bruke enveis-variansanalyse (ANOVA). Analysen gir svar på om gruppene er signifikant ulike, men forteller ikke hvilke grupper som er ulike. Til dette kan det benyttes en Post-Hoc test (Pallant, 2010, s. 249). For eksempel kan man finne ut at elevene har ulik utvikling i variablene ut fra prestasjonsnivå, og at det er elever med svake og sterke ferdigheter som er signifikant ulike hverandre.

3.6 Kvalitetssikring i en todelt studie

Validitet og reliabilitet er mål som sikrer kvalitet i forskningsprosjektet. Validitet handler om gyldigheten ved resultatene som oppstår og tolkningen av disse, og reliabilitet om forskningens pålitelighet (Thagaard, 2018, s. 181). Disse begrepene vil bli redegjort for i de følgende delene.

3.6.1 Validitet

Resultater fra forskning og tolkningen av dem er det validitet dreier seg om (Thagaard, 2018, s. 189). Ifølge Ringdal (2018) må man alltid i spørsmål om validitet, referere til den teoretiske sammenhengen begrepet blir brukt i (s. 103). Med bakgrunn i dette er synliggjøring av plassering i vitenskapsteoretisk retning sentralt her. Tolkninger av resultater kan variere ut fra tradisjoner, og hva som er gyldig i en kontekst er gjerne ikke gyldig i en annen (Thagaard, 2018, s. 33). Tolkninger som gjøres på grunnlag av resultater i denne studien, vil som nevnt ha utgangspunkt i et kritisk realistisk standpunkt. Kleven (2008) framhever at det er slutningene man gjør som avgjør validitet, og ikke metoden. Slutningene, eller konklusjonene, er konstruksjoner som er påvirket av virkeligheten, samt forskerens teorier, metoder og verdier. De samme slutningene kan med andre ord oppstå i både kvantitativ og kvalitativ metode, og da vil man også kunne finne de samme kriteriene for validitet (s. 230-231). Disse kriteriene vil bli gjennomgått innen begrepsvaliditet, statistisk validitet, indre validitet og ytre validitet.

3.6.1.1 Begrepsvaliditet

Kleven og Hjardemaal (2018) definerer begrepsvaliditet som «grad av samsvar mellom begrepet slik det er definert teoretisk, og begrepet slik vi lykkes med å operasjonalisere det» (s. 96). Resultatet fra målingen må betraktes som en mulig indikator på et begrep, men man vil aldri få et fullverdig samsvar mellom det teoretiske begrepet og det operasjonaliserte. Kleven (2008) vektlegger at kunnskapen vår alltid skal bli vurdert som konstruksjoner enn som endelig fakta (s. 225). Av den grunn er det viktig å gjøre vurderinger av hvor godt eller dårlig samsvaret er (Kleven & Hjardemaal, 2018, s. 97). Uavhengig av metode, er begrepsvaliditet vurdert som svært viktig når man trekker valide slutninger fra observasjoner til et abstrakt begrep. For å da kunne validere tolkningene som fører til slutninger, gjør man en valideringsprosess som kombinerer vitenskapelig forskning og rasjonelle argument (Kleven, 2008, s. 224). Valideringsprosessen kan da være ulik i hver metode.

I kvantitativ metode benyttes gjerne faktoranalyse for å validere måleinstrumentene. Det skilles mellom to hovedtyper, eksplorerende og bekreftende, hvor det i spørreundersøkelsen for denne oppgaven er tatt i bruk eksplorerende faktoranalyse. Her benyttes statistiske kriterier for å samle informasjon om korrelasjonen mellom et sett observerte variabler (Ringdal, 2018, s. 360; Pallant, 2010, s. 181). Selv om faktoranalysen viser god begrepsvaliditet i vår spørreundersøkelse, må man også være bevisst på systematiske målefeil. Dette er feil som kan gå direkte utover dataens validitet gjennom at deltakerne for eksempel vrir svarene i den retningen de tror er sosialt ønskelig (Ringdal, 2018, s. 103). For å forsøke å unngå dette, la vi under datainnhentingen stor vekt på at det var viktig at elevene svarte ærlig og ut fra egen opplevelse. Dette ble gjort gjennom muntlig beskjed, men også skriftlig i spørreskjemaene.

I kvalitativ metode validerer man informanten og kommunikasjonen, og bruker igjen rasjonelle argument for å validere utsagnene og tolkningen av dem (Kleven, 2008, s. 226). Man vurderer om dataen og slutningene er troverdig, og således om forskningen er gjennomført på en tillitsvekkende måte (Ringdal, 2018, s. 247). Med andre ord er det mine slutninger som skal valideres. Silverman, referert i Thagaard (2018), vektlegger at validiteten kan styrkes ved å vise teoretisk gjennomsiktighet, altså transparens. Det betyr at man beskriver det teoretiske ståstedet som gir grunnlaget for de tolkninger som oppstår. Man skal tydelig vise hvordan analysen gir grunnlag for de aktuelle konklusjonene og tolkningene (s. 189). I denne studien vil troverdigheten bli forsøkt styrket ved å beskrive datainnhentingen og gjennomføringen av den detaljert, vise til direkte sitat fra intervjuene og begrunne tolkninger gjennom teori.

3.6.1.2 Statistisk validitet

Statistisk validitet handler om sammenhengen mellom variabler og hvor sikre de statistiske slutningene er (Lund & Haugen, 2006, s. 53). Man kan tenke at statistisk validitet ikke er passende i kvalitativ metode, ettersom det ikke er mulighet til å gjennomføre statistiske analyser ut fra denne type data. Kleven (2008) påpeker likevel at statistisk validitet baserer seg på å finne ut om en tendens skal bli vurdert som betydelig nok til å bli tolket, noe som er relevant i begge metoder (s. 226). Igjen er likevel valideringsprosessen ulik. Ut fra kvantitativ metode benyttes signifikanstesting og effektstørrelse i denne studien. Med bakgrunn i at studien baserer seg på et lite utvalg, kan det oppstå enkelte utfordringer knyttet til signifikans. Et lite utvalg kan øke faren for type 2-feil, altså at man beholder en falsk hypotese, og igjen svekke teststyrken (Valås, 2006, s. 164). En videre konsekvens kan følgelig være at det trekkes slutninger om at det ikke er signifikante forskjeller mellom de ulike gruppene. Av den grunn vil denne studien i tillegg benytte effektstørrelse for å sikre resultatene mot påvirkning av utvalgsstørrelse. Effektstørrelse betyr grad av sammenheng, og sier noe om hvor stor betydning en eventuell sammenheng har (Kleven, 2013, s. 3). I den kvalitative metoden er det som nevnt ikke mulig å støtte seg på statistiske analyser, og man må derfor støtte seg på forskerens dømmekraft. Her har man ofte mer informasjon som grunnlag for vurderinger enn i kvantitative studier, for eksempel nonverbale signaler og samtalens kvalitet. Dette kan bidra til å gjøre den statistiske validiteten bedre (Kleven, 2008, s. 227).

3.6.1.3 Indre validitet

Når man skal tolke årsaksforhold mellom variabler, er indre validitet relevant. Dersom en studie har høy indre validitet, kan man med stor sikkerhet si at en variabel er årsak til en

annen. Ifølge Ringdal (2018) er nøkkelen til dette randomisering. I denne studiens kvasieksperiment ble det ikke mulighet for fullstendig randomisering, noe som da kan svekke den indre validiteten (s. 136). Til tross for dette kan pretesten bidra til å sikre at deltakerne er like fra start, og dermed styrke validiteten.

Det sentrale i denne valideringsprosessen er å vurdere sannsynligheten av alternative kausale tolkninger, og hvis mulig, utelukke disse. I begge metoder gjennomføres en prosess med rasjonelle vurderinger, som gjør at tolkningene alltid vil være usikre (Kleven, 2008, s. 227). I denne studien kan den kvantitative metoden bidra til å gi kausale beskrivelser, altså at X har en effekt på Y, og den kvalitative metoden gi kausale forklaringer, nemlig hvorfor X har en effekt på Y. Da kan man muligens få vite at det eksisterer et forhold mellom variablene, samt hvorfor det eksisterer et forhold. Likevel er det viktig å påpeke at de kausale beskrivelsene alltid kun vil fungere som en sannsynlighet, og ikke er deterministiske (Kleven, 2008, s. 228). Kleven (2008) vektlegger også at det er viktig å diskutere alternative kausale sammenhenger i resultatet, da konsekvenser kan være at lesere av studien kan utvikle egne mer eller mindre valide kausale tolkninger (s. 228). Spørsmål om årsakssammenheng blir da viktig når det settes inn tiltak og et ønske om en effekt (Kleven & Hjardemaal, 2018, s. 121). I denne studien kan en alternativ årsaksforklaring for eksempel være dagsformen til elevene. En mulig endring i variablene kan være påvirket av hvordan elevene føler seg på testdagene, og har da muligens ingen sammenheng med tiltaket. For å prøve å hindre at dette kunne bli en årsaksforklaring, ble datainnhentingen gjennomført i rom som inneholdt få distraksjoner, i tillegg til at elevene fikk god tid til både trening og utføring av tester.

3.6.1.4 Ytre validitet

Ytre validitet dreier seg om slutninger er gyldige i den aktuelle studiens kontekst. En studie har høy ytre validitet dersom tolkningene kan gjøres gyldige for de personer og situasjoner som er relevante for problemstillingen. I kvantitative studier snakker man ofte om statistisk generalisering av funn, mens i kvalitative er overføring et mer passende begrep (Kleven & Hjardemaal, 2018, s. 133-134). Statistisk generalisering forutsetter trekking med sannsynlighetsutvalg, noe denne studien ikke tok i bruk. Utvalget ble derfor trukket med bekvemmelighetsutvelging. Ettersom det er elevene og deres foreldre som samtykker til å delta i prosjektet, kan det tenkes at sammenhengen mellom indre motivasjon og mestringsforventning kan være noe påvirket av forventninger til prosjektet. Likevel er det en mulig endring i disse faktorene som blir undersøkt, og man får da se om en eventuell endring svarer til forventningene eller ikke. Det kan av den grunn stilles spørsmål ved om bekvemmelighetsutvalg har noen betydning for generalisering i dette prosjektet. Dessuten framhever Kleven og Hjardemaal (2018) at man sjelden i pedagogisk forskning har sannsynlighetsutvelging, og at man derfor også i kvantitativ forskning kan bruke begrepet overførbarhet (s. 136). Man finner av den grunn flere likheter mellom metodene her, enn i de andre validitetstypene.

Representativitet er et viktig kriteria for å sikre ytre validitet. Utvalget i studien skal kunne representere populasjonen, slik at det kan trekkes konklusjoner som kan regnes som gyldige for hele populasjonen. For å overføre resultatet er det viktig å gi detaljerte beskrivelser av forskningskonteksten. Leseren kan således vurdere i hvilken kontekst resultatene er gyldig for. Dette krever igjen gode begrunnelser og argumentasjon (Kleven & Hjardemaal, 2018, s. 144). Kleven (2008) kaller denne overførbarheten for en dømmekraftbasert generalisering, som igjen er basert på rasjonelle argument. Han

minner også på at det er viktig å huske at disse argumentene aldri fungerer som endelige bevis (s. 229).

Videre er replikasjoner, altså gjentakelser av tidligere eksperiment, noe som kan bidra til å styrke både den indre og den ytre validiteten dersom flere studier viser liknende resultater (Ringdal, 2018, s. 137). De fleste forskningsresultater er kun interessante dersom de kan overføres til andre situasjoner. Replikasjoner av studier kan bidra til dette. Også her er det da viktig å gi tydelige beskrivelser og gjøre grundige analyser av forskningskonteksten, slik at man enkelt kan vurdere likheter og forskjeller mellom studier (Kleven & Hjardemaal, 2018, s. 146). Dette kan relateres til det som kalles «tykke beskrivelser» av Thagaard (2018, s. 19). I denne avhandlingen blir det av den grunn viktig å gi fyldige beskrivelser av gjennomføringen av datainnsamlingen og tolkningen av resultatet, slik at leserne har god mulighet til å vurdere studiens overførbarhet. Detaljerte beskrivelser av gjennomføringen av datainnsamlingen er forsøkt gjort tidligere i metodekapitlet.

3.6.2 Reliabilitet

Reliabilitet innebærer at gjentatte målinger med samme måleinstrument, vil gi samme resultat (Ringdal, 2018, s. 103). Dette kan knyttes til repliserbarhet, som ble nevnt tidligere. Kleven og Hjardemaal (2018) viser til at dersom et datamateriale er lite påvirket av tilfeldige målefeil, vil en ha god reliabilitet (s. 99). I denne studien kan tilfeldige målefeil være feil i den elektroniske dataregistreringen. Gjennom Nettskjema vil likevel svarene fra spørreskjemaene overføres direkte til SPSS, som igjen gjør at registreringsfeil kan unngås.

Vurdering av reliabilitet er ren empirisk måling, og i kvantitativ metode er det vanlig å måle graden av intern konsistens mellom indikatorer (Ringdal, 2018, s. 103-104). Dette måles gjennom Cronbachs alfa, som ble nevnt tidligere i delkapitlet om sammensatte mål. Cronbachs alfa er et mål på hvor tett forbundet en gruppe variabler er, og er en forutsetning for et godt operasjonelt begrep. Alfaverdiene kan variere fra 0 til 1, hvor verdier mellom .7 og .95 er tilfredsstillende (Eikemo & Clausen, 2012, s. 269-270). De sammensatte målene i denne studien viste seg å ha en høy intern konsistens, og ble derfor slått sammen til gjennomsnittlige sumskårer og brukt i videre statistiske analyser.

Innen kvalitativ metode er reliabilitet mer avhengig av vitenskapsteoretiske perspektiver. Ut fra eget ståsted, her kritisk realisme, må man argumentere for reliabiliteten ved å redegjøre for hvordan dataen har blitt utviklet i løpet av forskningsprosessen. Man skal forsøke å overbevise leseren om kvaliteten av forskningen og verdien av resultatet. Igjen er det da viktig å vise transparens, slik at leserne kan vurdere forskningen trinn for trinn (Thagaard, 2018, s. 188). I denne avhandlingen er det forsøkt å vise transparens ved å gi en detaljert framstilling av framgangsmåten i forskningen tidligere i metodekapitlet. Videre i analyse- og diskusjonsdelen vil jeg vise til primærdata, altså direkte sitat fra intervjuene, og tydelig gjøre rede for hva som er mine tolkninger av disse ut fra et kritisk realistisk standpunkt.

3.7 Forskningsetiske betraktninger

«Forskningsetikk er de grunnleggende moralnormene for vitenskapelig praksis» (Ringdal, 2018, s. 57). Ifølge Kleven og Hjardemaal (2018) har all forskning etiske normer å følge (s. 28), og som forsker er man forpliktet til å følge disse normene. Dette innebærer refleksjon over holdninger og verdier som kan påvirke valg av tema, kilder og tolkninger (Ringdal, 2018, s. 59). Innen pedagogikk handler forskning om mennesker, og man skal

arbeide ut fra grunnleggende respekt for menneskeverdet. Personens integritet, frihet og medbestemmelse skal respekteres, og deltakerne skal få den informasjonen som er nødvendig for å få en forståelse for følgene av forskningen og hensikten med den (Kleven & Hjardemaal, 2018, s. 28-29). Ettersom denne studien baserer seg på barn, og det skulle hentes inn personopplysninger som navn og prestasjonsnivå i matematikk, ble det tidlig sendt inn meldeskjema til NSD. Dette leder oss videre til de viktige etiske prinsippene om informert samtykke og konfidensialitet, som blir beskrevet i kommende del.

3.7.1 Informert og frivillig samtykke, og konfidensialitet

Elevene på skolene som hadde takket ja til å delta i prosjektet, fikk utdelt informasjonsskriv med samtykkeskjema. Et informasjonsskriv skal gi tilstrekkelig informasjon om prosjektets formål, hva som skal samles inn, hvem som har tilgang til informasjonen, hvordan resultatene skal brukes, og hvilke følger en deltakelse kan ha (Ringdal, 2018, s. 61). I denne studien er barna under 15 år, og det trengtes derfor samtykke fra foreldre. Likevel er det barna selv som avgjør om de faktisk ønsker å delta eller ikke, da det også er krav om frivillig deltakelse (Norsk Senter for Forskningsdata, 2018; Ringdal, 2018, s. 61). Informasjonsskrivet ble av den grunn skrevet slik at elevene selv skulle forstå hva prosjektet handlet om, og det ble tydelig presisert at deltakelsen er frivillig. Ettersom datainnhentingen foregikk i skoletiden, ble det også understreket at forholdet til skolen ikke ville bli påvirket, uansett om en ønsket å delta eller ikke. Videre ble det presisert i skjemaene at den innsamlede informasjonen er konfidensiell og at elevene skal være anonyme. Prestasjonsnivå i matematikk kan enkelte oppleve som en sensitiv opplysning. I informasjonsskrivet ble det av den grunn også tydeliggjort at elevene vil omtales gruppevis, slik at de ikke skulle tro at vi ville studere den enkeltes læring og utvikling. De vil da ikke kunne gjenkjennes enkeltvis i datamaterialet, og konfidensialiteten overholdes. Dette gjøres også i intervjuene da informantene omtales som informant 1 og informant 2.

Etter informert og frivillig samtykkeskjema var samlet inn fra elever som ønsket å delta i prosjektet, sørget vi for å fortsette å informere om prosjektets hensikt og elevenes rettigheter underveis i datainnhentingen. Vi ga muntlige beskjeder før gjennomføringene av spørreundersøkelse og test om at deltakelsen var frivillig og at de ville være anonyme. Intervjuene ble også innledet med å fortelle om samtalens hensikt og forsikre dem om at de ikke ville bli gjenkjent i avhandlingen. Personopplysningene som er samlet inn til studien, vil slettes ved prosjektslutt.

4 Presentasjon av empiri

I dette kapitlet presenteres datamaterialet i forskningsprosjektet. Først vil funnene fra den kvantitative metoden bli gjennomgått og deretter funnene fra de kvalitative intervjuene. Innad i disse delene vil resultatene bli gjort rede for, ut fra prosjektets problemstilling og forskningsspørsmål.

4.1 Resultater fra den kvantitative testen og spørreundersøkelsen

I dette delkapitlet vil resultatene fra den kvantitative metoden bli presentert. Først beskrives resultatet fra faktoranalysene som ble gjennomført for å undersøke dimensjonaliteten til to teoretiske skalaer. Deretter beskrives datamaterialet gjennom deskriptiv statistikk. Til slutt følger funnene som kan gi svar på problemstillingen og forskningsspørsmålene.

4.1.1 Faktoranalyse

I spørreskjemaene ble de teoretiske begrepene indre motivasjon og mestringsforventning undersøkt. For å være sikker på at indikatorene i hvert begrep målte samme fenomen, ble det først gjennomført en faktoranalyse ut fra resultatet i pre-undersøkelsen med utgangspunkt i alle indikatorene. Dette ga et noe rotete resultat, da det viste seg at item mesfor3 korrelerte negativt med enkelte av de andre indikatorene innen mestringsforventning. Det ble derfor gjort en ny faktoranalyse uten item mesfor3. Resultatet er presentert i tabell 4.1.

Item	**1**	**2**
Indmot1 Jeg liker å rotere figurer	.879	
Indmot2 Når jeg arbeider med rotering av figurer, tenker jeg at dette liker jeg å holde på med	.894	
Indmot3 Jeg gleder meg til timene hvor vi skal rotere figurer	.848	
Indmot4 Jeg synes det er morsomt å arbeide med rotering av figurer	.918	
Mesfor1 Jeg er sikker på at jeg vil greie alt vi skal lære i oppgaver med rotering av figurer		.764
Mesfor2 Jeg er sikker på at jeg vil greie det vanskeligste i rotering av figurer		.734
Mesfor4 Jeg er sikker på at jeg vil gjøre en god jobb på oppgaver og prøver i rotering av figurer		.754

Merknad: Faktorladninger under .3 vises ikke i tabellen. Pattern matrix, Principal Component Analysis, Oblimin Rotation.

Tabell 4.1: Faktoranalyse av indre motivasjon og mestringsforventning

Resultatet viser en tydelig faktorstruktur, hvor indikatorene til hver skala lader høyt på to ulike faktorer. Indikatorene innen indre motivasjon lader høyt på samme skala, og ble målt til å ha en svært god intern konsistens. Cronbachs alfa ble målt til .913.

Reliabilitetsanalysen viste at denne kunne bli enda høyere, .932, dersom item indmot3 ble fjernet. Denne forskjellen er likevel nokså svak, i tillegg til at løsningen allerede er veldig sterk, som gjør at jeg velger å se bort fra denne statistiske tolkningen. Videre viser tabellen at de tre gjenværende indikatorene innen mestringsforventning også lader høyt på samme skala. Cronbachs alfa ble derimot kun målt til .618, som er lavere enn det som blir vurdert som akseptabelt. En mulig årsak til denne lave skåren, og at item mesfor3 korrelerte negativt, kan da være at elevene egentlig ikke hadde etablert en mestringsforventning knyttet til mental rotasjon, selv om vi forsikret oss på forhånd at elevene hadde arbeidet med slike oppgaver tidligere. Elevene har muligens ikke arbeidet nok med dette til å utvikle en forventning om mestring. Av den grunn ble det gjennomført en reliabilitetsanalyse ut fra resultatet i post-spørreundersøkelsen. Cronbachs alfa ble her målt til .889, som viser en sterk intern konsistens. Dette styrker forklaringen om at elevene gjerne ikke hadde etablert en forventning om mestring på forhånd.

4.1.2 Deskriptiv statistikk

Videre ble det gjennomført deskriptive analyser for å beskrive karakteristikker ved datasettet. I tabell 4.2 presenteres utvalget i en frekvensfordeling, med informasjon om kjønn og prestasjonsnivå i matematikk. Tabell 4.3 viser gjennomsnitt, standardavvik og skjevhet i variablene ut fra resultatet i pretestene. I tillegg er Cronbachs alfa inkludert i tabellen for å tydeliggjøre skalaens reliabilitet.

	Kjønn	**Frekvens**	**Prest.nivå**	**Frekvens**
Eks.	Gutter	5	Sterk Middels Svak	2 2 1
	Jenter	8	Sterk Middels Svak	3 3 2
Kont.	Gutter	5	Sterk Middels Svak	- 2 3
	Jenter	1	Sterk Middels Svak	- 1 -

Tabell 4.2: Frekvenstabell av utvalget

	Eksperiment				**Kontroll**				
	N	X	SD	Skewness	N	X	SD	Skewness	Cronbachs alfa
Test	13	15.15	2.99	-.483	6	11.83	1.83	-.513	-
Indmot.	13	3.68	.841	.126	6	4.17	1.56	.267	.913
Mesfor.	13	4.12	.55	.430	6	3.87	.786	.116	.618

Tabell 4.3: Deskriptiv statistikk

Tabell 4.2 viser et større utvalg med en jevnere fordeling av kjønn og prestasjonsnivå i eksperimentgruppa enn kontrollgruppa. På grunn av tiltakene mot Covid-19 falt dessverre syv elever fra kontrollgruppa ut av testingen, og skapte denne ujevne fordelingen. Tolkningen av resultatet i neste kapittel vil ta hensyn til dette. Den deskriptive statistikken i tabell 4.3, viser fordelingen av skårer og om resultatet kan bli

brukt i videre parametriske, statistiske analyser (Pallant, 2010, s. 57). Tabellen viser at eksperimentgruppa fra start skårer høyere på testen i mental rotasjon enn kontrollgruppa. Det ble da gjennomført en t-test for uavhengig utvalg for å se om gruppene var signifikant ulike, noe de var (p<.05). Eksperimentgruppa viser også fra start en høyere grad av mestringsforventning, mens kontrollgruppa viser høyere grad av indre motivasjon. Disse forskjellene er ikke signifikante. Ettersom skjevheten i variablene ikke er over 1, vil resultatet kunne benyttes i videre analyser.

4.1.3 Har bruk av AR som undervisningsmateriale betydning for utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon, indre motivasjon og mestringsforventning hos elever i 13-årsalder?

For å svare på avhandlingens problemstilling er det først benyttet t-test for avhengig utvalg. Dette er for å undersøke effekten tiltakene hadde på variablene i hver gruppe. Deretter er t-test for uavhengig utvalg blitt brukt for å se på en mulig forskjell mellom gruppene i posttesten. Med bakgrunn i at utvalget er lite, vises det alltid til både signifikans og effektmålet Cohens d. Dette effektmålet forteller om hvor stor betydning en endring eller ulikhet har, og anser en størrelse på .2 som liten, .5 som moderat og .8 som stor (Kleven, 2013, s. 4). Resultatet fra t-testen for avhengig utvalg er presentert i tabell 4.4.

	Var.	**Test**	**N**	**X**	**SD**	**Dif.**	**SD i dif.**	**T**	**P**	**Cohens d**
Eks.	Test	Post	13	14.77	3.0	-.384	2.02	-.686	.506	.19
		Pre	13	15.15	2.9					
	Indmot	Post	13	4.21	.77	.532	.747	2.57	.025*	.71
		Pre	13	3.68	.84					
	Mesfor.	Post	13	4.54	.87	.423	.844	1.81	.096	.50
		Pre	13	4.12	.54					
Kont.	Test	Post	6	13.83	2.9	2.0	2.76	1.77	.136	.72
		Pre	6	11.83	1.8					
	Indmot	Post	6	4.29	1.9	.125	.932	.329	.756	.13
		Pre	6	4.17	1.5					
	Mesfor.	Post	6	4.29	1.3	.417	1.25	.815	.452	.33
		Pre	6	3.87	.78					

Merk *p<.05

Tabell 4.4: T-test avhengig utvalg - generell utvikling

Tabell 4.4 viser at eksperimentgruppa presterte lavere på posttesten i mental rotasjon (-.384). Endringen er ikke signifikant og er tillagt liten betydning (.19). Videre har elevene i denne gruppa en signifikant endring i indre motivasjon (p<.05), hvor endringen ligger nær stor betydning (.71). Endringen i mestringsforventning er ikke signifikant, men tillegges moderat betydning (.50). I kontrollgruppa har elevene en positiv utvikling i alle variablene, men endringene er ikke signifikante. Forbedringen på testen ligger likevel nær stor betydning (.72). Endringen i mestringsforventning tillegges mellom lav og

moderat betydning (.33), mens utviklingen av indre motivasjon har liten betydning (.13). Videre vil tabell 4.5 presentere om gruppene er signifikant ulike i posttestene.

	Gruppe	Variabel	N	X	SD	Dif.	T	P	Cohens d
Posttest	Eksperiment	Test	13	14.77	3.0	.94	.632	.536	.314
	Kontroll		6	13.83	2.99				
	Eksperiment	Indre motivasjon	13	4.21	.77	-.08	-.098	.925	.065
	Kontroll		6	4.29	1.92				
	Eksperiment	Mestrings-forventning	13	4.54	.87	.25	.500	.624	.25
	Kontroll		6	4.29	1.26				

Tabell 4.5: T-test uavhengig utvalg - er gruppene forskjellig i post?

Tabell 4.5 viser ingen signifikante forskjeller mellom gruppene. Testens gjennomsnittsforskjell på .94 poeng tillegges liten til moderat betydning (.314), hvor det er eksperimentgruppa som skårer svakt høyere enn kontrollgruppa. De viser også til høyere grad av mestringsforventning, men denne gjennomsnittsforskjellen har også liten betydning (.25). Enda lavere betydning har gjennomsnittsforskjellen i indre motivasjon (.065). Her er det kontrollgruppa som skårer svakt bedre.

4.1.4 Er det forskjell på utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon ut fra kjønn?

For å svare på dette forskningsspørsmålet er det også her benyttet t-test for avhengig utvalg. Man undersøker da utviklingen av ferdigheten mental rotasjon hos både gutter og jenter. Ettersom det kun er én jente som fullførte treningsopplegget i kontrollgruppa, vil det ikke være mulig å undersøke utviklingen hos jenter i kontrollgruppa. Her presenteres derfor kun utviklingen til guttene. Tabell 4.6 viser resultatet av utviklingen.

	Kjønn	Test	N	X	SD	Dif.	SD i dif.	T	P	Cohens d
Eks.	Jenter	Post	8	14.5	3.54	-.5	2.0	-.707	.502	.25
		Pre	8	15.0	3.25					
	Gutter	Post	5	15.2	2.17	-.20	2.28	-.196	.854	.09
		Pre	5	15.4	2.88					
Kont.	Gutter	Post	5	13.6	3.28	2.2	3.03	1.622	.180	.73
		Pre	5	11.4	1.67					

Tabell 4.6: T-test avhengig utvalg - utvikling ut fra kjønn

I eksperimentgruppa har både jenter og gutter prestert lavere på posttesten, men endringene er ikke signifikant. Tiltaket har hatt liten betydning hos jentene (.25), og enda mindre betydning hos guttene (.09). En t-test for uavhengig utvalg viste at kjønnene ikke er signifikant ulike hverandre. Guttene i kontrollgruppa presterte bedre, men heller ikke deres endring er signifikant. Tiltaket tillegges likevel nær stor betydning (.73).

4.1.5 Er det forskjell på utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon ut fra prestasjonsnivå i matematikk?

For å undersøke utvikling av ferdigheten mental rotasjon ut fra prestasjonsnivå, vises det til deskriptiv statistikk og effektstørrelse. Å gjennomføre en t-test for avhengig utvalg ville ikke vært forsvarlig i dette tilfellet, på grunn av den lave utvalgsstørrelsen innen hver prestasjonsgruppe. Videre er enveis-variansanalyse, ANOVA, blitt benyttet for å sammenligne utviklingen i hver prestasjonsgruppe. Her vises det til effektmålet eta^2. Dette effektmålet er korrelasjonsbasert og tolkes som forklart varians i avhengig variabel (Kleven, 2013, s. 6). Ettersom kontrollgruppa igjen mangler respondenter i hver gruppe, her elever med sterke ferdigheter i matematikk, er det kun i eksperimentgruppa utviklingen vil bli sammenlignet.

	Prest.	**Test**	**N**	**X**	**SD**	**Dif.**	**SD i dif.**	**Cohens d**
Eks.	Svak	Post	3	12.0	3.46	-2.0	2.65	.75
		Pre	3	14.0	1.0			
	Middels	Post	5	15.6	2.79	.40	1.14	.35
		Pre	5	15.2	3.77			
	Sterk	Post	5	15.6	2.41	-.20	2.17	.09
		Pre	5	15.8	3.27			
Kont.	Svak	Post	3	12.7	3.79	1.67	4.04	.41
		Pre	3	11.0	2.0			
	Middels	Post	3	15.0	2.0	2.3	1.53	1.5
		Pre	3	12.7	1.53			

Tabell 4.7: Deskriptiv statistikk - utvikling ut fra prestasjonsnivå

Tabell 4.7 viser at tiltaket hadde nær stor effekt på elever med svake ferdigheter i eksperimentgruppa, men i negativ retning (.75). Tiltaket har mellom liten og moderat effekt hos elever med middels ferdigheter i eksperimentgruppa, dette i positiv retning (.35). Elever med sterke ferdigheter presterte litt svakere på posttesten, men endringen tillegges svært liten betydning (.09). I kontrollgruppa har begge prestasjonsgruppene prestert bedre, og effektstørrelsen viser at tiltakene har hatt nær moderat effekt hos elever med svake ferdigheter (.41). Elevene med middels ferdigheter har opplevd svært stor effekt (1.5).

For å undersøke om tiltaket i eksperimentgruppa har hatt ulik effekt på prestasjonsgruppene, benyttes ANOVA. Resultatet er beregnet ut fra differansen mellom post- og pretesten i hver gruppe. Analysen viste at variansen i gruppene er lik, og videre analyser kan da trygt gjøres. Resultatet presenteres i tabell 4.8.

Variasjonskilde	**Kvadratsum**	**Frihetsgrader**	**F**	**P**	**Eta^2**
Mellom grupper	11.077	2	1.457	.278	.23
Innen grupper	38.00	10			
Total	49.077	12			

Tabell 4.8: ANOVA - er det forskjell på utvikling ut fra prestasjonsnivå?

Tabell 4.8 viser ingen signifikant forskjell mellom prestasjonsgruppene i eksperimentgruppa, når det gjelder differansen mellom post- og pretesten. 23% av variansen i resultatet på testen kan forklares ut fra hvilket prestasjonsnivå eleven har. Ettersom det ikke finnes signifikante forskjeller i utviklingen, utføres det ikke en Post-Hoc-analyse.

4.2 Resultater fra det kvalitative forskningsintervjuet

Funnene fra intervjuene vil hovedsakelig kunne gi svar på det siste forskningsspørsmålet:

> *Hvordan opplever to elever med svake ferdigheter i matematikk undervisning i mental rotasjon?*

I analysen av det transkriberte materialet var det tre kategorier som utmerket seg, og resultatet vil da bli presentert gjennom disse. Første kategori er erfaringer til matematikk, andre kategori er indre motivasjon, og den siste er mestringsforventning. Begge elevene var innom samtaleemner som kan knyttes til disse temaene, og resultatet vil bli presentert sammen med direkte sitat for å tydelig illustrere stemmen deres.

4.2.1 Erfaringer til matematikk

Begge informantene er elever med svake ferdigheter i matematikk. Av den grunn var det hensiktsmessig å undersøke elevenes erfaringer til faget og områdene de opplever som utfordrende. Følgende presenteres enkelte direkte sitat fra informantene, og deretter sammenfattes det som er blitt sagt.

> Så det er liksom litt kjekt å vite mer om det, men du kan liksom bli litt ukonsentrert, så det kan være litt sånn. Litt kjedelig, men kan være litt gøy ... (Informant 1).

> Det er, egentlig veldig gøy ... Men noen ganger er det litt sånn vanskelig med bokstaver og sånt ... Og litt sånn, deling er også ganske vanskelig (Informant 2).

> Det er jo hvert fall at du trenger det videre, fordi du lærer mer også trenger du det. Slik som jeg sa i sted, kan du bruke det hvis du skal på butikken, så er det kjekt hvis du kan bruke det der (Informant 1).

> Hvis det er sånn veldig, sånn ting som er veldig ting du trenger å forklare. Hvis du må forklare veldig lenge da, så kan det være jeg blir litt ukonsentrert ... (Informant 1).

I analysen av intervjuene kom det fram at begge elevene i utgangspunktet har et godt forhold til matematikk og for det meste synes det er et gøy fag. Informant 1 la særlig vekt på nytteverdien faget har ved at det kan brukes i hverdagslige situasjoner som å handle på butikken. Ellers var det ulike områder i faget som ble framhevet som utfordrende. Informant 2 uttrykte ulike regneoperasjoner som vanskeligst, for eksempel divisjon og algebra. Informant 1 framhevet oppgaver med mye informasjon, for eksempel tekstoppgaver, som spesielt utfordrende. Det blir vanskelig å konsentrere seg og huske all informasjonen.

4.2.2 Indre motivasjon

I analysen av det transkriberte materialet utmerket det seg flere områder informantene syntes var gøy og lystbetont med arbeid med mental rotasjon og bruk av AR-briller. I likhet med ovenfor, vil resultatet først presenteres gjennom direkte sitat, før det blir gjort en sammenfatning til slutt.

> Ja, det var, siden liksom, det var litt gøy at vi gjorde liksom forskjellig og. At vi liksom ikke bare gjorde det ene ... Også fikk vi og lov til å lage sånne, ja vi lagde jo brikker til hverandre så vi måtte finne ut av og sånt. Det var og gøy (Informant 2).

> Det var interessant at du kunne prøve å lære mer ting utenfor matte, og tenke litt om geometri ... Det var jo egentlig veldig supert å lære (Informant 1).

> AR var gøy, men det var kanskje ... Jeg tror kanskje det var litt gøyere å gjøre det for hånd enn hvis jeg hadde gjort det med å snu på de greiene med AR-briller ... Der ser man jo bare og plukker ut. Men siden de, vi liksom lærte jo også å lære å tegne 3D og sånt og. Og vi lærte jo å bygge sånn greie med sånn der ... (multilink), så vi fikk jo liksom gjøre det selv (Informant 2).

> Hvis de barna vet at de kan liksom, hvis de tenker seg «åh, vi kan drive med AR-briller i dag på skolen», da blir jo folk liksom mer sånn «åh, da vil jeg komme mer på skolen hvis vi skal drive på med AR» ... Jeg tror at hvis jeg fikk vite at vi skulle drive med AR i mattetimen og sånn, da ja. Da ville jeg gledet meg (Informant 2).

> Mer spill kanskje på sånn matte, norsk, samfunnsfag, så har vi liksom, historie i hologram ville vært litt kult også ... Og da jeg så i galaksen kunne vi liksom lære mer om jorda fordi de sa en historie, også kunne man se rundt den og mer om melkeveien og sånt (Informant 1).

> Hvis man liksom kan lære om planeter og sånt ... Da kunne det kanskje vært bedre med AR, for da kunne man liksom hatt det på også kunne man gått rundt planeten og sett hvordan de var og sånt (Informant 2).

Ettersom informantene er deltakere i forskjellig gruppe, har de også ulik erfaring knyttet til arbeid med mental rotasjon og AR-briller. Begge informantene uttrykte at arbeidet var gøy, men informant 2 vektla at hen tror arbeidet til kontrollgruppa var mer lærerikt og variert. Likevel ble det også framhevet at skolearbeidet gjerne vil bli mer lystbetont og elevene vil glede seg mer til skolen dersom AR-briller benyttes i undervisningen. Informantene foreslo spesielt naturfag som et passende fag hvor AR-briller burde benyttes. Elevene kan på denne måten utforske solsystemet gjennom praktisk læring og lære mer aktivt.

4.2.3 Mestringsforventning

Under intervjuene ble det satt fokus på om elevene følte de lærte noe under prosjektet. Resultatet presenteres igjen først gjennom direkte sitat. Til slutt gjøres en sammenfatning.

> Jeg kunne blitt flinkere ... Jeg følte jeg ble litt bedre å tenke det i hodet, sånn tenke å rotere i hodet, sånn mental rotasjon (Informant 1).

> Det var litt vanskelig å tegne 3D liksom og sånn ... Siden hvis jeg for eksempel gjorde sånn opp, da ble det bare enda en sånn til firkant som ble fler. Men ja. Men det var vanskelig da (Informant 2).

> Jeg har liksom lært meg å tegne 3D og liksom sånt. Også har jeg lært meg at jeg liksom ... jeg tenkte liksom at man bare måtte finne hva som matchet, men du sa liksom at man måtte tenke inni hodet at man må snu på de for å se hvilken ... Ja, og da har jeg lært det og (Informant 2).

> Jeg prøvde jo bare litt å gjette, men først så prøvde jeg litt å se fra en annen vinkel, men det var litt vanskelig. Men du fikk det litt til når du var i modusen ... Du fikk litt mer stillhet også, men det var kanskje litt ... Litt mer komfortabelt hvis jeg hadde vært alene på et rom (Informant 1).

> Men når det var liksom sånn A og I og sånt (finne parvis like figurer), jeg vet ikke om jeg fikk det til, men det var ganske gøy egentlig å lære ... Nei, men jeg tror ikke liksom at jeg klarte de ... Så veldig mange, men jeg tror jeg klarte noen da (Informant 2).

Begge informantene uttrykker en viss usikkerhet angående egen mestring og læring. Informant 1 påpeker at hen ble bedre i mental rotasjon, men at hen også kunne blitt enda flinkere. Oppgavene opplevdes som utfordrende, men hen fikk det til når hen fokuserte. Selv om AR-brillene stenger ut deler av verden og man kan fokusere på de virtuelle figurene, kan man fortsatt se og høre de andre deltakerne i rommet. Det å sitte på eget rom, kunne da muligens bidra til enda bedre konsentrasjon hos informant 1. Informant 2 uttrykker også en usikkerhet til egen læring, da hen opplevde enkelte oppgaver som utfordrende og egentlig ikke vet om hen mestret alt. Likevel viser hen til at støtte og verbal overtalelse fra undertegnede bidro til bedre læring og forståelse.

5 Diskusjon

I dette kapitlet blir problemstillingen og forskningsspørsmålene drøftet i lys av teorien og funnene som er presentert tidligere i avhandlingen. Drøftingen vil deles inn i utviklingen av de tre variablene som undersøkes: mental rotasjon, indre motivasjon og mestringsforventning. Til slutt diskuteres metodiske styrker og svakheter.

5.1 Utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon

For å undersøke utviklingen av mental rotasjon hos elevene, ble det gjennomført en test før og etter treningsopplegget. Resultatet viser at eksperimentgruppa presterte svakere på posttesten, med en endring av liten betydning. Kontrollgruppa derimot oppnådde høyere skåre på posttesten, hvor effektmålet ligger nær stor betydning. Således kan man tenke at det er merkelig at eksperimentgruppa presterer svakere, ettersom det er naturlig å anta at man enten vil skåre likt eller bedre etter en periode med trening på et område. På den ene siden kan det drøftes om elevene i denne gruppa egentlig har trent på oppgaver i mental rotasjon som kan relateres til oppgavene på testen. Elevene arbeidet gjennom hele prosjektet med tredimensjonale figurer, og ved hjelp av AR-brillene kunne de se alle vinklene hos figurene kun ved å bevege hodet. For å utvikle geometrisk tenkning skal man på van Hieles nivå 3 antakelig kunne visualisere vinkler på figuren som ikke er synlige, og som da muligens er det nødvendige nivået å håndtere for å kunne mestre testen (Battista, 2007, s. 847). Det kan da hevdes at eksperimentgruppa ikke behøvde å strekke seg til nivå 3 eller 4 under treningen fordi de enkelt hadde mulighet til å bevege seg for å se figurene i sin helhet. På denne måten kan det hende at elevene ikke behøvde å manipulere figurene og danne mentale bilder i like stor grad som elevene i kontrollgruppa, ettersom de faktisk hadde mulighet til å se figurene fra alle vinkler. Dessuten kan man gjerne anta at for å kunne gjennomføre trinnene i mental rotasjon kan det være tilstrekkelig å kun befinne seg på van Hieles nivå 2, hvor elevene trolig skal kunne visualisere bevegelse av figuren ut fra synlige vinkler (Battista, 2007, s. 847). Kontrollgruppa derimot var muligens mer avhengig av å manipulere figurene og danne mentale bilder for å visualisere vinklene som ikke syntes, og burde dermed antakelig være på nivå 3.

På den andre siden kan det diskuteres om det er mangelen på tilstrekkelig veiledning og stillasbygging som er årsaken til resultatet. Ut fra teori er det i utgangspunktet hevdet at veiledning og stillasbygging vil bli ivaretatt i situasjoner hvor AR benyttes som pedagogisk verktøy (Dunleavy & Dede, 2014, s. 737). Muligens er dette gjeldende i applikasjoner hvor brukerne har mulighet til å se de samme virtuelle objektene og interagere i fellesskap. Applikasjonen som benyttes i denne studien gir derimot mulighet til kun en bruker om gangen, og elevene arbeider individuelt og uten samhandling. Vi som forskere kunne derfor ikke se oppgavene elevene utførte, som igjen gjør det vanskelig å gi gode veiledninger og tilbakemeldinger. Dette faller sammen med den rapporterte ulempen ved bruk av AR, nemlig at det kan være utfordrende å administrere aktiviteten (Dunleavy & Dede, 2014, s. 739). Kontrollgruppa, som benyttet tradisjonelle undervisningsmidler, fikk flere veiledninger og tilbakemeldinger knyttet til arbeidet. Her var det enklere å ivareta stillasbygging ved å for eksempel vise hvordan elevene kunne tegne tredimensjonalt. I konstruktivismen vektlegges det at mennesket skaper og

omskaper kunnskap selv, men at læreren skal fungere som veileder og hjelpe elevene til aktiv tenkning og refleksjon (Holm, 2002, s. 47-50). Av den grunn kan det hende at kontrollgruppas positive endring er av nær stor betydning ettersom disse elevene fikk mulighet til å reflektere over figurene og diskutere i fellesskap. Elevene fikk trent på den geometriske tenkningen gjennom å aktivt diskutere geometriske begrep og definisjoner, og bruke disse i videre arbeid. De arbeidet i utgangspunktet individuelt, men det ble naturlig med en viss grad av samarbeid og felles refleksjon ettersom de arbeidet i mindre grupper. Muligheten til å reflektere over arbeidet med eksperimentgruppa ble dessverre mer utfordrende ettersom det var kun elevene selv som kunne se de nøyaktige oppgavene og figurene. Oppgavene og elevenes strategibruk ble diskutert til en viss grad, men å oppnå en like god oppfølging og refleksjon som i kontrollgruppa ble utfordrende fordi vi faktisk ikke kunne se hva elevene gjorde. En applikasjon som blir utviklet med mulighet for samarbeid kan således tenkes å gi bedre resultat i mental rotasjon, ettersom dette muligens kan bidra til refleksjon og større grad av veiledning. Teorien framhevet at det er mulig å utvikle applikasjoner i HoloLensen som vil ivareta dette, men for å kunne oppnå god kvalitet på hologrammet og godt samarbeid, bør ikke gruppene være på mer enn seks personer (Microsoft, 2019b). Likevel kan denne gruppestørrelsen tenkes å være mer enn stor nok, ettersom utstyret er svært dyrt og det derfor gjerne er lite realistisk at en skole vil kunne ha tilgang på flere HoloLenser. Videre forskning kan således undersøke om applikasjonen brukt i denne studien ville gitt bedre effekt på utvikling av mental rotasjon, dersom det ble lagt opp til samarbeid, eventuelt én-til-én-veiledning.

Videre kan det diskuteres om det er bruken av læringsspill som kan ha påvirket resultatet til eksperimentgruppa. Teorien nevner spesifikt at spill er en arena hvor elever kan trene på ferdigheter, men selve kunnskapen må komme fra en annen kilde (Senter for IKT i utdanningen, 2017, s. 21). I denne studien trente eksperimentgruppa på mental rotasjon kun ved hjelp av en applikasjon i AR, og muligheten for tilstrekkelig veiledning og stillasbygging var som nevnt liten. Det kan således undres om en undervisning som kombinerer bruk av AR og tradisjonell undervisning vil gi et bedre resultat i utvikling av mental rotasjon. På denne måten kan det tenkes at læreren kan sikre at god kunnskap om emnet blir formidlet, samtidig som elevene får reflektert over egen strategibruk. Likevel fant Gün og Atasoy (2017) i sin studie at det ikke er noen signifikant forskjell mellom undervisning som kombinerer AR og tradisjonelle undervisningsmidler og undervisning som kun bruker tradisjonelle metoder i utvikling av spatial ferdighet. Endringen i matematikkprestasjoner var derimot signifikant med bruk av kombinert undervisning, i tillegg til at elevenes motivasjon økte betraktelig. Det kan således hevdes at AR kan være et nyttig verktøy for å skape en attraktiv undervisning, og at det i det lange løp vil føre til bedre læring i kombinasjon med tradisjonelle metoder. AR sin betydning for indre motivasjon vil bli drøftet nøyere i kapittel 5.2.

5.1.1 Kunne andre typer AR-medium gitt et annerledes resultat?

Selv om eksperimentgruppa skåret lavere på posttesten og kontrollgruppa skåret bedre, viser resultatet at gruppene ikke er signifikant ulike hverandre. Til tross for dette ble det poengtert i resultatkapitlet at gruppene var signifikant ulike i pretesten. At gruppene var ulike fra start kan muligens skyldes en ulik fordeling av prestasjonsnivå i matematikk. Kontrollgruppa består kun av elever med svake og middels ferdigheter i matematikk. Eksperimentgruppa har elever på alle nivå, men flest elever med sterke og middels ferdigheter. Muligens trekker skåren til elevene med svake ferdigheter ned gjennomsnittet i kontrollgruppa, mens skåren til elevene med sterke ferdigheter drar

snittet opp i eksperimentgruppa. Undersøker man derimot gjennomsnittene i tabell 4.7, ser man at det ikke er betydelige forskjeller mellom prestasjonsnivåene. Elevene i kontrollgruppa skårer rett og slett en del lavere enn eksperimentgruppa. At gruppene er ulike fra start, skyldes derfor trolig at studien ikke benyttet randomisering. Dette bidrar til at det kan være utfordrende å trekke årsaksslutninger (Ringdal, 2018, s. 136). Studien til Gün og Atasoy (2017) viste, i likhet med denne studien, ingen signifikant forskjell mellom gruppene i spatial ferdighet i posttesten. Til forskjell fra resultatet i denne studien, fant Gün og Atasoy en signifikant endring i spatial ferdighet, og eksperimentgruppa skåret litt høyere enn kontrollgruppa. I teorien skal man derfor gjerne tro at undervisning med AR vil kunne fungere litt bedre enn tradisjonell undervisning. Resultatet i denne studien viser derimot at AR ikke har noen effekt på utvikling av mental rotasjon, og peker imidlertid på den tradisjonelle undervisningen som mer egnet. Gruppene er ikke signifikant ulike i post, men resultatet viser at elevene i kontrollgruppa har tatt igjen eksperimentgruppa ettersom de var ulike i pre. Imidlertid er det viktig å poengtere at Gün og Atasoy (2017) benyttet PC-basert AR i sin studie. Det kan tenkes at ulike typer AR-medium vil gi ulikt resultat på læring. Blant annet viser teorien til en studie som fant at arbeid på PC fungerer best i de fleste situasjoner, sammenlignet med arbeid som benytter nettbrettbasert AR og HoloLens (Bach et al, 2018). Av den grunn kan det muligens tenkes at PC-basert AR også kan gi bedre effekt på læring ettersom elevene lettere kan samarbeide, reflektere i fellesskap og få tilstrekkelig med veiledning og stillasbygging fra lærer. Dessuten har de fleste skoler tilgang på flere datamaskiner, noe som gjør at dette utstyret er lettere tilgjengelig enn HoloLensen. I tillegg behøver ikke elevene å få opplæring i den nye teknologiens bruksområder, noe som kan bidra til å spare mye tid i undervisningen, ettersom elevene gjerne allerede mestrer datamaskinens funksjoner. Med bakgrunn i dette burde muligens videre forskning undersøke om andre AR-medium som ivaretar interaktivitet, for eksempel PC-basert AR, vil gi bedre effekt på utvikling av mental rotasjon. Videre forskning kan også undersøke om andre typer AR-briller, som HoloLens 2 og Magic Leap, vil kunne gi et annerledes resultat ettersom disse gjerne har andre funksjoner som ikke er tilgjengelig i HoloLens 1.

5.1.2 Utvikling ut fra kjønn og prestasjonsnivå i matematikk

Utvikling av ferdigheten mental rotasjon har endret seg negativt hos både gutter og jenter i eksperimentgruppa. Kjønnene er ikke signifikant ulik hverandre, men selv om begge har en negativ endring, skårer guttene høyere i både pre- og posttest. Dette går overens med tidligere studier som viser at gutter gjør det bedre på mental rotasjon enn jenter (Linn & Petersen, 1985; Burton et al, 2005; Lauer et al, 2019).

For å få et innblikk i om AR-briller kan være et nyttig verktøy innen spesialpedagogikk, er det videre interessant å drøfte studiens effekt på elever med ulikt prestasjonsnivå i matematikk. Tiltaket har ikke hatt signifikant ulik effekt i gruppene, men kun elever med middels prestasjoner har hatt en positiv effekt på mental rotasjon med bruk av AR-briller. Endringen tillegges likevel ikke særlig stor betydning. Både elever med sterke ferdigheter og elever med svake ferdigheter har hatt en negativ effekt av tiltaket, men kun endringen hos elever med svake ferdigheter har nær stor betydning. På sett og vis kan man si at resultatet faller sammen med resultatet fra Lin et als (2015(studie. Selv om elever med sterke ferdigheter presterer lavere på posttesten, tillegges endringen svært liten betydning og faller da sammen med deres resultat om ingen effekt. Videre går også resultatet hos elever med middels ferdigheter overens med deres resultat, ettersom de har hatt en positiv endring med liten til moderat betydning. Effekten på

elever med svake ferdigheter tillegges også nær stor betydning i begge studiene, men forskjellen er at elevene i denne studien har hatt en negativ endring. I kontrollgruppa har elever med svake ferdigheter opplevd nær moderat effekt av tiltakene, mens elever med middels ferdigheter har opplevd svært stor effekt.

En mulig årsak til den negative effekten på elever med svake ferdigheter i eksperimentgruppa, kan ha en sammenheng med elevenes geometriske tenkning og begrepsutvikling. Tidligere ble det drøftet at eksperimentgruppa ikke fikk veiledning og mulighet til refleksjon i samme grad som kontrollgruppa. For elever med svake ferdigheter, og som muligens har vansker i matematikk, kan det være særlig nyttig å snakke om figurene gjennom å bruke geometriske begreper og definisjoner. Elevene får således trent på å danne mentale bilder ved å sammenkoble begrepet med figuren. I teorien ble det å danne mentale bilder presentert som en mulig utfordring hos elever i matematikkvansker, og derfor kan det være nyttig å trene på denne ferdigheten slik at elevene lærer flere begrep, lagrer informasjon og videre utvikler evne til å løse oppgaver (Lunde, 2010, s. 42; van Garderen, 2006, s. 504). Ettersom det ble mer rom for refleksjon og aktiv tenkning i kontrollgruppa, kan det tenkes at det er derfor disse elevene har opplevd positiv effekt. Elevene har manipulert figurene og brukt geometriske begrep aktivt, som igjen gjerne har bidratt til positiv utvikling av geometrisk tenkning og da spatial tenkning og mental rotasjon. Dette har også trolig bidratt til utvikling av metakognisjon, altså elevenes bevissthet rundt egne læringsstrategier (Lunde, 2010, s. 74-75). Informant 2 uttrykte i intervjuet at det var regneoperasjoner hen opplevde som mest utfordrende, som tyder på at hens vanskeområde gjerne ikke angår spatiale ferdigheter. Til tross for dette er det mulig at aktiv tenkning og refleksjon vil bidra til god læring uavhengig av vanskeområde og prestasjonsnivå. Elevene får således trent på å danne mentale bilder og reflektert over egen strategibruk, som igjen kan føre til økt spatial ferdighet. Dette kan underbygges av det gode resultatet hos elevene i kontrollgruppa og Holms (2002) argument om at undervisning som vektlegger aktiv tenkning og refleksjon vil være nyttig for alle elever, særlig elever i vansker (s. 51-52). Elevene med svake ferdigheter i eksperimentgruppa hadde muligens opplevd bedre effekt av tiltaket dersom veiledning og refleksjon kunne blitt ivaretatt i større grad, gjennom for eksempel en applikasjon som åpner for samarbeid. Teorien påpeker at AR vil legge til rette for metakognitive læringsprosesser (Dunleavy & Dede, 2014, s. 737), men dette vil trolig ikke fungere i situasjoner hvor eleven arbeider individuelt og læreren ikke har mulighet til å gi tilstrekkelig veiledning. Under intervjuene kom det fram at informant 1 synes oppgaver med mye informasjon er mest utfordrende, ettersom det kan være vanskelig å huske alt og konsentrere seg. Dette trenger ikke nødvendigvis å peke på vansker med spatial ferdighet, men også her er det rimelig å anta at gjennom å reflektere og bruke begrepene aktivt, vil man kunne oppnå en bedre begrepsutvikling, bedre lagring av informasjon og igjen forbedre evnen til å løse oppgaver (Lunde, 2010, s. 42; van Garderen, 2006, s. 504).

Med bakgrunn i dette peker resultatet på at tradisjonell undervisning muligens har best effekt på elever med svake ferdigheter, antakeligvis på grunn av gode muligheter for veiledning, stillasbygging og felles refleksjoner. Dette kan underbygges av Nortvedt og Vogt (2012) som framhever at undervisning som vektlegger dialog er nyttig for å utvikle positive holdninger til faget (s. 377). Den tradisjonelle undervisningen hadde også svært stor effekt på elever med middels ferdigheter, og videre kunne det være interessant å vite om effekten ville være like god på elever med sterke ferdigheter. I utgangspunktet skulle dette blitt undersøkt, men på grunn av tiltakene mot Covid-19 falt disse elevene ut av studien. Videre kan det være interessant å studere effekten en AR-applikasjon som

legger til rette for samarbeid har på elever med svake ferdigheter i matematikk. Muligens vil dette lettere åpne for refleksjon og metakognitive prosesser, samtidig som fordelen med flere representasjonsmåter og perspektiv beholdes. Dette kan for eksempel undersøkes ved å åpne for samarbeid i HoloLensen og ved å undersøke effekten av PC-basert AR.

5.2 Utvikling av indre motivasjon

Både eksperimentgruppa og kontrollgruppa har opplevd en økning i indre motivasjon etter treningsopplegget. Gruppene er ikke signifikant ulike, og forskjellen tillegges også svært liten betydning. Økningen av indre motivasjon i eksperimentgruppa er likevel signifikant og har nær stor betydning, som kan peke på at AR-briller er et nyttig verktøy for å øke motivasjon og engasjement hos elevene. Dette faller sammen med Gün og Atasoys (2017) forskning. De fant at undervisning med AR var gøy og at elevene møtte mer interesserte til undervisningen. Funnet kan også bli underbygget med informantenes utsagn fra intervjuene om at man ville glede seg til skoledagene dersom AR skulle benyttes. Arbeidet ville blitt mer lystbetont og muligheten til utforsking øker. I teorien er det framhevet at de gode mulighetene ved bruk av AR nettopp er muligheten til å forenkle konkretisering, og videre gjøre timen mer attraktiv og således skape økt motivasjon og oppmerksomhet (Shelton & Hedley, 2002; Liu et al, 2007). Informantenes opplevelse kan også skyldes muligheten til å fordype seg i et tema og at spillet oppleves ekte. Dette er noe som videre kan føre til økt motivasjon og engasjement (de Freitas et al, 2012, s. 29-30).

En annen mulighet til eksperimentgruppas signifikante økning i indre motivasjon, er at behovet for autonomi er tilfredsstilt. Dette er behovet Deci og Ryan har tillagt størst betydning for utvikling av indre motivasjon (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 149). Deltakelsen i prosjektet var frivillig, og det er trolig at elevene valgte å delta på grunn av egne interesser og verdier. Ettersom AR er et relativt nytt verktøy, kan man anta at elevene har en økt interesse og nysgjerrighet rundt denne teknologien. Det kan også tenkes at behovet for kompetanse har bidratt til å øke den indre motivasjonen. Behovet dreier seg om å engasjere seg i utfordrende oppgaver, noe som den spillbaserte læringen muligens kan bidra til. Gjennom spilleffekter som lyd ved valg av riktig figur og utdelt poeng, kan elevene oppleve både mestring og motivasjon. Blant annet påpeker de Freitas (2018) at spill er særlig nyttig for å nettopp øke motivasjon og engasjement hos elever (s. 80). Med bakgrunn i at AR skal gi mulighet til fordypning i emner (Dede et al, 2017, s. 2), kan det også være rimelig å anta at applikasjonen brukt i denne studien kan være en god kilde til indre motivasjon ettersom spillet kan oppleves ekte. Ifølge de Freitas et al (2012) er nettopp en autentisk spillopplevelse avgjørende for å oppnå motivasjon og læring (s. 29-30).

Videre kan det drøftes om behovet for tilhørighet har bidratt til økt motivasjon. I teorien uttrykkes det at man har et behov for å føle tilhørighet til andre og føle seg inkludert i et fellesskap (Deci & Ryan, 2000, s. 235). Ettersom elevene i eksperimentgruppa arbeidet individuelt, er det likevel trolig at dette behovet ikke hadde særlig betydning for den indre motivasjonen. Teorien vektlegger at man også kan engasjere seg i aktiviteter på egenhånd. Elevenes personlige interesse kan på denne måten bidra til økt motivasjon. Behovet for tilhørighet har antakelig hatt mer betydning for elevene i kontrollgruppa. Deres utvikling av indre motivasjon vil bli diskutert i neste avsnitt.

Kontrollgruppa opplevde også en økning i indre motivasjon etter treningsopplegget, men denne økningen er ikke signifikant og tillegges liten betydning. Gruppa er likevel sterkere

motivert enn eksperimentgruppa både før og etter treningsopplegget, og selv om gruppene ikke er signifikant ulike, kan det tyde på at også den tradisjonelle undervisningen fungerer godt for å skape indre motivasjon. Informant 2 vektla for eksempel at AR er et verktøy som gjør undervisningen lystbetont og gøy, men at hen likevel tror den tradisjonelle undervisningen bidro til mer læring, i tillegg til at arbeidet var gøy og variert. Dette kan ha sammenheng med at behovet for tilhørighet ble tilfredsstilt i større grad blant disse elevene, enn i eksperimentgruppa. Arbeidet skulle utføres individuelt, men det ble naturlig med en viss grad av interaksjon ettersom elevene sitter i gruppe og arbeider med like oppgaver. Dersom en elev for eksempel trengte hjelp, fikk også de andre elevene på gruppa med seg veiledningen. Trolig opplevde disse elevene større grad av inkludering og tilhørighet i en gruppe, noe som er særlig viktig i skolen for å oppleve indre motivasjon (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 150). I likhet med eksperimentgruppa er antakeligvis også behovet for autonomi tilfredsstilt, ettersom deltakelsen var frivillig og elevene gjerne har en interesse for prosjektet. Større betydning har muligens behovet for kompetanse. For å oppnå en følelse av kompetanse er det viktig å oppleve mestring, slik at man vet at man klarer å gjennomføre krevende oppgaver og ønsker å utføre flere oppgaver (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 150). I teorien ble det presisert at dette har en sammenheng med forventning om mestring. Betydningen av behovet for kompetanse og dens sammenheng med utvikling av mestringsforventning vil bli drøftet i kapittel 5.3.

For elever med svake prestasjoner i matematikk kan det tenkes at AR-briller kan være særlig nyttig for å øke den indre motivasjonen og videre gi elevene en følelse av kompetanse. Muligens øker mestringsforventningen, som igjen kan bidra til økning i indre motivasjon, innsats og utholdenhet (Skaalvik et al, 2015a). Videre kan dette trolig føre til at elevene unngår å bli svakere i faget, eventuelt unngår å havne i matematikkvansker. Med bakgrunn i informant 2 sitt utsagn, vil det likevel antakelig være hensiktsmessig å supplere undervisningen med mer tradisjonelle metoder for å sikre refleksjon, i tillegg til at arbeidet blir variert. Ved å kombinere metodene vil man gjerne på denne måten få utnyttet fordelene ved AR som mangfoldige perspektiv, forenkling av konkretisering og økt motivasjon (Dunleavy & Dede, 2014, s. 739; Shelton & Hedley, 2002; Liu et al, 2007). Samtidig vil man trolig sikre innhold av refleksjon, stillasbygging og veiledning, som gjennom denne studien har vist seg å være enklere ved tradisjonell undervisning.

5.3 Utvikling av mestringsforventning

I resultatkapitlet ble det poengtert at variabelen mestringsforventning ikke ble målt til en tilfredsstillende intern konsistens ut fra resultatet i pre-spørreundersøkelsen. Det kunne virke som elevene egentlig ikke hadde utviklet en forventning om mestring knyttet til arbeid med mental rotasjon, selv om det ble undersøkt at dette var arbeid de hadde arbeidet med før. Resultatet fra post-spørreundersøkelsen ble derimot mye tydeligere og viste en positiv endring i begge grupper. Eksperimentgruppa har opplevd en moderat effekt av tiltaket, mens kontrollgruppa ligger nær en moderat effekt. Gruppegjennomsnittene regnes ikke som signifikant forskjellige. Med bakgrunn i dette kan det tyde på at både undervisning med AR og tradisjonell undervisning har element som kan gi en styrket mestringsforventning. I eksperimentgruppa er det igjen bruken av læringsspill og dens innhold av lyd og poengskåre som muligens kan gi elevene økt opplevelse av mestring. Spillet gir på denne måten elevene «premier», og kan sørge for en leksfølelse som videre har betydning for motivasjon og engasjement (Whitton, 2014, s. 5-6). På den ene siden er dette element som kan gi autentiske mestringsopplevelser

ved at elevene får tilbakemeldinger på arbeidet fortløpende. Således får elevene det tydeliggjort om de mestrer oppgavene eller ikke. Opplevelsen av mestring som kan oppstå ved disse erfaringene, kan gjerne knyttes sammen med Skaalvik og Skaalviks (2018) begrep «reell mestring» (s. 126). Denne type mestring henger ofte sammen med resultatet på en test, og i denne situasjonen kan det være poengskåren gitt i AR-applikasjonen. På den andre siden kan spilleffektene også bidra til å svekke mestringsforventningen dersom elevene ikke får til oppgavene og da får en lav poengskåre. For å prøve å unngå dette i størst mulig grad, ble det derfor ikke gitt et lydsignal ved valg av feil figur. Man kan likevel vurdere om fravær av lyd kan svekke mestringsforventningen i samme grad som en negativ lyd som påpeker feil. Trolig ønsker de fleste å oppleve mestring og vil da søke etter en høy poengskåre og den positive lyden som signaliserer mestring. Når den positive lyden uteblir og man ikke får poeng, vil dette gjerne kunne bidra til svekket mestringsforventning i likhet med en negativ lydeffekt. Imidlertid viste resultatet at eksperimentgruppa opplevde en økning i mestringsforventning, og man kan da anta at spilleffektene har bidratt positivt og gitt autentiske mestringserfaringer. Disse kan således muligens tilfredsstille behovet for kompetanse og følgelig utvikle og fremme indre motivasjon. Man kan som følger hevde at mestringsforventning har betydning for utvikling av indre motivasjon, i likhet med tidligere studier (Skaalvik et al, 2015a).

Teorien sier at mestringserfaringer er den viktigste kilden til forventning om mestring (Bandura, 1997, s. 79). Muligens er det denne som har hatt størst betydning for utviklingen i eksperimentgruppa på grunn av spilleffektenes tydelige signaler om mestring. Videre kan sosial sammenligning hatt betydning for utviklingen av mestringsforventning i eksperimentgruppa, både i positiv og negativ grad. Under datainnsamlingen var lyden fra applikasjonen stilt inn så lavt som mulig for å forsøke at det kun var eleven som hadde på brillene som hørte lyden. Ettersom elevene likevel var samlet på et lite rom, kunne man gjerne høre når elevene fikk til oppgaver. Dessuten fortalte gjerne elevene til hverandre hvor høy poengskåre de klarte å oppnå. Elevene hadde dermed gode muligheter til å sammenligne seg med hverandre gjennom å både høre om de fikk til oppgavene, i tillegg til at de ofte ble fortalt hvor mye poeng hver enkelt fikk. På den ene siden kan dette bidra til å styrke egen forventning om mestring dersom man ser andre man identifiserer seg med får til oppgavene, men på den andre siden også svekke mestringsforventningen dersom andre ikke får det til. Samtidig kan elevene føle seg mislykket når de hører medelever skåre mye høyere, og miste både tro på egne evner og interesse for arbeidet. Sosial sammenligning kan med bakgrunn i dette fungere både positivt og negativt for elevene (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 130-131). For eksempel uttrykte informant 1 at hen muligens kunne konsentrert seg bedre dersom hen hadde fått sittet på et rom alene. Således kunne eleven muligens fordypet seg i oppgavene, konsentrert seg bedre og trolig opplevd en tydeligere mestringsforventning. Informanten opplevde en viss grad av mestring, og antakelig kunne denne blitt enda sterkere dersom hen kunne unngått forstyrrelser fra andre og konsentrert seg bedre. Det kan da tenkes at for elever med svake ferdigheter, men også gjerne middels og sterke, kan det med bruk av denne applikasjonen være gunstig å arbeide på et rom alene slik at eleven får konsentrert seg og fokusert på egen strategibruk og læring. I teorien ble metakognisjon påpekt som et vanlig kjennetegn på elever i matematikkvansker (Lunde, 2010, s. 74-75), og av den grunn kan det være særlig hensiktsmessig for elever, som informant 1, å arbeide i rom hvor man kan fordype seg fullstendig i oppgaven og videre muligens unngå å havne i matematikkvansker.

Til slutt kan det tenkes at interessen og nysgjerrigheten for å bruke AR kan ha bidratt til økt forventning om mestring. I intervjuene ble det framhevet at arbeid med AR blir vurdert som gøy og lystbetont. At elevene på forhånd og underveis i arbeidet har positive forventninger til AR, kan kobles sammen med fysiologiske og emosjonelle reaksjoner. Ettersom elevene opplever AR som et morsomt verktøy, tar de gjerne med seg positive følelser i arbeidet og unngår reaksjoner som svetting og hjertebank. Trolig opplever de AR positivt og vil følgelig oppleve oppgavene som arbeides med som positive. På denne måten kan elevene erfare mestring, framfor å utvikle negative reaksjoner (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 132).

Årsaker til kontrollgruppas positive endring i mestringsforventning kan tenkes å ha en sammenheng med kilden verbal overtalelse. Ettersom dette arbeidet gav mulighet til samhandling og bedre veiledning fra undertegnede, ble det også lettere å gi elevene tilbakemeldinger og styrke troen på deres evner. Elevene kan da ha gitt økt innsats i arbeidet og blitt sikrere på egne ferdigheter (Bandura, 1997, s. 101). Videre kan dette ha ført til autentiske mestringserfaringer gjennom veiledning og respons på arbeidet. Sosial sammenligning kan også ha hatt betydning for utviklingen ved at elevene her kunne se arbeidet til de andre elevene og hvor langt de hadde kommet i arbeidsheftet. Trolig har sammenligningen fungert positiv i denne gruppa ettersom mestringsforventningen har økt. Dette kan muligens skyldes at elevene befant seg på samme prestasjonsnivå og gjerne slik hadde like forutsetninger for mestring og flere de identifiserte seg med (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 130-131). Dersom alle elevene som i utgangspunktet skulle være en del av gruppa hadde deltatt i datainnhentingen og da hadde sikret at alle prestasjonsgruppene var representert, kunne det være interessant å undersøke om mestringsforventningen hadde utviklet seg annerledes. Forskjeller i gjennomføringen hadde muligens blitt tydeligere og elevene hadde hatt færre elever å identifisere seg med, som igjen kunne ført til en svekket forventning om mestring. Til tross for dette opplevde elevene ifølge informant 2 arbeidet i kontrollgruppa som gøy og variert. Dette kan peke på at elevene hadde positive fysiologiske og emosjonelle reaksjoner til arbeidet, som videre kan ha ført til økt mestringsforventning. Likevel påpeker også informanten en viss usikkerhet knyttet til egen forventning om mestring. Veiledning fra undertegnede bidro til å styrke troen på egne evner, men muligens kunne tydeligere tilbakemeldinger økt troen ytterligere. For eksempel kunne dette vært konkrete tilbakemeldinger på om arbeidet var riktig utført eller ikke gjennom å rette oppgavene. Imidlertid kunne dette også trolig ført til svekket mestringsforventning ved at elevene tydeligere hadde fått påpekt eventuelle feil. Usikkerheten kan også muligens skyldes lav evne til metakognisjon. Elever i matematikkvansker har ofte svake ferdigheter i metakognitive læringsprosesser, og av den grunn kan det være særdeles nyttig å prioritere god tid til refleksjon over oppgavene og strategibruk slik at elevene på denne måten kan styrke troen på egne evner og videre muligens unngå å havne i dypere vansker (Lunde, 2010, s. 74-75).

5.4 Metodiske styrker og svakheter

Størrelsen på utvalget og måten det ble trukket på gjennom bekvemmelighetsutvalg er gjerne studiens tydeligste svakheter. Et lite utvalg kan gjøre det utfordrende å få signifikante resultat, og bekvemmelighetsutvelgingen kan bidra til å ikke få et representativt utvalg. Dette hindrer bruk av statistisk generalisering (Ringdal, 2018, s. 212). På grunn av studiens tidsaspekt ble likevel disse valgene tatt og på grunn av tiltakene mot Covid-19 ble utvalget enda mindre enn først tenkt. Hvor pålitelige funnene er og hvorvidt dette kan generaliseres til å gjelde andre, kan da diskuteres. Til tross for

at utvalget ikke er trukket med sannsynlighetsutvelging, er det viktig å påpeke at denne typen utvalg sjeldent blir brukt i pedagogisk forskning (Kleven & Hjardemaal, 2018, s. 136). Begrepet *overføring* brukes i stor grad også i kvantitative metoder, og man kan da trekke tolkninger som man tenker at kan gjelde andre. Med bakgrunn i at et lite utvalg kan gjøre det utfordrende å få signifikante funn, har denne studien også vist til effektstørrelse som kan si noe om hvor stor betydning en sammenheng har (Kleven, 2013, s. 3). Dette kan bidra til å sikre resultatet mot påvirkning fra utvalgsstørrelsen. Forskning viser imidlertid at ulike metodiske trekk kan påvirke effektstørrelsen (Cheung & Slavin, 2016). For eksempel gir studier som benytter små utvalg og kvasieksperiment større effektstørrelse. For å da vurdere om et nytt tiltak skal bli inkludert i skolen, er det hensiktsmessig å undersøke studiers metodiske trekk. Denne studien måtte likevel benytte et lite utvalg og kvasieksperiment på grunn av tidsomfanget og tilgang på kun tre par med AR-briller. Resultatet kan da muligens bli vurdert som en antydning, men studien bør gjerne bli replisert med bruk av et større utvalg for å få et resultat som er nærmere realiteten og således mer pålitelig.

En av metodens styrker som kan bidra til å trekke sikrere slutninger, er bruken av todelt studie og flere design. Studien benytter måleinstrument fra både kvantitativ og kvalitativ metode, som vil kunne bidra til funn som kan utfylle hverandre (Ringdal, 2018, s. 109). Videre gjør bruken av kvasieksperiment, longitudinelt design og dybdeintervju at man både finner effekten av et tiltak over tid, samt kan få et dypere innblikk i enkeltes opplevelser. Her vil også pretestene bidra til å undersøke om gruppene er like på forhånd, og at slutninger igjen kan trekkes sikrere (Rindal, 2018, s. 111). Likevel er det viktig å påpeke at slutningene som trekkes ikke fungerer som endelige bevis. De er kun en tolkning av resultatet og et mulig syn på virkeligheten. En objektiv kunnskap vil aldri kunne finnes (Kleven & Hjardemaal, 2018, s. 203).

Avhandlingen har tidligere kommentert hvordan Covid-19 påvirket utvalgsstørrelsen og datainnhentingen, og ført til at ikke alle prestasjonsnivå og kjønn er representert i kontrollgruppa. Tilgangen på primærlitteratur ble også påvirket ettersom tilgangen på fysisk materiale ble utilgjengelig da biblioteket stengte. Flere referanser var tilgjengelig digitalt på nasjonalbiblioteket og i ulike databaser, men enkelte kilder fantes kun som fysisk materiale. I enkelte tilfeller viser derfor avhandlingen til sekundærlitteratur framfor primærlitteratur.

Til slutt kan studien som et tverrfaglig og innovativt prosjekt poengteres som en styrke. Gjennom å kombinere aspekt fra både fysikk og pedagogikk har man undersøkt hvordan AR kan fungere som et pedagogisk verktøy, og fått innblikk i hvordan det kan fungere i både ordinær undervisning og i spesialundervisning.

6 Avslutning

Hovedformålet med denne masteravhandlingen var å undersøke om bruk av AR-briller i undervisning vil kunne føre til å styrke den spatiale ferdigheten mental rotasjon, samt øke grad av indre motivasjon og mestringsforventning hos elever i 13-årsalder. Videre har det blitt undersøkt om det er en forskjell på utvikling ut fra kjønn og prestasjonsnivå i matematikk, i tillegg til at to elever med svake ferdigheter i matematikk har blitt intervjuet for å fortelle om sin opplevelse av forskningsprosjektet.

Forskningsresultatene viste at AR-brillene har liten betydning for utvikling av mental rotasjon. Dette kan trolig skyldes at det ikke ble mulighet til tilstrekkelig veiledning og tid til refleksjon, ettersom oppgavene var utfordrende å administrere. Elevene som arbeidet med mer tradisjonelle oppgaver opplevde derimot en positiv endring i mental rotasjon, som da gjerne kan skyldes større grad av refleksjon og videre utvikling av metakognitiv ferdighet. Resultatet kan også skyldes at elevene som arbeidet med AR-briller ikke måtte manipulere figurene og danne mentale bilder i like stor grad som elevene i kontrollgruppa. Dette kan være fordi de hadde mulighet til å se alle vinklene til figuren kun ved å bevege hodet. Elevene behøvde gjerne ikke å strekke seg til van Hieles nivå 3 i geometrisk tenkning for å videre utvikle spatial tenkning (Battista, 2007, s. 847).

I likhet med tidligere forskning, fant man også i denne studien at guttene presterte bedre på testen i mental rotasjon enn jentene (Linn & Petersen, 1985; Burton et al, 2005; Lauer et al, 2019). Kjønnene var likevel ikke signifikant ulik hverandre. Ut fra prestasjonsnivå viste resultatene at AR-brillene fungerte negativt på elever med svake ferdigheter i matematikk. Disse elevene opplevde en negativ endring i ferdigheten, hvor endringen ble tillagt nær stor betydning. Trolig skyldes dette mangelen på refleksjon rundt oppgavene og strategibruk. Elever i matematikkvansker kan ha vansker med å danne mentale bilder og har gjerne svak ferdighet i metakognisjon (Lunde, 2010, s. 38; Lunde, 2010, s. 74). Av den grunn er det rimelig å anta at å bruke tilstrekkelig tid på å reflektere over oppgavene og konsekvent bruke geometriske begrep i samtalen vil kunne være særlig nyttig for elever med svake ferdigheter i matematikk og som gjerne er i vansker. Elevene med svake og middels ferdigheter i kontrollgruppa opplevde en positiv endring i mental rotasjon. Antakelig kan dette således skyldes graden av refleksjon rundt arbeidet.

Selv om AR-brillene hadde liten effekt på utvikling av mental rotasjon, hadde den signifikant betydning for endringen i indre motivasjon. Dette tyder på at elevene opplevde arbeidet som lystbetont og at de hadde en interesse for å utføre oppgavene. Elementene fra spillbasert læring kan ha bidratt til å øke motivasjonen, ettersom teorien sier at spill skal føre til fordypelse og tilstedeværelse, og videre til engasjement og motivasjon (de Freitas et al, 2012, s. 29-30). AR-brillene hadde også positiv effekt på mestringsforventning, men denne endringen var ikke signifikant. Endringen kan muligens skyldes at elevene fikk oppleve autentiske mestringserfaringer gjennom å blant annet få poengskåre i AR-spillet.

Informantene uttrykte positive opplevelser knyttet til prosjektet. Begge framhevet AR-brillene som et verktøy som ville bidra til indre motivasjon og engasjement hos elevene, og skoledagen ville blitt mer attraktiv. Blant annet kan dette antakelig skyldes at AR er et

verktøy som gir elevene mulighet til fordypelse og at spillet de trener i oppleves ekte (Dede et al, 2017, s. 2; de Freitas et al, 2012, s. 29-30). Informant 2, som var del av kontrollgruppa, uttrykte at den tradisjonelle undervisningen med bruk av ark og konkreter også var gøy ettersom det var variert. I tillegg følte hen at hen lærte mer enn dersom hen kun skulle brukt AR-brillene. Trolig skyldes dette at elevene fikk veiledning og gode muligheter til refleksjon.

I oppsummering kan man si at resultatet delvis samsvarer med tidligere studier. AR er definitivt et verktøy som skaper motivasjon og engasjement hos elevene, og bekrefter da forskning som framhever dette som en fordel (Shelton & Hedley, 2002; Liu et al, 2007). Fordelen med å presentere mangfoldige perspektiv og forenkle konkretisering er også tilstede, men for å kunne utnytte dette til tilstrekkelig læring hos alle elever, både med og uten vansker, burde gjerne teknologien utnyttes i kombinasjon med andre mer tradisjonelle undervisningsmetoder. På denne måten kunne muligens veiledning, stillasbygging og refleksjon blitt godt ivaretatt, som man har sett i denne studien at kan være svært viktig for læring.

6.1 Veien videre

Denne avhandlingen har vektlagt at videre forskning burde undersøke effekten tradisjonell undervisning kombinert med AR har på spatial ferdighet. Forskningen burde således undersøke om det er ulik effekt ut fra prestasjonsnivå, i tillegg til å undersøke effekten på matematikkprestasjoner. Slutninger knyttet til om dette er undervisning som vil være gunstig for elever med svake ferdigheter i matematikk og elever i vansker, vil på denne måten muligens kunne trekkes sikrere. Effekten ulike AR-medium har på læring burde også forskes på videre. Denne studien har blant annet trukket fram at AR på PC muligens kan fungere bedre for læring enn HoloLens, ettersom det muligens kan legges til rette for samarbeid, refleksjon og veiledning i større grad.

Med bakgrunn i effekten AR har på indre motivasjon, er det rimelig å anta at undervisning som tar i bruk dette vil kunne engasjere elevene. Videre kunne det derfor også vært spennende å undersøke langtidseffekten AR har på indre motivasjon. Vil verktøyet være like spennende og lystbetont om 10 år som nå? Imidlertid er trolig AR kommet for å bli, og det er uten tvil et verktøy som vil gi skoler mulighet til å presentere tema på nye måter og gjennom nye perspektiv. Likevel er det antakelig viktig å benytte et design som legger til rette for samarbeid, refleksjon, utforsking og veiledning, ettersom dette er prinsipp som verdsettes i pedagogikken og framheves i Den overordnede delen av læreplanverket (Udir, 2017).

Referanser

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 6*(4), 355-385. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355

Bach, B., Sicat, R., Beyer, J., Cordeil, M. & Pfister, H. (2018). The Hologram in My Hand: How Effective is Interactive Exploration of 3D Visualizations in Immersive Tangible Augmented Reality? *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 24*(1), 457–467. https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2745941

Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy. The Exercise of Control*. New York: W. H. Freeman and Company.

Battista, M. T. (2007). The Development of Geometric and Spatial Thinking. I F. K. Lester (Red.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning: Volume 2* (843-908). Charlotte, N.C: Information Age Publishing.

Bjørnestad, Ø., Kongelf, T. R. & Myklebust, T. (2006). *Alfa – matematikk for grunnskolelærerutdanningene 1-7 og 5-10* (2. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.

Burton, L. A., Henninger, D. & Hafetz, J. (2005). Gender differences in relations of mental orientation, verbal fluency, and SAT scores to finger length ratios as hormonal indexes. *Developmental Neuropsychology, 28*(1), 493-505. Hentet fra https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1207/s15326942dn2801_3?needAccess=true

Chen, Y. C. (2019, 25. juni). Effect of Mobile Augmented Reality on Learning Performance, Motivation, and Math Anxiety in a Math Course. *Journal of Educational Computing Research, 57*(7), 1695-1722. https://doi.org/10.1177/0735633119854036

Cheung, A. C. K. & Slavin, R. E. (2016). How Methodological Features Affect Effect Sizes in Education. *Educational Researcher, 45*(5), 283-292. https://doi.org/10.3102/0013189X16656615

CSDT. (u.å). Self-Regulation Questionnaires. Hentet fra https://selfdeterminationtheory.org/self-regulation-questionnaires/

de Freitas, S. (2018). Are games effective learning tools? A review of Educational Games. *Educational Technology & Society, 21* (2), 74-84. Hentet fra https://search.proquest.com/docview/2147906129?rfr_id=info%3Axri%2Fsid%3Aprimo

de Freitas, S., Earp, J., Ott, M., Kiili, K., Ney, M., Popescu, M., (…) & Stanescu, I. (2012). Hot Issues in Game Enhanced Learning: The GEL Viewpoint. *Procedia Computer Science, 15,* 25-31. https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.10.054

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquery, 11*(4), 227-268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2019). Brick by Brick: The Origins, Development, and Future of Self-Determination Theory. I Elliot, A. J. (Red.), *Advances in Motivation Science – Volume 6* (s. 111-156). Cambridge: Academic Press.

Deci, E. L., Koestner, R. & Ryan, R. M. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin, 125*(6)*,* 627-668. https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.6.627

Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science, 323*(5910), 66-69. https://doi.org/10.1126/science.1167311

Dede, C. J., Jacobson, J. & Richards, J. (2017). Introduction: Virtual, Augmented and Mixed Realities in Education. I Liu, D., Dede, C., Huang, R. & Richards J. (Red.), *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education* (s. 1-16). Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7

Dunleavy, M. & Dede, C. (2014). Augmented reality, teaching and learning. I Spector, J. M., Merril, M. D., Elen, J. & Bishop, M. J. (Red.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (4. Utg., s. 735-745). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5

Dvergsdal, H. & Aabakken, L. (2019, 17. desember). Utvidet virkelighet. I *Store Norske Leksikon.* Hentet fra https://snl.no/utvidet_virkelighet

Eikemo, T. A. & Clausen, T. H. (2012). *Kvantitativ analyse med SPSS: en praktisk innføring i kvantitative analyseteknikker* (2. utg.). Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.

Garzón, J. & Acevedo, J. (2019). Meta-Analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains. *Educational Research Review, 27,* 244-260. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001

Geary, D.C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 37*(1), 4-15. https://doi.org/10.1177/00222194040370010201

Green, J., Green, T. & Brown, A. (2017, 9. September). Augmented Reality in the K-12 Classroom. *TechTrends, 61*(6), 603-605. https://doi.org/10.1007/s11528-017-0223-z

Gün, E. T. & Atasoy, B. (2017). The Effects of Augmented Reality on Elementary School Students´ Spatial Ability and Academic Achievement. *Education and Science, 42*(191)*,* 31-51. https://doi.org/10.15390/EB.2017.7140

Hansen, R., Ellefsen, V. U. & Iversen, M. S. (2018, 15. oktober). Skole brukte 150.000 på briller. *NRK*. Hentet fra https://www.nrk.no/vestfoldogtelemark/jubler-over-brille-til-50.000-kroner-1.14245490

Holm, M. (2002). *Opplæring I matematikk – for elever med matematikkvansker og andre elever.* Oslo: Cappelen Akademisk Forlag.

Kleven, T. A. (2008). Validity and validation in qualitative and quantitative research. *Nordisk Pedagogik, 28*(3), 219-233. Hentet fra https://www.idunn.no/file/pdf/33192817/validity_and_validation_in_qualitative_and_quantitative_research.pdf

Kleven, T. A. (2013, 19. september). *Effektstørrelse*. Oslo: UiO. Upublisert.

Kleven, T. A. & Hjardemaal, F. R. (2018). *Innføring i Pedagogisk Forskningsmetode – en hjelp til kritisk tolkning og vurdering* (3. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.

Klopfer, E. & Sheldon, J. (2010). Augmenting your own reality: Student authoring of science-based augmented reality games. *New Directions for Youth Development*, *128*, 85–94. https://doi.org/10.1002/yd.378

Kumar, D. (2003). A Note on Science, Technology and Development in an Era of Globalisation. *China Report, 39*(3), 375–376. https://doi.org/10.1177/000944550303900314

Lauer, J. E., Yhang, E., & Lourenco, S. F. (2019). The development of gender differences in spatial reasoning: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin, 145*(6), 537-565. http://dx.doi.org/10.1037/bul0000191

Lin, H. C. K, Chen, M. C. & Chang, C. K. (2015). Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments, 23*(6), 799-810. https://doi.org/10.1080/10494820.2013.817435

Linn, M. C. & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. *Child Development, 56*(6), 1479-1498). Hentet fra https://www.jstor.org/stable/pdf/1130467.pdf?refreqid=excelsior%3A090d40613f6af59c434851e9b917264f

Liu, T. Y., Tan, T. H. & Chu, Y. L. (2007). 2D Barcode and Augmented Reality Supported English Learning System. *Processings of the 2007 ICIS 6th International Conference on Computer and Information Science*. https://doi.org/10.1109/ICIS.2007.1

Lund, T. & Haugen, R. (2006). *Forskningsprosessen.* Oslo: Unipub Forlag.

Lunde, O. (2010). *Matematikkvansker i et spesialpedagogisk fokus: Hvorfor tall går i ball.* Bryne: Info Vest Forlag.

Mangersnes, W. A., (2019, 20. desember). *Improving Spatial Skills with AR-technology*. Trondheim: NTNU. Upublisert.

Microsoft (2019a, 16. september). HoloLens (1st gen) Hardware. Hentet 3. mai 2020 fra https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/hololens1-hardware?fbclid=IwAR0QCDf3WUdarbbHSqt10q-e7mtL-nsAtn54cErO-Ep5PkMTlCR0NN_8LQg

Microsoft (2019b, 10. februar). Shared experiences in mixed reality. Hentet 3. mai 2020 fra https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/shared-experiences-in-mixed-reality?fbclid=IwAR1tnbMeMs4MZUetgpBtptTx49PQEnYXrtlqqKT9axwOv5FCwptOtaPfEDo

Mizzi, A. (2017). *The Relationship between Language and Spatial Ability: An Analysis of Spatial Language for Reconstructing the Solving of Spatial Tasks.* Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Nordahl, T. (2018). *Utprøving av VR-teknologi i matematikkundervisning.* Hentet fra https://vreducation.no/pdf/vr-maths-report-NO.pdf

Norsk Senter for Forskningsdata. (2018, 1. oktober). Personverntjenester – Barnehage og skole. Hentet fra https://nsd.no/personvernombud/hjelp/forskningstema/barnehage_skole.html

Nortvedt, G. A. & Vogt, G. O. (2012). Når matematikken blir vanskelig – matematikkvansker i elev- og undervisningsperspektiv. I E. Befring & R. Tangen (Red.), *Spesialpedagogikk* (5. utg., s. 370-384). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.

Ostad, S. A. (2013). *Strategier, strategiobservasjon og strategiopplæring. Fokus på elever med matematikkvansker.* Trondheim: Læreboka Forlag.

Ozdemir, M., Sahin, C., Arcagok, S. & Demir, M. K. (2018). The Effect of Augmented Reality Applications in the Learning process: A Meta-Analysis Study. *Eurasian Journal of Educational Research, 74,* 165-186. https://doi.org/10.14689/ejer.2018.74.9

Pallant, J. (2010). *SPSS Survival Manual: a step by step guide to data analysis using the SPSS program* (4. Utg.). Maidenhead: McGraw-Hill Open University Press.

Ringdal, K. (2018). *Enhet og Mangfold. Samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode* (4. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.

Rodán, A., Gimeno, P., Elosúa, M.R., Montoro, P.R., & Contreras, M.J. (2019). Boys and girls gain in spatial, but not in mathematical ability after mental orientation training in primary education. *Learning and individual differences, 70,* 1-11. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.01.001

Senter for IKT i utdanningen. (2017). *Dataspill i skolen.* Hentet fra https://www.udir.no/globalassets/filer/spill_i_skolen_-_notat_-revidert_2018.pdf

Shea, D. L., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2001). Importance of assessing spatial ability in intellectually talented young adolescents: A 20-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology, 93*(3), 604– 614. https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.604

Shelton, B. E. & Hedley, N. R. (2002). Using Augmented Reality for teaching Earth-Sun relationships to undergraduate geography students. *The First IEEE International Workshop Augmented Reality Toolkit.* https://doi.org/10.1109/ART.2002.1106948

Shepard, R. N. & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science (New York), 171*(3972), 701-703. Hentet fra https://www.jstor.org/stable/pdf/1731476.pdf?refreqid=excelsior%3A3e3f2498e57274ec7300ad1c1e121291

Skaalvik, E. M. & Skaalvik, S. (2018). *Skolen som læringsarena – Selvoppfatning, motivasjon og læring* (3. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.

Skaalvik, E. M., Federici, R. A. & Klassen, R. (2015a). Mathematics achievement and self-efficacy: Relations with motivation for mathematics. *International Journal of Educational Research, 72,* 129-136. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2015.06.008

Skaalvik, E. M., Federici, R. A. & Klassen, R. (2015b). *Kodebok.* Trondheim: NTNU. Upublisert.

Sommerauer, P. & Müller, O. (2018). Augmented Reality for Teaching and Learning – A Literature Review on Theoretical and Empirical Foundations. *Research papers, 31*. https://aisel.aisnet.org/ecis2018_rp/31

Statlig Spesialpedagogisk Tjeneste. (2019, 17. Desember). Hvordan bruke spill i skolen? Hentet fra https://www.statped.no/laringsressurs/teknologitema/spill-i-skolen/hvordan-bruke-spill-i-undervisningen/

Svartdal, F. (2019, 16. desember). Spatial evne. I *Store Norske Leksikon*. Hentet fra https://snl.no/spatial_evne

Thagaard, T. (2018). *Systematikk og innlevelse – en innføring i kvalitative metoder* (5. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.

Thor Heyerdahl videregående skole. (2020, 9. januar). Prosjekter og aktiviteter. Hentet fra https://nyweb.vfk.no/skoler/thor-heyerdahl-vgs/meny/om-oss/pedagogiskeprosjekter/

Universitetet i Oslo. (u.å). Nettskjema. Hentet fra https://www.uio.no/tjenester/it/adm-app/nettskjema/

Utdanningsdirektoratet. (2016, 9. mars). Digitale ferdigheter som grunnleggende ferdighet. Hentet fra https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/grunnleggende-ferdigheter/digitale-ferdigheter-rammeverk/

Utdanningsdirektoratet. (2017, 1. september). *Overordnet del – verdier og prinspper for grunnopplæringen*. Hentet fra https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/

Utdanningsdirektoratet. (2018, 26. november). Hva er fagfornyelsen? Hentet fra https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/fagfornyelsen/nye-lareplaner-i-skolen/

Utdanningsdirektoratet. (2019, 18. november). Hva er nytt i matematikk? Hentet fra https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/fagspesifikk-stotte/nytt-i-fagene/hva-er-nytt-i-matematikk/

Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin, 139*(2), 352-402. https://doi.org/10.1037/a0028446

Valås, H. (2006). *Elementær statistikk*. Oslo: Akademika.

van Garderen, D. (2006). Spatial visualization, Visual imagery, and Mathematical problem solving of students with varying abilities. *Journal of Learning Disabilities, 39*(6), 496-506. https://doi.org/10.1177/00222194060390060201

Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S., Filipowicz, A. T., & Chang, A. (2014). Deconstructing building blocks: Preschoolers' spatial assembly performance relates to early mathematical skills. *Child Development, 85*(3), 1062–1076. https://doi.org/10.1111/cdev.12165

Whitton, N. (2014). *Digital Games and Learning: Research and Theory.* New York: Routledge.

Xue, J., Li, C., Quan, C., Lu, Y., Yue, J. & Zhang, C. (2017). Uncovering the Cognitive Processes Underlying Mental Rotation: an eye-movement Study. *Scientific Reports, 7*(1), 1-12. https://doi.org/10.1038/s41598-017-10683-6

Vedlegg

Vedlegg 1: Godkjenning fra NSD

Vedlegg 2: Informasjonsskriv med samtykkeskjema om deltakelse i prosjekt

Vedlegg 3: Informasjonsskriv med samtykkeskjema om deltakelse i intervju

Vedlegg 4: Test i mental rotasjon

Vedlegg 5: Pre-spørreskjema

Vedlegg 6: Post-spørreskjema

Vedlegg 7: Intervjuguide

Vedlegg 1: Godkjenning fra NSD

NSD NORSK SENTER FOR FORSKNINGSDATA

NSD sin vurdering

Prosjekttittel

AR-teknologi som hjelpemiddel i utvikling av spatial ferdighet, med fokus på mental rotasjon

Referansenummer

726451

Registrert

05.12.2019 av Nora Therese Rapp -[redacted]

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet NTNU / Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap (SU) / Institutt for pedagogikk og livslang læring

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Ekaterina Prasolova-Førland,[redacted]

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

Kontaktinformasjon, student

Nora Therese Rapp,[redacted]

Prosjektperiode

01.12.2019 - 15.05.2020

Status

06.02.2020 - Vurdert

Vurdering (2)

06.02.2020 - Vurdert

NSD har vurdert endringene registrert den 23.01.2020 og den 03.02.2020.

Intervju er lagt til som ny metode, og databehandler er endret til Nettskjema. Spørreskjemaet er lastet opp i meldeskjemaet.

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 06.02.2020, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD.

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

Lykke til videre med prosjektet!

Kontaktperson hos NSD: Eva J B Payne
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

16.01.2020 - 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 den 16.01.2020 med vedlegg, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte.

MELD VESENTLIGE ENDRINGER
Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde: https://nsd.no/personvernombud/meld_prosjekt/meld_endringer.html
Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET
Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 15.05.2020.

LOVLIG GRUNNLAG
Utvalget består av skoleelever 12-14 år. Elevene vil samtykke til deltakelse og prosjektet vil innhente samtykke fra foresatte 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/foresatte kan trekke tilbake.

Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være foresattes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER
NSD vurderer 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 informasjonom og samtykker til behandlingen

- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkeligangitte og berettigede formål, og ikke viderebehandles til nye uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante ognødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for åoppfylle 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 som foresatte og elever vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert/foresatt tar kontakt om sine rettigheter/elevens 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 eventuelt rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

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: Eva J B Payne
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

Vedlegg 2: Informasjonsskriv med samtykkeskjema om deltakelse i prosjekt

NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Institutt for pedagogikk og livslang ledelse

Institutt for fysikk

Til elever og foreldre / foresatte

Vil du delta i forskningsprosjektet

"AR som hjelpemiddel på spatial ferdighet"?

Dette er et spørsmål til deg, som elev og foresatt, om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å studere om bruk av augmented reality (AR) kan hjelpe til å utvikle spatial ferdighet, med fokus på mental rotasjon, hos elever i 13-årsalder. AR er en type teknologi som ligner på VR (virtual reality), bare at her legges det til virtuelle gjenstander/figurer i den ekte verden framfor en virtuell verden. Spillet Pokemon go og ulike filter i Snapchat er eksempler på dette. I denne forskningen vil vi bruke AR gjennom briller. Den spatiale ferdigheten mental rotasjon handler om å kunne se for seg flere sider av en gjenstand i hodet, uten å faktisk snu på gjenstanden. Problemer med spatial ferdighet er en form for matematikkvanske, og forskning på dette kan da kunne finne et mulig hjelpemiddel for elever som strever i matematikk. Ikke minst vil det muligens kunne bli et hjelpemiddel som kan hindre at elever i det hele tatt havner i matematikkvansker. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Prosjektet er en masterstudie av fysikkstudent Wilhelm André Mangersnes og spesialpedagogikkstudent Nora Therese Rapp. Datainnhentingen vil foregå på skolen i uke 6 og 7. Problemstillingen vi skal undersøke er: *Har bruk av AR som hjelpemiddel i matematikkundervisning betydning for utvikling av den spatiale ferdigheten mental rotasjon?* Andre spørsmål vi vil undersøke nøyere er om AR har ulik effekt ut fra kjønn og prestasjonsnivå i matematikk, i tillegg til hvilken opplevelse elevene har etter bruk av AR-brillene. I prosjektet vil vi dele elevene inn i to grupper, hvor den ene gruppa får øvelser gjennom AR-briller. Den andre gruppa vil få øvelser av figurer på ark og med konkreter.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

For å gjennomføre forskningen trenger vi ca. 30 elever i 7./8. klasse fra Trondheim kommune, og vi spør derfor om dere ønsker å delta i prosjektet. Utvalget er trukket med bakgrunn i en aldersgrense for bruk av teknologien på 12/13 år. Skoler i Trondheim kommune som er tilknyttet skolelaboratoriet ved NTNU er kontaktet for en mulig deltakelse.

Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du velger å delta i prosjektet innebærer det at vi vil gjennomføre et undervisningsopplegg på 2 skoletimer hver dag i to uker. Å delta å prosjektet kan innebære å bruke et par med AR-briller, hvor du vil få grundig opplæring. Gjennom brillene vil du se ulike geometriske figurer, hvor to av dem vil

være like. Oppgaven går da ut på å finne og velge disse. Fordelingen i grupper vil være tilfeldig, og vi vil ikke klargjøre hvilket prestasjonsnivå dere har i matematikk eller bruke dette i testingen. Vi skal kun be læreren deres om denne opplysningen slik at vi kan se om dette er noe som påvirker resultatet. Vi vil også notere kjønnet deres for å se om også dette er noe som påvirker resultatet. Du som elev vil gjennomføre en test på ark i starten av den første uken og i slutten av den andre uken (for å se om opplegget har en virkning), i tillegg til en spørreundersøkelse der vi spør etter opplevelsen dere fikk. Svarene vil registreres elektronisk i dataprogrammet SPSS og vil være anonymisert. Foresatte kan få se spørreskjema på forhånd ved å ta kontakt. Ellers vil det bli samlet inn navn slik at vi kan koble hver elev til riktige tester, men dette vil selvsagt bli anonymisert.

Det er frivillig å delta
Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg. Det vil heller ikke påvirke ditt forhold til skolen. Det vil foregå vanlig undervisning samtidig som prosjektet pågår ettersom prosjektet vil bli testet gruppevis. Det vil altså alltid være flere elever i klassen som har vanlig undervisning samtidig. Det er de foresatte som må signere samtykkeskjemaet, men det er du som elev som avgjør om du vil delta i prosjektet eller ikke.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger
Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. De som vil ha tilgang til opplysningene er masterstudentene Wilhelm André Mangersnes og Nora Therese Rapp, og deres veiledere Ekaterina Prasolova-Førland, Per Frostad og Rolf Jonas Persson. Navnet ditt vil vi erstatte med en kode som lagres på egen navneliste adskilt fra øvrige data. Opplysningene vil også bli anonymisert gjennom tall i dataprogrammet SPSS og bli slettet etter gjennomført forskning. Elevene vil ikke bli gjenkjent enkeltvis i publikasjonen ettersom resultatet vil bli omtalt gruppevis ut fra testgruppe, prestasjonsnivå og kjønn.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?
Prosjektet skal etter planen avsluttes ca. 15.05.20. Personopplysninger vil bli slettet 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 Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

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

- NTNU ved
  - Student: Nora Therese Rapp, på epost [redacted]
  - Student: Wilhelm André Mangersnes, på epost [redacted]
  - Veileder: Ekaterina Prasolova-Førland, på epost [redacted]
  - Veileder: Per Frostad, på epost [redacted]
  - Veileder: Rolf Jonas Persson, på epost [redacted]
- Vårt personvernombud: Thomas Helgesen, på epost [redacted]
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost (personverntjenester@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

(Ekaterina Prasolova-Førland)

Prosjektansvarlig
(Forsker/veileder)

Nora Therese Rapp

Student Wilhelm A. Mangersnes

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *AR som hjelpemiddel på spatial ferdighet* og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- ☐ å delta i eksperiment
- ☐ å delta i spørreskjema
- ☐ at lærer kan gi opplysninger om meg til prosjektet

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 15.05.20.

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

(Signert av foresatt, dato)

Vedlegg 3: Informasjonsskriv med samtykkeskjema om deltakelse i intervju

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Institutt for pedagogikk og livslang ledelse

Institutt for fysikk

Til elever og foreldre / foresatte

Vil du delta som intervjuobjekt i forskningsprosjektet

"AR som hjelpemiddel på spatial ferdighet"?

Dette er et spørsmål til deg, som elev og foresatt, om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å studere om bruk av augmented reality (AR) kan hjelpe til å utvikle spatial ferdighet, med fokus på mental rotasjon, hos elever i 13-årsalder. AR er en type teknologi som ligner på VR (virtual reality), bare at her legges det til virtuelle gjenstander/figurer i den ekte verden framfor en virtuell verden. Spillet Pokemon go og ulike filter i Snapchat er eksempler på dette. I denne forskningen vil vi bruke AR gjennom briller. Den spatiale ferdigheten mental rotasjon handler om å kunne se for seg flere sider av en gjenstand i hodet, uten å faktisk snu på gjenstanden. Problemer med spatial ferdighet er en form for matematikkvanske, og forskning på dette kan da kunne finne et mulig hjelpemiddel for elever som strever i matematikk. Ikke minst vil det muligens kunne bli et hjelpemiddel som kan hindre at elever i det hele tatt havner i matematikkvansker. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål
Intervjuet er en del av en masterstudie av spesialpedagogikkstudent Nora Therese Rapp. I uke 6 og 7 er eleven med i eksperimentet beskrevet ovenfor. Intervjuet vil foregå enten i slutten av uke 7 eller i uke 9 (etter vinterferien). Problemstillingen jeg da skal undersøke er: *Hvordan opplevde et par elever som synes matematikk er litt vanskelig forskningsprosjektet? Hvilke erfaringer har de til matematikk og mental rotasjon fra før, og hvilke har de nå? Hva tenker de om videre arbeid?*

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?
Min oppgave er å undersøke om AR kan være et hjelpemiddel for elever som har vansker eller strever i matematikk, og som da muligens kan brukes i spesialundervisning. Jeg ønsker å snakke med elever som synes at matematikk er litt vanskelig. Jeg spør da deg om du kunne stilt opp på et intervju for å fortelle om din erfaring med matematikk generelt og forskningsprosjektet du har vært igjennom.

Hva innebærer det for deg å delta?
Hvis du velger å delta på intervju innebærer det at jeg vil stille deg noen spørsmål om dine erfaringer og opplevelser. Intervjuet vil vare i ca. 30 minutt. Du vil være anonym i intervjuet, men jeg vil ta lydopptak av samtalen. Det er for å registrere svarene dine. Du og foreldrene dine kan se intervjuguiden (spørsmålene jeg skal stille) på forhånd, dersom dere ønsker det.

Det er frivillig å delta
Det er frivillig å delta på intervjuet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg. Det vil heller ikke påvirke ditt forhold til skolen. Ønsker du at dine medelever ikke skal vite om intervjuet, kan vi ha intervjuet for eksempel etter skoletid. Det er de foresatte som må signere samtykkeskjemaet, men det er du som elev som avgjør om du vil delta i prosjektet eller ikke.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger
Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. De som vil ha tilgang til opplysningene Nora Therese Rapp, og hennes veiledere Ekaterina Prasolova-Førland og Per Frostad. Du vil være anonym i transkripsjon av intervjuet og selvsagt i masteroppgaven.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?
Prosjektet skal etter planen avsluttes ca. 15.05.20. Personopplysninger vil bli slettet 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 Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?
Hvis du har spørsmål til intervjuet, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:
- NTNU ved
  - Student: Nora Therese Rapp, på epost [redacted]
  - Veileder: Ekaterina Prasolova-Førland, på epost [redacted]
  - Veileder: Per Frostad, på epost [redacted]
- Vårt personvernombud: Thomas Helgesen, på epost [redacted]
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost (personverntjenester@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Nora Therese Rapp

(Ekaterina Prasolova-Førland)
Prosjektansvarlig
(Forsker/veileder)

Student

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *AR som hjelpemiddel på spatial ferdighet* og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

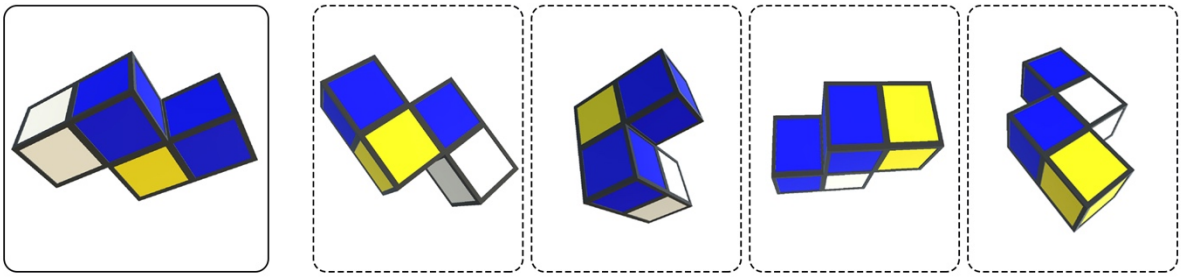
☐ å delta i intervju

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 15.05.20.

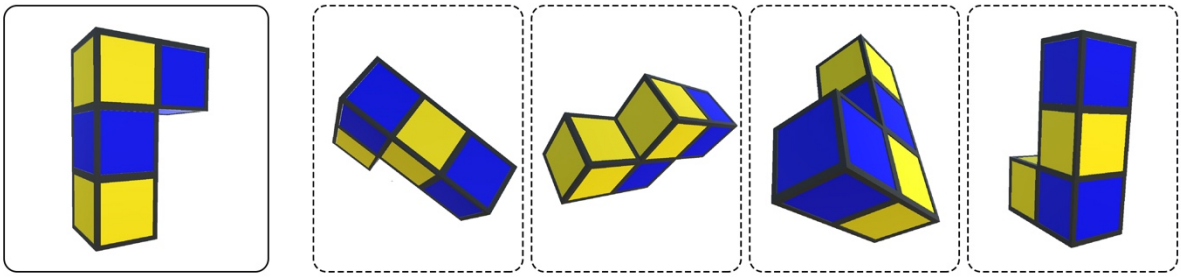
---	---
(Signert av prosjektdeltaker, dato)	(Signert av foresatt, dato)

Vedlegg 4: Test i mental rotasjon

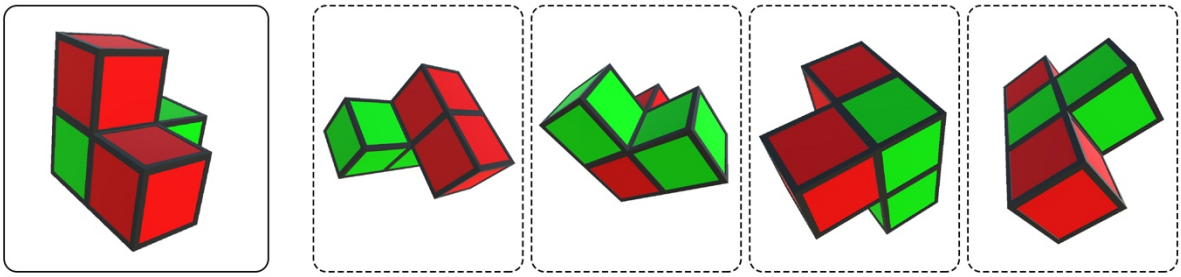
1.



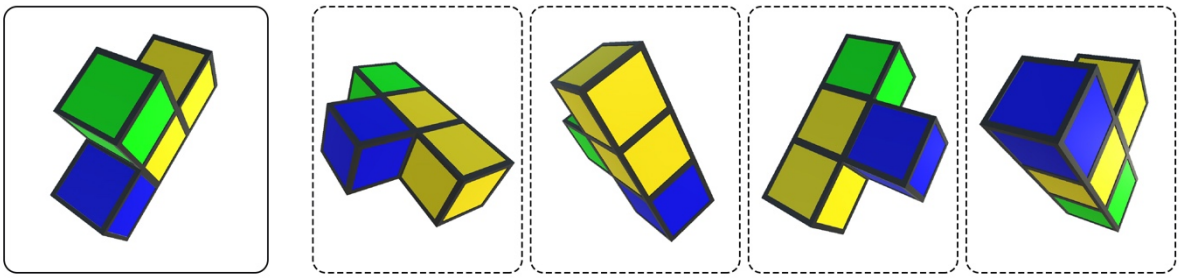
2.



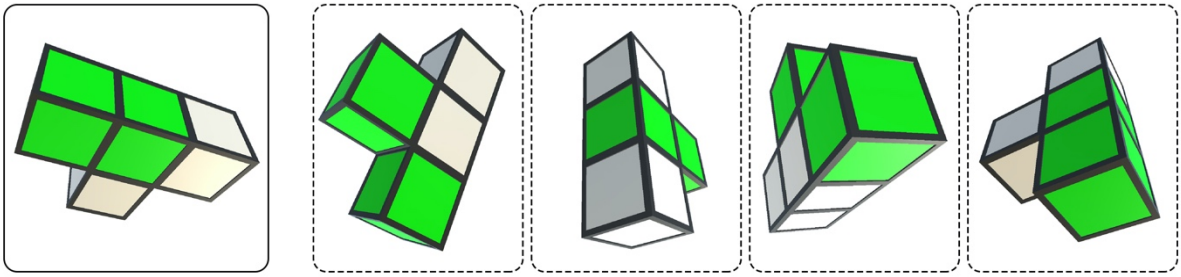
3.



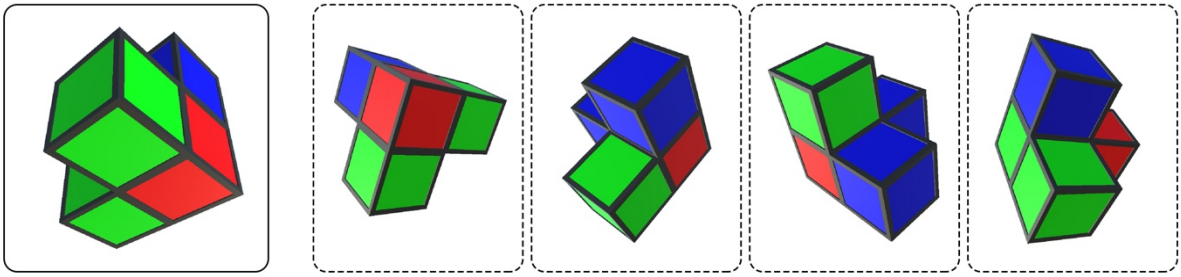
4.



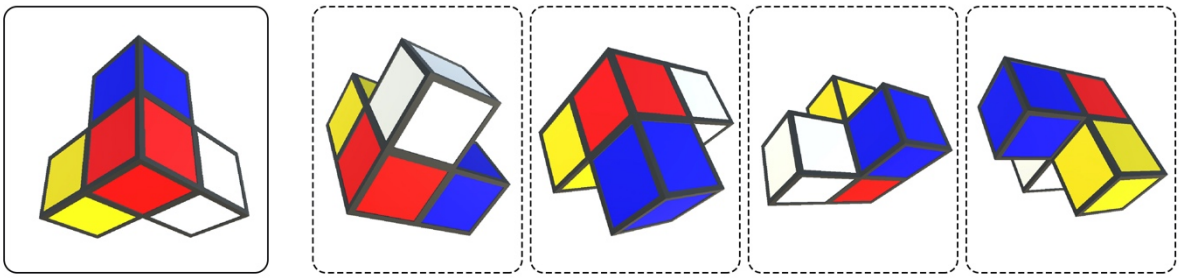
5.



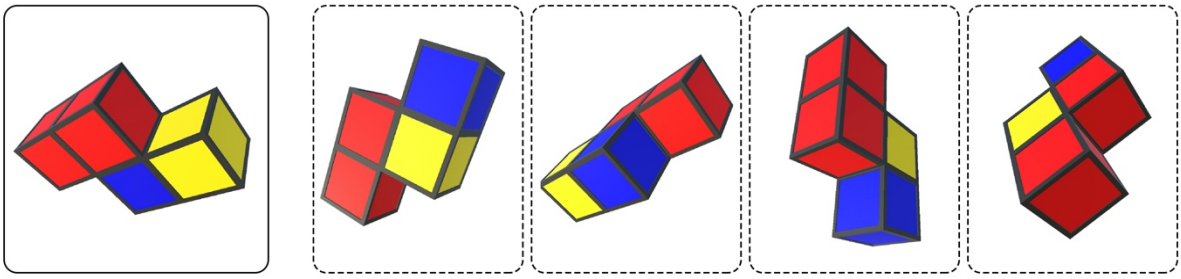
6.



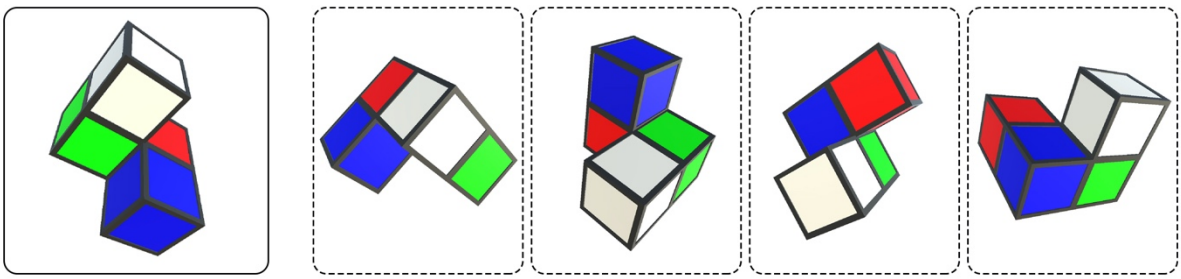
7.



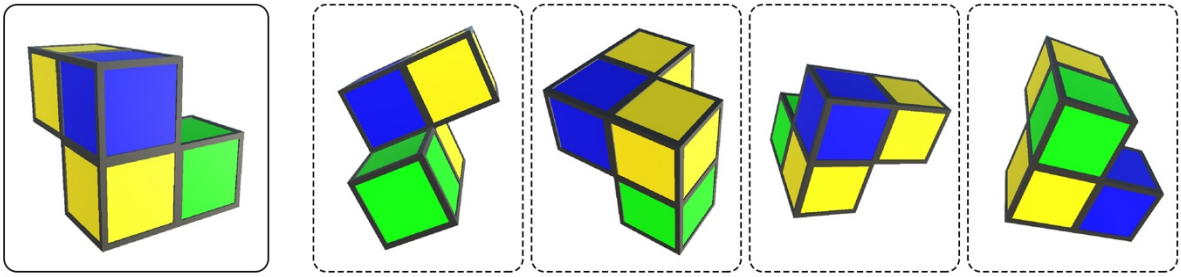
8.



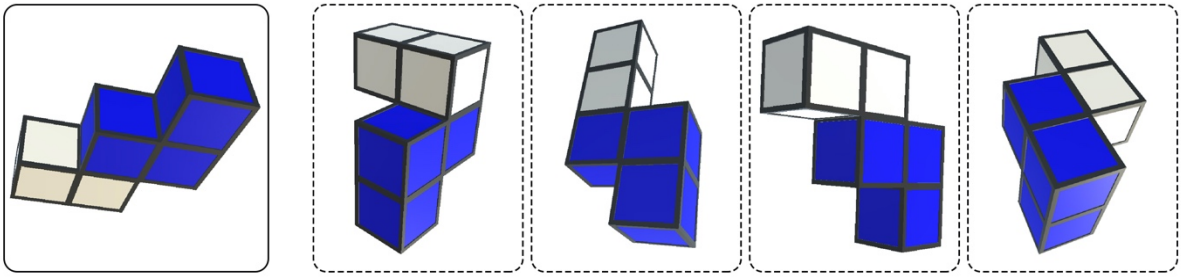
9.



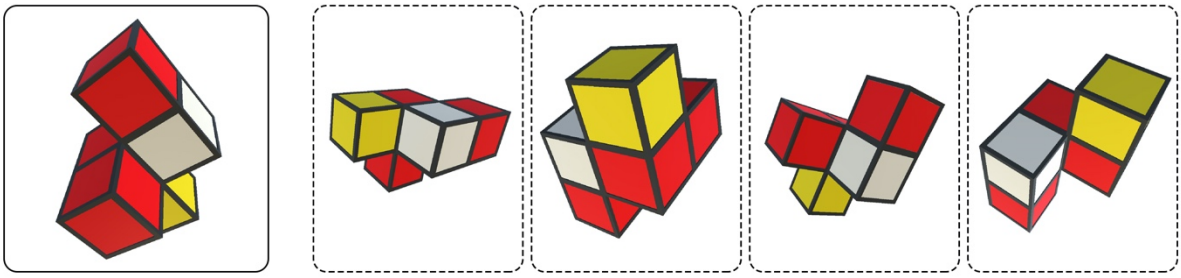
10.



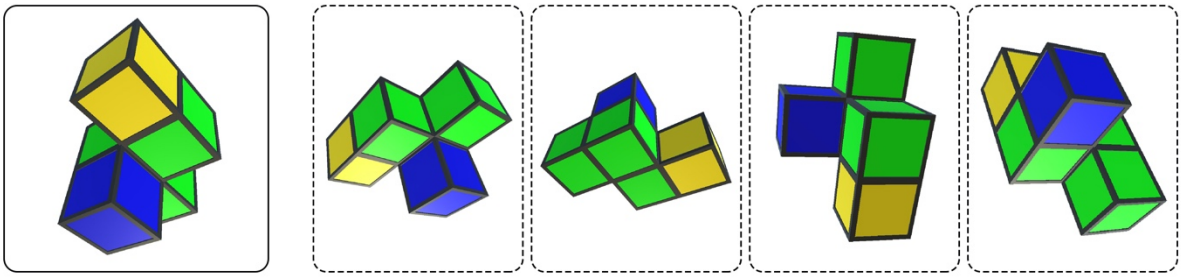
11.



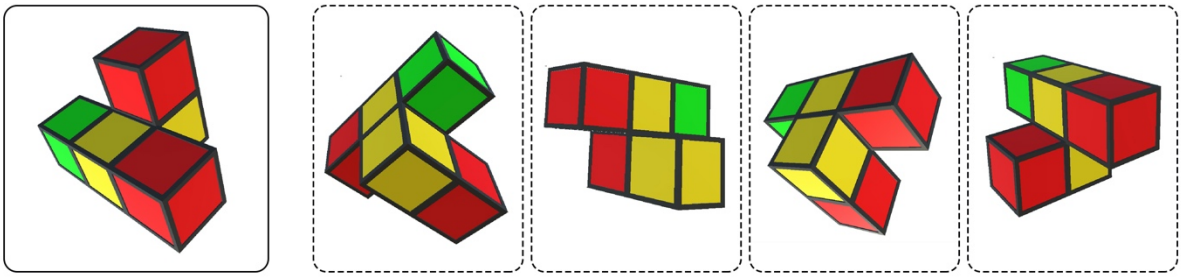
12.



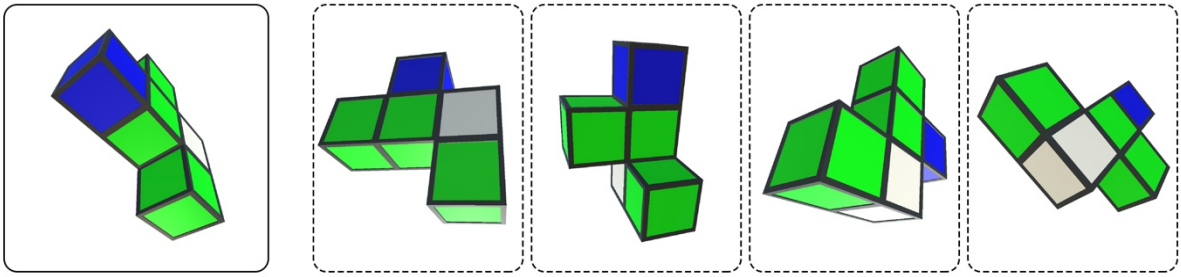
13.



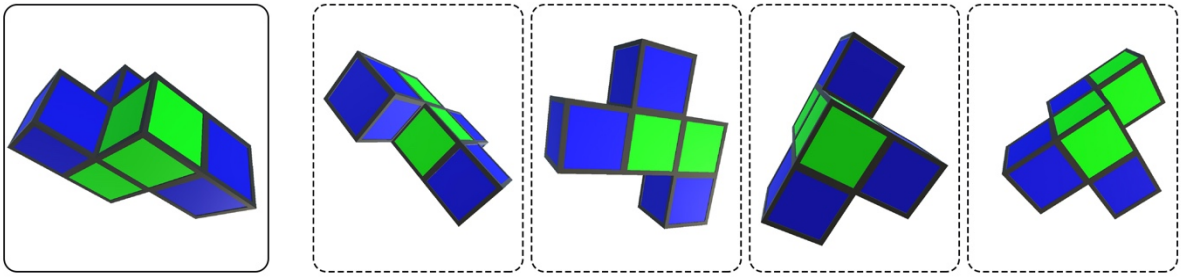
14.



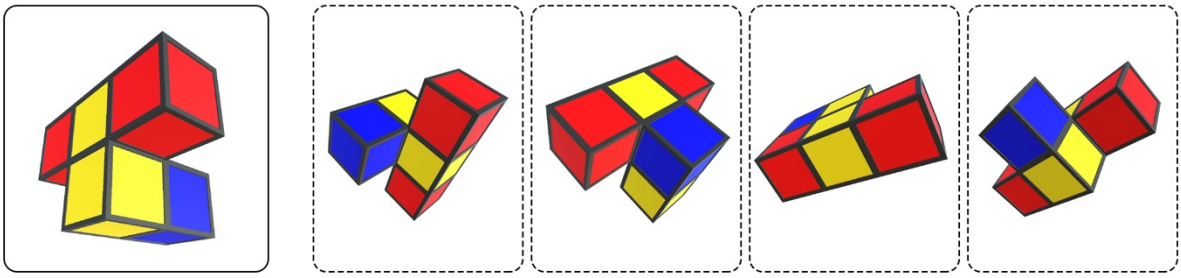
15.



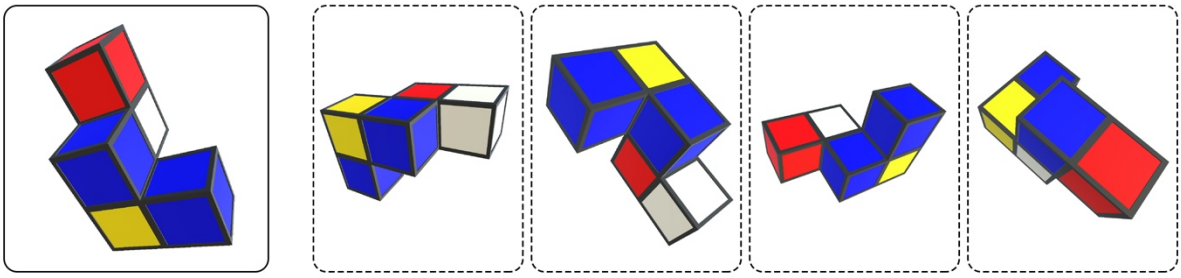
16.



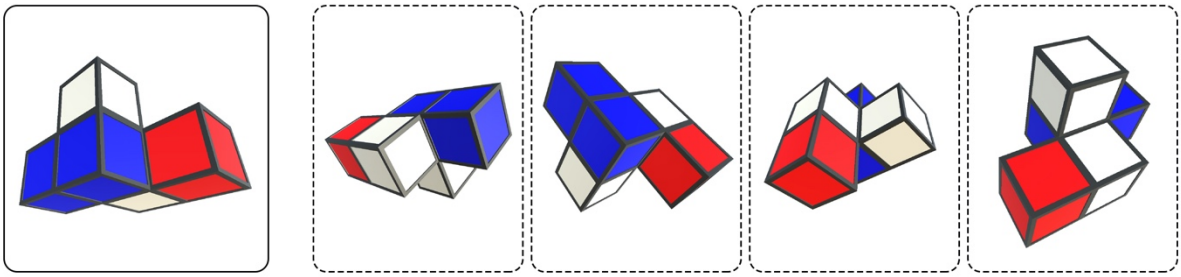
17.



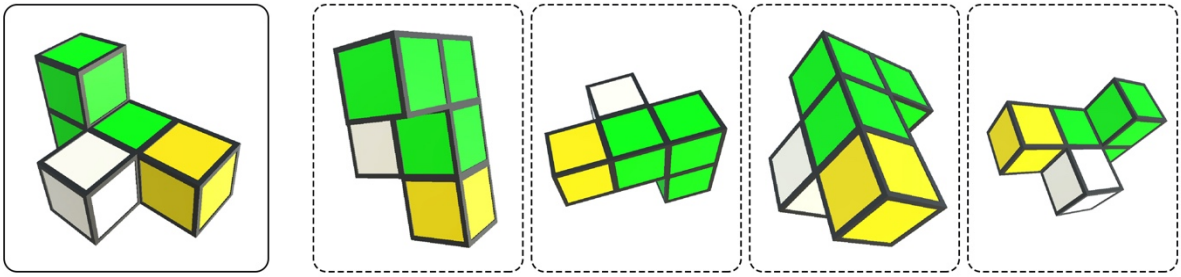
18.



19.



20.



Vedlegg 5: Pre-spørreskjema

Spørreskjema 1: opplevelse av rotering av figurer

0 %

Her spør vi for å undersøke din opplevelse av rotering av figurer før forskningsopplegget. Vi ber om at du skriver fornavnet ditt på skjemaet. Det er for å sammenligne det du svarer før forskningsopplegget med det du svarer etter forskningsopplegget.

Hva heter du (fornavn)? *

Er du i AR-gruppa eller i ikke-AR-gruppa? *

- [ ] AR-gruppa
- [ ] Ikke-AR-gruppa

Spørsmål om bruk av VR og AR

Her stilles det noen spørsmål om din erfaring med VR og AR. Har du aldri prøvd noen av delene, svarer du "aldri" på spørsmålene.

	Daglig	Ukentlig	Månedlig	Sjeldnere	Aldri
Hvor mye bruker du VR-briller? (Virtual Reality) *	○	○	○	○	○
Hvor mye bruker du AR-briller? (Augmented Reality) *	○	○	○	○	○

Spørsmål om bruk av AR-briller

På en skala, hvor uenig eller enig er du i følgende påstand?

	1 - Helt uenig	2	3	4	5	6 - Helt enig
Jeg gleder meg til å bruke AR-briller *	○	○	○	○	○	○

Opplevelse av rotering av figurer

Nå kommer det noen påstander vi vil at du skal ta stilling til. Du krysser av for det alternativet som passer best for deg på en skala fra 1 til 6, hvor 1 er helt uenig og 6 er helt enig. Det finnes ingen fasit her, og det er din opplevelse som er viktig.

	1 - Helt uenig	2	3	4	5	6 - Helt enig
Jeg liker å rotere figurer. *	○	○	○	○	○	○
Når jeg arbeider med rotering av figurer, tenker jeg at dette liker jeg å holde på med. *	○	○	○	○	○	○
Jeg gleder meg til timene hvor vi skal rotere figurer. *	○	○	○	○	○	○
Jeg synes det er morsomt å arbeide med rotering av figurer. *	○	○	○	○	○	○
Jeg mister lett konsentrasjonen når vi arbeider med rotering av figurer. *	○	○	○	○	○	○
Jeg vil aldri lykkes i arbeid med rotering av figurer, uansett hvor hardt jeg prøver. *	○	○	○	○	○	○
Når jeg møter vanskelige oppgaver i rotering av figurer, gir jeg opp med en gang. *	○	○	○	○	○	○
Jeg har vansker med å komme i gang med oppgaver med rotering av figurer. *	○	○	○	○	○	○
Jeg jobber med rotering av figurer for å gjøre andre (foreldre, lærere eller lignende) fornøyde. *	○	○	○	○	○	○
Jeg jobber med rotering av figurer for å vise andre at jeg kan klare det. *	○	○	○	○	○	○

Opplevelse av rotering av figurer

Nå kommer det noen påstander vi vil at du skal ta stilling til. Du krysser av for det alternativet som passer best for deg på en skala fra 1 til 6, hvor 1 er helt uenig og 6 er helt enig. Det finnes ingen fasit her, og det er din opplevelse som er viktig.

	1 - Helt uenig	2	3	4	5	6 - Helt enig
Jeg er sikker på at jeg vil greie alt vi skal lære i oppgaver med rotering av figurer. *	○	○	○	○	○	○
Jeg er sikker på at jeg vil greie det vanskeligste i rotering av figurer. *	○	○	○	○	○	○
Når vi skal lære nye ting i rotering av figurer, er jeg sikker på at jeg vil klare det. *	○	○	○	○	○	○
Jeg er sikker på at jeg vil gjøre en god jobb på oppgaver og prøver i rotering av figurer. *	○	○	○	○	○	○

Vedlegg 6: Post-spørreskjema

Spørreskjema 2: opplevelse av rotering av figurer og AR

0 %

Her spør vi for å undersøke din opplevelse av rotering av figurer etter forskningsopplegget. Vi ber om at du skriver fornavnet ditt på skjemaet. Det er for å sammenligne det du svarer før forskningsopplegget med det du svarer etter forskningsopplegget.

Hva heter du (fornavn)? *

Er du i AR-gruppa eller i ikke-AR-gruppa? *

- [ ] AR-gruppa
- [ ] Ikke-AR-gruppa

Opplevelse av AR

Nå kommer det noen påstander vi vil at du skal ta stilling til angående bruken av AR. Du krysser av for det alternativet som passer best for deg på en skala fra 1 til 6, hvor 1 er helt uenigog 6 er helt enig. Det finnes ingen fasit her, og det er din opplevelse som er viktig.

	1 - Helt uenig	2	3	4	5	6 - Helt enig
Jeg liker å bruke AR-briller *	○	○	○	○	○	○
Jeg synes brillene satt godt på hodet mitt *	○	○	○	○	○	○
Jeg synes brillene var behagelige å ha på *	○	○	○	○	○	○
Jeg ble sliten av å bruke brillene *	○	○	○	○	○	○

Jeg ble svimmel av å bruke brillene *	○	○	○	○	○	○
Jeg så figurene godt og tydelig gjennom brillene *	○	○	○	○	○	○
Applikasjonen/spillet reagerte kjapt da jeg trykket *	○	○	○	○	○	○
Jeg synes det var lett å lære håndbevegelsene/kontrollene *	○	○	○	○	○	○

Læringsstrategi

Her skal du velge strategien du brukte for å rotere figurene. Brukte du ingen av de som er beskrevet, prøv å beskriv hvordan du fant fram til riktig figur.

Hvilken strategi brukte du for å rotere figurene / finne like figurer? *

Her skal du velge strategien du brukte for å rotere figurene. Brukte du ingen av de som er beskrevet, prøv å beskriv hvordan du fant fram til riktig figur.

- ☐ Jeg prøvde å rotere på hele figuren samtidig.
- ☐ Jeg prøvde å rotere deler av figuren.
- ☐ Vet ikke
- ☐ Dersom ingen av de ovenfor - beskriv i neste spørsmål

Hvilken strategi brukte du for å rotere figurene / finne like figurer? Beskriv her dersom du ikke valgte et av alternativene ovenfor.

Opplevelse av rotering av figurer

Nå kommer det noen påstander vi vil at du skal ta stilling. Du krysser av for detalternativet som passer best for deg på en skala fra 1 til 6, hvor 1 er helt uenigog 6 er helt enig. Det finnes ingen fasit her, og det er din opplevelse som er viktig.

	1 - Helt uenig	2	3	4	5	6 - Helt enig
Jeg liker å rotere figurer *	○	○	○	○	○	○
Når jeg arbeider med rotering av figurer, tenker jeg at dette liker jeg å holde på med *	○	○	○	○	○	○
Jeg gleder meg til timene hvor vi skal rotere figurer *	○	○	○	○	○	○
Jeg synes det er morsomt å arbeide med rotering av figurer *	○	○	○	○	○	○
Jeg mister lett konsentrasjonen når vi arbeider med rotering av figurer *	○	○	○	○	○	○
Jeg vil aldri lykkes i arbeid med rotering av figurer, uansett hvor hardt jeg prøver *	○	○	○	○	○	○
Når jeg møter vanskelige oppgaver i rotering av figurer, gir jeg opp med en gang *	○	○	○	○	○	○
Jeg har vansker for å komme i gang med oppgaver med rotering av figurer *	○	○	○	○	○	○
Jeg jobber med rotering av figurer for å gjøre andre (foreldre, lærere eller lignende) fornøyde *	○	○	○	○	○	○
Jeg jobber med rotering av figurer for å vise andre at jeg kan klare det *	○	○	○	○	○	○

Opplevelse av rotering av figurer

Nå kommer det noen påstander vi vil at du skal ta stilling. Du krysser av for detalternativet som passer best for deg på en skala fra 1 til 6, hvor 1 er helt uenigog 6 er helt enig. Det finnes ingen fasit her, og det er din opplevelse som er viktig.

	1 - Helt uenig	2	3	4	5	6 - Helt enig
Jeg er sikker på at jeg vil greie alt vi skal lære i oppgaver med rotering av figurer *	○	○	○	○	○	○
Jeg er sikker på at jeg vil greie det vanskeligste i rotering av figurer *	○	○	○	○	○	○
Når vi skal lære nye ting i rotering av figurer, er jeg sikker på at jeg vil klare det *	○	○	○	○	○	○
Jeg er sikker på at jeg kan gjøre en god jobb på oppgaver og prøver i rotering av figurer *	○	○	○	○	○	○

Vedlegg 7: Intervjuguide

Problemstilling:

Hvordan opplevde et par elever, som synes at matematikk kan være litt vanskelig, forskningsprosjektet? Hvilke erfaringer har de til matematikk og mental rotasjon fra før, og hvilke har de nå? Hva tenker de om videre arbeid?

Hvilke erfaringer har du til matematikk?

- Er det noe du liker med faget? Hva?
- Er det noe du ikke liker med faget? Hva?
- Er det noe du synes er lett / noe du mestrer? Hva?
- Er det noe du synes er vanskelig? Hva?

Hvilke erfaringer har du til mental rotasjon/rotering av figurer?

- Er det noe du liker med det / noe som er gøy? Hva?
- Er det noe du synes er vanskelig med det? Hva?

Hvordan opplevde du forskningsprosjektet?

- Løste du oppgaver med AR eller uten?
- Synes du at du fikk til oppgavene?
    - Hva fikk du eventuelt til?
    - Hva fikk du eventuelt ikke til?
- Hvilke tanker om arbeidet fikk du underveis i prosjektet?
    - Var det gøy / kjedelig?
    - Ble arbeid med rotering av figurer gøyere/kjedeligere?
    - Følte du at du lærte noe / ble flinkere?
- Hvis eleven ikke brukte AR: kunne du tenkt deg å prøve dette?
    - Hvorfor (ikke)?

Har du noen tanker / ideer til arbeid med dette i framtiden?

- Tror du arbeid med rotering av figurer (og lignende oppgaver) kan gjøre det lettere å forstå ulike tema i matten?
    - Hvorfor (ikke)?
- Tror du at bruk av AR kan gjøre det lettere å forstå ulike tema i matten?
    - Hvorfor (ikke)?

NTNU

Kunnskap for en bedre verden