

# **MASTEROPPGAVE**

**M5GLU**

**Mai 2022**

(30. studiepoeng)

**Utvidet virkelighet som pedagogisk verktøy: Utvikling av geometrisk tenkning, spatial visualisering og indre motivasjon.**

Augmented reality as an educational tool: Development of geometric thinking, spatial visualization and intrinsic motivation

Vitenskapelig oppgave

Mathias Nystuen Lie



**OsloMet – storbyuniversitetet**

**Fakultet for lærerutdanning og internasjonale studier**

**Institutt for grunnskole- og faglærerutdanning**

## Sammendrag

Denne oppgaven undersøker hvorvidt et undervisningsopplegg basert på utvidet virkelighet (AR) kan fremme indre motivasjon, samt stimulere til utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering for elever på 9.trinn. Utformingen er gjort på bakgrunn av det analytiske rammeverket og tidligere forskning knyttet til AR, motivasjon, geometrisk tenkning og spatial visualisering. Studien er designbasert, som vil si at formålet er å skape et undervisningsdesign, sette det ut i en naturlig undervisningskontekst og se i hvilken grad designet oppfyller hensikten den ble utformet til å fylle. Datainnsamlingen foregikk i tre ulike 9. klasser, fra ulike steder i Norge. Lærerne testet ut undervisningsdesignet og ble senere intervjuet om deres erfaringer med gjennomføringen.

Undervisningsdesignet virker til å kunne stimulere flere sentrale aspekter innenfor det grunnleggende behovet for kompetanse. Dette kommer frem gjennom at informantene opplever designet som effektivt, at elevene opplever mestring og at de får utfordringer underveis. Støttestrukturene som er lagt inn virker til å hjelpe elevene med å holde progresjon i arbeidet. Disse gjorde også elevene mer selvstendig, som videre er viktig for deres følelse av autonomi. I tillegg erfarte informantene at undervisningsdesignet skaper interesse og engasjement hos elevene. Videre er det fremlagt at elevene får forfølge egne matematiske ideer og utforske matematikken. Når det kommer til følelsen av tilhørighet, fremmes det som positivt at elevene får arbeide sammen og at de relativt selvstendig kan utforske og arbeide med geometrien. Designet virker til å kunne legge til rette for tilfredstillelse av flere sentrale elementer fra selvbestemmelsesteorien, som videre sees som elementært for å skape indre motiverte holdninger hos elever.

Undervisningsopplegget legger til rette for at elevene aktivt kan benytte et matematisk språk. Visualiseringene og oppgavene er designet slik at elevene skal kunne få økt kunnskap når det kommer til relasjoner i og mellom figurer. Det har også blitt argumentert for at designet kan føre til økt forståelse for begreper og objekter innenfor geometrien. Samt at det dynamiske designet og oppgaveoppsettet legger til rette for utforsking, resonering og argumentasjon underveis i arbeidet. Det overnevnte er sentrale faktorer som kan legge til rette for utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering.

## Abstract

This study is researching whether a teaching arrangement based augmented reality (AR) can spur intrinsic motivation, as well as stimulate development of geometric thinking and spatial visualization for pupils at 9<sup>th</sup> grade. The design was made taking consideration of the analytical framework and earlier scientific studies regarding AR, motivation, geometric thinking and special visualization. The research is design based, which means that the purpose is to create a teaching design, put it in a real life teaching context and explore whether this design is fulfilling with the criteria it was supposed to fill. The data collection took place in three different 9<sup>th</sup> grade classes from different areas in Norway. The teachers tested the teaching design and were later interviewed about their experience regarding this method of teaching.

The teaching design can possibly stimulate several central aspects within the basic competence need. This is made evident through the informants experiencing this design as efficient, the pupils are experiencing that they are mastering the tasks while also being challenged. The added support structures seem to help the pupils keep up progress in their work. It made the pupils more independent when solving the tasks, which is important for their sense of autonomy. In addition, the informants experienced that the teaching design created interest and engagement among the pupils as they got to pursue their own mathematical ideas and explore mathematics. Regarding the feeling of relatedness, it is seen as a positive that the pupils get to collaborate and that they independently can explore and work with geometry. The design seems to facilitate satisfaction of several central elements from the self-determination theory, which is seen as key to create intrinsic behavior among the pupils.

The teaching design facilitates the opportunity for the pupils to use a mathematical language. The visualizations and the tasks facilitate the opportunity for the pupils to increase their understanding in terms and objects regarding the geometry. Further on, the dynamic design and the assignment setup facilitates exploration, reasoning and argumentation during the work. These are central factors to stimulate development of geometric thinking and spatial visualization.

# Forord

Da var jeg endelig i mål, masteroppgaven er slutført. Det har vært en lærerik prosess fylt med en rekke opp- og nedturer. Det store høydepunktet med perioden har vært å utvikle et interaktivt læringsdesign ved bruk av AR. Her har jeg lært nye ferdigheter som å tegne 3D figurer og å skape dynamiske læringskontekster i en AR-applikasjon.

Først vil jeg takke veilederen min Bård, som har gitt meg forslag til litteratur, tilbakemeldinger på tekst og motiverende ord når det har vært nødvendig.

En stor takk rettes også til medstudenter i «bunkeren» på OsloMet, dere har alle vært lysglimt når dagene har vært tunge.

En ekstra klapp på skulderen rettes også til Gaute, som testet ut prototypen til designet på sin 9. klasse og kom verdifulle betraktninger til forbedringer.

En av de største utfordringene knyttet til prosjektet, var å skaffe informanter. Derfor må en spesiell takk utrettes til de lærerne og elevene som har gjennomført undervisningsopplegget, uten dere hadde ikke dette vært mulig.

Til venner og familie, som har holdt ut kjedelige samtaler om prosjektet, hvor undertegnede har luftet tanker, frustrasjoner, løsninger og oppturer, bare vit at disse samtalene var gull verdt.

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>1</b>
1.1	<i>Tidligere forskning .....</i>	2
1.2	<i>Oppgavens struktur .....</i>	3
<b>2</b>	<b>Analytisk rammeverk.....</b>	<b>5</b>
2.1	<i>Sosiokulturelt lærings syn.....</i>	5
2.2	<i>Utforming av matematiske oppgaver .....</i>	7
2.3	<i>Selvbestemmelsesteorien .....</i>	8
2.4	<i>Geometrisk tenkning .....</i>	10
2.5	<i>Spatiale evner.....</i>	12
2.6	<i>Oppsummering.....</i>	13
<b>3</b>	<b>Metode og forskningsdesign .....</b>	<b>14</b>
3.1	<i>Designbasert forskning.....</i>	14
3.1.1	<i>Valg av applikasjon og prestasjon av ulike funksjoner .....</i>	15
3.1.2	<i>Utforming av det multimodale læringsdesignet .....</i>	18
3.2	<i>Datainnsamling .....</i>	22
3.2.1	<i>Utvalg.....</i>	22
3.2.2	<i>Intervju.....</i>	23
3.2.3	<i>Databehandling .....</i>	24
3.3	<i>Reliabilitet og validitet.....</i>	25
3.4	<i>Etikk .....</i>	28
3.5	<i>Oppsummering.....</i>	29
<b>4</b>	<b>Analyse og diskusjon .....</b>	<b>30</b>
4.1	<i>Selvbestemmelsesteorien .....</i>	30
4.1.1	<i>Kompetanse .....</i>	30
4.1.2	<i>Autonomi .....</i>	36
4.1.3	<i>Tilhørighet .....</i>	38
4.2	<i>Geometrisk tenkning og spatial visualisering .....</i>	40
4.2.1	<i>Innlæring av geometriske begreper og forståelse for geometriske objekter.....</i>	40
4.2.2	<i>Støttestrukturenes innvirkning på elevenes geometriske utvikling .....</i>	43
4.2.3	<i>Sammenligne, argumentere og resonere.....</i>	49
4.3	<i>Oppsummering .....</i>	52
<b>5</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>53</b>
5.1	<i>Hvordan legger undervisningsdesignet til rette for indre former for motivasjon hos elever på 9. trinn? .....</i>	53
5.2	<i>Hvordan stimulerer undervisningsdesignet utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering hos elever på 9. trinn? .....</i>	55
5.3	<i>Veien videre.....</i>	56
	<b>Litteraturliste .....</b>	<b>57</b>

<b>Vedlegg</b> .....	<b>62</b>
<i>Vedlegg 1: Oppgaveark QR-koder</i> .....	62
<i>Vedlegg 2: Oppgaveark lenker</i> .....	63
<i>Vedlegg 3: Fasit til oppgavene</i> .....	64
<i>Vedlegg 4: Samarbeidsoppgave</i> .....	68
<i>Vedlegg 5: Lærerveiledning</i> .....	70
<i>Vedlegg 6: Intervjuguide</i> .....	71
<i>Vedlegg 7: Samtykkeskjema</i> .....	73
<i>Vedlegg 8: Godkjenning fra NSD</i> .....	76
<i>Vedlegg 9: Risikoanalyse (ROS)</i> .....	78
<i>Vedlegg 10: Observasjonsskjema</i> .....	84

## 1 Innledning

Utgangspunktet for denne studien er et ønske om å skape et undervisningsopplegg i romgeometri, som kan engasjere og motivere elevene, samt fremme læring innenfor emne. Geometri er noe elevene stadig møter gjennom skoleløpet i grunnskolen (Utdanningsdirektoratet, 2020a). Flere studier viser at dagens elever sliter med å lære geometri og å utvikle sin geometriske tenkning (Yousef, 2021, s. 966). En av hovedgrunnen til at dette emne oppleves som utfordrende, er at lærerne ikke bruker eller ikke har god nok tilgang til konkrete. Dette medfører ofte at elevene enten ikke får brukt konkrete i arbeid med geometriske oppgaver eller at de som blir brukt ikke er tilpasset elevenes virkelighet eller nivå. Som videre medfører at konteksten elevene arbeider i, ikke er optimalt tilpasset for å tilfredsstillende geometrisk utvikling eller interesse for å arbeide med emne (Cesaria & Herman, 2019, s. 1271). Det er også vist at tradisjonell undervisning, som ofte baserer seg på todimensjonale representasjoner av tredimensjonale figurer, ikke er ideell for elevene. Dette er fordi denne måten å presentere figurene på gjør at de sliter med å tilegne seg kunnskap knyttet til hvilke komponenter de tredimensjonale figurene består av, samt at det er utfordrende for elevene å se relasjoner i og mellom de tredimensjonale figurene (İbili, Çat, Resnyansky, Sahin & Billingham, 2020, s. 224). Basert på det overnevnte, så ser det ut til at flere av vanskene oppstår på grunn av mangel på muligheter til å visualisere geometriske figurer og at det i mange klasserom ikke er tilstrekkelig med tilgjengelig materiale for å skape formålstjenlig kontekster som fremmer geometrisk utvikling hos elevene. Derfor vil augmented reality, omtalt utvidet virkelighet på norsk (AR) bli benyttet som pedagogisk verktøy i denne studien. Dette er en teknologi som muliggjør å sette virtuelle objekter ut i den virkelige verden. Ved hjelp av mobil, læringsbrett eller PC, kan digitale objekter settes ut i brukerens eksisterende miljø (Ahmad & Junaini, 2020, s. 107). Knyttet til matematikk legger dette til rette for å kunne visualisere objekter og skape autentiske læringssituasjoner. Videre kan brukere utforske og interagere med objektene, gjennom å vri og vende på de eller fysisk gå rundt figurene i AR-miljøet (Yegorina, Armstrong, Kravtsov, Merges & Danhoff, 2021, s. 4).

En annen viktig faktor for at elever skal kunne lære og få fremmet sin geometriske forståelse er at de er motiverte for å engasjere seg i matematikken. Skaalvik og Skaalvik (2015, s. 9) fremmer det å motivere elever som en av de viktigste oppgavene en lærer har, siden dette er

en forutsetning for optimal læring og utvikling i skolen. Samtidig fremkommer det at elevenes indre motivasjon for å arbeide med matematikk faller gradvis jo eldre de blir (Creten, Lens & Simons, 2001, s. 37). Derfor vil det være interessant å se om bruken av AR kan være med på å skape kontekster som interessere og motiverer elevene til å arbeide med romgeometri. For å kunne si noe om elevenes geometriske utvikling, vil det blitt tatt et teoretisk utgangspunkt i van Hiele sin modell for geometrisk tenkning og spatial visualisering. Spatial visualisering er en underkomponent knyttet til spatiale evner, som videre er sammensatt med utvikling av geometrisk tenkning (Battista, 2007, s. 843 & 844). Selvbestemmelsesteorien, som er en av de mest siterte teoriene innenfor forskning på motivasjon, vil danne det teoretiske utgangspunktet for å si noe om hvordan opplegget legger til rette for indre motiverte holdninger hos elevene (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 148). Sett i lys av det overnevnte vil problemstillingen for oppgaven være:

*På hvilken måte kan undervisningsdesignet, støttet av augmented reality, legge til rette for indre former for motivasjon; og hvordan kan det stimulere utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering hos elever på 9. trinn?*

Som snart inntredende pedagog vil det være interessant å gjøre et dypdykk inn i hvordan jeg kan benytte teknologi for å fremme læring og motivasjon blant elever. Håpet er å kunne tilegne meg kunnskaper som også har overføringsverdi til andre emner innenfor matematikken og andre fag jeg skal undervise i. Som en konsekvens av denne studien, håper jeg å komme ut på andre siden som en mer kvalifisert lærer som kan fremmer proaktive former for motivasjon og at jeg kan formidle matematikk til mine fremtidige elever på engasjerende og lærerik måte.

## 1.1 Tidligere forskning

Studiene som redegjøres for her har alle benyttet pre post test og hatt en kontrollgruppe og eksperimentgruppe, hvor den ene gruppen benytter AR og den andre fysiske konkrete og bøker. Derfor er resultatene i studiene satt om som eksperimentgruppen relativt til kontrollgruppen. Yousef (2021, s. 974 & 975) fant i sin studie at visualiseringene AR tilbyr, økte konsentrasjonen til elevene. Den praktiske tilnærmingen denne teknologien tilbyr økte også interessen elevene hadde for å arbeide med geometrien og for aktiviteten i seg selv. Chen



(2019, s. 1696, 1708 & 1712-1715) sitt prosjekt viste at AR la godt til rette for utforskning av geometrien og at det skapte praktiske kontekster og autentiske kontekster for elevene. Dette virker videre positivt inn på elevenes motivasjon, interesse og glede knyttet til arbeidet med emne. Visualiseringene AR tilbyr, interesserte elevene og førte til at elevene konsentrerte seg bedre, samt at konteksten elevene arbeider i oppleves som mer relevant, relativt til normal undervisning. Det at figurene ble visualisert, økte også det faglige utbytte til elevene. Strukturer som var lagt inn i designet i samspill med muligheten for å interagere med det dynamiske designet, virket positivt inn på de elevene som hadde negative følelser tilknyttet faget matematikk. Elsayed og Al-Najrani (2021, s. 12) fant at det virker mer motiverende relativt til standard undervisning. Dette er fordi AR tilbyr engasjerende og virkelighetsnære miljøer som er interaktive. De fant at disse faktorene for det første fremmer elevenes engasjement og økte kunnskapen de evnet å tilegne seg knyttet til geometri. Li, van der Spek, Hu og Feijs (2018, s. 60 & 61) fant at det ligger et stort potensial for å tilfredsstille de grunnleggende behovene fra selvbestemmelsesteorien, ved bruk av AR. Elevene likte at de kunne interagere med designet og at konteksten de arbeider i er mer levende og realistisk. Dette gjorde det mer motiverende å arbeide med matematikken.

## 1.2 Oppgavens struktur

**I kapittel 2** legges det analytiske rammeverket frem. Hvor det først vil redegjøres for sentrale begreper fra sosiokulturell læringsteori og viktige aspekter ved utforming av matematiske oppgaver. Videre fremlegges selvbestemmelsesteorien, nærmere bestemt underkomponentene kompetanse, autonomi og tilhørighet. Dernest presenteres viktige elementer for geometrisk tenkning og spatial visualisering.

**Kapittel 3** inneholder valg av og begrunnelse knyttet til metode. Her legges det frem hva designbasert forskning er og hvordan undervisningsdesignet har blitt utformet. Dernest legges valg av informanter frem, samt hvordan dataene har blitt samlet inn og behandlet. Deretter legges tanker rundt studiens reliabilitet og validitet frem, før det til slutt blir lagt frem etiske aspekter ved forskningsprosjektet.

**I kapittel 4** presenteres, analyseres og drøftes relevant innsamlet data. Her vil informantenes erfaringer knyttet til gjennomføringen sees opp mot det analytiske rammeverket, med hensikt å belyse problemstillingen for oppgaven.

**I kapittel 5** vil oppgaven først oppsummeres. Videre vil hovedpunktene fra kapittel 4 legges frem med hensikt å svare på problemstillingen. Avslutningsvis vil mulige veier videre for prosjektet diskuteres.

## 2 Analytisk rammeverk

I dette kapitlet presenterer jeg det analytiske rammeverket for å støtte den påfølgende analysen av om undervisningsdesignet kan skape motivasjon for læring, samt utvikle geometrisk forståelse og spatial evne hos elever på 9.trinn. Siden læring, samhandling og bruk av digitale hjelpemidler er sentralt for oppgaven, vil det først bli gjort rede for sentrale begreper knyttet til dette basert på sosiokulturell læringsteori. Deretter vil det fremlegges sentrale aspekter ved utforming av matematiske oppgaver, dette var sentralt i utforming av undervisningsdesignet og vil brukes for å begrunne kompleksiteten til de oppgavene som ble gitt til elevene. Dernest vil jeg komme mer spesifikt inn på begreper knyttet til hvordan legge til rette for elevers motivasjon i læringssituasjoner. Det vil videre bli diskutert noen sentrale begreper innenfor geometrisk tenkning og spatiale evner. Avslutningsvis i kapitlet vil det komme en oppsummering av det analytiske rammeverket.

### 2.1 Sosiokulturelt læringssyn

Sosiokulturell læringsteori stammer fra et konstruktivistisk læringssyn, men vektlegger ikke individuelle prosesser som hovedkilde til utvikling av kunnskap. Istedenfor rettes søkelyset mot at kunnskap fremkommer gjennom interaksjon og samarbeid i en kontekst. Individets evne til å delta i et sosialt praksisfellesskap, hvor læring skjer, ansees derfor som sentralt for kognitiv utvikling og læring (Dysthe, 2001, s. 42). Tanken er at kunnskap er sosialt distribuert, som vil si at individer sitter på ulik kunnskap (Säljö & Moen, 2001, s. 72). Læring sees derfor på som en dyptgående sosial prosess, hvor man vektlegger hvordan læringsprosessen er lokalisert i sosiokulturelle miljøer og hvordan interaksjoner innenfor disse fremmer læring og utvikling i fellesskap og for individet (Vestøl, Lund & Hauge, 2007, s. 17-19). Undervisningsdesignet benytter AR for å visualisere matematikken gjennom bruk av læringsbrett eller PC, derfor vil det først bli redegjort for hva kulturelle redskaper er og hvordan disse kan mediere elevenes læring.

Innenfor de sosiokulturelle miljøene er det ulike kulturelle redskaper som er menneske- eller kulturskapt (Vestøl et al., 2007, s. 71). Disse redskapene kan både være materielle og symbolske (Selwyn, 2016, s. 85). De er skapt for å kommunisere et innhold til mottakeren, som for eksempel at Pi kommuniserer tallet 3,14. Vi benytter meningen som ligger i disse redskapene til å agere i og forstå omgivelsen vi er i (Säljö & Moen, 2006, s. 90 & 91). Det

overnevnte knyttes til at læring er mediert. For i et sosiokulturelt perspektiv på læring og undervisning er bruken av kulturelle redskaper fundamental. Vi forholder oss til verden gjennom å bruke disse redskapene. Måten disse redskapene blir benyttet på, til å forstå og handle med omverdenen, peker på at læringen blir mediert ved hjelp av disse (Vestøl et al., 2007, s. 56). Et sentralt redskap i dagens norske er bruk av IKT, 65 av 100 største kommunene i Norge har 1:1 dekning av læringsteknologi til sine elever (Utdanningsdirektoratet, 2021). Teknologi kan sees som en kulturell utvidelse, som skaper mulighet for et bredere spekter av didaktiske muligheter og sosiale handlinger.

Undervisningsdesignet er et medierende redskap for arbeidsprosesser og utvikling av kunnskap. For ved bruk av dette læringsdesignet har man en utvidet mulighet til å bruke redskapen for å mediere læring i miljøer som normalt sett ikke ville vært tilgjengelig i klasserommet. Gjennom å benytte visualiseringer og redskaper som vanligvis ikke er tilgjengelig i skolen, utvider man muligheten for å skape realistiske og meningsfulle kontekster for å støtte elevers læring og utvikling (Vestøl et al., 2007, s. 29, 68-69, 71 & 194-195). Det overnevnte danner grunnlaget for å kunne si noe om læringsteknologier, bruk av AR som visualiseringsverktøy og hvordan disse redskapene kan være med på å mediere elevenes læring. Innledningsvis i undervisningsdesignet er det fokus på bruk av begreper og språk knyttet til geometriske figurer, som også er gjennomgående for senere arbeid med matematikkoppgavene. Derfor vil det nå gjøres rede for et annet sentralt kulturelt redskap, nemlig språket.

Lev Vygotsky har vært sentral i utviklingen av sosiokulturell teori og han trekker frem språket som det viktigste kulturelle redskapen vi mennesker har for læring og utvikling. Språket legger til rette for at de fysiske redskapene, som nevnt ovenfor, kan utnyttes på en best mulig måte (Säljö, 2014, s. 82). Det gjør også at man kan uttrykke egne tanker til omverdenen og man kan få innsyn i andres forståelse. Sfard (2008, s. 126) fremhever viktigheten av språket og kommunikasjon knyttet til matematisk modning og utvikling. Optimalisering av dette innebærer operasjonisering og å danne en felles forståelse knyttet til ulike matematiske objekter og hva disse innebærer. For å kunne ta del i en matematisk diskurs ansees det som sentralt at elevene internaliserer forståelsen av de matematiske objektene. Det er først når dette skjer at man i fellesskap kan utvikle sin egen og andres matematiske forståelse. Innlæring av et matematisk språk og felles objektivisering av matematiske konsepter er med andre ord sentralt for både å kunne gjøre egen forståelse tilgjengelig for andre, samt få innsikt i andres forståelse og som et resultat av dette felles kunnskapsutvikling og læring.

Undervisningsdesignet er lagt opp for å støtte elevene i læringsprosessen ved hjelp av ulike visualiseringer og presiseringer, derfor vil det nå blir redegjort for to sentrale begreper innenfor sosiokulturell læringsteori, nemlig støttende stillas og den proksimale utviklingssone. For å kunne beskrive den proksimale utviklingssone, fremhever Vygotsky at man må skille på elevens aktuelle utviklingsnivå og det potensielle utviklingsnivået til individet. Det aktuelle utviklingsnivået omhandler etablert kunnskap og utvikling hos eleven, mens den nærliggende mulige utviklingen hos barnet kan beskrives som den potensielle utviklingssonen. Det er gapet mellom det aktuelle og det potensielle utviklingsnivået, som beskrives som den proksimale utviklingssone. Tanken er at når et individ arbeider med noe som er utenfor den aktuelle utviklingssonen, men får støtte fra enten en mer kompetent medelev, læreren eller andre kulturelle verktøy, som hjelpe eleven inn i den nærliggende utviklingssonen, så arbeides det i den proksimale utviklingssonen (Vygotskiĭ, 1978, s. 85-87). I denne sammenheng vil det være sentralt å trekke frem et annet begrep fra Vygotsky, nemlig støttestrukturer for læring, som blir betegnet som stillasbygging. Alt som kan bidra med høyere kompetanse og evner å støtte individets læring, kan beskrives som et støttende stillas for læringsprosessen. (Vestøl et al., 2007, s. 65, 194 & 195).

## 2.2 Utforming av matematiske oppgaver

Ved oppbygningen av undervisningsdesignet ble det tatt utgangspunkt i et rammeverk knyttet til utforming av matematiske oppgaver. Dette danner grunnlaget for å kunne si noe om oppgavers vanskelighetsgrad og hvorvidt undervisningsdesignet kan være med på å redusere kompleksiteten til oppgavene. Det vil derfor bli gjort rede for hva som bestemmer en oppgaves vanskelighetsgrad og hvordan språket kan virke inn på kompleksiteten til oppgaven.

Ideelt sett skal man gi elevene oppgaver som de finner interessante, samt utfordrende, men ikke for vanskelige. For å fastslå en matematikkoppgaves vanskelighetsgrad trekkes kompleksiteten frem som sentral. Denne bestemmes av antall variabler, mengde data og hvordan dette blir presentert. Videre er grad av kjennskap til oppgaven viktig. Dette omhandler i hvilken grad elevene kjenner til oppgavene som gis. En oppgave som krever bruk av kompleks matematikk, både knyttet til høy vanskelighetsgrad rent teknisk eller bruk av flere matematiske emner i løsning, ansees som en utfordrende matematikkoppgave. Det siste aspektet som er sentralt er elevens autonomi i oppgaven. Denne bestemmes av grad av veiledning eleven får underveis, både fra medelever, læreren eller fra oppgaven selv.

Strukturer lagt inn i oppgaven som for eksempel å dele opp problemet, slik at elevene kan ha fokus på et og et element, kan virke som et støttende stillas på elevens progresjon i oppgaven. Visualiseringer av komponenter i matematiske problemer trekkes også frem som viktig for å redusere kompleksiteten til oppgaven (Burkhardt & Swan, 2017, s. 180-185). Zevenbergen (2001, s. 38-48) poengterer språkets sentrale rolle i matematikken og at det fremkommer som sentralt for utvikling av matematisk forståelse. Samtidig peker hun på at språket som benyttes i skolen og det matematiske språket kan være med på å gjøre oppgavene for komplekse for flere av elevene. For elever med lav sosioøkonomisk bakgrunn, spesielt, kan det være viktig for mestringen å arbeide med numeriske oppgaver for å forstå matematikken og senere arbeide med mer komplekse tekstoppgaver.

### 2.3 Selvbestemmelsesteorien

Motivasjon kan sees som en drivkraft som har betydning for elevens retning, intensitet og utholdenhet i møte med aktiviteter, oppgaver og utfordringer. Dette kommer til syne gjennom elevenes valg, innsatsen de velger å legge inn og hvor motstandsdyktig de er i møte med utfordrende oppgaver og aktiviteter (Skaalvik & Skaalvik, 2018, s. 138; Wæge & Nosrati, 2018, s. 12). Selvbestemmelsesteorien er et rammeverk med hensikten å beskrive behov som er fundamentale for å skape motivasjon hos individer innenfor ulike aktiviteter. Tanken er at alle mennesker er født med tre grunnleggende psykologiske behov som er nødvendige betingelser for menneskers velvære og kognitiv vekst. Disse behovene er følelsen av autonomi, kompetanse og tilhørighet (Deci & Ryan, 2002, s. 7). Innenfor motivasjonsforskning opereres det ofte med indre og ytre motivasjon (Nordahl, Helland, Lillejord & Manger, 2009). Deci og Ryan benytter i tillegg kontrollert ytre-, autonom ytre- og amotivasjon (Deci & Ryan, 2002, s. 42 & 43). For denne studien vil dette være relevant for å se hvordan ulike komponenter ved læringsdesignet påvirker behovstilfredstillelse og motivasjon hos elevene. Nå vil det først bli redegjort for hva som beskrives som proaktive former for motivasjon innenfor selvbestemmelsesteorien.

Proaktive former for motivasjon innenfor selvbestemmelsesteorien er indre motivasjon og autonom ytre motivasjon. Kjennetegnet for en indre motivert elev er at hen ser glede og mening i å engasjere seg i aktiviteten, den treffer altså interessen til eleven og oppleves som tilfredsstillende å engasjere seg i. Autonom ytre motivasjon ser man hos elever som engasjerer seg i aktiviteter på eget initiativ, men eleven opplever ikke nødvendigvis glede i å

gjennomføre aktiviteten, den trenger heller ikke stimulerer elevens interesser. (Deci & Ryan, 2002, s. 17, 42 & 43). Det overnevnte danner grunnlaget for å kunne si noe om hvorvidt undervisningsopplegget legger til rette for det som Deci og Ryan beskriver proaktive former for motivasjon. Videre skal vi nå se på tre grunnleggende behov, som ansees som sentrale for å kunne legge til rette for indre motiverte elever, nemlig behov for kompetanse, tilhørighet og autonomi.

Det grunnleggende behovet for kompetanse omhandler individets følelse av å være effektiv i interaksjoner med det sosiale miljøene man oppholder seg i og en opplevelse av mulighet for å utøve og uttrykke sine evner (Deci & Ryan, 2002, s. 7). Whites definisjon fra 1957 har vært et utgangspunkt for selvbestemmelsesteoriens forståelse av kompetanse. White pekte på at kompetanse er ens interaksjoner med omgivelsene, ens utforskning, samt læring og tilpasning (Deci & Ryan, 1985, s. 27). Wæge og Nosrati (2018, s. 23 & 24) viser til at definisjonen inneholder to dimensjoner. Den ene dimensjonen innebærer følelsen av mestring. Innenfor matematikken kan dette være å få riktig svar, mestre det å stille spørsmål, å resonere og argumentere, å forklare løsningsstrategier eller å føle at man forstår matematiske begreper og problemer. Den andre dimensjonen handler om mulighet til å bidra i plenum og at de opplever at deres bidrag verdsettes av medelevene og læreren. utfordringer man gir elevene bør være tilpasset når det kommer til vanskelighetsgrad. Er oppgavene for lette eller for vanskelige, vil følelsen av kompetanse bli svekket. Kompetansestøtte fremmes av strukturer og veiledning som virker støttende på elevens progresjon i aktiviteten (Ryan & Deci, 2017, s. 14). Følelsen av kompetanse er også viktig for det neste grunnleggende behovet som skal redegjøres for, nemlig autonomi (Ryan & Deci, 2017, s. 18).

Autonomi innebærer individets følelse av å være kilde til egne handlinger. Det vil si at handlingen skjer ut fra egne interesser og verdier (Deci & Ryan, 2002, s. 8). Det poengteres at dette ikke må blandes med uavhengighet, for individer kan handle basert på ytre påvirkninger. (Ryan & Deci, 2017, s. 10). For mennesker er følelsen av å utøve autonomi både en funksjon, men også et grunnleggende psykologisk behov (Deci & Ryan, 1985, s. 38). I matematikktimene kan autonomi fremmes gjennom at elevene får ta del i beslutningsprosessen knyttet til hva som er et godt matematisk argument og hvordan de skal løse oppgaver. Det fremmes også gjennom å gi utfordringer med flere mulige innganger og løsninger. Elevene bør også få mulighet til å forklare og begrunne sine løsningsmetoder. Oppgaver som fordrer til utforskning, resonnering og problemløsning kan legge til rette for

økt følelse av autonomi. Man kan også legge til rette for tilfredstillelse av behovet gjennom å skape matematiske kontekster som fenger elevene (Wæge & Nosrati, 2018, s. 24, 104 & 107). Støttestrukturer som stillasbygging og stimulering av følelsen av kompetanse, er også med på å øke følelsen av autonomi (Ryan & Deci, 2017, s. 18). De to overnevnte behovene er fundamentale for utvikling av proaktive former for motivasjon, ifølge selvbestemmelsesteorien. Til slutt vil det blir redegjort for behovet for tilhørighet.

Innenfor selvbestemmelsesteorien handler tilhørighet om følelsen av å ta del i et trygt fellesskap. Dette innebærer å ha en trygg relasjon til andre og å bry seg om de rundt seg og at du opplever at de bryr seg om deg (Deci & Ryan, 2002, s. 7). Som pedagog kan man legge til rette for aktiviteter som fordrer til samarbeid og dialog elevene imellom. Dette kan virke positivt inn på deres relasjon, som videre kan føre til økt følelse av tilhørighet for elevene (Wæge & Nosrati, 2018, s. 26 & 27). Behovet handler om følelsen av å være sammen med andre i et trygt fellesskap (Deci & Ryan, 2002, s. 7). Tilhørighet sees ikke som et absolutt behov for å skape indre motivasjon, fordi individer kan være indre motiverte for å drive med aktiviteter, til tross av at den utføres alene. Følelsen av tilhørighet kan derimot gjøre elevene i større grad motstandsdyktig i møte med utfordringer, fordi de opplever miljøet rundt som et slags sikkerhetsnett og terskelen for å prøve og feile vil bli lavere (Deci & Ryan, 2000, s. 235).

## 2.4 Geometrisk tenkning

Geometri er et sett med konsepter som er satt i system, som gjør det mulig å konseptualisere og analysere fysiske og mentale romlige objekter. Denne systematiseringen gjør at vi, blant annet, kan enes om at en trekant har tre kanter, hva en vinkel er og hva det vil si om to figurer er kongruente. Geometrisk tenkning foregår i hovedsak ved at man bruker disse formelle begrepene til å undersøke former og rom, mentalt og fysisk. Utvikling av geometrisk tenkning foregår i fem nivåer, ifølge Dina van Hiele-Geldorf og Pierre van Hiele (1957). Nivåene går fra 1-5, hvor 1 er det nederste nivået og 5 er høyest (Battista, 2007, s. 843-847). Hinna, Gustavsen og Rinvold (2011, s. 446) peker på at det i skolen er mest aktuelt med nivåene 1 til 3 og at noen elever kan komme opp på nivå 4. Derfor vil nivå 5 redegjøres for. Dette danner grunnlaget for å kunne si noe om hvilket nivå oppgavene elevene arbeider med er på og hvordan man kan utvikle seg fra et nivå til et annet.



Individer som er på nivå 1 kan identifisere og arbeide med geometriske figurer basert på deres visuelle kjennetegn og utseende (Battista, 2007, s. 847). De evner å konstruere, tegne og kopiere former, samt navngi dem. Elevene innenfor dette nivået vil også kunne løse rutineoppgaver gjennom å visuelt se på formene og dermed benytter de ikke generelle egenskaper ved figurene for å løse oppgaver. Dette nivået innenfor geometrisk tenkning betegnes som visualiseringsnivået (Fuys, Geddes & Tischler, 1988, s. 58 & 59). Knyttet til 3-dimensjonale figurer legges det til at elever ikke evner å visualisere objekter, deres posisjon eller bevegelse med mindre de ser de foran seg. De manipulerer figurer ved å gjette, for så å sjekke. Nivå to kalles analysenivået. Her vil elever kjenne igjen og identifisere geometriske former og figurer basert på deres egenskaper og relasjoner mellom disse egenskapene (Battista, 2007, s. 847). Elever kan her bygge forståelse av egenskaper knyttet til enkelfigurer, samt finne generaliserende karaktertrekk ved grupper av geometriske figurer. De tillærte egenskapene kan også bli benyttet i problemløsning og i arbeid med oppgaver (Fuys et al., 1988, s. 60-63). På dette nivået, knyttet til 3D figurer, vil elevene gjøre visuelle analyser av ulike komponenter og egenskaper tilknyttet figurene. De vil også kunne visualisere enkle bevegelser av figurene de arbeider med. Det tredje nivået omtales som abstraksjon og uformell deduksjon. På dette nivået kjenner elever til egenskaper knyttet til ulike klasser av figurer og har nødvendig med kunnskap for å skille mellom figurklassene. De kan for eksempel vite at en egenskap kan betyr flere ting, som at noen rektangler er kvadrater, men ikke alle. Her er det også mulig at elevene forstår og noen ganger kommer med logiske argumenter (Battista, 2007, s. 847). Argumentasjonene på dette nivået er uformell, men baserer seg allikevel på tidligere oppdagede egenskaper ved geometriske figurer, som gjør at resoneringen ofte er innsiktsfull knyttet til problemer de skal løse (Fuys et al., 1988, s. 64-68). Knyttet til tredimensjonale figurer, vil elevene kunne sammenligne figurer gjennom å matematisk analysere ulike komponenter i de aktuelle figurene. De kan mentalt visualisere bevegelser av figurene. Deduksjon er nivå fire. Her vil elever basert på aksiomer kunne etablere teoremer knyttet til geometriske figurer (Battista, 2007, s. 847). De vil også bygge en forståelse for hvorfor det er viktig å bevise og de vil føre beviser på et deduktivt nivå (Fuys et al., 1988, s. 69 & 70). Sett i lys av tredimensjonale figurer, vil elever på dette nivået matematisk analysere og formelt dedusere egenskaper ved ulike figurer. Evnen til å visualisere øker betraktelig, mye på grunn av den økte kunnskapen om de ulike egenskapene figurene har (Battista, 2007, s. 847).

For å kunne utvikle seg fra et nivå til et annet trekkes språk frem som en sentral faktor. Det vil være viktig å benytte et språk som tilsvarer det nivået elevene er på. Man må også gi elevene en forståelse av hva begreper innebærer, samt hvorfor det er viktig å kunne begreper knyttet til geometriske figurer. Ved å legge til rette for utforskning, veiledet aktivitet med hensikt å fremme relasjoner i og mellom ulike figurer, samt refleksjon over allerede eksisterende og nyopprettet kunnskap ansees som viktig for å komme på et høyere nivå i modellen til van Hiele (Fuys et al., 1988, s. 7). Det overnevnte vil være med i analysen slik at jeg kan se hvilke faktorer som er sentrale for både utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering. Det vil også benyttes for å diskutere hvilke forutsetninger elever på ulike nivåer har for å løse utvalgte oppgaver. Videre vil oppgaven ta for seg spatial evne og mer spesifikt spatial visualisering, som er nært knyttet til geometrisk tenkning.

## 2.5 Spatiale evner

Spatiale ferdigheter nevnes som en grunnleggende kompetanse knyttet til geometrisk tenkning (Battista, 2007, s. 843). Det er funnet sterk korrelasjon mellom spatiale ferdigheter og høy prestasjon innenfor naturvitenskap, teknologi, ingeniør og generelt matematiske fag (Wai, Lubinski & Benbow, 2009, s. 829). Innenfor fagfeltet benyttes det en rekke betegnelser på hva spatial evne er og innebærer, samt hvor mange underliggende komponenter begrepet består av (Yilmaz, 2009, s. 84). Spatiale ferdigheter kan beskrives som evnen til å representere, transformere, skape og gjenkalle symbolsk, ikke-språklig informasjon (Linn & Petersen, 1985, s. 1482). Det er altså snakk om evnen til å se, inspisere, skape og transformere romlige objekter. Dette trekkes frem som sentrale ferdigheter for å kunne resonere og begrunne innenfor geometrien og som et viktig kognitivt verktøy for geometrisk analyse (Battista, 2007, s. 843 & 844).

I denne oppgaven vil én av Linn og Petersen (1985) tre komponenter knyttet til spatial evne benyttes. Henholdsvis spatial visualiseringsevne. Spatial visualisering referer til individets evne til å være fleksibel og adaptiv i møte med spatiale utfordringer. Dette innebærer evnen til å benytte flere ulike fremgangsmåter og løsningsmetoder, for å løse spatiale oppgaver (Linn & Petersen, 1985, s. 1482 & 1485). Mer spesifikt kan det beskrive et individs evne til å se for seg og illustrere et geometrisk objekt. Videre innebærer det evnen til å nøyaktig forutsi/se for seg hvordan et romlig objekt vil se ut fra bestemte perspektiver og det går på evnen til å

sammenligne logiske forhold i og mellom romlige objekter (Susilawati, Suryadi & Dahlan, 2017, s. 157).

## 2.6 Oppsummering

Det analytiske rammeverket for studien vil være de grunnleggende behovene fra selvbestemmelsesteorien, samt Van-Hiele sin modell for geometrisk tenkning og sentrale aspekter ved spatial visualisering. Begrepene kulturelle redskaper, mediering, den proksimale utviklingszone og støttende stillas fra sosiokulturell læringsteori, gir et begrepsgrunnlag for å kunne si noe om undervisningsdesignet og læringsteknologiens innvirkning på de grunnleggende behovene, utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering. Videre vil redegjørelsen knyttet til utforming av matematiske oppgaver være med på å begrunne undervisningsdesignet muligheter til å redusere kompleksiteten til oppgavene og gi en pekepinn på vanskelighetsgraden til utfordringene elevene får. Rammeverket har videre vært sentralt for utformingen av undervisningsopplegget, som vil blir redegjort for i metodekapittelet.

### 3 Metode og forskningsdesign

I dette kapittelet vil det først bli gjort rede for hva designbasert forskning er og hvordan det brukes i denne studien. Deretter kommer det en gjennomgang av undervisningsdesignet, hvor utforming og valg gjort underveis vil utdypes. Etter dette vil utvalget for studien beskrives og begrunnes, dernest legges det frem prosessen ved å samle inn intervjudata. Videre vil studiens reliabilitet og validitet gjøres rede for og diskuteres, før det til slutt legges frem hvilke vurderinger det er gjort knyttet til etiske aspekter ved studien.

#### 3.1 Designbasert forskning

Designbasert forskning har økt i popularitet over de siste årene innenfor skole og utdanning. Fremveksten kan skyldes at denne typen forskning trekkes frem som fruktbar, når det kommer til å bygge bro mellom teori og praksis (Akker, Gravemeijer, McKenney & Nieveen, 2006, s. 1-3). I denne studien er ønsket å se sammenhenger og ulikheter mellom lærernes erfaringer og eksisterende forskning, samt relevant teori. Barab og Squire (2004, s. 2) peker på at designbasert forskning er en rekke tilnærminger, med hensikt å produsere ny teori, artefakter og praksiser som mulig kan virke inn på læring og undervisning i en naturlig setting. Bakgrunnen for studien var et ønske om å produsere et design som kunne testes ut i en undervisningssituasjon og se hvordan det fungerer. Siden forskningen skjer i en ekte undervisningskontekst, kan det være med på å gi validitet til resultatene. Disse resultatene kan videre bli brukt for å vurdere, informere og forbedre eksisterende praksis, spesielt hos de utvalgte informantene, i den gitte konteksten og muligens innenfor andre kontekster (Anderson & Shattuck, 2012, s. 16). Bakgrunnen for at det ble en designbasert tilnærming var et ønske om å produsere et undervisningsdesign som kunne settes ut i en naturlig undervisningssetting. Det fremheves også som en god måte å knytte sammen teori og praksis, som i denne studien kommer til syne basert på lærernes erfaringer ved gjennomføring av undervisningsopplegget.

Utgangspunktet for hele designet er at det skal utformes og testes ut i en reell læringssituasjon. Det er derfor utformet med tanke på både læreren, elevene og rammefaktorene rundt disse aktørene. Underveis i utformingsprosessen har medstudenter gjennomgått og gitt tilbakemeldinger på designet. Forut for gjennomføring ble deler av

opplegget testet av en medstudent, som er matematikklærer for en 9. klasse. Dette ga verdifull innsikt i hva som fungerte godt og hva som måtte forbedres.

Informantenes tilbakemeldinger vil drøftes opp mot relevant forskning og teori. Dette kan videre være med på å peke på forbedringspotensialet for undervisningsdesignet, når det kommer til å legge til rette for indre former for motivasjon hos elevene, samt utvikling av geometrisk forståelse og spatial visualisering. Valg og utforminger begrunnes og knyttes opp mot eksisterende teori og forskning innenfor motivasjon, geometrisk tenkning og AR. De overnevnte punktene er i tråd med hva Akker et al. (2006, s. 4) trekker frem som viktig for en designbasert forskningsprosess. Det fremheves også at det bør bidra til videreutvikling eller bygging av teori. Utfallet av studiet kan ikke generaliseres, men man vil kunne se tendenser til hvordan teoriene og designet fungerer i de gitte kontekstene. Dette kan videre være med på å bygge opp under eksisterende teori og forskning. Avslutningsvis fremhever Jan, Chee og Tan (2010, s. 470) at design utviklet mot en pedagogisk kontekst burde ha utgangspunkt i en læringsteori og knyttet til denne studien har sosiokulturell læringsteori vært sentralt for utformingen og analysen.

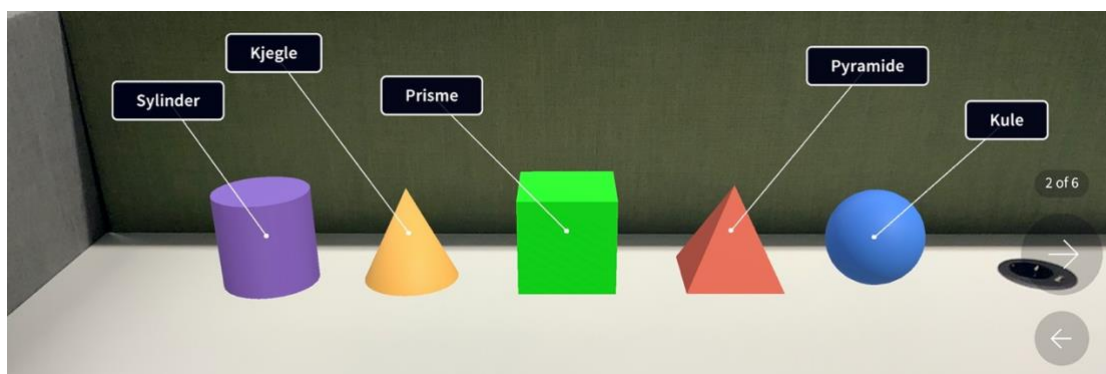
### 3.1.1 Valg av applikasjon og prestasjon av ulike funksjoner

Første steg var å finne en passende AR-applikasjon for å utvikle undervisningsopplegget. Da utformet jeg noen kriterier som appen måtte oppfylle. Det måtte være enkelt å utforme et undervisningsopplegg i den. Brukersnittet må være intuitivt, slik at lærere og elever ikke trenger mye ny kunnskap for å anvende undervisningsdesignet. Det måtte være gode muligheter for å dele opplegget, enten at oppgavene ligger i appen eller at det kan deles via QR-koder eller lenker. Elevene og lærerne burde ikke trenge å opprette en bruker, grunnet personvern og strenge regler i skolen. Applikasjonen måtte være gratis. Til slutt måtte det være mulig å importere mye brukte filformater innenfor 3D figurer. Valget falt til slutt på «JigSpace». Dette er en programvare hvor man kan skape interaktive 3D presentasjoner, basert på «vision-based» AR teknologi som gjør det mulig å slå sammen digitale data med input fra virkeligheten (Dunleavy & Dede, 2014, s. 713). Prestasjonene man lager, kalles «jigs» og for å åpne en jig, kan man velge en presentasjon som allerede ligger i applikasjonen, man kan få det delt som en lenke eller via QR-kode. Når man har fått den delt peker man kameraet mot en flate og setter ut jiggen (Se figur 1).



Figur 1: Hvordan sette ut jiggen. Man peker læringsbrettet mot en overflateflate, for så å sette ut jiggen ved å trykke på den flaten du ønsker å sette den ut på.

Når jiggen er satt ut kan elevene forstørre og forminske, samt rotere og utforske figuren der den står. Der hvor det har vært hensiktsmessig har figurene fått navn knyttet til seg (se figur 2).



Figur 2: Elevene kan rotere figurene ved å dra med fingerende på læringsbrettet, man kan også bruke datamus for å manøvrere seg i applikasjonen. Figurene kan få tilknyttet navn om det er ansees som pedagogisk viktig.

Andre funksjoner i applikasjonen er pilene på høyre side som gjør at man kan gå til neste side i prestasjonen eller tilbake til forrige (se figur 2). Øverst i høyre hjørne kan man få ned en meny, hvor elevene kan flytte på jiggen ved hjelp av piltastene som er vist på bilde. Hvis de vil plassere den helt på nytt kan de trykke på knappen i midten av pilene (se figur 3).



Figur 3: Øverst i høyre hjørne kan elevene få ned en meny. Funksjonen som visualiseres i dette bilde er elevens mulighet til å flytte rundt på figurene ved hjelp av piltastene på bildet. For å plassere figurene på nytt, kan de trykke på knappen i midten.

Elevene kan også velge å arbeide med oppgaven uten et ekte miljø som bakgrunn (se figur 4). For å komme til denne funksjonen trekker man ned menylinjen som vist i figur 3 og trykke på den nederste knappen som er visualisert som en kube.



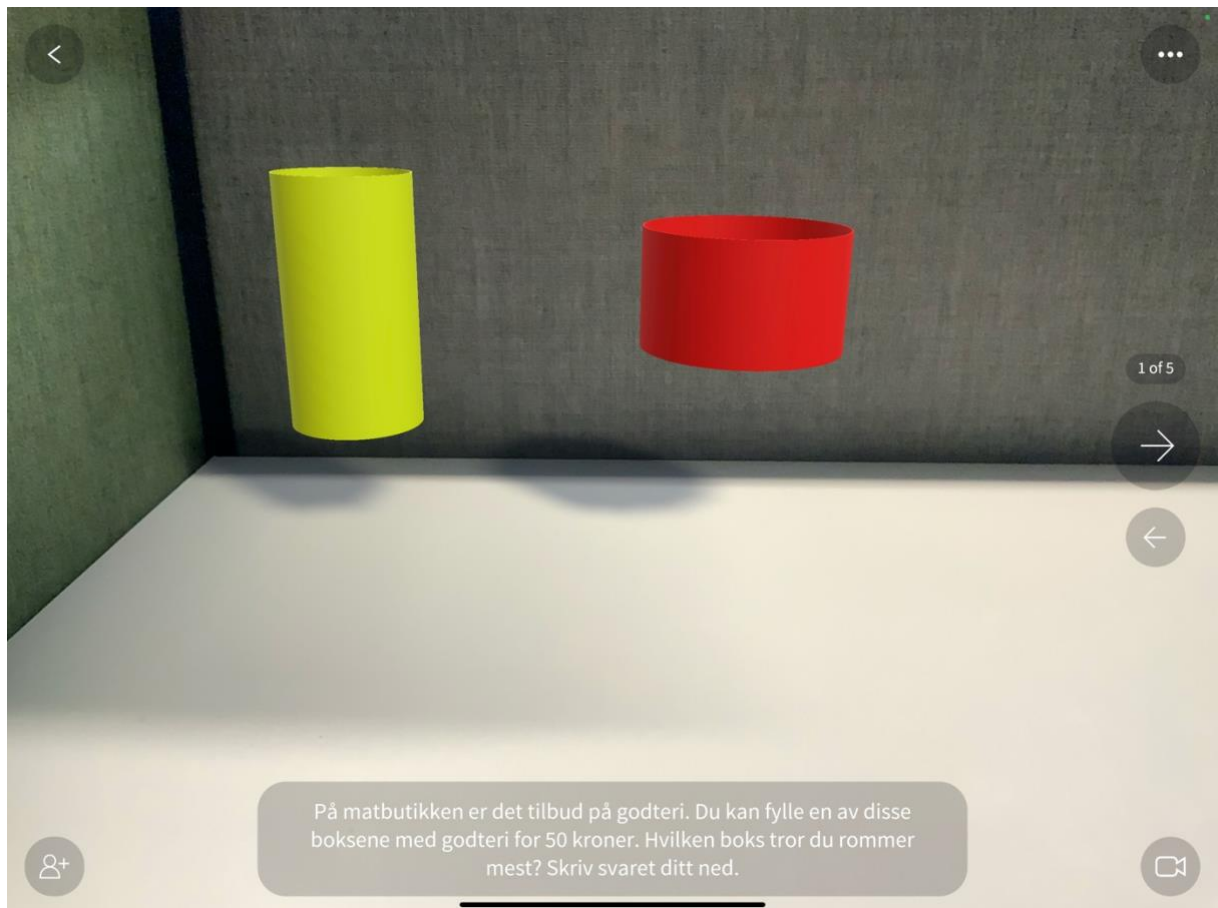
Figur 4: Elevene kan også se på jiggene uten at de er satt ut i «virkeligheten». Her er funksjonene akkurat de samme som beskrevet ovenfor, bare at man ikke har et «ekte» miljø i bakgrunnen.

### 3.1.2 Utforming av det multimodale læringsdesignet

Figurene som er benyttet i læringsdesignet er enten hentet fra eksisterende figurer i JigSpace eller tegnet selv i «Shapr3D». Shapr3D er et dataassistert konstruksjonsverktøy som tar sikte på å gjøre det enkelt og tidseffektivt å produsere 3D figurer. Figurene lagd i denne programvaren kan eksporteres i et filformat som er kompatibelt med JigSpace. Grunnen til at jeg valgte å tegne flere av figurene selv var for at elevene skulle kunne sammenligne figurene med hverandre. For i JigSpace gjengis ikke figurene de har i reell størrelse og målestokk. Dette medfører at sidelengdene i figurene ikke ville kunne sammenlignes og figurenes



størrelse vil heller ikke kunne sees opp mot hverandre. Ved å tegne de selv åpnes muligheten for at elevene kan få oppgaver som først baserer seg på visuelle resonering og å se sammenhenger mellom sidelengder og ulike figurer (figur 5). Visuell analyse kan sees som mindre komplekse relativt til rene numeriske og tekstbaserte oppgaver (Burkhardt & Swan, 2017, s. 183).



Figur 5: Viser figurer som er tegnet selv. Her er det mulig å sammenligne figurene rent visuelt, fordi de er lagd i samme målestokk

Undervisningsdesignet kan beskrives som multimodalt gjennom at det kombinerer flere ulike måter å kommunisere på. Tre multimodale elementer benyttes i dette designet, det er henholdsvis språket (oppgavetekster, navn på figurer og sidelengder), det visuelle (de ulike figurene og visualiseringene) og det romlige (hvordan objektene settes opp i forhold til hverandre og rommet) (Ball, Sheppard & Arola, 2018, s. 13-18). Det overordnede målet som designer i denne prosessen er å tenke ut hvordan man på en mest mulig effektiv måte kan benytte disse elementene for å kommunisere ønsket formål til elevene som er mottakere av designet. For å kunne designe noe som er effektivt, må man være klar over sitt retoriske

standpunkt. Dette innebærer å kartlegge hvem som er mottakeren, formålet med designet og hvilken kontekst det skal settes ut i (Ball et al., 2018, s. 36-43). Mottakeren for dette designet er hovedsakelig elevene, men lærerne var også en bruker av designet. Formålet var å lage et design som på best mulig måte fremme motivasjon for læring og geometrisk tenkning for elevene. Konteksten er klasserommet, som inneholder mulighet for skjermdeling, læringsbrett som er kompatibelt med JigSpace og AR objektene skal settes ut på pultene til elevene.

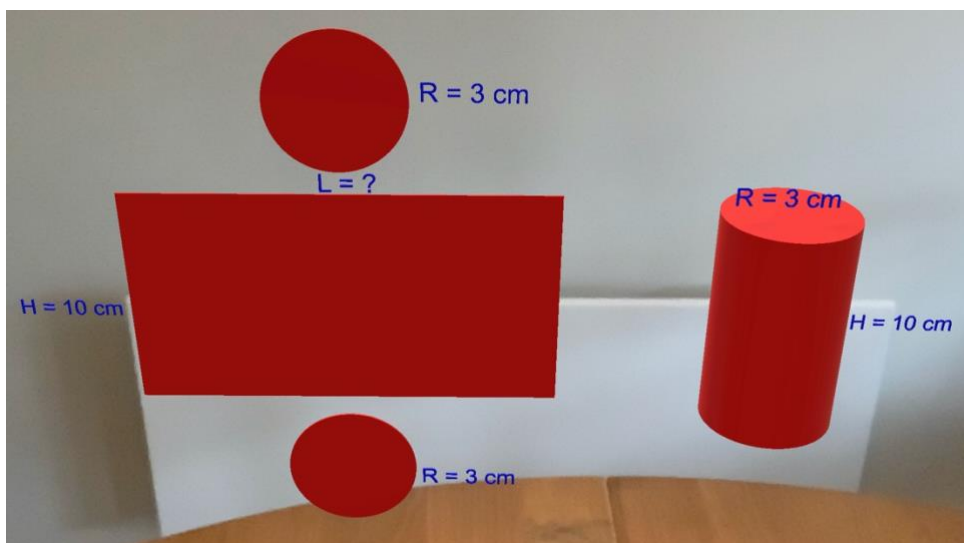
I og med at mottakerne er elever og lærere på 9. trinn ble utgangspunktet for designet disse kompetansemålene fra 9. trinn:

- Utforske, beskrive og argumentere for sammenhenger mellom sidelengder i trekkanter
- Utforske og argumentere for formler for areal og volum av tredimensjonale figurer
- Utforske og argumentere for hvordan det å endre forutsetninger i geometriske problemstillinger påvirker løsninger (Utdanningsdirektoratet, 2020b).

For å skape et grunnlag til å kunne lage gode matematiske oppgaver og progresjoner i designet, ble ulike lærebøker i matematikk gjennomgått. Her skrev jeg ned sentrale begreper som benyttes, hvordan oppgavene blir utformet og hvordan progresjonen er i de ulike læreverkenes. Læreverkenes som ble gjennomgått var mattemagisk (Aschehoug), Multi (Gyldendal), matematikk 9 (Cappelen Damm) og Grunntall 9 (Elektronisk undervisningsforlag). Kurset til campus inkrement ble også gjennomgått for å se hva de vektlegger i gjennomgangen av romgeometri. De mest sentrale begrepene ble skrevet ned og dannet spesielt utgangspunkt for samarbeidsoppgavene, hvor elevene skulle beskrive ulike romfigurer til hverandre og begrepene blir videre sentrale i arbeid med oppgavene (se vedlegg 4). Samtlige lærebøker hadde først plangeometri, som er beregning av areal og omkrets av 2D figurer, før romgeometri. Derfor vil mange av oppgavene støtte seg på forståelse knyttet til beregning av areal og omkrets av 2D figurer, dette vil gjøres rede for senere i kapitlet.

Som en innledende aktivitet ble det, som tidligere nevnt, utformet en samarbeidsoppgave med fokus på å forklare ulike romlige figurer med relevante begreper. Elevene fikk utdelt et hjelpearke med de relevante begrepene, som de kunne benytte om de ville (se vedlegg 4). De innledende oppgavene til hvert tema er forsøkt utformet med minst mulig tekst og få variabler for at oppgavene ikke skulle bli for komplekse (Burkhardt & Swan, 2017, s. 180-185; Zevenbergen, 2001, s. 38-48). Oppgavene ble gradvis mer komplekse, hvor det ble lagt

til flere variabler, mer tekst og dermed økt vanskelighetsgrad. Innenfor de ulike oppgaveinndelingene ble det lagt inn oppgaver markert med «ekstra utfordring» som elevene kunne velge selv om de ville prøve seg på (se vedlegg 1 og 2). For å hjelpe elevene som satt fast på oppgavene ble det lagt inn to støttefunksjoner i designet. Det ene er at de tredimensjonale figurene ble «åpnet» og vist i 2D (se figur 6). Den andre funksjonen var å fjerne noe informasjon og visualiseringer, for så å gi elevene konkrete fokuspunkter for å løse oppgaven. Begge støttestrukturene tar elevene tilbake til plangeometrien, som de tidligere har gått gjennom, slik at de kan benytte matematikk de allerede har vært gjennom for å løse utfordringer knyttet til romgeometrien.



Figur 6: Det åpne sylindret er satt inn som støttestruktur for å hjelpe elevene.

Deler av undervisningsopplegget ble testet ut i en medstudents 9.klasse. Her fikk jeg gode tilbakemeldinger fra en gruppe elever som er på samme trinn som de utvalgte mottakerne i studien. Dette trekker Ball et al. (2018, s. 8) frem som sentralt for å kunne skape et mest mulig effektivt multimodalt design. Medstudenter fikk også teste ut de ulike oppgavene og ga tilbakemeldinger på dette. Av de overnevnte fikk jeg verdifulle tilbakemeldinger knyttet til de tre elementene innenfor multimodalitet som benyttes (Ball et al., 2018, s. 13-18). De språklige tilbakemeldingene hjalp meg å spissformulere og se til at det ikke ble for mye eller for lite tekst for å kommunisere oppgavens formål. Tilbakemeldinger på det visuelle gikk hovedsakelig ut på fargevalg, hvor noen farger ikke fremhever figurer eller tekst nok og på størrelse til figurene. Knyttet til det romlige ble det gitt tilbakemeldinger på hvordan figurene var plassert i forhold til hverandre og ut i det «ekte» rommet.

## 3.2 Datainnsamling

Datainnsamlingen skulle i utgangspunktet både skje gjennom intervju og observasjon, men av ulike organisatoriske grunner fikk jeg kun observert informant 1 i to ganger 60 minutter. På bakgrunn av at det ikke ble mulig å gjennomføre observasjon hos de andre respondentene, valgte jeg å ikke gå videre med observasjonene i analysekapitlet. I utgangspunktet skulle observasjonen benyttes som et supplement til intervjudataene, med hensikten å skape rikere data og beskrivelser av det som skulle diskuteres (Dalland & Andersson-Bakken, 2021, s. 127).

### 3.2.1 Utvalg

Studien ble gjennomført i tre 9.klasser. Kriteriene for å kunne delta i studien var at det skulle gjennomføres på 9.trinn, hvor det er kompetansemål direkte knyttet til romgeometri. Det var også ønskelig at skolene hadde tilgjengelig læringsbrett eller mobil datateknologi som kunne laste ned JigSpace. For å få kontakt med relevante informanter utformet jeg et skriv og la det ut på ulike Facebook-sider knyttet til matematikk og matematikkdiraktikk. Bekjente ble også brukt for å sette meg i kontakt med informanter.

Informant 1 har jobbet som lærer i 7 år. Hun har 60 studiepoeng i matematikk og ingen studiepoeng knyttet til digital pedagogikk. Skolen hun jobber på ligger på Østlandet og elevene hennes har 1:1 Ipad dekning i klassen. Grunnet problemer med å laste ned programvaren, stilte jeg med 7 Ipad'er som jeg fikk låne av OsloMet. Hun gjennomførte opplegget i 3 ulike paralleller på 9. trinn. Elevene eller informanten hadde ikke noe erfaring med AR i pedagogisk sammenheng fra før av. Informant 2 har jobbet 16 år som lærer. Hun har 60 studiepoeng i matematikk og digital pedagogikk. Elevene har hver sin datamaskin og de hører til i Midt-Norge. Denne klassen hadde heller ikke erfaring med bruk av AR i skolesammenheng. Informant 3 har jobbet som lærer i 8 år. Han har 60 studiepoeng i matematikk og 30 studiepoeng i digital pedagogikk. Elevene har også her hver sin datamaskin. Disse hadde heller ikke erfaring med pedagogisk bruk av AR.

Studien baserer seg altså på et ikke-sannsynlighetsutvalg (Cohen, side 214). Hvor informantene er valgt utifra hvilket trinn de underviser på og tilgjengelighet av teknologier som støtter bruk av JigSpace. En konsekvens av dette er at funnene knyttet til utvalget ikke

kan generaliseres for en større populasjon, men resultatene kan peke på tendenser innenfor den utvalgte gruppen informanter (Cohen, side 217). Studien vil altså kunne få detaljert informasjon knyttet til de utvalgte lærernes opplevelse av å gjennomføre undervisningsdesignet i sin klasse (Erickson, 2011, s. 1451).

### 3.2.2 Intervju

Det kvalitative forskningsintervju har til hensikt å få frem intervjuobjektets forståelse av et aktuelt tema. I denne studien var nettopp hensikten å få læreres opplevelser ved bruk av undervisningsdesignet knyttet opp mot elevenes motivasjon og utvikling av geometrisk tenkning. Det fremhever at et semi-strukturert intervju egner seg godt når motivet for intervjuet er å samle inn informasjon om den intervjuedes livsverden og deres fortolkninger knyttet til fenomenet som undersøkes. Det semi-strukturert intervjuet ligger tett opp mot en dagligdags samtale, men det presiseres at det ikke er en åpen samtale, ei heller en lukket spørreskjemasamtale. Det poengteres også som viktig at intervjuet har et tydelig mål (Kvale, Brinkmann, Anderssen & Rygge, 2015, s. 20 & 46).

For å se til at intervjuet hadde et tydelig mål og at samtalen veiledes inn på det som er relevant, ble det forut for gjennomføring av intervju utformet en intervjuguide (se vedlegg 6). Denne ble også utformet for å skape en oversikt over temaer som skal gjennomgås og med forslag til spørsmål som kunne stilles. Selve intervjuguiden ble delt i to vertikalt, hvor den ene raden inneholdt relevante spørsmål og raden ved siden av stikkord som kan virke som et supplement til de oppsatte spørsmålene og hjelpe til å rette spørsmålene mot det som er interessant for oppgaven. Spørsmålene ble delt inn i innledende, hoved- og avsluttende spørsmål. Å ha innledende spørsmål gir mulighet for å sette tonen for intervjuet, få frem formålet og innlede en samtale med intervjuobjektet. Ved å ha avsluttingsspørsmål kan man gi intervjuobjektet en ekstra mulighet til å rette opp i noe hen har sagt eller å bringe noe nytt frem i lyset som de anser som viktig. Hovedspørsmålene baserer seg på relevant teori og ble forsøkt formulert så enkelt forståelig som mulig og som direkte spørsmål knyttet til informantens opplevelser ved gjennomføring av undervisningsopplegget (Kvale et al., 2015, s. 160-163).

Intervjuene ble etter avtale med informantene gjennomført over zoom, de ble gjennomført så tett opp mot gjennomføringen som mulig. Det ble tatt lydopptak av intervjuene, her brukte jeg

diktafon applikasjonen utviklet av UiO, som har en sikker lagringsmåte ved at filene lagres i skytjenesten til OsloMet. Intervju over zoom har mange likehetstrekk med ansikt til ansikt intervjuer, gjennom at de er dynamiske, gir mulighet for direkte respons og spontan interaksjon. Men gjennomføringen ble gjort slik, vell viten om at den intervjuedes og intervjuerens kroppsspråk ikke kommer like tydelig frem som i virkeligheten. Samt at flyten kan påvirkes av at vi ikke sitter ovenfor hverandre ved gjennomføringen (Thagaard, 2018, s. 110 & 111). I intervjuene ble ikke spørsmålene stilt i samme rekkefølge til alle informantene, dette var fordi interessante svar og refleksjoner kom opp på ulike tidspunkt for de ulike informantene, som gjorde at rekkefølgen måtte endres underveis. Dette er i tråd med det Kvale et al. (2015, s. 163) sier om at samtalen bør bære preg av spontanitet for å få gode og levende svar fra de som intervjues. Et mye brukt virkemiddel ved gjennomføring var etter endt samtale rundt et spørsmål oppsummerte jeg det vi hadde snakket om og ba om bekreftelse på at intervjuobjektet var enig eller om hen eventuelt ville klargjøre eller legge til noe. Dette blir også av Kvale et al. (2015, s. 47) som et godt grep for å klargjøre informantens forståelse av det som er diskutert, samt få frem noe du som intervjuer leser mellom linjene basert på uttalelsene til den intervjuede. Etter fullført intervju, ble de fortløpende transkribert i programmet F4transkript.

### 3.2.3 Databehandling

Tematisk analyse er en metode for å systematisk identifisere, organisere, skape mening og få innsikt i innsamlet datamaterialet. Dette skjer gjennom at man på tvers av, intervjuer i dette tilfelle, kan finne samsvarende eller motsigende utsagn knyttet til informantenes gjennomføring av undervisningsopplegget. Hensikten med behandlingsprosessen er å finne mønstre som gjør at man kan svare på problemstillingen til oppgaven. I denne studien har det blitt benyttet to tilnærminger til bearbeidelse av intervjuene, henholdsvis induktiv og deduktiv tilnærming. Det at studien har en deduktiv tilnærming, vil si at jeg som forsker, tok med forutbestemte koder og temaer for å analysere datamaterialet. Studien har også en induktiv tilnærming, fordi flere av kodene og noen av temaene oppstod basert på hva dataene viste (Braun & Clarke, 2012, s. 57 & 58). Ved å benytte begge metodene, har man ifølge Alvesson og Sköldberg (1994, s. 61) en abduktiv tilnærming til behandling av dataene.

Arbeidet med dataene tok utgangspunkt i, Braun og Clarke (2012, s. 60-69), sine seks steg knyttet til tematisk analyse og vil nå beskrives med utgangspunkt i disse. Etter fullført

intervju, ble dataene transkribert, i sin helhet, ved hjelp av programmet F4transkript. Underveis i transkripsjonen skrev jeg ned interessante tanker knyttet til informantens uttalelser. Senere leste jeg også gjennom transkriberingene to ganger og fortsatte notatskrivingen. Det overnevnte trekkes fram av, som en viktig prosess for å gjøre seg kjent med dataene man skal behandle og at dette er med på å sette i gang analyseprosessen. For å systematisere kodingsarbeidet, ble verktøyer HyperResearch benyttet. Hensikten med kodingsprosessen er å kode data slik at relevante uttalelser fra informantene får en merkelapp, som beskriver hva uttalelsen innebærer. Jeg hadde med meg noen koder inn i arbeidet, basert på det analytiske rammeverket, som kan beskrives som en deduktiv tilnærming. Flere av kodene oppstod også underveis ved gjennomgang av data, som videre kan beskrives som en induktiv tilnærming til koding av data. Det var ikke alle uttalelser som fikk en kode, men flere av uttalelsene til informantene fikk flere koder tilknyttet til seg. Da jeg kodet en uttalelse, leste jeg gjennom resten av transkripsjonen og så om denne koden kunne knyttes til noe annet som informanten hadde sagt. Etter at jeg hadde gjennomført kodingen, gikk jeg gjennom datasettene og ryddet opp i kodene. I denne prosessen ble noe koder fjernet, andre slått sammen og noen uttalelser ble knyttet til andre koder enn de opprinnelige ble knyttet til. Etter å ha fått økt innsikt i dataene og kodet intervjuene, startet arbeidet med å finne temaer. Her så jeg på hvordan ulike koder kan ta opp de samme opplevelsen fra informantene og derfor kan det danne et grunnlag for et tema i datasettet. Et eksempel her at flere av kodene tok opp flyt i aktiviteten og dermed ble dette et tema, som kan være med på å svare på problemstillingen. Etter at flere av kodene ble knyttet sammen opp mot temaer, ble disse revurdert, for å se om det faktisk er gode fokuspunkter for oppgaven og at innsamlet data gir grunnlag for det valgte temaet, samt om det er relevant for problemstillingen. Etter nok en gjennomgang av temaene, gikk arbeidet på å definere og navngi de. Flere av temaene som ble brukt, fikk også undertemaer, for å gjøre det mer oversiktlig i skriveprosessen, samt for leseren. Til slutt resulterte det overnevnte arbeidet i presentasjon av informantens opplevelser, basert på temaer fra databehandlingen. Her legges sitatene frem og analyseres, før de senere drøftes. Det ble her satt opp det jeg anser som en naturlig progresjon i fremstilling av temaene, med hensikt å skape en god progresjon i analysen og drøftingen av innsamlet data (Braun & Clarke, 2012, s. 60-69).

### 3.3 Reliabilitet og validitet

I all forskning som gjennomføres er kvaliteten på forskningsprosessen sentral for om resultatene og slutningene som legges frem er pålitelige, gyldige og troverdige. I forskningssammenheng beskrives disse begrepene gjennom studiens reliabilitet og validitet. Disse begrepene er sammensatt og avhengig av hverandre, for eksempel vil en tolknings validitet avhenge av reliabiliteten til dataene man tolker (Dalland & Andersson-Bakken, 2021, s. 200 & 201).

Studiens reliabilitet viser til troverdigheten til prosessen og resultatene som kommer frem (Dalland & Andersson-Bakken, 2021, s. 200). Denne studien grunner seg på designbasert forskning. Dette medfører at jeg som forsker er involvert i konseptualiseringen, utforming og utvikling av designet, implementeringen og gjennomføringen, observering, intervjuing og analyse av innsamlet data. Anderson og Shattuck (2012, s. 18) peker på at når en forsker er så involvert i alle prosessen i et prosjekt, så kan dette påvirke reliabiliteten til studie. For da må man evne å ta et skritt tilbake å se skeptisk på eget prosjekt, samtidig som at designbasert forskning krever en entusiasme og tro på eget prosjekt. Det er derfor forsøkt å gjøre rede for tanker bak de ulike prosessene som har vært gjennomgått, slik at leseren kan ta stilling til bakgrunn for valg og analyse underveis i oppgaven.

Ved gjennomføring av intervju ble det stilt åpne spørsmål og ledende spørsmål ble unngått. Dette er videre sentralt for intervjudataenes reliabilitet (Kvale et al., 2015, s. 276). Forskningsrapportens konsistens og pålitelighet kan avgjøres av i hvilken grad resultatene kan gjenskapes/gjentas på andre tidspunkter og av andre forskere ved hjelp av samme fremgangsmåte (Kvale et al., 2015, s. 357). Knyttet til intervju kan for mye fokus på reliabilitet og mulighet for gjenskapelse av resultatene, prege dataene i negativ forstand. Derfor ble gjennomføringen av intervjuet semi-strukturert, slik at det ble mulig å improvisere og følge opp interessante uttalelser fra informantene, som videre medfører at spørsmål blir gitt i ulik rekkefølge hos intervjuobjektene.

Innenfor kvalitativ forskning omhandler validitet i hvilken grad resultatene fra datainnsamlingen tolkes på en god måte og om de støttes opp av eksisterende teorier og forskning. To former for validitet vil være relevant for denne studien. Henholdsvis studiens indre validitet, som beskriver i hvilken grad resultatene er gyldige for utvalget og det fenomenet som er undersøkt, samt at det trekkes gyldige sammenligninger mellom



informantenes opplevelser. Ekstern validitet som omhandler studiens generaliserbarhet (Cohen, Manion & Morrison, 2017, s. 246).

Studien tar utgangspunkt i designbasert forskning. Hensikten med en slik metode er at resultatene skal danne et grunnlag for tilpasning til andre kontekster og situasjoner. Underveis i studien har det blitt forsøkt å legge frem de ulike prosessene så detaljert som mulig, slik at andre pedagoger kan få innsikt i dataene og muligens benytte disse til å utforme noe tilsvarende tilknyttet egen praksis (Gravemeijer & Cobb, 2006, s. 77). Dette bryter med slik Cohen et al. (2017, s. 246) beskriver ekstern validitet, hvor studiens mål ikke er generaliserbarhet utover alle kontekster, men å danne et grunnlag basert på de utvalgte informantenes kontekst, som videre kan ha overføringsverdi til andres lærerpraksiser. Innenfor forskningsfeltet kan det også tenkes at dataene og resultatene kan sammenlignes eller danne grunnlag for annen videre forskning innenfor samme tema. Anderson og Shattuck (2012, s. 16) fremhever at når forskning skjer i en naturlig undervisningskontekst, gir dette en form for validitet til resultatene i seg selv, ved at man vurderer, informerer og muligens forbedre en gitt praksis, som videre kan ha overføringsverdi til andre praksiser.

Grunnlaget til oppgaven og utforming av intervjuguide er sentrale teorier innenfor motivasjonsforskning og geometrisk tenkning. Gjennom å benytte de samme parameterne for utforming av disse, er tanken at dette skal være med på å øke den interne validiteten til oppgaven (Cohen et al., 2017, s. 246). Det er forsøkt å legge tydelig frem hva som er det teoretiske grunnlaget for å kunne svare på problemstillingen, samt hvorfor nettopp disse ansees som sentrale for besvarelsen. Dermed vil egen innsamlet data knyttes opp mot allerede anerkjente teorier på området og dette er med på å bygge den indre validiteten til intervjudataene. Det overnevnte forutsetter at dataene er samlet inn på en god måte. For å etterstrebe mest mulig valid intervjudata ble det stilt åpne spørsmål til intervjuobjektene, slik at deres tanker og meninger kommer best mulig frem, uten at jeg har ledet de inn mot det de skal si (Kvale et al., 2015, s. 23).

### 3.4 Etikk

Etikk går på å bevare andres rettigheter. Innenfor kvalitativ forskning går dette på å vurdere hvordan forskningen og resultatene virker inn på deltakerne (Cohen et al., 2017, s. 112). Det første steget i denne studien var å innhente godkjenning av prosjektet fra NSD, dette er et organ med hensikt å sikre at data om mennesker hentes inn, bearbeides og lagres på en trygg måte (Se vedlegg 8). Videre ble det gjort en risikoanalyse, som ble gitt ut av Oslomet, hvor flere etiske aspekter og scenarier blir vurdert til hvor sannsynlig det er at de skjer og det ble skrevet opp eventuelle tiltak om det var nødvendig (se vedlegg 9). Dette er i tråd med Dalland og Andersson-Bakken (2021, s. 66), som peker på at man bør stille seg selv «hva hvis» spørsmål for å være forberedt på ulike scenarier i forskningsprosessen.

Forut for gjennomføring av datainnsamling hos de ulike informantene, ble det utgitt et samtykkeskjema. I dette skrevet beskrives prosjektet, hvordan informantenes konfidensialitet ivaretas, et spørsmål om samtykke til gjennomføring av intervju, samt at jeg kan benytte innsamlet data i min oppgave. Det presiseres også at deltakelsen er frivillig og at deltakerne kan trekke seg fra studien når som helst. Dette er i tråd med det Cohen et al. (2017, s. 122) fremhever som sentralt når det kommer til informert samtykke. Hvor dette skal være med på å bevare informantenes frihet og selvbestemmelse.

Ved gjennomføring av intervju ble diktafonapplikasjonen til Universitetet i Oslo benyttet, dette er en sikker opptakskilde. Videre ble lydopptakene lagret i skytjenesten til OsloMet, som er beskyttet av to-faktor autorisering. Ved behandling av intervjudata ble informantenes identitet anonymisert, slik at det ikke det som benyttes i oppgaven ikke kan spores tilbake til informantene. Det overnevnte fremhever også Kvale et al. (2015, s. 97), som sentralt. Gjennom at man oppbevarer innsamlet data på en forsvarlig måte og at man i gjengivelse av innsamlet data ser til at det ikke kan spores tilbake til informantene. Det ble underveis i studien kontinuerlig gjort vurdering om noe av det jeg skrev om de, kan spores tilbake til eller skade omdømme til deltakerne.

### 3.5 Oppsummering

Det metodiske utgangspunktet for studien er designbasert, dette medfører utvikling av et forskningsdesign, som videre settes ut i en reell skolekontekst. Undervisningsdesignet er utviklet med utgangspunkt i at det skal legge rette for behovstilfredstillelse og utvikle av geometrisk tenkning og spatial evne. For å vurdere hvorvidt designet legger til rette for det overnevnte ble det samlet inn kvalitativ data i form av intervju med informantene. Denne dataen vil i neste kapittel analyseres og drøftes opp mot problemstillingen, relevant teori og forskning.

## 4 Analyse og diskusjon

I denne delen av oppgaven vil innsamlet data fra intervjuene legges frem og analyseres, for så å knyttes mot relevant teori fra det analytiske rammeverket, med hensikt til å svare på hvorvidt undervisningsdesignet legger til rette for indre former for motivasjon, samt utvikling av elevenes geometriske tenkning og spatiale evne. Sentrale elementer fra selvbestemmelsesteorien vil først bli diskutert, siden motivasjon kan sees som en fundamental faktor for elevenes læring og kognitive utvikling. Etter dette vil diskusjonen gå inn på geometrisk tenkning og spatial evne, disse vil analyseres fortløpende sammen, siden utvikling av disse er tett knyttet sammen.

### 4.1 Selvbestemmelsesteorien

Her vil jeg først gå gjennom hvordan undervisningsdesignet legger til rette for det grunnleggende behovet for kompetanse, deretter autonomi og til slutt tilhørighet. Funnene vil knyttes opp mot sentrale elementer innenfor selvbestemmelsesteorien, men hensikt å svare på hvorvidt undervisningsdesignet legger til rette for behovstilfredstillelse og indre former for motivasjon.

#### 4.1.1 Kompetanse

I denne delen av analysen og diskusjonen vil det første presenteres og drøftes hvordan undervisningsdesignet skaper flyt i aktiviteten og om det oppleves som en effektiv måte å arbeide med geometri på. Videre vil det drøftes hvorvidt elevene opplever å mestre, samtidig om de møter utfordring i arbeid med oppgavene.

##### 4.1.1.1 *Flyt og progresjon i arbeid med oppgavene*

En viktig del av utformingen gikk på å formulere forståelige oppgaver og at figurer, samt mål til figurene skulle komme tydelig frem for elevene. Informant 1 opplevde at oppgavene var formulert på en forståelig måte og at elevene ikke trengte mye veiledning underveis. Hun forklarer følgende:

Det var veldig greit, det var selvinstruerende for elevene, så jeg måtte ikke gå rundt å forklare mye. Elevene forstod oppgavene godt, så det betyr at teksten er god nok og det var ikke mange misforståelser som jeg oppdaget (Informant 1).

Informant 2 enes med det overnevnte, mens informant 3 nevnte at han opplevde oppgaveteksten på første side som forklarende nok til at elevene skal ha mulighet til å løse de, basert på den informasjonen som presentert for elevene. Det kan dermed se ut til at informantene opplever at visualiseringene, i form av de geometriske figurene, blir presentert på en tydelig måte. Videre at oppgaveteksten som gis på første side er beskrivende nok til at elevene skal ha mulighet til å løse oppgavene. Dette underbygges av at informant 1 og 2 opplevde at deres elever var selvgående i aktiviteten, gjennom at de ikke måtte veilede og hjelpe elevene i stor grad underveis.

En annen tanke bak undervisningsdesignet er at det kan fungere som en mer kompetent samarbeidspartner for elevene. Dette skjer gjennom implementering av figurer og informasjon som kan i læringsprosessen og videre virke som et støttende stillas i elevenes arbeid med oppgavene. Informant 1 peker på at det hjalp elevene å kunne se romfigurene og hva de tredimensjonale figurene består av, i form av en utbrettet visualisering, som viste hvilke todimensjonale komponenter figurene var satte sammen av. Det ble også sett på som formålstjenlig at oppgavene kunne deles opp, hvis elevene hadde behov for støtte underveis i arbeidsprosessen med oppgavene. Hun så en positiv effekt av støttestrukturene for elever som slet med å komme i gang med oppgaven eller ikke forstod hvordan de skulle løse det gitte matematiske problemet. Informant 1 beskriver:

Det hjalp at elevene kunne se hvordan figurene så ut og at de kunne se den brettet ut. Elevene ga tilbakemelding på at de syntes det var bra, at oppgavene var delt litt opp for dem, for det er mange som syntes det er litt vanskelig å sette i gang og å gripe fatt i slike oppgaver, så da var det mange som brukte den hjelpen. Jeg opplevde også at flere av elevene klarte ting jeg ikke trodde de skulle klare og det tror jeg kan skyldes den hjelpen som ligger i AR og applikasjonen (Informant 1).

Samtlige av informantene opplevde støttestrukturene som positive for de av elevene som slet med å løse oppgavene, basert på informasjonen de fikk på først side.

Det ser med andre ord ut til at informantene opplever at måten oppgavene blir presentert på fungerer godt, som kan peke på at informasjonen, i form av tekst, figurer og sidelengder kommer tydelig frem. Dette ble nevnt av alle informantene og opplevelsene til informant 1 og 2, som erfarte elevene som relativt selvgående i læringsprosessen, kan også med rimelighet underbygge dette. Dette kan virke positivt inn på elevenes oppfattelse av den utformede kulturelle redskapen som effektiv for deres geometriske utvikling, gjennom at oppgavene presenteres på en formålstjenlig måte. Som videre kan legge til rette for god flyt i aktiviteten. Det at individer opplever det de interagerer med i lærings situasjonen er effektivt trekkes frem av Deci og Ryan (2002, s. 7) som en viktig komponent for å stimulere følelsen av kompetanse for elevene, som videre peker på at disse elementene ved læringsdesignet kan være et steg på veien for å legge til rette for indre motiverte holdninger.

Informantene erfarte at støttestrukturene var med på å hjelpe de av elevene som trengte litt ekstra støtte for å løse oppgavene, informant 1 mente også at flere av elevene klarte oppgaver hun ikke hadde trodd de ville klare. Det informantene pekte på, som gjorde at denne hjelpen fungerte, var at elevene kunne få visualisert de tredimensjonale figurene som «åpne» figurer, hvor man ser hvilke komponenter de ulike romfigurene består av. Elevene til informant 1 ga tilbakemelding på at dette gjorde at de lettere fikk satt i gang med oppgavene, om de ikke forstod hva de skulle gjøre. Som tidligere gjort rede i metodekapittelet, så knyttes disse støttestrukturene tilbake til plangeometrien, som elevene har vært gjennom forut for denne gjennomføringen. Ved å knytte disse til matematiske konsepter, som areal av todimensjonale figurer fra plangeometrien, så kan det tenkes at dette også var en sentral grunn til at elevene var selvgående i arbeid med oppgavene. Støttestrukturens funksjon baserer seg på å fjerne unødvendig informasjon, for så å fokusere elevene inn på viktige aspekter for å kunne løse oppgaven, dette nevnte også informant 2 som en god funksjon læringsdesignet kunne tilby. Ved å gjøre dette reduseres kompleksiteten til oppgavene og dette vil kunne gjøre det lettere for elevene å løse utfordringen de trenger ekstra støtte til (Burkhardt & Swan, 2017, s. 180-185). Sett i lys av det overnevnte, så kan det se ut til at læringsdesignet medierer elevenes læring på en effektiv måte. Suksessfaktorene som trekkes frem, peker på at bruken av AR som pedagogisk verktøy, bringer inn støttestrukturer og hjelp som virker formålstjenlig inn på elevenes progresjon i arbeidet. For det første kan man, med støtte i AR, visualisere de geometriske figurene, videre kan disse «åpnes», som gjør at elevene kan få se hvilke komponenter de ulike romfigurene består av. Dette gjør også at elevene trekkes tilbake til noe nylig har gjennomgått, nemlig plangeometrien, derfor kan det tenkes at de lettere får løst

oppgavene, når et nytt emne knyttes sammen med eksisterende kunnskap. For det andre gir AR mulighet for å fjerne unødvendig informasjon i oppgavene, samt at designet fokuserer elevene inn på sentrale elementer, som er viktig for å kunne løse oppgaven. De overnevnte poengene kan legge til rette for flyt i aktiviteten og progresjon i arbeidet, som videre kan virke inn på elevenes oppfatning knyttet til undervisningsdesignet og dens innvirkning på deres geometriske utvikling. Basert på informantenes erfaringer, så ser det ut til at de overnevnte elementene som har blitt diskutert hjelper elevene til å arbeide selvstendig og ha progresjon i arbeidet, som videre skaper flyt i aktiviteten for elevene. Disse elementene er videre viktige faktorer som kan virke positivt inn på elevenes følelse av kompetanse. Kompetanse er som tidligere nevnt et sentralt grunnleggende behov, som må tilfredsstilles for å kunne skape indre motiverte elever i klasserommet (Deci & Ryan, 2002, s. 7; Ryan & Deci, 2017, s. 14 & 18). En annen plausibel forklaring for at elevene var relativt selvgående i aktiviteten, kan være at oppgavene er for lette og at de ikke trenger hjelp for å løse disse. Dette vil tas opp i neste del av analysen.

#### *4.1.1.2 Utfordrer undervisningsdesignet elevene matematisk og opplever de mestring?*

Informant 3 opplever at de fleste elevene hans får en utfordring i løpet av opplegget, foruten en elev, som han selv fremhever som spesielt flink i matematikk. På spørsmål om han opplever om alle elevene får en utfordring i løpet av opplegget svarer informant 3:

Nei, det gjør jeg ikke. Jeg har spesielt én elev som er veldig faglig sterk og han tror jeg ikke ville hatt noen utfordringer med å løse mange av de oppgavene. (...) de oppgavene hvor man må begrunne og man må sette ord på sine tanker, er utfordrende, også for de faglige sterke elevene (Informant 3).

Informant 3 tenker altså at det én elev som ikke ville hatt nevneverdig utfordringer med å gjennomføre brorparten av oppgavene. Da det ble snakk om oppgavene som krever argumentasjon og diskusjon, så snudde informantene og sa at også disse elevene kan oppleve disse oppgavene som utfordrende. Informant 1 hadde samme opplevelse ved at de hun beskriver som faglig sterke ikke opplever store utfordringer knyttet til oppgavene, foruten de utfordringene hvor de må begrunne og sette ord på tankene sine. Informant 2, på sin side, erfarte at alle elevene fikk en utfordring generelt sett, men at hun utover i gjennomføringen

vinklet 3-4 elever inn på oppgaver som er betegnet som «ekstra utfordrende». Informant 2 sitt svar på spørsmål om hun opplever at alle får en utfordring i løpet av opplegget:

Ehm, jeg tror du får utfordret hjernen på en litt annen måte, når du jobber med AR, enn når du får det bare på papirform. Ehm, så jeg mener at det faktisk utfordrer og treffer alle ja. Fordi at du har variasjon i oppgavene, såpass stor at de kan treffe alle sammen. (...) Jeg har 3-4 elever som jeg måtte henvise, etter hvert, mot de ekstra utfordringene du hadde satt opp (Informant 2).

Informant 2 opplevde altså at det var stor variasjon i oppgavene og at dette gjør at det treffer og utfordrer de fleste av elevene hennes. Hun hadde, i likhet med informant 1 og 2, noen elever hun måtte sette til å gjøre oppgavene som var mer utfordrende, fordi de raskt mestret de innledende oppgavene.

Informant 2 trekker frem at dette er en ny måte for elevene å arbeide med matematikk på, som gjør at elevene blir utfordret på en ny måte, gjennom det dynamiske designet. Som tidligere gjort rede for, hadde ingen av informantene noe erfaring med bruk av AR i klasserommet. Det kan derfor tenkes at elevene må vende seg til denne måten å arbeide med matematikk på og som Burkhardt og Swan (2017, s. 180-185) pekte på, så kan nye arbeidsmåter, virke inn på kompleksiteten og vanskelighetsgraden til oppgavene de arbeider med. Samtlige av informantene opplevde at de sterkere elevene ikke fikk så mye utfordring av de innledende oppgavene og derfor ble flere av de ført inn på mer utfordrende oppgaver etterhvert. Det at de føres videre til mer komplekse oppgaver kan være avgjørende for at følelsen av kompetanse vedvarer, fordi arbeid med for lette oppgaver over lengre tid, kan være med på å undergrave stimulering av dette grunnleggende behovet (Ryan & Deci, 2017, s. 14). Målet med de innledende oppgavene er at alle skal ha mulighet til å løse disse, slik at de får innsikt i de grunnleggende konseptene innenfor romgeometrien, som vil være viktig for videre arbeid med mer komplekse oppgaver. Det kan tenkes at de sterke elevene også har godt av å starte med, for de, relativt enkle oppgaver som gir de innsikt i det grunnleggende. Også fordi dette er en ny måte å arbeide med matematikk for disse elevene. For elevene med lavere måloppnåelse vil det være rimelig å tro at en slik start på opplegget, vil være viktig for å gi elevene følelsen av å kunne mestre oppgavene, samtidig som at det vil være viktig for å få innsikt i grunnleggende konsepter, som de vil trenger i videre arbeid



med oppgavene. Dette er også viktig fordi arbeid med for vanskelige oppgaver over lengre tid, kan være med på å undergrave følelsen av kompetanse for elevene, gjennom at de ikke opplever mestring i læringsaktiviteten (Ryan & Deci, 2017, s. 14).

De oppgavene informantene satte de sterkere elevene i gang med og som de opplevde at utfordret disse elevene, var de som krevde at elevene kunne resonere, argumentere og begrunne svarene sine. Ved at informantene erfarte at disse oppgavene utfordret også de sterkeste elevene, så kan det se ut til at alle elevene fikk en utfordring i arbeid med oppgavene. Det at elevene opplever å få utfordringer underveis i arbeidet, sees som viktig for å stimulere elevenes følelse av kompetanse (Ryan & Deci, 2017, s. 14). Et annet element som også kan stimulere følelsen av kompetanse er å la elevene arbeide med oppgaver som nettopp fordrer til bruk av argumenter, resonnementer og begrunnelser av arbeidsprosessen og svarene til elevene. Dette er fordi det gir elevene mulighet til å uttrykke egen matematisk forståelse, samt at de kan oppleve å mestre det å resonere og argumentere matematisk (Wæge & Nosrati, 2018, s. 23 & 24). En slik oppgave, som utfordrer elevene til det overnevnte, vil senere bli lagt frem og diskutert.

Som tidligere drøftet, hjalp støttestrukturene flere av elevene med å holde progresjon i arbeidet, samt at informant 1 opplevde av flere av elevene strakk seg lengre enn det hun trodde de skulle klare alene. Det kan derfor se ut til at undervisningsdesignet, legger til rette for at elever med lavere måloppnåelse også skal kunne mestre flere av oppgavene, med hjelpen de får fra læringsdesignet. Gjennom støttestrukturene, så ser det ut til undervisningsdesignet kan virke som et støttende stillas som hjelper elevene å strekke seg lengre matematisk enn de ellers ville klart alene. Som videre kan tyde på at ved bruk av designet kan flere av elevene trekkes inn i den proksimale utviklingssonen.

Hovedpoenget er at informantenes uttalelser ser ut til å peke på at undervisningsdesignet legger til rette for at også de med lavere måloppnåelse i matematikk skal kunne oppleve mestring i arbeid med oppgavene. Som tidligere nevnt, er dette sentralt for å legge til rette for, hvis man ønsker å stimulere elevenes følelse av kompetanse (Wæge & Nosrati, 2018, s. 23 & 24). Det ser også ut til at informantene opplever at støttestrukturene hjelper elevene å holde progresjon i læringsprosessen og at denne hjelpen virker veiledende for elevene i arbeid med oppgavene. Dette trekkes videre frem av Ryan og Deci (2017, s. 14), som funksjoner som virker støttende på elevenes følelse av kompetanse.

#### 4.1.2 Autonomi

Informant 1 opplevde at elevene responderte godt på funksjonen som gjorde at de kunne vri og vende på figurene. Hun trakk frem det at de får se figurene tredimensjonalt som positivt og at disse figurene kan være virkelighetsnære og gjenkjennbare fra hverdagen som en motiverende faktor for elevene. Informant 2 utdyper:

Jeg tror at den måten å bruke, den digitale biten, treffer elevene og spesielt med tanke på det at de får vridd figurene og at elevene får se at det er en tredimensjonal figur. (...) Det at det er naturlige figurer, det er jo også det som blir positivt. At det starter med en boks, det er helt greit, men det at det er noe som de konkret kan se for seg og som finnes (Informant 2).

Informant 1 og 3 enes med informant 2 om at det dynamiske designet treffer deres elever på 9.trinn, gjennom muligheten det gir for å utforske figurene de arbeider med. De trekker også frem det at kontekstnære og «ekte» figurer kan tas med inn i matematikkoppgavene. Videre erfarte informant 1 at de elevene som ellers har lav interesse for faget, hadde et økt engasjement da de brukte AR, hun utdyper:

Jeg erfarte at de elevene som ofte gjør minst og har lav interesse, var litt mer engasjerte. Fordi de var interessert i figurene og de så på dem og da var det lettere å sette i gang å gjøre en oppgave også. (...) Det treffer nok de [lav interesse] elevene mer, fordi det er en mer praktisk tilnærming enn det ville vært å arbeide kun i arbeidsboken. (...) de er jo også glad i spill og masse andre apper, så det er på en måte ganske likt det med AR da (Informant 1).

Informant 2 fremhevet også likheten AR har til spill, som elevene ellers driver med på fritiden og pekte på at denne likheten også kan gjøre at elevene blir mer interessert i å løse matematikkoppgaver, når de gis gjennom AR. Informant 2 erfarte på lik linje med informant 1 at elever som normalt sett ikke gjør så mye, fikk økt interesse for matematikken gjennom å arbeide med oppgavene med bruk av AR. Informant 2 opplever at flere av oppgavene har mange veier til svare og at elevene selv får velge hvilken løsningsmetode de vil bruke. Informant 2:

Flere av oppgavene legger opp til at elevene kan velge mange veier til svaret og det tenker jeg er positivt for læringen. (...) de [oppgavene] legger opp til at elevene skal tenke selv og finne sin egen måte, det var ikke sånn at de får noen oppskrift. Jeg opplever at de får løse sånn som de tror er riktig.

Alle informantene var enige om at oppgavene ikke la noen føringer på hvilke løsningsmetoder elevene skulle bruke for å svare på oppgavene. Informant 2 nevnte også at oppgavene legger til rette for bruk av flere ulike løsningsmetoder. Videre så funderte både Informant 1 og 3 over hva den økte interessen kan skyldes og tenkte at en mulig forklaring er at AR er en nyhet for elevene i klasserommet. Informant 3 sa:

(...) det jeg er litt mer usikker på er om det ville fenga elevene like mye i lengden. Hvis dette her da hadde vært en ting de ble vandt til å jobbe med, så det ble sidestilt med tekstboken de har, at det blir nok en sånn ting de blir vandt til, for da er det ikke nytt og spennende lenger. Så jeg er litt usikker på om interessen ville blitt holdt vedlike da (Informant 3).

Informant 1 kom med samme betraktninger ved om det ville vært like interessant over lengre tid med AR.

Alle informantene opplevde at det dynamiske læringsdesignet fanget oppmerksomheten til elevene. Hovedfaktorene som trekkes frem av informantene for at dette engasjerer elevene er at de har mulighet til å interagere med de geometriske objektene de skal gjøre beregninger på. Samt at figurene visualiseres i 3D og at flere av objektene som brukes er virkelighetsnære og gjenkjennbare for elevene. Videre var alle enig om at elevene fikk forfølge sine egne matematiske ideer, uten at opplegget la noen føringer for hvilken fremgangsmåte som måtte benyttes. Samt at både informant 1 og 2 nevnte at oppgavene legger til rette for bruk av flere løsningsmetoder.

Sett i lys av det overnevnte, så ser det ut til at informantene opplever at læringsdesignet legger til rette for at elevene får utforsket de ulike figurene de arbeider med, ved at de kan vri og vende på romfigurene, som videre ser ut til å trigge interessen til elevene. Elevene får også forfølge egne matematiske ideer, som gjør at de kan få utforsket en

rekke fremgangsmåter knyttet til geometriske problemer. Samt at de kan oppleve å kunne påvirke egen læringssituasjon og være kilde til egne handlinger, gjennom å velge egen fremgangsmåte. Dette trekkes videre frem som sentralt for å legge til rette for følelsen av autonomi (Wæge & Nosrati, 2018, s. 24, 104, 107). Som tidligere diskutert under kompetanse, hjalp støttestrukturene flere av elevene med å holde progresjon i arbeidet med oppgavene og det gjorde at de kunne strekke seg lengre matematisk. Dette kan også være med på å legge til rette for følelsen av autonomi for elevene (Ryan & Deci, 2017, s. 18).

En videre fordel informant 1 og 2 erfarte var at de elevene som normalt sett ikke er engasjerte i matematikktimen, fikk et økt engasjement da de arbeidet med AR. Det kan tenkes at muligheten man har til å benytte autentiske og virkelighetsnære figurer i undervisningen, ved bruk av AR, legger til rette for å gjøre matematikken mer praktisk rettet, som informant 1 opplever at treffer elevene hennes. Det at man kan benytte en rekke virkelighetsnære figurer, ved bruk av designet, peker på at denne kulturelle redskapen kan sees som en kulturell utvidelse i klasserommet, som muliggjør bruk av konkrete og kontekster man ellers ikke kunne tatt med inn i et klasserom. Figurer som oljetønner, basseng og romskip ble benyttet og det ser ut til at informantene opplever at dette trigger elevenes interesse for å arbeide med matematikken. Videre oppleves læringsdesignet som noe som er nærmere vanlige applikasjoner og spill, som elevene benytter på fritiden, som muligens kan gjør det mer interessant for elevene å engasjere seg i matematikken. De overnevnte poengene kan se ut til å peke på at læringsdesignet gjør det mulig å lage engasjerende kontekster, med bruk av virkelighetsnære konkrete som trigger elevenes interesse. En sentral del for å legge til rette for følelsen av autonomi er nettopp det å gi elevene oppgaver som interesser dem og som gjør at de vil engasjere seg i arbeidet (Ryan & Deci, 2017, s. 18). Videre er det vanskelig å konkludere om denne interessen oppstår fordi AR er en nyhet i klasserommet eller om det faktisk er et pedagogisk verktøy som vil engasjere elevene over lengre tid.

#### 4.1.3 Tilhørighet

Informant 3 opplever at en positiv side ved undervisningsdesignet er at elevene kan arbeide uten å måtte stille for mange spørsmål. Han fremhever at det er mange som kvier seg for å stille spørsmål underveis i matematikktimene og at spesielt støttestrukturene kan være med på

å legge til rette for utforsking uten at de er avhengig av å stille for mange spørsmål. Informant 3 sa:

Altså det positive er at elevene får bedre forutsetninger for å jobbe mer selvstendig og gjøre seg opp sine egne tanker og prøve å få bekreftet eller avkreftet det de tenker selv, uten å måtte stille spørsmål og med den frykten mange elever har for å stille spørsmål, det er jo mange som er redd for det (Informant 3).

Som tidligere nevnt opplevde også informant 1 og 2 at elevene evnet å arbeide relativt selvstendig med opplegget, ved at de ikke trengte mye veiledning underveis. Samt at alle informantene, som tidligere diskutert, opplevde at støttestrukturene hjalp elevene med å holde progresjon i arbeidet sitt. Det ble også oppfordret til at elevene skulle arbeide sammen underveis i opplegget.

Ved at elevene arbeider sammen med oppgavene, kan det tenkes at dette kan legge til rette for at deres relasjoner kan bedres. Det å skape opplegg som fordrer til samarbeid og dialog mellom elevene, fremmes som det viktigste en pedagog kan gjøre for å legge til rette for følelsen av tilhørighet (Wæge & Nosrati, 2018, s. 26 & 27). Samtlige av informantene opplevde at støttestrukturene gjorde elevene mer selvgående i arbeid med oppgaven. Informant 3 trakk videre frem at det kan virke positivt inn på elever som ikke tørr å stille spørsmål, siden de kan få hjelp fra læringsdesignet om de står fast på en oppgave. Det kan derfor tenkes at AR kan tilby et trygt digitalt miljø, som virker som et støttende stillas på elevenes progresjon. Dette kan videre føre til at elever som vegrer seg for å delta aktivt i matematikktimene får utforsket matematikken i et trygt miljø, hvor de er mindre avhengig av hjelp fra omgivelsene. Som videre kan knyttes opp mot et av hovedelementene innenfor tilhørighet, som går på at elevene må oppleve læringsmiljøet som et trygt sted for, i dette tilfellet, å arbeide med matematikk (Deci & Ryan, 2002, s. 7). Samtidig vil ikke dette læringsdesignet kunne revolusjonere elevenes følelse av tilhørighet, for det er noe som må arbeides med kontinuerlig fra lærernes side. Men det ser ut til at det kan legge til rette for noen sentrale elementer som kan stimulere elevenes følelse av tilhørighet.

## 4.2 Geometrisk tenkning og spatial visualisering

Her vil jeg først gå gjennom hvordan undervisningsdesignet legger til rette for innlæring av geometriske begreper, samt hvordan det kan øke elevenes forståelse for geometriske objekter. Deretter vil det legges frem hvordan designet fungerer som støttende stillas på læringsprosessen til elevene.

### 4.2.1 Innlæring av geometriske begreper og forståelse for geometriske objekter

Informant 2 opplevde samarbeidsaktiviteten, hvor elevene fikk opp ulike matematiske objekter og skulle forklare disse til hverandre, som en god introduksjonsaktivitet (se vedlegg 4). Hun fremmer at elevene må sette ord på de ulike delene av figurene og at dette kan være med på å gi elevene en god forståelse av hva figuren består av og hva begrepene innebærer. Informant 2 utdyper:

Det er positivt fordi de må sette ord på de ulike delene av figurene og det tror jeg gir en god forståelse, samtidig som de også må gjette hvilken figur partneren snakker om. Nå har jeg ikke fått testet dem, men jeg har en følelse av at de har mer forståelse for det, spesielt fordi de har måttet sette ord på alle sidene og forklare figurene grundig. Jeg liker også at det blir så konkret, for eksempel at du brukte den oljetønna, det blir så konkret at elevene også kan se for seg det i virkeligheten (Informant 2).

Informant 1 opplevde også innledningsaktiviteten som en god oppgave, fordi det fordrer elevene til å sette ord på de ulike delene romfigurene består av. Hun pekte også på det at figurene var virkelighetsnære gjorde det interessant og lettere for elevene å se for seg og forklare figurene til hverandre. Informant 3 på sin side tenkte at dette kan være en veldig god oppgave i klasserom hvor elevene våger å uttrykke sine matematiske tanker høyt. I hans klasse opplevde han at oppgaven i liten grad oppnådde sitt formål. Informant 3 sa:

I utgangspunktet så tenker jeg at det er en fin aktivitet for å hente inn eller hente tidligere kunnskap og gjøre seg klar for et nytt tema. (...) Aktiviteten er veldig

avhengig av klassemiljø. (...) Så i denne klassen, fungerte det ikke noe særlig, fordi det er veldig få som faktisk er trygge nok til å si noe og til å tenke høyt og reflektere. (...) Jeg kan se for meg veldig mange andre klasser hvor dette ville fungert veldig godt, fordi det er klasser som er veldig trygge på hverandre og det er veldig god muntlig aktivitet og da er sånne type oppgaver veldig effektive, fordi elevene er i stand til å tenke høyt og diskutere og argumentere for egne syn. (...) Også er jo det å ha et felles begrepsapparat helt essensielt for å kunne kommunisere om faget (Informant 3).

Informant 3 ser altså potensialet i aktiviteten, ved at han fremhever at han kan se for seg mange andre klasser hvor dette ville fungert godt. Men at klassemiljøet og viljen til å dele elevene imellom og i plenum er sentral for at det skal fungere. Han ser på språket som viktig for å kunne gjøre egen forståelse tilgjengelig for andre og argumentere for ens egne matematiske ideer. Informant 1 opplevde også at begrepene ble brukt videre i opplegget, gjennom at de ulike oppgavene krevde bruk av de aktuelle uttrykkene. Hun opplevde en forskjell på de sterke og de svake elevene når det kom til det å benytte begrepene. Læreren hadde også ønsket ekstra presiseringer underveis når det kommer til å benytte begrepene i arbeid med oppgavene. Informant 1:

Ja, de ble utfordret til å bruke det matematiske språket og begrepene, men jeg opplever at de faglig sterke gjorde det og at kanskje noen av de faglig svake gjorde det mindre. Men det er jo vanlig at de [svake elevene] ikke alltid bruker alle resursene de kan. (...) Men jeg opplever at stort sett alle benyttet begrepene, men at det også hjelper å understøtte at de skal bruke de, for da gjør de det mer (Informant 1).

Informant 2 og 3 opplever også at flere av oppgavene krever at elevene benytter begrepene for å besvare oppgavene, spesifikke oppgaver som krever dette vil gjøres rede for senere i kapittelet.

Informantene enes om at samarbeidsoppgaven er en god aktivitet for å skape forståelse for hva de ulike romfigurene er satt sammen av. Det er fordi aktiviteten fordrer elevene til å benytte et matematisk språk og de må sette ord på de ulike sidene og delene av figurene når de skal forklare til læringspartneren. De blir også utfordret til å gjette

hvilken figur læringspartneren beskriver. Informant 1 og 2 erfarte en positiv effekt av å benytte virkelighetsnære figurer. Slike konkreter kan brukes med støtte i AR, derfor kan denne læringsteknologien sees som en kulturell utvidelse, som bringer konkreter inn i klasserommet, som ellers ville vært utfordrende å benytte ved vanlig undervisning. Videre understreker informant 3 at aktiviteten er god for å frem eksisterende kunnskap som kan knyttes til arbeid med et nytt emne. Basert på informantenes erfaring, så ser det ut til at denne aktiviteten legger til rette for at elevene skal kunne få økt forståelse for geometriske begreper og relasjoner, som videre kan føre til at de operasjonalisere og internalisere sentrale elementer innenfor geometrien. Denne forståelsen er for det første viktig for å i det hele tatt kunne modnes og utvikles innenfor matematikken. For det andre for å kunne delta i en matematisk diskurs, gjennom å gjøre egen forståelse tilgjengelig for andre og evne å sette seg inn i andres matematiske argumenter (Sfard, 2008, s. 126). Og for det tredje kan økt forståelse for begreper være med på å få mer ut av bruk av kulturelle redskaper (Säljö, 2014, s. 82). Dette kan videre være med på å optimalisere bruken av læringsdesignet og følgelig virke positivt inn på designets mulighet for å stimulere elevenes geometriske og spatiale utvikling.

For at bruk av begreper og innlæring av objekter skal kunne ha en ideell innvirkning på elevenes geometriske utvikling, så ansees det som viktig at begrepene er relevant for de 9. klassingene som skal lære de (Fuys et al., 1988, s. 7). Med bakgrunn i at begrepene er plukket ut, basert på analysen gjort av ulike lærebøker i matematikk, så kan det være rimelig å tenke at disse vil være relevant for utvalget å arbeide med. Sett i lys av det overnevnte og at informantene opplever at aktiviteten legger til rette for at elevene kan få økt innsikt knyttet til begreper og relasjoner innenfor geometrien. Så kan det se ut til at måten elevene får arbeidet på i denne oppgaven, kan føre til at eleven har mulighet til å utvikle seg innenfor van Hiele sin modell. For med økt forståelse for det overnevnte sees som sentralt for utvikling fra et nivå til et annet i modellen og det vil også positivt påvirke elevenes spatiale visualiseringsevne, ved økt begreps- og relasjonsforståelse knyttet til geometri. Dermed kan det se ut til at den innledende samarbeidsaktiviteten kan legge til rette for stimulering for utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering (Battista, 2007, s. 847; Fuys et al., 1988, s. 58-70; Susilawati et al., 2017, s. 157). Gitt de overnevnte fordelene, kan det tenkes at, som informant 1 fremmet, at det burde vært ytterligere presisering i designet, som fordret til bruk av begrepene underveis i oppgavene. Det er videre viktig å påpeke at det krever et klassemiljø, hvor elevene



våger å dele sine tanker med læringspartner og i plenum, for å få mest mulig ut av aktiviteten.

#### 4.2.2 Støttestrukturenes innvirkning på elevenes geometriske utvikling

Som tidligere diskutert under selvbestemmelse kom det frem at informantene opplevde at støttestrukturene hjalp elevene å holde flyt i aktiviteten, det la til rette for at elevene skulle oppleve mestring og støttestrukturene gjorde elevene mer selvstendig i arbeidet med oppgavene. Nå skal informantenes opplevelser ved gjennomføring av opplegget, spesifikt støttestrukturene, knyttes opp mot geometrisk tenkning og spatial visualisering.

Informant 1 ser det som positivt at designet gjør det mulig å dele opp romfigurene i to dimensjonale figurer. Dette er fordi elevene da kan se hvilke deler de ulike tre dimensjonale figurene består av og at dette kan virke konkretiserende for elevene. Informant 1 utdyper:

Fordi den [romfiguren] er oppdelt, ja, så man får se den i 2D også og at elevene får se alle sideflatene til figurene, som figurene er bygget opp av. Så det blir jo kjempekonkret. Det hjalp elevene veldig å se sideflatene da de skulle regne overflate av figurene (Informant 1).

De overnevnte fordelene som trekkes frem påpekte også informant 2 og 3. Informant 3 legger videre til at en slik struktur muligens kan føre til at elevene ser relasjoner mellom plangeometrien og romgeometrien, slik at det kan fungere som en brobygger mellom disse emnene i matematikken. Informant 3 sa:

Fordi man har jo forhåpentligvis jobba med plangeometri når man går over i romgeometrien og da jobbet med areal. Sånn at areal-begrepet sitter og når man da får brutt opp en tredimensjonal figur til flater, så vil jo det forhåpentligvis bygge de broene mellom tredimensjonale og todimensjonale figurene, at man hekter den informasjonen på det man allerede har lært (Informant 3).

Denne koblingen mellom plangeometrien og romgeometrien trakk de resterende informantene også frem. Informant 1 peker videre på at dette også gjør at elevene kan se at de får bruk for matematikken de har lært tidligere. Informant 2 fremhever at ved å gi

denne visualiseringen til elevene, så kan det føre til at de lettere kan se for seg figurene mentalt. Hun tenker også at den innledende samarbeidsaktiviteten, hvor elevene skulle beskrive figurene til hverandre, gjør at elevene får en økt forståelse for støttestrukturene i arbeid med oppgavene. En annen opplevd fordel var at designet fokuserte elevene inn på noe sentrale elementer som er viktig for å kunne løse oppgaven, gjennom å fjerne unødvendig informasjon og visualiseringer. Informant 2 sa:

Jeg tror elevene lettere kan se for seg figurene. For når de får en todimensjonal figur på prøven, så kan de se for seg hvordan den så ut her, i de hjelpefigurene. Jeg har en følelse av at elevene har mer forståelse for det, spesielt fordi de har måttet sett ord på alle sidene og forklare figuren grundig. Så tror jeg kanskje at dette gjør det enklere for de å tenke matematisk, både knyttet til areal og å se for seg figuren i hodet. (...) når elevene vanligvis trenger hjelp, så vil man jo fokusere de inn på noe viktig i oppgaven, men teksten vil fortsatt stå der i boka, man kan ikke fjerne den. Mens her fikk de også fjernet den informasjonen de ikke trengte og det gjorde det lettere for mange (informant 2).

Informant 1 opplevde også at elevene likte at det var mulig å få oppgaven delt opp og at dette gjorde at de lettere kom i gang med arbeidet. På spørsmål om informantene opplevde noen bakside ved støttestrukturene kom det flere tanker frem. Informant 1 erfarte at flere av elevene ikke oppfattet poenget med støttestrukturene og at mange av elevene bare trykte seg videre uten at de kanskje trengte den ekstra hjelpen. Informant 1:

Jeg vet ikke helt om elevene forstod at de ikke måtte bruke hjelpen, for de trykte bare videre, fordi de så at det var en mulighet for det (Informant 1).

Informant 3 funderte også over det overnevnte og kom frem til at flere av elevene klikket videre uten å egentlig ha et behov for ekstra hjelp. Han tenker videre at dette kan gjøre at elevene i mindre grad får skapt sin egen forståelse av matematikken. Informant 3 utdyper:

På den andre siden så tenker jeg at, det er mange som vil ha forutsetninger for å løse oppgavene på egenhånd, hvis de bare faktisk går inn for å prøve. Som kanskje da vil gå glipp av den muligheten for å skape sin egen forståelse av

matematikken, fordi de bare kan bla seg videre å få forklaringen. For det er mange av elevene som kanskje er litt late og bare vil fort gjennom (Informant 3).

På det samme spørsmålet svarer informant 2 at mange av hennes elever opplever matematikk som utfordrende og at de derfor vil trenge disse støttestrukturene og figurene for å ha progresjon i arbeidsprosessen. Informant 2:

Nei, men i og med at jeg har såpass mange, for som sagt så tror jeg vi har 1/3 som opplever matematikk som veldig utfordrende. Og derfor har elevene veldig behov for å få se såne figurer og ha den støtten når de jobber med matte (informant 2).

Samtlige av informantene snakket om oppgavene knyttet til prisme med trekantet grunnflate som utfordrende for elevene. Informant 2 valgte å utelate disse oppgavene fra opplegget, fordi hun tenkte at det ikke var nødvendig for hennes elever å ha fokus på dette. Informant 1 forklarer sitt synspunkt på disse oppgavene:

Trekantet prisme, det syntes de var litt vanskelig, sånn generelt. Bare å forstå at man må snu det da, fordi de fleste gangene, så stod det ikke riktig vei, hvis du skjønner, altså det stod ikke med topp og bunnflate, og det tenkte jeg kanskje var meningen, men for noen var dette litt vanskelig å se da (Informant 1).

Informant 3 hadde samme opplevelse, at det forvirret elevene at grunnflaten ikke var orientert som den «nederste» siden, men at det i dette tilfellet var rektangelet som var den «nederste» siden i figurene. Han tenker at flere av elevene ville, uten å se på støttestrukturene, brukt rektangelet som grunnflate og videre halvert denne utgreningen, slik at de hadde fått riktig svar. Informant 3 sa:

Og jeg tenker etter å ha jobba med plangeometri, der elevene har skjønt at du kan regne ut arealet av en trekant ved å halvere arealet til kvadratet eller rektangelet, så tenker jeg at flere av elevene i den oppgaven ville prøvd seg på akkurat det samme. Å regne ut volum av det prismet ved å regne ut med utgangspunkt i at rektangelet er grunnflaten også halvert det. (...) Det stod jo poengtert i støttestrukturen at det var trekanten som skulle være grunnflate og derfor tror jeg mange går bort fra den måte de først ville løst oppgaven på (Informant 3).

Videre i intervjuet la informant 3 frem tanker om alternative løsninger når det kommer til å lage en støttestruktur knyttet til denne oppgaven. Til slutt konkluderte informanten med at all informasjonen han ville hatt med i en slik støttestruktur fort hadde gjort den for kompleks og innholdsrik, men at det er viktig at støttestrukturen er åpen nok til at elevene videre får utforsket de intuitive ideene sine.

Som tidligere lagt frem erfarte informantene at støttestrukturen lagt inn i den kulturelle redskapen gjorde at designet virket som et støttende stillas på læringsprosessen til de elevene som trengte litt ekstra støtte med oppgavene. Informantene trakk frem flere faktorer som de tenkte var grunnen til at dette fungerte. For det første reduseres oppgavens kompleksitet, ved at unødvendig informasjon blir tatt bort fra oppgavesiden. For det andre ga det eleven fokuspunkter å arbeide ut ifra, som er sentrale for å kunne løse den matematiske utfordringen. For det tredje trekkes det inn en åpen versjon av figuren, som viser hvilke plangeometrielementer romfiguren består av. De overnevnte punktene vil ifølge Burkhardt og Swan (2017, s. 180-185) og Zevenbergen (2001, s. 38-48) være med på å redusere kompleksiteten til oppgavene og muligens lettere for elevene å løse.

Informant 3 peker på at de fleste bør ha kontroll på areal av figurer fra plangeometrien, som videre kan være en grunn til at elevene klarte å løse oppgavene ved hjelp av støttestrukturene. Siden både overflateberegning går på å beregne arealet av alle sidene i romfiguren. Videre baserer volum seg også på at elevene må regne ut arealet av grunnflaten til romfiguren for så å multiplisere dette med høyden. Så ved å knytte et nytt emne opp til eksisterende kunnskap, så vil det, basert på erfaringene til informantene, gjøre at flere av elevene klarer å løse oppgavene selv, med støtte av læringsdesignet. Det å fremme relasjoner mellom ny og eksisterende kunnskap, kan være med på å fremme elevenes geometriske forståelse (Fuys et al., 1988, s. 7). Det kan videre tenkes at støttestrukturene kan gi elevene økt forståelse for relasjoner innad i romfigurene, siden de får visualisert hvilke komponenter disse består av og at dette knyttes til et emne de tidligere har arbeidet med. Økt forståelse for relasjoner innad i figurene trekkes også frem som kunnskap som kan være med på å heve elevenes geometriske forståelse (Fuys et al., 1988, s. 7). Som tidligere diskutert i analysen, kan det også se ut til at undervisningsdesignet kan være med på å sette elevene i den

proksimale utviklingssonen. Dette har tidligere blitt underbygget av at informant 1 opplevde at flere elever klarte oppgaver hun ikke trodde de ville klare. Samtlige av informantene opplevde også positiv effekt ved bruk av støttestrukturene og informant 1 og 2 trakk frem at deres elever var relativt selvgående i aktiviteten. Det kan med utgangspunkt i at støttestrukturene hjelper eleven å holde progresjon i læringsarbeidet, tenkes at dette i seg selv kan gjøre at de får mestret flere oppgaver, som gjør at de raskere har en progresjon i opplegget og videre kan få økt erfaring med ulike oppgaver, som kan føre til økt geometrisk forståelse.

De overnevnte faktorene som kan være med på å stimulere økt geometrisk forståelse, med utgangspunkt i van Hiele sin modell, kan også virke positivt inn på elevenes spatiale visualisering. For det fremheves at økt forståelse for relasjoner og egenskaper ved geometriske figurer er med på å øke elevens evne til å mentalt visualisere figurene (Battista, 2007, s. 847). Informant 2 så for seg at elevene kan få økt evne til å se for seg figurene mentalt fordi, de kan gå tilbake til å tenke på hvordan figurene ble visualisert i læringsdesignet og mentalt bruke disse for å se for seg figurene på for eksempel en prøve. Dette kan være en mulig effekt bruken av AR har på elevenes evne til å mentalt se for seg ulike geometriske figurer. De får også sett de fra alle ulike vinkler, ved at de kan vri og vende på alle figurene de gjør beregninger på i det dynamiske læringsdesignet. Det kan videre tenkes at de også lettere kan dele opp prizmer og sylindere, siden de har fått visualisert disse som åpne figurer, som tidligere gjort rede for. Dette trekkes frem med bakgrunn i at Susilawati et al. (2017, s. 157) peker på at spatial visualisering innebærer å kunne se for seg figurer mentalt, bestemme hvordan figurer vil se ut fra ulike vinkler og evnen til å se logiske forhold i og mellom tredimensjonale figurer. Som det kan se ut til at er egenskaper elevene kan få utviklet ved bruk av læringsdesignet.

Når det kommer til baksiden ved bruk av disse støttestrukturene opplevde informant 3 at veiledningen ble for førende på oppgavene som omhandler trekantet prizmer. Alle informantene så på disse oppgavene som utfordrende for elevene, så det vil være rimelig å tro at mange av de har brukt den ekstra hjelpen knyttet til disse oppgavene. Som informant 3 fremmet, gir støttestrukturen i denne oppgaven direkte beskjed om at det er trekanten som skal benyttes som grunnflate ved utregningen. Informant 1 erfarte også at flere ikke forstod hensikten med støttestrukturene og bare trykte seg videre fra

første side, til støttestrukturere. Det gjorde også de hun selv ikke tenkte at trengte denne ekstra hjelpen for å løse oppgavene. Informant 3 trekker også frem lignende erfaring, ved at flere elever bruker støttestrukturere, uten at de faktisk trenger det. Gjennom å legge føringer på elevenes løsningsprosessen, slik som støttestrukturen i den aktuelle oppgaven gjør, så kan det tenkes at elevene ikke benytter den matematiske ideen de først vil prøvd ut. Dette skjer gjennom at undervisningsdesignet spesifikt sier og peker på at det er trekanten som skal være grunnflate og dermed utgangspunktet for å beregne volum av figuren. Støttestrukturere i de andre oppgavene, kan også legge føringer for hvordan elevene skal arbeide med matematikken. En mulig grunn til at nettopp denne oppgaven ble diskutert, er fordi i de andre figurene er sideflatene relativt like, altså ulike firkanter eller sirkler, som gjør at valg av grunnflate ikke påvirker løsningsmetoden i like stor grad. Samtidig kan det også tenkes at alle støttestrukturer som er lagt inn i den kulturelle redskapen, kan virke begrensende for elevenes utforsking relativt til å arbeide med oppgavene fra første side, uten støttestrukturere.

For tydelige føringer i støttestrukturere, kan føre til at elevenes mulighet til å utforske matematikken undergraves, gjennom at de benytter en løsningsmetode gitt av designet og dermed ikke forfølger sin egen. Det å la elevene få forfølge egne løsningsmetoder, vil kunne gi de en bredere erfaring med en rekke fremgangsmåter, samt at de selv kan erfare hva som fungerer og ikke, i møte med geometriske utfordringer. Videre fremheves tilrettelegging for utforsking, som en viktig faktor for utvikling av geometrisk tenkning (Fuys et al., 1988, s. 7). Utforsking kan også tenkes å virke positivt inn på elevens evne til å være fleksible og adaptive i møte med geometriske utfordringer, som er sentrale ferdigheter de bør inneha for å øke sin spatiale visualiseringsevne (Linn & Petersen, 1985, s. 1485). Men det kan se ut til at utvikling av de overnevnte egenskapene kan undergraves på grunn av denne støttestrukturen. Derfor vil det være viktig å utforme støttestrukturer som er åpne nok til at elevene kan forfølge sine matematiske ideer, samtidig som at de skal kunne virke som et støttende stillas på elevenes progresjon i arbeidet. Dette er som diskuter med informant 3 utfordrende å få til, for man må begrense informasjonen man gir for at ikke støttestrukturere skal bli for komplekse og dermed ha motsatt av ønsket effekt. Det kan også se ut til at det ville vært positivt om designet tydeligere kunne oppfordret elevene til å forsøke å løse oppgavene uten å bruke støttestrukturere, slik at det tilrettelegges i best mulig grad for at elevene skal kunne utforske egne matematiske ideer.

### 4.2.3 Sammenligne, argumentere og resonere

Her skal det diskuteres knyttet til en oppgavetype som alle informantene trakk frem som en god måte å arbeide med geometriske oppgaver på. Oppgaven går ut på at elevene først får presentert to figurer og skal basert på det de ser, kommet med argumenter for hvorfor den ene er større en den andre. På neste side får de oppgitt målene og skal vurdere om de fortsatt er ening med de argumentene de skrev på første siden. På neste side skal de regne ut volumet av figurene og se om de hadde rett i sine foregående antagelser.

Informant 1 opplever at elevene er delaktig og aktive i gjennomføring av denne typen oppgaver. Det hun trekker frem som positivt er at elevene må vurdere og begrunne svarene sine og at det var flere som tok feil på oppgaven, som videre skapte diskusjon og gjorde at elevene måtte revurdere svarene sine. Informant 1 sa:

Ja, vet du hva, de oppgavene der var gode, for det var mange som tok feil og var litt sånn: «hæ, hvorfor det»? Det er bra fordi elevene er veldig delaktig og det skaper diskusjon mellom elevene. De må gjøre en egen vurdering og begrunne den, fordi de måtte komme med en forklaring på hvorfor den ene er mindre enn den andre og da får man jo masse gode betraktninger og man får høre deres forståelse for figurene da. Og når de oppdager at det ikke alltid stemmer, så må de gå tilbake å se og der skjer det mye læring. De må skjønne hva det er som egentlig skjer, så blir de jo i stor grad aktive i oppgaven, relativt til å bare sitte å regne (Informant 1).

Informant 2 ser på oppgaven som god fordi elevene må sette ord tankene sine og at dette er noe de sterkeste også trenger øvelse i. Hun tenker at øving på å reflektere og sette ord på egne tanker er viktig for elevene. Det at det først skal begrunnes uten noen mål på figurene, tenker hun at kan gjøre det mindre skummelt å starte på oppgaven. Videre gir dette læreren innsikt i hvordan elevene tenker. Informant 2 utdyper:

Ja, på en slik oppgave må de jo tenke. De må faktisk sette ord på ting og det er jo det de trenger øvelse på, også de sterkeste. Det er ikke det at de ikke kan det, men det er det at de ikke får til å forklare det godt nok. Eksamensoppgaver

krever jo også at de tenker selv og det å reflektere og komme med egne tanker tror jeg er kjempeviktig. For det handler om det å få de til å tenke og det må de her for å bestemme hvilken de tror er størst. Jeg liker også at de først må se på figurene, uten noe annet, kanskje det gjør det litt mindre skummelt å gjette. Jeg tenker at hele den oppgaven gir innsikt i hvordan elevene tenker (Informant 2).

Informant 3 erfarte også at dette utfordrer de faglige sterke elevene og at det er en fin oppgave for å sette i gang tankeprosessene for elevene. Videre ser han det som positivt at oppgaven fordrer bruk av et matematisk språk for å begrunne for sitt eget syn. Informanten tenker videre at en slik oppgave er god øvelse for å se sammenhenger mellom ulike proporsjoner i de ulike figurene. Informant 3 sa:

Det tenker jeg er en veldig fin oppgave, fordi det setter i gang en tankeprosess og det er nok kanskje de oppgavene som utfordrer de faglige sterke elevene mest. De aller fleste svarer noe sånn som at den ene ser større ut. Men det å klare å sette ord på hvorfor man tror det, sliter de fleste av mine elever med. (...) Den utfordrer elevene til å sette ord på tankene sine og rett og slett snakke matematikk og øve på å argumentere for sitt eget syn. Når de da på bilde nummer to får måla på figurene, så kan jo de som da ha litt forståelse for det, se på de ulike lengdene og kanskje da gjøre en litt mer kvalifisert gjetning. (...) Dette er fint for å jobbe med forståelse for av sammenhenger mellom grunnflate, høyde og liksom de forskjellige proporsjonene i figurene (Informant 3).

Med andre ord ser det ut til at informantene opplever at denne type oppgave legger til rette for at elevene kan få bruke et matematisk språk. Dette skjer gjennom at elevene må begrunne sine betraktninger knyttet til hvilken figur de tenker rommer mest. Her kan de ta opp begrepene de arbeidet med i den innledende samarbeidsoppgaven. Gjennom å benytte disse og andre begreper for å argumentere matematisk, kan det tenkes at elevene evner å objektivisere og internalisere forståelse for ulike aspekter og begreper innenfor geometrien, som Sfard (2008, s. 126) fremmet som essensielt for matematisk modning og utvikling, samt som sentralt for å kunne ta del i en matematisk diskurs. Videre er et kjennetegn ved høyere geometrisk forståelse, i van Hiele sin modell, nettopp bruk av et mer formelt matematisk språk og økt forståelse for de ulike begrepene når man skal løse eller resonere rundt et geometrisk problem (Battista, 2007, s. 847; Fuys et al., 1988, s.



58-70). Økt begrepsforståelse og innsikt i hvordan man kan anvende disse i en matematisk argumentasjon er også viktig for å kunne utvikle seg fra et nivå til et annet i van Hiele sin modell (Fuys et al., 1988, s. 7).

Informant 3 pekte på at hans elever sliter med å komme med fullstendige formelle argumenter tilknyttet en slik oppgave. Det kan derfor tenkes at om oppgaven kun hadde utfordret elevene til å argumentere for svarene sine basert på det numeriske, altså sidelengdene, vil gjort det ekstra utfordrende for elevene å sette i gang med arbeidet. Siden oppgaven først spør om en argumentasjon basert på det visuelle, så kan det tenkes at elevene lettere kommer i gang, slik som informant 2 påpekte. Denne funksjonen muliggjøres ved bruk av AR, fordi man har mulighet til å fordele oppgaven over flere sider og at informasjonen kan presenteres visuelt. Det vil videre være rimelig å tro at å komme med en fullstendig formell argumentasjonsrekke, kun basert på det visuelle, vil være for utfordrende for elevene, slik som informant 3 erfarte. På en annen side behøver ikke målet for oppgaven være dette, for elevene må komme med en begrunnelse basert på sitt nivå. Med utgangspunkt i van Hiele sin modell, så vil det være rimelig å tro at de fleste av elevene vil kunne komme med en form for argumentasjon, siden oppgaven presenteres visuelt. Samtidig vil grad av formell bevisføring variere. Elever på høyer nivå innenfor van Hiele sin modell, vil nok i større grad basere seg på relasjoner og proporsjoner mellom de ulike komponentene i figurene, samt relasjoner mellom figuren når de skal argumentere for hvilken figur de tror rommer mest, relativt til elever på lavere nivå i modellen. Elever på de nedre nivåene, vil høyst sannsynlig begrunne slik som informant 3 pekte på, ved å si at den ene ser større ut enn den andre (Battista, 2007, s. 847; Fuys et al., 1988, s. 58-70).

Hovedpoenget med en slik oppgave er at alle elevene vil få mulighet til å begrunne svaret sitt, uavhengig av deres matematiske nivå. Fordi argumentasjonen kan være rent visuell uten hensyn til relasjoner eller proporsjonene i figurene. På den andre siden kan de av elevene som evner å argumentere mer formelt få utfordret denne evnen i stor grad, både basert på visuell analyse og senere numerisk analyse. Siden oppgaven er en av de siste elevene arbeider med innenfor emne sylindere, vil nok de fleste også klare å beregne volumet til figurene, hvis de har kommet så langt i oppgavesettet. Dermed vil de uansett gå gjennom en løsningsprosess, hvor de aktivt fordres til å forholde seg til sine tidligere argumenter, for så å komme med nye betraktninger når ny informasjon

blir lagt til i oppgaven. Tar elevene feil, så kan de gå tilbake å tenke hva de har misforstått og muligens skape en forståelse for hva som ville vært riktig måte å tenke på. Dette opplevde informant 1, som sa at flere av elevene tok feil og at dette skapte diskusjon i hennes klasser. Ved at oppgaven skaper diskusjon, kan elevene få frem egne argumenter og få høre andres betraktninger. Dette kan videre føre til at de sammen skaper en forståelse for hva som ville vært gode argumenter, samt at de kan lære av egne og andres feil. Dette kan også underbygges av sosiokulturell læringsteori, som baserer seg på at kunnskap er sosialt distribuer, som innebærer at faglig diskusjon kan fremme elevenes matematiske forståelse, ved å lære av hverandre. Gjennom å arbeide med matematikken som nevnt over, så vil elevene aktivt måtte forholde seg til bruk av geometriske begreper, ta hensyn til hvordan ulike proporsjoner endrer volumet, samt relasjoner i og mellom geometriske objekter når de skal utforme en begrunnelse for sine svar. Dette er sentrale faktorer for å utvikle seg innenfor van Hiele sin modell. Som tidligere gjort rede for, vil økt evne til å se og forstå relasjoner i og mellom figurer, samt ta hensyn til proporsjonene i figurene, virke inn på elevenes evne til å mentalt visualisere og analysere tredimensjonale figurer, som videre er viktig kompetanse innenfor spatial visualisering (Battista, 2007, s. 847; Fuys et al., 1988, s. 58-70; Susilawati et al., 2017, s. 157).

### 4.3 Oppsummering

I dette kapitlet har informantenes erfaringer blitt presentert og diskutert med hensikt å belyse hvordan undervisningsdesignet legger til rette for indre former for motivasjon, samt stimulering til utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering. I neste kapittel vil hovedpoengene trekkes frem og problemstillingen vil bli besvart mer inngående.

## 5 Konklusjon

I denne delen av oppgaven vil det foregående kapittelet sammenfattes og problemstillingen skal besvares. Det gjøres ved å først legge frem hvordan undervisningsdesignet legger til rette for tilfredstillelse av de tre grunnleggende behovene fra selvbestemmelsesteorien. Dernest legges det frem hvordan opplegget kan være med på å stimulere til utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering. Til slutt vil mulige veier videre for prosjektet legges frem.

### 5.1 Hvordan legger undervisningsdesignet til rette for indre former for motivasjon hos elever på 9. trinn?

For å stimulere følelsen av kompetanse trekkes det frem som sentralt at elevene må oppleve å mestre og å bli utfordret i arbeid med matematikken. Videre sees det som sentralt at elevene opplever at undervisningsdesignet er et effektivt kulturelt redskap å benytte i arbeid med geometri (Deci & Ryan, 2002, s. 7; Ryan & Deci, 2017, s. 14; Wæge & Nosrati, 2018, s. 23 & 24). Analysen i det forrige kapitlet viser at informantene opplever at elevene kan få arbeide effektivt med geometri ved hjelp av læringsdesignet. Dette kommer frem ved at informantene erfarte at oppgavene presenteres på en formålstjenlig måte, som gjør at elevene forstår hva de skal gjøre på de ulike oppgavene. Videre at støttestrukturene hjalp elevene å holde progresjon i arbeid med oppgavene. Støttestrukturene ble derfor også en viktig faktor for at elever som trenger ekstra støtte, når det kommer til å oppleve mestring i arbeidet. Informantene erfarte at elevene fikk utfordret seg i arbeid med undervisningsopplegget, men det kom frem at de sterkeste elevene i de ulike klassene, trengte å bli ført videre på mer utfordrende oppgaver. Dette vil være viktig fordi elevene trenger å bli utfordret for at følelsen av kompetanse skal stimuleres. Disse elevene ble utfordret av de oppgavene som krevde at de benytte et matematisk språk for å resonere, argumenter og begrunne løsningsprosessen og svarene sine. De overnevnte poengene peker på at undervisningsdesignet kan være med på å legge til rette for viktige elementer knyttet til stimulering av det grunnleggende behovet for kompetanse.

For å legge til rette for tilfredstillelse av autonomi ansees det som viktig å la elevene utforske matematikken. Videre vil det være sentralt å skape autentiske og engasjerende matematiske kontekster som elevene kan arbeide med, slik at det kan oppleve arbeidet som interessant.

Autonomi kan også fremmes ved at elevene opplever å være kilde til egne handlinger og at oppgaver legger til rette for flere mulig løsninger (Deci & Ryan, 2002, s. 8; Ryan & Deci, 2017, s. 18). Informantenes uttalelser, ser ut til å peke på at undervisningsdesignet kan legge til rette for flere av de overnevnte elementene. Dette kommer frem ved at de opplevde at elevene responderte godt på at AR kan bringe virkelighetsnære konkreter inn i læringssituasjonen, som videre førte til at de opplevde oppgavene som mer praktiske og autentiske. Videre ble det fremmet at elevene får utforsket matematikken. Det som spilte inn på dette, ifølge informantene, var at elevene fikk mulighet til å interagere med figurene de arbeidet med i det dynamiske læringsdesignet. Videre det at det gis oppgaver med flere mulige fremgangsmåter og at elevene får forfølge egne matematiske ideer. Samt at informant 1 og 2 opplevde at elevene var selvgående i arbeidet. Det kom også frem at elever med ellers lavt engasjement for faget, fikk en økt lyst til å arbeide med matematikk grunnet det dynamiske læringsdesignet. Sett i lys av det overnevnte så ser det ut til at undervisningsdesignet kan være med på å legge til rette for tilfredstillelse av sentrale elementer knyttet til det grunnleggende behovet for autonomi.

Følelsen av tilhørighet handler om at elevene skal føle seg trygge i læringsfellesskapet. Det fremmes at pedagoger kan legge til rette for å øke denne følelsen ved å oppfordre til dialog elevene imellom og samarbeid i læringsarbeidet (Deci & Ryan, 2002, s. 7; Wæge & Nosrati, 2018, s. 26 & 27). Det kom frem noen faktorer som kan virke positivt inn på elevenes følelse av tilhørighet fra den foregående analysen. Dette var at flere av oppgavene fordret nettopp til samarbeid og faglig diskusjon mellom elevene. Samt at informant 3 opplevde at støttestrukturene kunne gjøre det tryggere for flere av elevene å arbeide med matematikk, fordi de kunne få hjelp av støttestrukturene. Disse overnevnte faktorene kan være med på å legge til rette for stimulering av det grunnleggende behovet for tilhørighet.

Samlet sett, så ser det ut til at undervisningsdesignet kan legge til rette for tilfredstillelse av flere komponentene knyttet til de tre grunnleggende behovene fra selvbestemmelsesteorien. Dette kan videre, ifølge (Deci & Ryan, 2002, s. 7), føre til at elevene skaper indre motiverte holdninger for arbeid med matematikk.

## 5.2 Hvordan stimulerer undervisningsdesignet utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering hos elever på 9. trinn?

En viktig del av det å legge til rette for utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering er å skape muligheter for at elevene kan lære seg relevante matematiske begreper. Det trekkes også frem som sentralt at det legges til rette for å øke forståelse deres for relasjoner i og mellom geometriske figurer. Samt relasjoner mellom eksisterende kunnskap og ny kunnskap (Battista, 2007, s. 847; Fuys et al., 1988, s. 7 & 58-70; Linn & Petersen, 1985, s. 1485; Susilawati et al., 2017, s. 157). Basert på analysen, så ser det ut til at den innledende samarbeidsoppgaven, hvor elevene skulle forklare figurene til hverandre, var utformet på en måte som informantene fremmet som god for å kunne skape økt forståelse for geometriske begreper og relasjoner. Aktiviteten fungerer, gitt at elevene tørr å dele deres matematiske tanker i plenum. Faktorene som trekkes frem som positive er at aktiviteten fordrer til bruk av et matematisk språk for å sette ord på figurene de skal forklare, samt at figurene de arbeider med visualiseres i 3D og er virkelighetsnære. Oppgaven hvor elevene skulle sammenligne to figurer og avgjøre hvilken som var størst, ble også trukket frem av alle informantene. Basert på analysen så ser det ut til at denne oppgaven legger til rette for det overnevnte, ved at elevene får utfordret deres forståelse knyttet til geometriske relasjoner, begreper og proporsjoner når de skal argumentere for svarene sine. Det har også blitt argumentert for at alle elevene skal ha potensiale til å svare på oppgaven. Støttestrukturene ble også trukket frem i denne sammenheng, ved at de kan gi elevene økt forståelse for hvilke figurer fra plangeometrien de ulike romfigurene består av, som videre kan føre til økt forståelse for relasjoner i og mellom figurer. Disse kan også legge til rette for at ny kunnskap opprettes med base i allerede eksisterende kunnskap. Sett i lys av det overnevnte, så kan det se ut til at undervisningsdesignet stimulerer til utvikling av geometrisk tenkning og spatial visualisering, gjennom fokus på å øke forståelse til elevene knyttet til geometriske begreper og relasjoner.

Et annet viktig element for å legge til rette for utvikling av spatial visualisering og geometrisk tenkning er å legge til rette for utforskning i arbeidet med matematikken. Dette vil være viktig for at elevene skal kunne få et bredt spekter med erfaringer knyttet til det å løse geometriske oppgaver, som videre kan gjøre elevene mer adaptive og tilpasningsdyktig i møte med geometriske utfordringer (Fuys et al., 1988, s. 7; Linn & Petersen, 1985, s. 1485). Med utgangspunkt i analysen, så ser det ut til at oppgaven hvor elevene skulle sammenligne og

velge ut hvilken figur som var størst, kan legge til rette for utforsking. Dette er fordi elevene får utforsket matematikken med utgangspunkt i deres egen forståelse. Oppgaven legger til rette for at elevene på de lavere nivåene i van Hiele sin modell skal kunne svare, samtidig som at den ikke begrenser elevene på de høyere nivåene, når det kommer til argumenter på høyere nivå. De kan også få utforsket og skape økt innsikt i hvordan ulike sammenhenger påvirker det endelige volumet. Det har også tidligere blitt diskutert at informantene opplever at ikke oppgavene, basert på første oppgaveside, legger føringer på hvordan elevene skal løse oppgaven. Dermed får de mulighet til å utforske matematikken og fremgangsmåter basert på sine intuitive tanker knyttet til hvordan de ville løst oppgaven. Det ble også trukket frem som positivt at elevene, ved bruk av det dynamiske designet, kunne utforske figurene de arbeidet med. Informant 2 tenkte at dette muligens kan fremme elevenes spatiale visualisering, gjennom at de kan se for seg hvordan figurene så ut i designet og videre mentalt visualisere disse på for eksempel en prøve. Hvis dette stemmer, så kan det også tenkes at elevene lettere kan manipulere og analysere sylindere og prismer, siden de har fått visualisert, i støttestrukturene, hvilke figurer disse består av. Det har også blitt fremlagt at støttestrukturene kan virke begrensende på elevenes utforsking, ved at det legges for klare føringer til hvordan oppgavene skal løses. Derfor kan det tenkes at en forbedring til designet, ville vært og presisert at elevene bør forsøke å løse oppgavene uten ekstra hjelp, så langt det lar seg gjøre. De overnevnte punktene kan peke på at undervisningsdesignet kan legge til rette for matematisk utforsking, som videre kan stimulere elevenes utvikling av geometrisk tenkning og spatial evne.

### 5.3 Veien videre

For å få et bedre bilde av hvordan undervisningsdesignet fremme indre motivasjon, samt utvikler geometrisk forståelse og spatial visualisering, ville det vært ønskelig og hatt et beredere utvalg av informanter over en lengre tidsperiode. I undervisningsdesignet har det blitt utelatt flere romfigurer i forbindelse med oppgavegivingen til elevene, det kunne vært interessant å utvikle et helhetlig opplegg som tar for seg alle elementene innenfor romgeometrien og sett hvordan dette ville fungert. Til tross for at dette, så ser det ut til at designet kan fremme indre motivasjon, samt stimulere til geometrisk utvikling og spatial visualisering. Men da vil det være sentralt at det er en trygg kultur for å muntlig diskutere matematikk. Det vil også være viktig at lærerne og elevene har et bevist forhold til støttestrukturene, slik at de ikke begrenser elevenes matematiske utvikling.

## Litteraturliste

- Ahmad, N. I. N. & Junaini, S. N. (2020). Augmented Reality for Learning Mathematics: A Systematic Literature Review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(16), 106-122. doi: 10.3991/ijet.v15i16.14961
- Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. & Nieveen, N. (2006). Introducing educational design research. I J. v. d. Akker, K. Gravemeijer, S. McKenny & N. Nieveen (Red.), *Educational Design Research* (s. 3-7): Routledge.
- Alvesson, M. & Sköldberg, K. (1994). *Tolkning och reflektion : vetenskapsfilosofi och kvalitativ metod*. Lund: Studentlitteratur.
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational researcher*, 41(1), 16-25. doi: 10.3102/0013189X11428813
- Ball, C. E., Sheppard, J. & Arola, K. L. (2018). *Writer/designer: A Guide to Making Multimodal Projects*. Boston: Bedford/St.Martin.
- Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *The Journal of the learning sciences*, 13(1), 1-14. doi: 10.1207/s15327809jls1301\_1
- Battista, M. (2007). The development of geometrical and spatial thinking. I F. K. J. Lester (Red.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (s. 843-908). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Braun, V. & Clarke, V. (2012). Thematic analysis. I H. Cooper, P. M. Camic, D. L. Long, A. T. Panter, D. Rindskopf & K. J. Sher (Red.), *APA handbook of research methods in psychology* (Bind 2, s. 57-71). Washington, D.C: American Psychological Association.
- Burkhardt, H. & Swan, M. (2017). Design and Development for Large-Scale Improvement. I G. Kaiser (Red.), *Proceedings of the 13th International Congress on Mathematical Education* (s. 177-200): Springer International Publishing.
- Cesaria, A. & Herman, T. (2019). Learning obstacle in geometry. *Journal of Engineering Science and Technology*, 14, 1271-1280.

- Chen, Y.-c. (2019). 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. doi: 10.1177/0735633119854036
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2017). *Research methods in education* (8th ed. utg.). London: Routledge.
- Dalland, C. & Andersson-Bakken, E. (2021). *Metoder i klasseromsforskning : forskningsdesign, datainnsamling og analyse*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior* (1st ed. 1985. utg.). New York, NY: Springer US : Imprint: Springer.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268. doi: 10.1207/S15327965PLI1104\_01
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2002). *Handbook of self-determination research*. Rochester, N.Y: University of Rochester Press.
- Dunleavy, M. & Dede, C. (2014). Augmented Reality Teaching and Learning. I J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. Bishop (Red.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (4. utg., s. 735-745). New York: Springer.
- Dysthe, O. (2001). *Dialog, samspel og læring*. Oslo: Abstrakt forl.
- Elsayed, S. A. & Al-Najrani, H. I. (2021). Effectiveness of the Augmented Reality on Improving the Visual Thinking in Mathematics and Academic Motivation for Middle School Students. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 17(8).
- Erickson, F. (2011). Qualitative Research Methods for Science Education (s. 1451-1469). Dordrecht: Dordrecht: Springer Netherlands.
- Fuys, D., Geddes, D. & Tischler, R. (1988). The Van Hiele Model of Thinking in Geometry among Adolescents. *Journal for research in mathematics education. Monograph*, 3, i-196. doi: 10.2307/749957
- Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. I J. v. d. Akker, K. Gravemeijer, S.



- McKenney & N. Nieveen (Red.), *Educational Design Research*: Routledge.
- Hinna, K., Gustavsen, T. S. & Rinvold, R. A. (2011). *QED 5-10 : matematikk for grunnskolelærerutdanningen : B. 1* (Bind B. 1). Kristiansand: Høyskoleforl.
- Ibili, E., Çat, M., Resnyansky, D., Sahin, S. & Billinghamurst, M. (2020). An Assessment of Geometry Teaching Supported with Augmented Reality Teaching Materials to Enhance Students' 3D Geometry Thinking Skills. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(2), 224-246. doi: 10.1080/0020739X.2019.1583382
- Jan, M.-F., Chee, Y. & Tan, E. (2010). Unpacking the design process in design-based research. I S. R. Goldman, J. Pellegrino, K. Gomez, L. Lyons & J. Radinsky (Red.), *Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences* (s. 470-471): International Society of the Learning Sciences.
- Kvale, S., Brinkmann, S., Anderssen, T. M. & Rygge, J. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju* (Interview[s] learning the craft of qualitative research interviewing, 3. utg. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Li, J., van der Spek, E., Hu, J. & Feijs, L. (2018). See Me Roar: On the Over-Positive, Cross-Cultural Response on an AR Game for Math Learning *Serious Games* (Bind 11243, s. 54-65). Cham: Springer International Publishing.
- 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. doi: 10.2307/1130467
- Nordahl, T., Helland, T., Lillejord, S. & Manger, T. (2009). *Livet i skolen : grunnbok i pedagogikk og elevkunnskap : 1* (Bind 1). Bergen: Fagbokforl.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. New York: The Guilford Press.
- Selwyn, N. (2016). *Education and technology : key issues and debates* (Second edition. utg.). London: Bloomsbury.
- Sfard, A. (2008). *Thinking as Communicating: Human Development, the Growth of Discourses, and Mathematizing* (Learning in doing). Cambridge: Cambridge: Cambridge University Press.












- Skaalvik, E. M. & Skaalvik, S. (2015). *Motivasjon for læring : teori og praksis*. Oslo: Universitetsforl.
- Skaalvik, E. M. & Skaalvik, S. (2018). *Skolen som læringsarena : selvoppfatning, motivasjon og læring* (Selvoppfatning, motivasjon og læringsmiljø, 3. utg. utg.). Oslo: Universitetsforl.
- Susilawati, W., Suryadi, D. & Dahlan, J. (2017). The Improvement of Mathematical Spatial Visualization Ability of Student through Cognitive Conflict. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 12, 155-166. doi: 10.29333/iejme/607
- Säljö, R. (2014). *Lärande i praktiken : ett sociokulturellt perspektiv* (3. uppl. utg.). Lund: Studentlitteratur.
- Säljö, R. & Moen, S. (2001). *Læring i praksis : et sosiokulturelt perspektiv* (Lärande i praktiken ett sociokulturellt perspektiv). Oslo: Cappelen akademisk.
- Säljö, R. & Moen, S. (2006). *Læring og kulturelle redskaper : om læreprosesser og den kollektive hukommelsen* (Lärande och kulturella redskap om lærprosesser och det kollektiva minnet). Oslo: Cappelen akademisk forl.
- Thagaard, T. (2018). *Systematikk og innlevelse : en innføring i kvalitative metoder* (5. utg. utg.). Bergen: Fagbokforl.
- Utdanningsdirektoratet. (2020a). *Læreplan i matematikk 1.–10. trinn (MAT01-05)*. Hentet fra <https://www.udir.no/lk20/mat01-05>
- Utdanningsdirektoratet. (2020b). *Læreplan i matematikk — Kompetansemål etter 9. trinn*. Hentet fra <https://www.udir.no/lk20/mat01-05/kompetansemaal-og-vurdering/kv15?lang=nob>
- Utdanningsdirektoratet. (2021). *Utdanningsspeilet 2021*. Hentet fra <https://www.udir.no/tall-og-forskning/publikasjoner/utdanningsspeilet/utdanningsspeilet-2021/digital-tilstand/>
- Vestøl, J. M., Lund, A. & Hauge, T. E. (2007). *Undervisning i endring : IKT, aktivitet, design*. Oslo: Abstrakt forl.
- Vygotskiï, L. S. (1978). *Mind in society : the development of higher psychological processes*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wai, J., Lubinski, D. & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of*

- Educational Psychology*, 101(4), 817-835. doi:  
10.1037/a0016127
- Wæge, K. & Nosrati, M. (2018). *Motivasjon i matematikk*. Oslo: Universitetsforl.
- Yegorina, D., Armstrong, I., Kravtsov, A., Merges, K. & Danhoff, C. (2021). Multi-user geometry and geography augmented reality applications for collaborative and gamified STEM learning in primary school. *Review of education (Oxford)*, 9(3), n/a. doi: 10.1002/rev3.3319
- Yilmaz, H. B. (2009). On the Development and Measurement of Spatial Ability. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1(2), 83-96.
- Yousef, A. M. F. (2021). Augmented Reality Assisted Learning Achievement, Motivation, and Creativity for Children of Low-Grade in Primary School. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 966-977.
- Zevenbergen, R. (2001). Language, social class and underachievement in school mathematics. I P. Gates (Red.), *Issues in mathematics teaching*. London: Routledge.








# Vedlegg

## Vedlegg 1: Oppgaveark QR-koder

### Prisme

	<b>Firkantet prisme 1</b>	<b>Firkantet prisme 2</b>	<b>Trekantet prisme 1</b>	<b>Trekantet prisme 2</b>
Overflate				
Volum				
Tekstoppgaver	<b>Tekstoppgave 1</b> 	<b>Tekstoppgave 2</b> 	<b>Ekstra utfordring overflate firkantet prisme</b> 	

### Sylinder

<b>Overflate</b>	<b>Overflate 1</b> 	<b>Overflate 2</b> 	<b>Ekstra utfordring overflate</b> 
<b>Volum</b>	<b>Volum 1</b> 	<b>Volum 2</b> 	
<b>Tekstoppgaver</b>	<b>Tekstoppgave 1</b> 	<b>Tekstoppgave 2</b> 	

## Vedlegg 2: Oppgaveark lenker

### Sylinder

<b>Overflate</b>	<a href="#">Overflate 1</a>	<a href="#">Overflate 2</a>	<a href="#">Ekstra utfordring overflate</a>
<b>Volum</b>	<a href="#">Volum 1</a>	<a href="#">Volum 2</a>	
<b>Tekstoppgaver</b>	<a href="#">Tekstoppgave 1</a>	<a href="#">Tekstoppgave 2</a>	

### Prisme

Overflate	<a href="#">Firkantet prisme 1</a>	<a href="#">Firkantet prisme 2</a>	<a href="#">Trekantet prisme 1</a>	<a href="#">Trekantet prisme 2</a>
Volum	<a href="#">Firkantet prisme 1</a>	<a href="#">Firkantet prisme 2</a>	<a href="#">Trekantet prisme 1</a>	<a href="#">Trekantet prisme 2</a>
Tekstoppgaver	<a href="#">Tekstoppgave 1</a>	<a href="#">Tekstoppgave 2</a>	<a href="#">Ekstra utfordring overflate, trekantet prisme</a>	

## Vedlegg 3: Fasit til oppgavene

### Fasit prisme

#### **Overflate:**

##### **Firkantet prisme 1:**

1350 cm<sup>2</sup>

##### **Firkantet prisme 2:**

30400 cm<sup>2</sup>

##### **Trekantet prisme 1:**

290 m<sup>2</sup>

##### **Trekantet prisme 2:**

324 cm<sup>2</sup>

#### **Volum:**

##### **Firkantet prisme 1:**

60 mm<sup>3</sup>

##### **Firkantet prisme 2:**

Grønn = 125 m<sup>3</sup>

Gul = 147 m<sup>3</sup>

### **Trekantet prisme 1:**

50 dm<sup>3</sup>

### **Trekantet prisme 2:**

Rød figur = 80 cm<sup>3</sup>

Grønn figur = 60 cm<sup>3</sup>.

## **Tekstoppgaver**

### **Tekstoppgave 1**

Volum «voksenbasseng» = 64 000 dm<sup>3</sup>

Antall liter vann «voksenbasseng» = 64 000 liter

Volum «barnebasseng» = 48 000 dm<sup>3</sup>

Antall liter vann «barnebasseng» = 48 000 liter

### **Tekstoppgave 2**

Volum = 0,864 m<sup>3</sup>

Overflate = 3,96 m<sup>2</sup>

### **Ekstra utfordring overflate, trekantet prisme**

Hypotenusen = 6,4 m

Overflaten = 81,6 m<sup>2</sup>

# Fasit sylinder

## Overflate

### **Overflate 1:**

245 cm<sup>2</sup>

### **Overflate 2:**

Ca. 393 m<sup>2</sup> skal males

### **Ekstra utfordring overflate:**

R = 5 mm

Arealet = 1732 mm<sup>2</sup>

## Volum

### **Volum 1:**

565,4866 avrundet til 565,5 cm<sup>3</sup>

### **Volum 2:**

211,8187 avrundet til 212 dm<sup>3</sup> = 212 liter

## Tekstoppgave

### **Tekstoppgave 1**

Gul overflate = 427 cm<sup>2</sup>

Rød overflate = 377 cm<sup>2</sup>



Gul volum = cirka 754 cm<sup>3</sup>

Rød volum = cirka 792 cm<sup>3</sup>

### **Tekstoppgave 2**

Radiusen kan være cirka 3,26 cm.

## Vedlegg 4: Samarbeidsoppgave

### Samarbeidsoppgave beskriv figuren

- Bruk en Ipad/PC på læringsparet.
- Forklar og gjett annenhver gang.
- Under ser dere hjelpeord som dere kan bruke om dere står fast.

QR-kode:



### Hjelpeord

- Endeflater
- Antall sideflater
- Formen på sideflatene
- Hvilke todimensjonale figurer består den tredimensjonale figuren av?
- Grunnflate

- Toppunkt
- Sentrum
- Radius
- Diameter
- Motstående sider

## Lærerveiledning «introduksjon geometriske figurer»

Dette er tenkte poeng, bruk det gjerne, men gjør akkurat det du tenker er best 😊

### Tenkte poenger med de ulike sidene i prestasjonen:

1. Gå gjennom de hva de husker evt. ser/kan knyttet til de ulike figurene.
  2. Få opp navnene på figurene.
  3. Ulike former for prismer: Få elevene til å diskutere om de ser hva som er felles for figurene, komme inn på definisjonen (kanskje de kommer frem til en uformell selv).
  4. Snakke om endeflater, hva kan være endeflater i et firkantet prisme og i et trekantet prisme? Legger grunnlaget for grunnflate som blir sentralt senere.
  5. Bruke som utgangspunkt for å vise hvordan regne overflate og volum av et prisme.
  6. Beregne volum og overflate av et sylinder, bruke det «åpne» sylindret for å vise hvilke former et sylinder består av. Kanskje ser noen at omkretsen til sirkelen bestemmer sidelengden til rektangelet? Snakke om endeflater her også.
- OBS! Opplever du at elevene syntes det er utfordrende med trekantet prisme, ville jeg gått gjennom en av oppgavene på oppgavearket til elevene.

QR-kode til introduksjonen:



## Vedlegg 6: Intervjuguide

Stikkord	Spørsmål
	<b>Innledende spørsmål</b>
	1. Hvor mange år har du jobbet som lærer?
	2. Hvilke fag har du? - Hvor mange studiepoeng har du i matematikk? - Har du studiepoeng knyttet til digital pedagogikk?
	3. Har du erfaring med bruk av utvidet virkelighet i undervisningssammenheng? - Evt. på privaten? - Har elevene noen erfaring med dette?
	<b>Nøkkelspørsmål</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brukervennlighet</li> <li>• Visualisering</li> </ul>	4. Hvilke erfaringer gjorde du deg med bruk av utvidet virkelighet som instruksjonsverktøy?
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivasjon</li> <li>• Arbeidslyst</li> <li>• Brukervennlighet</li> </ul>	5. Hvordan opplever du at elevene responderte på undervisningsopplegget?
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualisering</li> <li>• Selvbestemmelse</li> <li>• Autonomi</li> <li>• Autentiske oppgaver</li> </ul>	6. Hva tenker du om måten elevene får arbeidet med temaet på?
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisatoriske</li> <li>• Tekniske</li> </ul>	7. Opplevde du noen utfordringer knyttet til gjennomføringen?

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnskaps- og/eller ferdighetsutfordringer for elevene og/eller læreren</li> <li>• Forbedringer</li> <li>• Utvikling av egen praksis</li> </ul>	
	<b>Avrundingspørsmål</b>
	8. Foruten det du har sagt til nå, er det noe du vil tilføye?

## Vil du delta i forskningsprosjektet «Bruk av utvidet virkelighet i geometriundervisning»

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å vurdere utvidet virkelighets innvirkning på undervisning i geometri. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

### **Formål**

Formålet med prosjektet er å samle inn læreres erfaringer knyttet til bruk av blandet virkelighet i geometriundervisningen. Hovedfokuset vil ligge på faglig utbytte, elvenes motivasjon, romforståelse og tilbakemeldinger på utformingen av undervisningopplegget. Problemstillingen som skal utforskes er: «Hvilke refleksjoner gjør lærere seg om bruk av utvidet virkelighet i matematikkundervisningen». Studien er et masterprosjekt.

### **Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?**

Professor Bård Ketil Engen ved Oslomet Storbyuniversitetet er ansvarlig for prosjektet.

### **Hva innebærer det for deg å delta?**

Du skal som lærer observeres i gjennomføringen av undervisningsopplegget og intervjues i etterkant. I observasjonen vil fokuset være på det aktuelle læringsverktøyet.

Spørsmålene i intervjuet vil spørsmålene hovedsakelig om hvordan du som lærer opplevde å benytte utvidet virkelighet som undervisningsverktøy, samt hvordan du opplever at elevene arbeider med applikasjonen og deres motivasjon tilknyttet undervisningsopplegget. Intervjuet vil vare mellom 25 og 50 minutter og samtalen vil bli tatt opp ved hjelp av lydopptaker.

### **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

### **Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger**

Jeg vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Jeg behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det vil kun være forsker og veileder som får tilgang til innsamlet data. All data vil lagres skybasert på Oslomets lagringstjeneste. Personvern og anonymitet til respondenter vil ivaretas gjennom hele prosjektet.

### **Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?**

Opplysningene anonymiseres når prosjektet avsluttes/oppgaven er godkjent, noe som etter planen er 16.05.2022. Da vil lydopptakene av intervjuene slettes.

### **Hvor kan jeg finne ut mer?**

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med: Oslomet Storbyuniversitet ved Mathias Nystuen Lie ([s325207@oslomet.no](mailto:s325207@oslomet.no)). Veileder Bård Ketil Engen ([Bard-Ketil.Engen@oslomet.no](mailto:Bard-Ketil.Engen@oslomet.no)). Oslomets personvernombud Ingrid S. Jacobsen ([personvernombud@oslomet.no](mailto:personvernombud@oslomet.no)).

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

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

Med vennlig hilsen Mathias Nystuen Lie (Masterstudent)



---

---

## **Samtykkeerklæring**

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet bruk av utvidet virkelighet i geometriundervisning, 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 16.05.2022

---

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

## Vedlegg 8: Godkjenning fra NSD

### Vurdering

**Referansenummer**

580666

**Prosjekttittel**

Masteroppgave i digitalt støtte pedagogikk

**Behandlingsansvarlig institusjon**

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

**Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)**

Bård Ketil Engen, Bard-Ketil.Engen@oslomet.no, tlf: 67237115

**Type prosjekt**

Studentprosjekt, masterstudium

**Kontaktinformasjon, student**

Mathias Nystuen Lie, S325207@oslomet.no

**Prosjektperiode**

01.01.2022 - 16.05.2022

**Vurdering (1)**

---

**29.12.2021 - Vurdert**

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg 29.12.2021. 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://www.nsd.no/personverntjenester/fylle-ut-meldeskjema-for-personopplysninger/melde-endringer-i-meldeskjema> Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres. TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 16.05.2022. LOVLIG GRUNNLAG Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake. Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER NSD 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 informasjon om og samtykker til behandlingen - formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke behandles til nye, uforenlige formål - dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet - lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet DE REGISTRERTES RETTIGHETER Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20). NSD vurderer at informasjonen om behandlingen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13. Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned. FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32). Dersom du benytter en databehandler i prosjektet må behandlingen oppfylle kravene til bruk av databehandler, jf. art 28 og 29. For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og/eller rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon. OPPFØLGING AV PROSJEKTET NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet. Lykke til med prosjektet! Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

## Vedlegg 9: Risikoanalyse (ROS)

Risikovurdering av personopplysninger i masterprosjekt	
<b>Virksomhet:</b> OsloMet	<b>Fakultet:</b> GFU
<b>Student(er):</b> Mathias Nystuen Lie	<b>Veileder(e):</b> Bård Ketil Engen
<b>Hva slags personopplysninger skal behandles?</b> Intervjudata	<b>Hvordan oppbevares personopplysninger?</b> OsloMet skytjeneste

Se veiledning til utfylling på slutten av dette dokumentet.

Dette dokumentet er en bearbeidet versjon av en mal fra

<https://www.sikresiden.no/forebyggende/risikovurdering>

Forhold (uønsket hendelse) som er vurdert		Betydning for	Risikonivå (L,M,H)	Nødvendig med tiltak (Ja/Nei)									
Legg til de forhold som er vurdert. Hendelse 1 til 6 er eksempler som kan endres.		Sett kryss	Sannsynlighet (horisontalt) Konsekvens (vertikalt) Sett ett kryss.										
<b>1</b>	Rekruttering skjer på en måte som gjør at uvedkommende får vite hvem som er (aktuelle for å være) informanter (k)	<input checked="" type="checkbox"/> _X_Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _Integritet <input checked="" type="checkbox"/> _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>Yellow</td><td>Red</td><td>Red</td></tr> <tr><td>Green</td><td>Yellow</td><td>Red</td></tr> <tr><td>X</td><td>Green</td><td>Yellow</td></tr> </table>	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Red	X	Green	Yellow	Nei
Yellow	Red	Red											
Green	Yellow	Red											
X	Green	Yellow											
<b>2</b>	Det rekrutteres informanter som det er vanskelig å anonymisere uten å fortie relevant informasjon (for eksempel at man kjenner informantene godt fra før)	<input checked="" type="checkbox"/> _X_Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _Integritet <input type="checkbox"/> _Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>Yellow</td><td>Red</td><td>Red</td></tr> <tr><td>Green</td><td>Yellow</td><td>Red</td></tr> <tr><td>x</td><td>Green</td><td>Yellow</td></tr> </table>	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Red	x	Green	Yellow	Nei
Yellow	Red	Red											
Green	Yellow	Red											
x	Green	Yellow											
<b>3</b>	Utstyr- eller brukerfeil gjør at data ikke blir lagret eller blir lagret i for dårlig kvalitet	<input type="checkbox"/> _Konfidensialitet <input checked="" type="checkbox"/> _X_Integritet <input checked="" type="checkbox"/> _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>Yellow</td><td>Red</td><td>Red</td></tr> <tr><td>X</td><td>Yellow</td><td>Red</td></tr> <tr><td>Green</td><td>Green</td><td>Yellow</td></tr> </table>	Yellow	Red	Red	X	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Ja
Yellow	Red	Red											
X	Yellow	Red											
Green	Green	Yellow											

<b>4</b>	Håndskrevne notater blir mistet og kan bli tilgjengelige for uvedkommende	<input checked="" type="checkbox"/> _X_Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _X_Integritet <input type="checkbox"/> _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> </table>							X			Ja
X													
<b>5</b>	Data er utilgjengelig for studenten over en lengre periode	<input type="checkbox"/> _Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _Integritet <input type="checkbox"/> _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> </table>							X			Nei
X													
<b>6</b>	Dataene blir oppbevart på et så vanskelig sted at man tar snarveier og lagrer andre steder i stedet	<input checked="" type="checkbox"/> _X_Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _X_Integritet <input type="checkbox"/> _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Nei
X													
<b>7</b>	Sletting gjøres feil eller glemmes, så filer fortsatt eksisterer etter at de skulle ha vært slettet.	<input checked="" type="checkbox"/> _X_Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _Integritet <input type="checkbox"/> _Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Ja
X													
<b>8</b>	Student forsnakker seg i samtale med medstudenter/andre, så informanters identitet blir avslørt	<input checked="" type="checkbox"/> _X_Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _Integritet <input type="checkbox"/> _Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Nei
X													
<b>9</b>	Masteroppgaven/dataene blir lagret et sted som ikke har backup om pcen går i stykker (eller alt til OsloMet krasjer og dør)	<input checked="" type="checkbox"/> _Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _Integritet <input type="checkbox"/> _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Ja
X													
<b>10</b>	Møter kjentfolk under datainnsamling	<input checked="" type="checkbox"/> _X_Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _Integritet <input type="checkbox"/> _Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>X</td><td></td></tr> </table>								X		Nei
	X												
<b>11</b>	Det gis for mye bakgrunnsinformasjon om informantene, slik at de (sett i lys av utvalgsriteriene) kan gjenkjennes av lesere.	<input checked="" type="checkbox"/> _X_Konfidensialitet <input type="checkbox"/> _Integritet <input type="checkbox"/> _Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>				X						Nei
X													

12	Mister oversikten over hvilke data som tilhører hvilken informant, som gjør analysen dårligere og gjør at hele datamaterialet må slettes hvis en person trekker seg	__Konfidensialitet __Integritet _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Ja
X													
13	Dataene blir ødelagt etter intervju – før analyse	__Konfidensialitet __Integritet _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Ja
X													
14	Utstyr med feil nivå av sikkerhet blir brukt	_X_Konfidensialitet __Integritet _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Nei
X													
15	Tap, tyveri eller ødeleggelse (som virus/hack) av fil lagret på bærbart utstyr	_X_Konfidensialitet __Integritet _X_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Ja
X													
16	Vedlegg er ikke tilstrekkelig anonymisert (For eksempel samtykkeskjema)	_X_Konfidensialitet __Integritet __Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Nei
X													
17	Informanter trekker seg	__Konfidensialitet __Integritet _x_Tilgjengelighet	<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	X									Ja
X													

Beskrivelse av tiltak <i>(I prioritert rekkefølge. Føy til flere linjer ved behov)</i>		Ref. linjenummer over	Betydning/Kommentar
1	Alltid teste datahåndteringsprogram før bruk	3	
2	Scanne håndskrevne notater og lagre på ekstern harddisk	4	
3	Huske å slette i det oppgave er godkjent	7	

<b>4</b>	Lagre alltid i onedrive/sky	9	
<b>5</b>	Skille mellom studentene fra start og bruke samme pseudonym hele veien. Bruke ekstern og godkjent harddisk som sikkerhet	12	
<b>6</b>	Transkribere så fort som mulig, og lagre på ekstern harddisk eller i sky	13	
<b>7</b>	Transkribere så fort som mulig, og på flere steder (eksternt)	15	
<b>8</b>	Endre informanter til lærerstudenter eller lærere	17	
<b>9</b>			
<b>10</b>			

## Veiledning for enkel risikovurdering av personopplysninger

Før personopplysninger behandles skal du foreta en risikovurdering.

På grunnlag av risikovurderingen skal du iverksette sikringstiltak som sørger for at opplysningene er godt nok beskyttet.

Risikovurderinger av informasjonssikkerheten handler om to ting:

- å identifisere hendelser som kan føre til at personopplysninger blir utsatt for brudd på:
  - **Konfidensialitet:** uvedkommende får tilgang til personopplysninger
  - **Integritet:** uønsket endring, sletting eller manipulering av personopplysninger og
  - **Tilgjengelighet:** sikre brukere tilgang til personopplysninger når de har behov for det.
- å vurdere sannsynlighet og konsekvens ved at hendelsen inntreffer som:
  - lav
  - moderat
  - høy

I kolonnen for risikonivå settes ett kryss ruten som angir hendelsens konsekvens og sannsynlighet:

Konsekvens	Høy		X	
	Moderat			
	Lav			
		Lav	Moderat	Høy
		Sannsynlighet		

Man kommer da frem til risikonivået for hendelsen: Lav (grønn), Moderat (gul) og Høy (rød).



Hvis risikonivået er høyt må man alltid sette inn tiltak. Dette kan vurderes hvis nivået er moderat.

Både tilsiktede (hacking, virus etc.) og utilsiktede hendelser (teknisk og menneskelige feil) må tas med i vurderingen.

Dette er eksempler på faktorer med betydning for risikovurderingen:

- type opplysning (f.eks. om det er sensitive personopplysninger)
- grad av personidentifisering (direkte eller indirekte personopplysninger)
- antall registrerte
- oppbevaringstid
- den tekniske sikkerheten til systemet eller tjenesten som brukes
- kvaliteten på driften av den digitale tjenesten med underliggende systemer, for eksempel:
  - sikkerhet hos driftsleverandør og eventuelle underleverandører
  - datalokasjon

Etter at risikovurderinger er gjennomført skal det iverksettes sikringstiltak som forebygger hendelser med uakseptabel høy risiko. Tiltakene kan være tekniske, organisatoriske eller menneskelige.

## Vedlegg 10: Observasjonsskjema

Fokus: Elevenes opplevelse av å bruke AR som arbeidsverktøy, virker de motiverte, er det utfordrende å bruke appen osv.?

Observasjon	Tolkning
<b>Motivasjon</b>	
<b>Tekniske aspekter</b>	

<b>Faglige aspekter</b>	
<b>Annet</b>	