

# MASTEROPPGAVE

Elevers matematikkfaglige samtaler i arbeid med en  
programmerbar robotball

Students' mathematical conversations while working with a  
programmable robot

**Kristine Røgelstad**

Master i undervisningsvitenskap med fordypning i matematikk

Fakultet for lærerutdanning, kultur og idrett (FLKI)

Veileder: Rune Herheim

1. juni 2021

## Forord

Etter å ha fullført denne masteroppgaven sitter jeg igjen med blandende følelser. Å levere denne oppgaven symboliserer slutten på en fantastisk femårig studieperiode, men ikke minst også starten på et nytt og spennende kapittel der jeg skal tre inn i læreryrket. Å skrive en masteroppgave som dette har vært krevende, men også en givende og lærerik prosess. Det har gitt meg mestringsopplevelser og verdifulle erfaringer, som jeg vil ta med meg videre. Jeg er spesielt stolt over å ha klart å gjennomføre et slikt forskningsprosjekt midt i en pandemi, hvor tiden har vært preget av usikkerhet, perioder med hjemmekontor og begrenset sosial kontakt. Det er mange som har bidratt på denne reisen, som jeg ønsker å takke.

Jeg vil først og fremst rette en stor takk til skolen, lærerne og elevene som ønsket å være med på dette forskningsprosjektet. Uten dem hadde ikke dette vært mulig å gjennomføre.

Jeg vil også takke veilederen min Rune Herheim, som har fulgt meg gjennom hele prosjektet, kommet med konstruktive innspill, og vært til uvurderlig stor hjelp i denne prosessen. Videre vil jeg takke Tamsin Meaney leder av LATACME, som har ordnet med søknader til NSD og lånt ut nødvendig utstyr til datainnsamlingen.

Det å ha hatt studievenninner som også har vært i samme situasjon, og som jeg har kunnet dele både glede og frustrasjon med, har vært en stor berikelse for denne perioden. Jeg ønsker spesielt å takke min studievenninne Emilie Andal, som jeg først planla å gjennomføre datainnsamlingen med, og som har bidratt i noe av utformingen av undervisningsoppleggene som er blitt brukt.

Helt til slutt vil jeg også takke familien min som har hatt troen på meg hele veien, og som har vært gode psykiske støttespillere. En særlig stor takk rettes til min mor som også har engasjert seg i masteroppgaven min og hjulpet til med korrekturlesning.

1. Juni, 2021

Kristine

## Sammendrag

Innføringen av den nye læreplanen har ført med seg endringer og nye fokus som skal være mer kompatible med samfunnsutviklingen. Blant disse er programmering blitt inkludert som en del av matematikkfaget, og blir omtalt som en viktig ferdighet for det 21. århundre. Flere forskere peker imidlertid på manglende forskning om hvordan dette kan påvirke elevenes læring i matematikkfaget. I tillegg til programmering er det også blitt et økende fokus på elevers kommunikasjon og viktigheten av at de skal kunne delta i matematikkfaglige samtaler. På bakgrunn av dette, samt studier som etterlyser mer kunnskap om programmering i skolen, er følgende problemstilling blitt adressert: *Hvilket potensial har bruk av en programmerbar robotball til å legge til rette for matematikkfaglige samtaler på mellomtrinnet?*

For å belyse denne problemstillingen er det blitt gjennomført en casestudie over to undervisningsøkter med elever på 6. og 7. trinn. Det ble videre tatt videoopptak av seks elever fordelt på to grupper, i arbeid med programmeringsverktøyet Sphero-ball. Anna Sfard (2007) sitt kognitivt rammeverk med utgangspunkt i de fire diskursive kategoriene, har blitt brukt til å studere elevenes interaksjoner. På denne måten har det vært mulig å studere og si noe om hvordan Sphero-ballen har vært delaktig i utviklingen av elevenes matematikkfaglige samtaler.

Basert på analysen blir det trukket frem til tre aspekter ved robotens potensial som kan legge til rette for elevenes matematikkfaglige samtaler; At Sphero-ballen tilbyr og legger til rette for flere visuelle mediatorer, at den kan gi elevene praktiske og virkelignende erfaringer og at roboten kan ta rollen som den mer kunnskapsrike andre.

Flere forskere peker på at det å jobbe med roboter i matematikkundervisningen i seg selv ikke er en mirakelkur, men at undervisningsopplegget og rammene rundt er av stor betydning. Oppgavens hensikt var dermed å kartlegge og belyse noe av potensialet Sphero-ballen kan ha for å legge til rette for elevenes matematikkfaglige samtaler. Å kjenne til hvilke muligheter som kan ligge i et slikt programmeringsverktøy, kan hjelpe lærere med å utforme undervisningsopplegg og gjøre grep som kan dra nytte av disse. Sphero-ballen har trekk fra både skjerm- og robotprogrammering, som gjør at noen av funnene for denne studien også trolig kan ha nytteverdi ved bruk av andre programmeringsverktøy.

## Abstract

The implementation of the new subject curriculum has resulted in several changes that are be more compatible with the social development. Among them, programming is one of the new topics. It is included as part of the mathematical education and considered an important skill of the 21-century. Still, several researchers mention a gap in the research on how this can affect students' learning in mathematics. Along with programming there has also been given more attention to students' communication, and their abilities to contribute in mathematical conversations. In light of this, the following research question has been addressed: *What potential does a programmable robot have to facilitate mathematical conversations in primary school?*

To investigate this research question, a case study was conducted. It was based on two teaching sessions with students from grade 6 and 7. Further, six students, distributed in two groups, were videotaped while working with the programming tool Sphero ball. Anna Sfard's (2007) commognitive framework, with the basis of the four discursive elements, was used to analyse the students' interactions. This made it possible to examine the contribution of the Sphero ball's role in students' production of mathematical narratives.

Based on the analysis, three aspects of the robot's potential have been found: The Sphero ball's offering and facilitating of several visual mediators, its ability to give students practical and real-life experiences, and its potential to take the role as the more knowledgeable other.

As researchers have stressed, working with a robot in mathematical education is not a key to success by itself. The teaching design and the context of learning is of big importance. The intention of this study was therefore to investigate the potential the Sphero ball can have to facilitate students' mathematical conversations. To know what possibilities a programming tool like this can have, can help teachers to develop mathematical tasks that takes advantage of these possibilities. The Sphero ball also has similarities to both screen- and robot programming, which probably also make these findings in some way relevant for the use of other programming tools.

## Innhold

Forord.....	i
Sammendrag.....	ii
Abstract .....	iii
Figurliste .....	vi
1.0 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for valg av tema .....	1
1.2 Formål og problemstilling .....	3
1.3 Programmering.....	4
1.3.1 Blokkbasert programmering.....	5
1.3.2 Sphero-ball .....	6
1.4 En del av et større forskningsprosjekt .....	9
1.5 Oppgavens struktur.....	10
2.0 Teori .....	12
2.1 Kommognisjon .....	12
2.1.1 De fire diskursive kategoriene.....	13
2.1.2 Læring som utvikling av diskurs .....	15
2.1.3 Refleksjoner knyttet til bruk av kommognisjon som rammeverk .....	16
3.0 Tidligere forskning .....	18
3.1 Digitale verktøy og programmering i skolen.....	18
3.2 Programmering i skolen ved bruk av roboter .....	20
3.3 Sphero-ball og matematikklæring .....	23
4.0 Metode.....	26
4.1 Forskningsdesign.....	26
4.2 Datainnsamling.....	27
4.2.1 Den opprinnelige planen.....	27
4.2.2 Utvalg og kontekst.....	27
4.3 Dokumentasjon av datainnsamlingen.....	28
4.3.1 Video- og skjermopptak .....	29
4.3.2 Intervju .....	30
4.3.3 Observasjonsrolle .....	30
4.4 Forarbeid .....	31
4.4.1 Praktiske forberedelser og utstyrssjekk .....	32
4.4.2 Utforming og testing av undervisningsoppleggene .....	33
4.5 Utforming og beskrivelse av oppgavene .....	36
4.5.1 Arealoppgaven.....	36

4.5.2 Golf.....	36
4.6 Analysearbeid.....	38
4.6.1 Kommognisjon som analytisk rammeverk.....	39
4.7 Forskningskvalitet .....	40
4.8 Etske hensyn.....	42
5.0 Analyse.....	44
5.1 Areal av en firkant.....	44
5.1.1 Bruk av ord.....	48
5.1.2 De visuelle mediatorene muliggjør nye rutiner .....	49
5.1.3 Visuelle mediatorers rolle i produksjon av narrativ .....	50
5.1.4 Areal av en firkant - Oppsummering .....	50
5.2 Halvparten så stort areal .....	51
5.2.1 Sphero-ballen som den mer kunnskapsrike andre .....	53
5.3 Dobbelt så stort areal.....	54
5.3.1 Bruk av visuelle mediatorer til å utlede regler på objektnivå.....	56
5.4 Golf.....	57
5.4.1 Visuelle mediatorer og umiddelbar respons .....	58
5.4.2 Rutiner: Vurdering av forsøkets gyldighet.....	59
5.4.3 Praktiske og virkelighetsnære erfaringer.....	60
5.5 Utfordringer knyttet til arbeid med Sphero-ball.....	61
6.1 Tre aspekter ved robotballen som har potensial til å legge til rette for matematikkfaglige samtaler .....	64
6.1.1 Et mangfold av visuelle mediatorer.....	65
6.1.2 Virkelighetsnære og praktiske erfaringer .....	66
6.1.3 Sphero-ballen som den mer kunnskapsrike andre .....	68
6.2 Undervisningsmessige implikasjoner.....	70
6.2.1 Praktiske implikasjoner .....	71
6.2.2 Implikasjoner ved utforming av oppgaver.....	72
6.3 Et kritisk blikk og videre forskning.....	73
Referanseliste .....	75
Vedlegg .....	81
Vedlegg 1 – introduksjonsoppgave .....	81
Vedlegg 2 – oppgaveark undervisningsøkt 1 .....	82
Vedlegg 4 – oppgaveark golf .....	84
Vedlegg 5 – golf oppgaveark, bakside.....	85
Vedlegg 6 – intervjuguide .....	86

## Figurliste

Figur 1: Blokkbasert programkode .....	6
Figur 2: Tekstbasert programkode .....	6
Figur 3: Sphero-ball .....	6
Figur 4: SpheroEdu-appen .....	7
Figur 5: Gradesirkel .....	8
Figur 6: Sensordata.....	8
Figur 7: Aiming.....	9
Figur 8: Arealoppgaven .....	36
Figur 10: Golfoppgaven .....	37
Figur 9: Golfbanen .....	37
Figur 11: Analysemodell .....	40
Figur 12 : Programkoden til firkanten .....	45
Figur 13 : Sensordataen til firkanten .....	45
Figur 14 : Kladdeark.....	45
Figur 15 : Oppmerket kjørebane .....	47
Figur 16: Programkode, 1. forsøk.....	52
Figur 17 : Programkode, 2. forsøk.....	52
Figur 18 : Sensordata, 1. forsøk.....	52
Figur 19 : Sensordata, 2. forsøk.....	52
Figur 20 : Oppmerkede kjørebaner .....	52
Figur 21 : Programkoden til firkanten med dobbelt så stort areal.....	54
Figur 22: Golfrute, oppgave 1. b) .....	57
Figur 23: Gradesirkelen som kommer opp når elevene skal stille inn retning i programkoden .....	57

## 1.0 Innledning

Denne masteroppgaven omhandler elevers matematikkfaglige samtaler i arbeid med en programmerbar robotball. I dette innledningskapittelet vil bakgrunnen for valg av tema, oppgavens formål og problemstilling bli presentert. Videre vil jeg ta for meg sentrale begrep innenfor programmering, og gi en oversikt over programmeringsverktøyet som er benyttet i denne studien. Til slutt vil det bli gitt en presentasjon av det overordnede forskningsprosjektet som denne masteroppgaven er en del av, og en oversikt over struktur og innhold i de følgende kapitlene.

### 1.1 Bakgrunn for valg av tema

Tilbake på 80-tallet måtte man for å lære å bruke en datamaskin, også lære hvordan man programmerte den (Rushkoff, 2010). I dag er situasjonen imidlertid en helt annen, hvor teknologien er mye mer tilgjengelig og har blitt en integrert del av hverdagen. Man trenger ikke lenger ha kunnskap om programmering for å kunne bruke en mobil eller en datamaskin. I NOU-rapporten 2013: 2 *Hindre for digital verdiskaping* (2013, s. 104), blir det uttrykt en bekymring for at manglende fokus på programmering i skolen, ville kunne begrense den fremtidige generasjonen til konsumenter, fremfor skapere av digitalt innhold og tjenester. Programmering blir videre løftet frem som en viktig og nødvendig ferdighet i det digitaliserte samfunnet. Rushkoff (2010) argumenterer i boken sin *Program or be programmed*, for at de som besitter kunnskap om teknologi og programmering, har større muligheter til å være med på å forme og utvikle en heldigitalisert verden.

Innføringen av den nye læreplanen har ført med seg endringer og nye fokus som skal være mer kompatible med samfunnsutviklingen, og bedre egnet til å ruste elevene mot fremtidens behov for kompetanse og ferdigheter. I NOU-rapporten 2020: 2 *Fremtidige kompetansebehov III* (2020, s. 45) blir digitale ferdigheter løftet frem, og har fått en mye tydeligere plass i den nye læreplanen. I stortingsmelding 28 blir det presisert at elever ikke bare skal lære å bruke IKT, men også få en forståelse for, og kunne skape digitalt innhold (Kunnskapsdepartementet, 2016, s. 32). Blant de nye tilskuddene i læreplanen er programmering og algoritmisk tenkning inkludert, og blir omtalt som viktige ferdigheter for det 21. århundret (Kjerneelementgruppen for matematikk, 2017). Dette gjelder også internasjonalt, hvor Norge føyer seg i rekken blant flere andre europeiske land som har inkludert dette i skolen. Det er imidlertid ulikt hvordan landene har valgt å implementere programmering. Noen land har for eksempel valgt å inkludere programmering som et eget fag i skolen, mens det i Norge er blitt inkludert som en del av



matematikkfaget (Bocconi, Chiocciariello, & Earp, 2018). Forsström og Afdal (2020) hevder imidlertid at det mangler forskningsmessig belegg for å inkludere programmering som en del av matematikkundervisningen, og peker på at man har for lite kunnskap om hvordan dette påvirker elevenes læring.

Van Laar, Van Deursen, Van Dijk og De Haan (2017) peker på at viktige ferdigheter for det 21. århundret ikke bare begrenser seg til digitale ferdigheter, men også inkluderer blant annet kommunikasjon og samarbeid. Dette er også noe som gjenspeiles i den nye læreplanen som har lagt vekt på samarbeid og at elevene skal kunne samtale om matematikk. I tillegg til å bli regnet som en grunnleggende ferdighet, har kommunikasjon også blitt en del av kjerneelementene i matematikk, og blir beskrevet på følgende måte: «Kommunikasjon i matematikk handler om at elevene bruker matematisk språk i samtaler, argumentasjon og resonneringer» (Utdanningsdirektoratet, 2020b, s. 3). I en video fra utdanningsdirektoratet (2020a) blir de viktigste endringene som har skjedd i matematikkfaget oppsummert. Her trekker de blant annet frem verdien av matematiske samtaler: «Vi har en ambisjon om at elever skal snakke mer matematikk, fordi dette bidrar til bedre forståelse i faget» (02:13-02:20). Matematikkfaglige samtaler blir altså knyttet opp mot, og omtalt som verdifullt for elevenes læring i matematikk. Utdanningsdirektoratet trekker også frem at elevene trenger et godt begrepsapparat og at de må kunne få mulighet til å argumentere, resonnerere og vurdere om svarene deres er riktige. Det økende fokuset på matematikkfaglige samtaler kommer ytterligere til syne i nye lærebøker som tar for seg dette temaet (se feks. Johnsen-Høines & Herheim, 2016; Nilssen & Høyenes, 2020; Kazemi, Hintz, Birkeland & Jørgenssen, 2019).

Forsström og Kaufmann (2018) fremmer et behov for studier som setter elevens kollektive læringsprosess i sentrum. De peker på at man for å få en bedre forståelse for potensialet programmering kan ha for elevenes læring, må man se på læring som en kollektiv prosess. Dette innebærer å studere elevenes samtaler, lærerens rolle, samt programmeringsverktøyet som blir tatt i bruk. Dette kan videre gi verdifull informasjon om hvilken rolle programmering kan spille i matematikkundervisningen. Å undersøke hvilket potensial programmering kan ha for matematikkundervisningen er også blitt løftet frem av andre forskere (se feks. Misfeldt & Ejsing-Duun, 2015; Zhong & Xia, 2020). Forsström og Kaufmann (2018) vektlegger betydningen av at lærere får nødvendig kunnskap til hvordan man kan implementere programmering i undervisningen på en hensiktsmessig måte. Dette er i tråd med Zhong og Xia (2020) som peker på at manglende empirisk forskning på bruk av roboter i matematikkundervisningen, kan føre til at potensialet i programmeringsverktøyene ikke blir

fullt utnyttet. De peker videre på at dersom lærere ikke klarer å se potensialet som ligger i robotene, eller har god nok kunnskap om hvordan de kan utnytte det, kan dette gå ut over læringseffekten til elevene.

## 1.2 Formål og problemstilling

Siden programmering er blitt inkludert i skolen, er det nødvendig at lærere også får kompetanse på dette område. Som snart ferdig nyutdannet lærer ønsket jeg å fordype meg i dette temaet. Jeg var nysgjerrig på om og i tilfelle hvordan programmering ved bruk av roboter kan berike matematikkundervisningen. Som tidligere nevnt blir det etterspurt mer empiri på bruk av roboters potensial i matematikkundervisningen, samt forskning som setter elevenes kollektive læringsprosess i sentrum. Med dette som bakteppe ønsket jeg å kartlegge noe av potensialet som kan ligge i bruk av en programmerbar robotball når elevene arbeider i små grupper i matematikkundervisningen. Programmering i skolen er et relativt ungt forskningsfelt, noe som kan gjenspeiles i mengde forskning som finnes på område (Forsstöm & Kaufmann, 2018). Oppgavens hensikt er dermed å kunne bidra til økt kunnskap på forskningsfeltet, gjennom å belyse hvordan man kan bruke en programmerbar robotball i matematikkundervisningen, og hvilke muligheter dette kan gi til å legge til rette for matematikkfaglige samtaler. Hensikten med oppgaven er ytterligere å gi økt kunnskap til lærere, om hvordan man kan dra nytte av potensialet som ligger i programmeringsverktøyet. Med dette til grunn adresseres følgende problemstilling:

*Hvilket potensial har bruk av en programmerbar robotball til å legge til rette for matematikkfaglige samtaler på mellomtrinnet?*

På bakgrunn av denne problemstillingen er det blitt gjennomført en kvalitativ studie, der jeg har studert et lite utvalg elevers kommunikasjon i arbeid med programmeringsverktøyet Sphero-ball. Sphero-ball er en appstyrt robot, som det i denne datainnsamlingen har blitt programmert ved bruk av et blokkbasert programmeringsspråk på nettbrett. Oppgaven er basert på et deltakerperspektiv, hvor læring blir sett på som en kollektiv prosess der ulike språkformer er sentrale virkemidler. Å være deltagende i matematiske samtaler gir elevene mulighet til å dele strategier, argumentere og resonnerer ved hjelp av, og i samspill med andre elever, som danner en gunstig grobunn for elevenes læring (Sfard, 2006). Videre har jeg valgt å studere elevenes kommunikasjon ved hjelp av Anna Sfard (2007, 2008) sitt kognitivt rammeverk

for å få innsikt problemstillingen. Fokuset er i all hovedsak rettet mot det å legge til rette for matematikkfaglige samtaler. Det gir også noen steder grunnlag for å knytte samtaler opp mot læring, og til å si noe om hvordan Sphero-ballen kan hjelpe elevene til å lære matematiske konsepter innenfor geometri. Oppgaven har derfor først og fremst et elevperspektiv, siden elevenes kollektive læringsprosesser blir satt i sentrum, og hvor det blir undersøkt hvordan Sphero-ballen kan legge til rette for og støtte elevenes matematikkfaglige samtaler. Med robotens potensial, menes aspekter og egenskaper ved roboten og bruken av den, som kan legge til rette for elevenes matematikkfaglige samtaler. Av hensyn til oppgavens omfang har jeg valgt å utelukke aspekter knyttet til motivasjon, da dette i seg selv er et stort og omfattende tema.

Med matematiske samtaler henvises det til det Sfard (2007, 2008) kaller for *narrativ*, som er beskrivelser av matematiske objekter, relasjoner mellom dem og prosesser tilknyttet dem. Dette innebærer altså elevenes argumenter, resonneringer og vurderinger knyttet til blant annet løsninger av matematikkoppgaver, samtaler om når og hvordan man skal bruke en fremgangsmåte, og vurderinger knyttet til om svaret de har kommet frem til er riktig. Det handler også om samtaler om matematiske begrep og matematiske sammenhenger. Det dreier seg altså enkelt forklart om samtaler som har et matematikkfaglig fokus.

### 1.3 Programmering

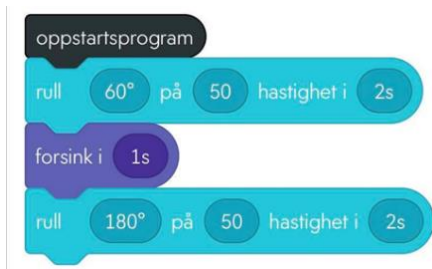
Idéen om programmering som et læringsfremmede middel, kom allerede på slutten av 60-tallet med Papert (se f.eks. 1980). Han benyttet programmeringsverktøyet LOGO, hvor elevene skulle styre bevegelsene til en skilpadde på dataskjermen. Papert (1980) hadde tro på at man ved hjelp av programmering kunne skape et læringsmiljø som både motiverte og tilrettela for at de matematiske konseptene skulle bli mer tilgjengelige for elevene (s.145). På 80-tallet fikk programmering sterkere fotfeste i skolen, og det ble gjennomført diverse utprøvinger. Inkluderingen av programmering i skolen ble på den tiden imidlertid ikke like banebrytende for pedagogikken som kanskje mange hadde trodd (Sevik et al., 2016). Papert kan kanskje sies å være forut for sin tid, med tanke på at pc-er den gangen var både mindre tilgjengelige og brukervennlige. Dessuten har også måten undervisningen gjennomføres på også endret seg, hvor det i dag er stort fokus på at elevene skal være aktive i egen læring og det blir lagt vekt på dybdelæring og på å jobbe tverrfaglig gjennom for eksempel prosjektarbeid (Utdanningsdirektoratet, 2020b).

Forsström og Kaufmann (2018, s. 19) definerer programmering som “the process related to the development and implementation of instructions for computer programs so the computer can perform specific tasks, solve problems, and support human interactions”. Programmering dreier seg altså ikke bare om å skrive instruksjoner på et språk som en datamaskin kan forstå, men også om prosessene som har tilknytning til selve aktiviteten. Det vil si prosesser som å identifisere et problem, tenke ut mulige løsninger og kunne feilsøke og forbedre en programkode (Forsström & Kaufmann, 2018; Sevik et al., 2016).

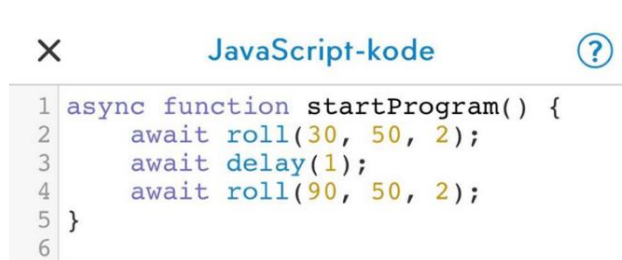
Programmering er knyttet tett opp mot *algoritmisk tenkning* som er inkludert under kjerneelementet *utforskning og problemløsning* i den nye læreplanen (Utdanningsdirektoratet, 2020b). Algoritmisk tenkning er en norsk oversettelse av det engelske begrepet *computational thinking* relansert av Wing (2006), og kan ses på som en problemløsningsstrategi hvor elevene går systematisk til verks og klarer å dele komplekse problem inn i mindre, og mer håndterlige bestanddeler. Kjernen i algoritmisk tenkning handler om å kunne tenke som en informatiker, der man må vurdere steg for steg hva som skal til for å løse et problem (Utdanningsdirektoratet, 2019). Programmering blir omtalt av kjerneelementgruppen for matematikk (2017) som en måte å gi liv til algoritmisk tenkning. Ifølge Nygård (2018, s. 8) har begrepene programmering, algoritmisk tenkning og koding en nært tilknytning og kan lett forveksles med hverandre. Hun presiserer at *koding* dreier seg om selve aktiviteten med å lage programkoder, og dermed inngår som en del av programmeringsprosessen. Programmeringsbegrepet er imidlertid bredere og inkluderer også abstraksjon, evaluering, problemanalyse og planlegging av hvordan kodene skal skrives. Dette er videre viktige nøkkelkomponenter og arbeidsmåter som kjennetegner algoritmisk tenkning (Utdanningsdirektoratet, 2019).

### 1.3.1 Blokkbasert programmering

Det finnes en rekke forskjellige programmeringsspråk med ulike egenskaper, som blant annet *JavaScript*, *Python*, *Scratch* og *LOGO*. Man skiller gjerne mellom blokkbasert og tekstbasert programmering, som dreier seg om programkodene blir laget i form av tekst eller blokker. Blokkbasert programmering er med andre ord en forenkling av tekstbasert programmering, hvor man kan benytte seg av ferdige blokker som utfører bestemte handlinger. Figur 1 og 2, er et eksempel på samme programkode, men i to forskjellige former; blokk- og tekstbasert.



Figur 1: Blokkbasert programkode



Figur 2: Tekstbasert programkode

For å lage en programkode må man sette sammen flere blokker etter hverandre. Dette kan man sammenligne med bygging av lego-klosser, hvor klossene settes sammen for å lage det ønskede produktet. Haraldsrud, Sveinsson og Løvold (2020, s. 87) peker på at en av fordelene med blokkbasert programmering er at man slipper å fokusere på syntaks og detaljer, som for mange kan oppleves som krevende i starten. Blokkbasert programmering kan dermed brukes som et pedagogisk verktøy til å lære de grunnleggende prinsippene for programmering og algoritmisk tenkning. Bueie (2019 s. 27) påpeker at det kan være naturlig å benytte blokkbasert programmering på de lavere trinnene og heller benytte seg av tekstbasert programmering på ungdom- og videregående skole. I denne masteroppgaven er det blitt benyttet blokkbasert programmering gjennom programmeringsverktøyet Sphero-ball.

### 1.3.2 Sphero-ball

For å kunne kartlegge aspekter ved Sphero-ballens potensial er det først nødvendig å gi en beskrivelse av hva en Sphero-ball er, og hvordan man kan programmere denne ved hjelp av et blokkbasert programmeringsspråk på den tilhørende appen *SpheroEdu*. Her vil jeg ta for meg det viktigste som er nødvendig å vite for å kunne forstå hva elevene har arbeidet med i metode og analysekapitlene. For ytterligere informasjon kan man besøke nettsiden til selskapet Sphero Inc (<https://sphero.com/>).

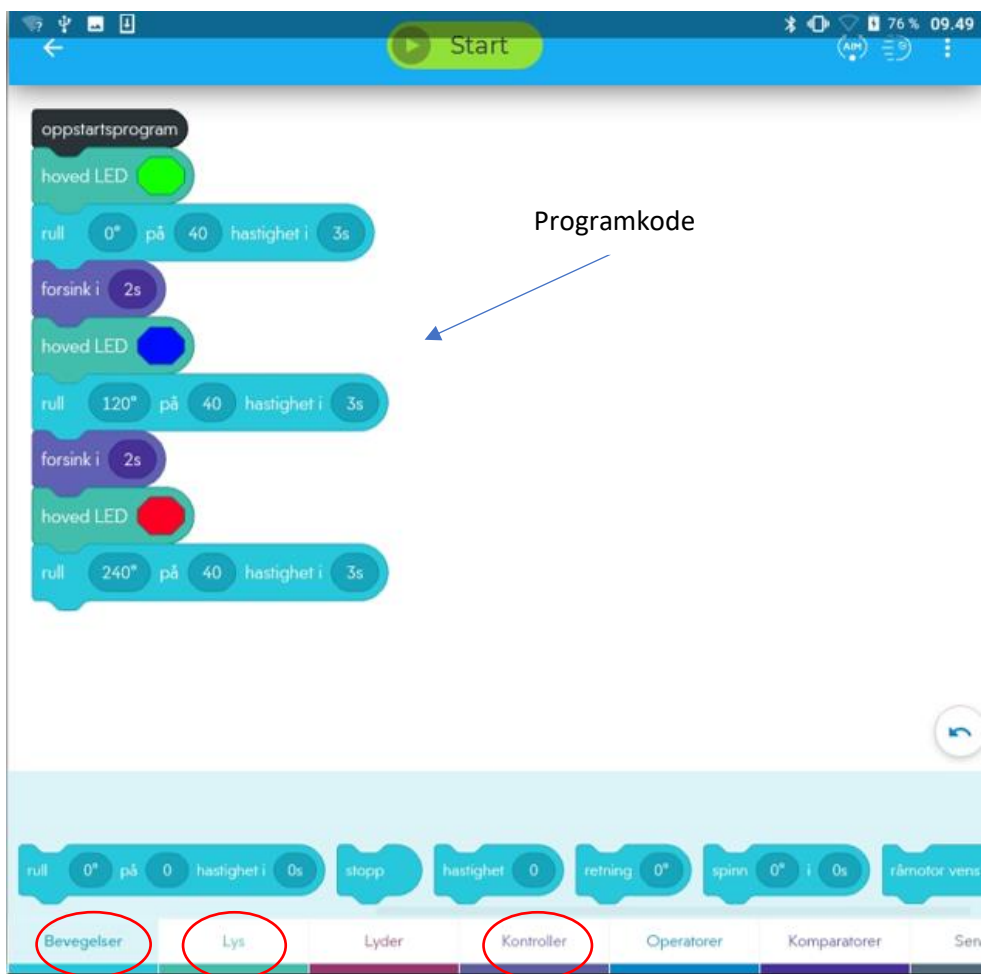
Sphero-ball er en programmerbar kuleformet robot (se figur 3) som er litt større enn en tennisball. Roboten styres gjennom en app, *SpheroEdu*, på en digital enhet gjennom en bluetooth forbindelse. Den kommer i ulike modeller, der det i denne studien er benyttet modellen *Sphero Bolt*. Motoren er beskyttet av en gjennomsiktig kapsel, som gjør at man kan få innsikt i Sphero-ballens oppbygning og hvordan den fungerer. Sphero-ball og den tilhørende appen *SpheroEdu*, er designet til pedagogiske formål for at barn og unge på en enkel



Figur 3: Sphero-ball

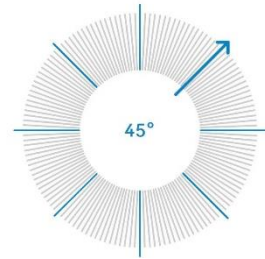
og morsom måte skal kunne få erfaring med og lære seg å programmere (Sphero Inc. u.å). I appen kan man velge mellom programmering ved bruk av tegning, blokker eller tekst. Dette gjør den relevant for flere alderstrinn og ulike nivå. Dersom man arbeider med blokker kan man også oversette programkoden til tekstbasert på programmeringsspråket JavaScript som vist på figur 1 og 2. Siden det er blokkbasert programmering som er benyttet i denne masteroppgaven, er det denne delen av appen jeg videre vil gå nærmere inn på.

Figur 4 er et skjermtutklipp fra appen SpheroEdu, der man programmerer bevegelsene til roboten. For å lage en programkode må man dra inn blokker fra nederst på skjermen og sette dem etter hverandre på den svarte blokken som det står *oppstartsprogram* på. Helt nederst på skjermen på figur 4 finner man en menylinje for ulike typer blokker kategorisert etter hvilke egenskaper de har. Oppgavene som elevene ble satt til å arbeide med i datainnsamlingen, baserte seg i hovedsak på tre blokk-kategorier som er blitt markert med en rød ring: *bevegelser*, *lys* og *kontroller*.



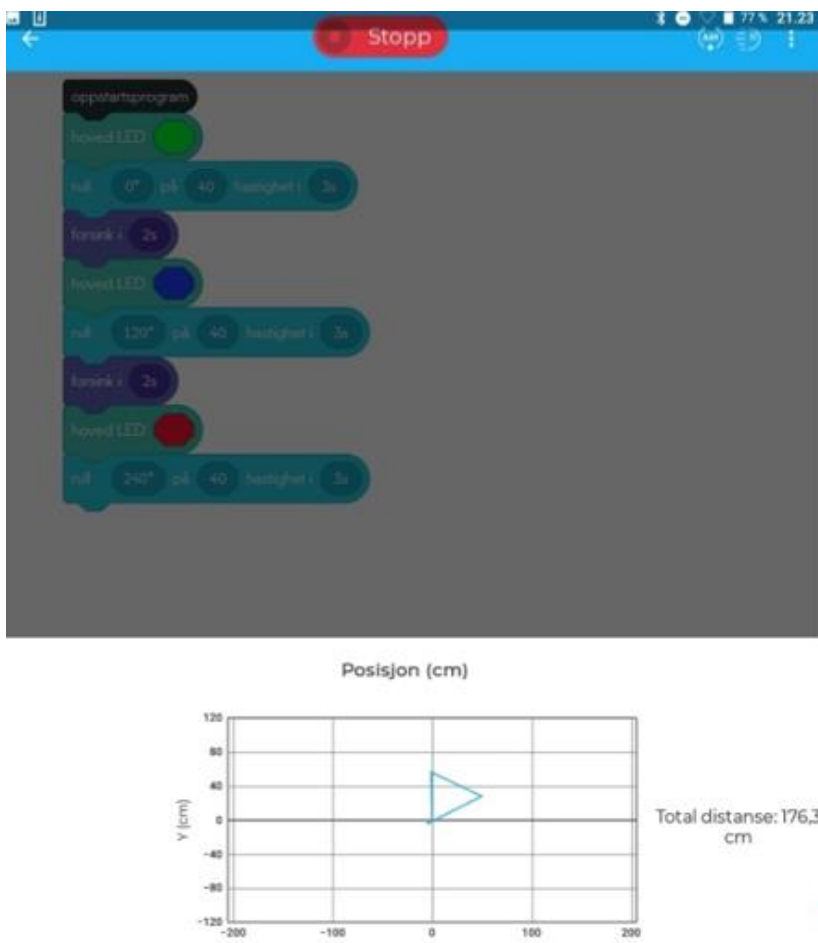
Figur 4: SpheroEdu-appen

I kategorien *bevegelser* kan man finne blokker som bestemmer robotens bevegelser, og der man kan legge inn verdier for retning, hastighet og varighet. Når man skal stille inn retningen kommer det opp en gradesirkel på skjermen, som kan gi en forståelse over hvilken retning, for eksempel 45 grader er (se figur 5).



Figur 5: Gradesirkel

I kategorien *lys* finner man blokker som kan få spheroballen til å lyse i bestemte farger, mens man på *kontroll* kan legge til blokker som forsinker ballen slik at den stopper opp i et visst antall sekunder før den fortsetter med neste blokk. *Forsink-blokkene* er spesielt viktig får å unngå «runde» hjørner, dersom man for eksempel skal programmere roboten til å gå i en trekant, som på figur 6.



Figur 6: Sensordata

Når man starter programmet vil *sensordataen* som vist på figur 6 umiddelbart dukke opp på skjermen. Sensordataen består blant annet av en digital tegning som viser ballens kjørebane og posisjon, samt informasjon om hvor langt ballen har kjørt oppgitt i centimeter. Den digitale tegningen kommer til syne synkront med ballens bevegelse. Dette gjør det lettere å følge med

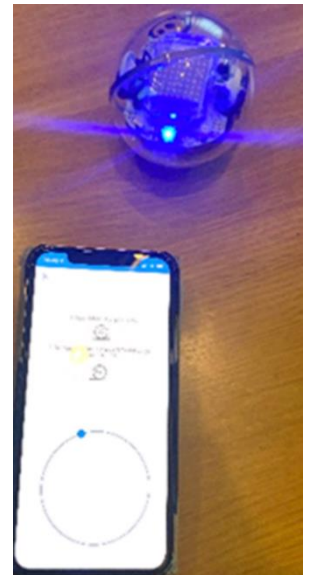


på hvilken blokk som utgjør hvilken strek på den digitale tegningen, fremfor om det ferdige resultatet hadde kommet opp med en gang.

Sphero-ballen inneholder en kompass-sensor som gjør at den kjører i den retningen blokkene innstilt på, fremfor å «snu» seg i forhold til den forrige blokken. Man kan sammenligne dette med orientering ved bruk av kart og kompass, hvor man for å komme frem til et bestemt sted ofte stiller inn kurs for bestemte partier på veien. Når man har kommet har gått ett parti, må man stille inn kompasskursen til neste punkt. Man er dermed ikke opptatt av hvor mange grader man har snudd seg, men heller av hvilken retning man skal gå i. At Sphero-ballen kjører etter bestemte retninger, fremfor å snu seg i forhold til forrige blokk skiller seg fra en del andre blokkbaserte programmeringsverktøy som for eksempel Micro;bit og Scratch.

For å bestemme hvilken retning som skal bli satt til 0 grader (altså rett frem), må man *aim*e Sphero-ballen. Dette må man gjøre hver gang før man starter en programkode, for å være sikker på at den er stilt inn på riktig måte. Når man trykker på aiming kommer det opp et blått lys, som peker mot 180 grader. Denne kan man justere, slik at dersom du vil at Sphero-ballen skal kjøre rett frem, må det blå lyset peke mot deg (se figur 7). Aiming er også en faktor man må være obs på i programmeringssituasjonen. Dersom man ønsker å få Sphero-ballen fra et punkt til et annet, kan unøyaktig aim føre til at den ikke treffer slik den skal.

Programmeringsverktøyet er litt unøyaktig i seg selv, som vil si at selv om man teoretisk sett programmerer et kvadrat, kan noen av sidene bli kortere eller lengre enn planlagt. Man får i tillegg sjelden nøyaktig lik lengde på Sphero-ballens kjørelengde, selv om man kjører den samme programkoden to ganger. Det er likevel ikke snakk om store unøyaktigheter, men dersom underlaget er ujevnt eller veldig glatt, kan dette påvirke robotens nøyaktighet ytterligere.



Figur 7: Aiming

#### 1.4 En del av et større forskningsprosjekt

Denne masteroppgaven er en del av forskningsprosjektet LATAcME (Learning about teaching argumentation for critical mathematics education in multilingual classrooms) ved Høgskulen på Vestlandet (HVL), avdeling Bergen. Forskningsprosjektet undersøker hvordan lærerstudenter lærer og underviser i argumentasjon og kritisk matematikdidaktikk på barnetrinnet i flerspråklige klasserom. LATAcME har tre undergrupper, hvor min masteroppgave inngår i gruppen *Argumentasjon og IKT*. Her rettes fokuset mot hvordan



lærerstudenter benytter seg av digitale verktøy for å støtte elevers utvikling av kritisk-matematisk argumentasjon.

### 1.5 Oppgavens struktur

I dette kapittelet er bakgrunn for valg av tema, oppgavens hensikt og problemstilling blitt presentert. Derneft er det blitt gitt en oversikt over sentrale begreper innenfor programmering, og kjennetegn ved programmeringsverktøyet Sphero-ball, samt en beskrivelse av det overordnede forskningsprosjektet som denne masteroppgaven er en del av.

I kapittel 2 er det gitt en presentasjon av min tolkning av det teoretiske rammeverket *kommognisjon* av Anna Sfard (2007) med utgangspunkt i de fire diskursive kategoriene: ord, narrativ, visuelle mediatorer og rutiner. Dette rammeverket er blitt brukt som verktøy for å undersøke hvordan Sphero-ballen kommer til utrykk i elevenes diskurser. Dette har gitt meg grunnlag til noe om hvilken rolle Sphero-ballen har hatt for elevenes måte å samtale på, og peke på situasjoner der disse samtalene også skaper gode muligheter for læring. Denne teorien dekker derfor mye av samtaleaspektet ved oppgavens problemstilling.

I kapittel 3 er det blitt gitt en presentasjon over tidligere forskning på området. Her er det blitt foretatt en generell oversikt over bruk av digitale verktøy og programmering i matematikkundervisningen, hovedsakelig ved hjelp av oversiktsartikler. Deretter er det blitt trukket frem forskning på programmering ved bruk av roboter. Helt til slutt er det også blitt gitt en presentasjon over hvilken forskning som finnes på bruk av Sphero-baller i tilknytning til matematikkundervisning.

I kapittel 4 er oppgavens forskningsdesign og metode for datainnsamlingen blitt redegjort for. Videre er det gitt en beskrivelse av undervisningsoppleggene, samt planleggingen og utformingen av dem. Det er også blitt gitt et innblikk i analyseprosessen. Helt til slutt er det blitt lagt frem refleksjoner knyttet til oppgavens forskningskvalitet og pekt på etiske hensyn som er blitt foretatt.

I kapittel 5 er det blitt gjennomført en analyse av fire episoder fra datainnsamlingen, ut ifra Sfard (2007) sitt kognitive rammeverk, med utgangspunkt i de fire diskursive kategoriene. På slutten av dette kapittelet er også utfordringer knyttet til bruk av Sphero-ballen blitt løftet frem, for å gi et mer nyansert bilde på bruken av programmeringsverktøyet.

I kapittel 6 er funnene som er blitt pekt på i analysen blitt oppsummert og diskutert opp mot tidligere forskning. Videre er det blitt gjort rede for undervisningsmessige implikasjoner ved bruk av programmeringsverktøyet. Avslutningsvis er det blitt foretatt et kritisk blikk over oppgavens begrensninger, og hvor det blir gitt forslag til videre forskning

## 2.0 Teori

I denne delen vil jeg presentere min tolkning av teorien om *kommognisjon* som er blitt brukt som analytisk rammeverk i oppgaven. Å få innsikt i og forstå dette rammeverket har vært en krevende prosess, særlig fordi det inkluderer mange nye og ukjente begreper, men også fordi forfatteren, Anna Sfard, skriver på et språk som kan oppleves som avansert. Jeg måtte derfor lese flere tekster (Sfard, 2006, 2007, 2008, 2015), flere ganger, for å få ordentlig tak på hva teorien egentlig dreide seg om. Artikkelen fra 2006 tar for deltagerperspektivet som er læringssynet Sfard bygger teorien sin på. Artikkelen fra 2007 var inngangsporten til kommognisjonsteorien, og det er i hovedsak denne jeg bruker for å presentere rammeverket. Teksten fra 2015 er en kortversjon som får frem essensen i rammeverket, og var derfor nyttig i prosessen med å bli kjent med teorien. Sfard (2008) har også skrevet en bok om kommognisjon, *Thinking as Communicating*, hvor hun går på detaljnivå og innfører en rekke nye begreper. Jeg vil i hovedsak benytte meg av artikkelen fra 2007, da denne presenterer rammeverket på en god og oversiktlig måte, men jeg vil også supplere med informasjon fra boken hennes der det er nødvendig.

### 2.1 Kommognisjon

Sfard (2007) har altså utviklet et teoretisk rammeverk som hun kaller kommognisjon der elevers kollektive læringsprosesser blir satt i fokus. Det kommognitive rammeverket baserer seg på et deltagerperspektiv, som kan plasseres innenfor det sosiokulturelle feltet. Et sentralt syn i dette læringsperspektivet er at læring først skjer i samhandling med andre, før man kan mestre det på egenhånd (Sfard, 2006). Sfard (2007) argumenterer for at tenkning er en individualisert form for kommunikasjon, og kan ses på som en slags kommunikasjon med seg selv. For å tydeliggjøre at kommunikasjon også innebærer kognitive prosesser har Sfard satt sammen ordene kognitiv og kommunikasjon til begrepet kommognisjon. Kjernen i kommognitiv forskning er å se etter diskursive mønster i kommunikasjonen til deltagerne, som kan si noe om hvilke regler som ligger til grunn for hvorfor de sier og handler som de gjør. En diskurs dreier seg om et sett med innforståtte regler innenfor en gitt kontekst, som setter rammer for hvordan deltageren handler og kommuniserer. Det er altså underliggende regler for hva man kan si og gjøre, og disse endrer seg etter hvilken diskurs man befinner seg i, som for eksempel på skolen, på konsert, hjemme eller på bussen. Slik er det også med den matematiske diskursen, og Sfard mener at man kan få bedre innsikt i hvordan elever lærer ved å studere elevenes diskurser i matematikkundervisningen.

Sfard (2007 s. 575) definerer læring av matematikk som en individualisering av en matematisk diskurs. Dette handler om prosesser knyttet til det å mestre å ha matematiske samtaler med seg selv og andre, slik at man har mulighet til å delta i den matematiske diskursen. Å lære matematikk bygger på elevenes erfaringer fra hverdagsdiskursen, og er dermed en slags modifikasjon av det som allerede er kjent. Å lære matematikk kan derfor ses på som en endring eller utviding av elevenes eksisterende diskurser. Et slikt perspektiv på matematikklæring gjør det mulig å undersøke læringsprosesser ved å studere det kollektive, om hva som sies og blir gjort, og å se etter potensielle utvidinger eller endringer i elevenes kommunikasjon. For å kunne studere elevenes utvikling av diskurser er det behov for å gå grundigere inn på hva en matematisk diskurs innebærer. Sfard deler den matematiske diskursen inn i fire kategorier; ord, visuelle mediatorer, narrativ og rutiner. Disse vil jeg videre gi en grundigere beskrivelse av, hvor jeg i hovedsak benytter meg av artikkelen til Sfard fra 2007, men hvor jeg også vil trekke inn mer utfyllende informasjon fra boken hennes (2008).

### 2.1.1 De fire diskursive kategoriene

Kategorien *ord* handler om hvilke ord elevene bruker og som er typiske for den matematiske diskursen. Dersom man hadde hørt et lydopptak fra en matematikktime hvor det ble snakket om areal eller likesida trekkanter, hadde man trolig hatt gode sjanser til å klare og plassere hvilken kontekst klippet var hentet fra. Hvilke ord som blir brukt er altså en sentral del av hva som kjennetegner en diskurs. Når elevene jobber med programmering i matematikkundervisning kan andre ord som vanligvis ikke blir brukt være fremtredende, for eksempel blokker, aiming, forsink og kode. Konteksten er med andre ord en viktig del av diskursen og for hvilke ord som blir brukt. Den matematiske diskursen består av mange begrep (også omtalt som matematiske objekter) som symboliserer abstrakte ideer. Hvilket innhold som tildeles disse begrepene er derfor avgjørende for hvordan elevene snakker om, eller bruker dem.

*Visuelle mediatorer* handler om hvilke representasjonsformer som benyttes i kommunikasjonen. Typiske visuelle mediatorer i en matematiskdiskurs kan for eksempel være grafer, symboler, hjelpetegninger eller konkreter. Sfard peker på at man ikke kan se på visuelle mediatorer som et isolert hjelpemiddel for å tilegne seg kunnskap, men heller som en integrert del av selve kommunikasjonsprosessen og som en støtte for tenkningen. Arbeid med Spheroball gir mulighet for å støtte seg på flere ulike visuelle mediatorer, som for eksempel digitale tegninger, sensordata og en fysisk representasjonsform ved å kunne se ballens kjørebane. Sfard (2008, s.162) trekker særlig frem billedlige og konkrete mediatorer som hensiktsmessige, og

peker på at disse kan gjøre det enklere for elevene å resonnerer sammenlignet med bruk av matematiske symboler. Bruk av matematiske symboler vil ifølge Sfard som regel stille større krav til elevenes hukommelse.

*Narrativ* er en rekke ytringer, skriftlig eller muntlig, som tar form som beskrivelser av objekter, relasjoner mellom dem, eller prosesser tilknyttet dem. Disse narrative kan videre godkjennes eller avvises, altså vurderes som sanne eller usanne. Narrativ kan utspille seg på to måter; på objektnivå og på metanivå. Narrativ på objektnivå er beskrivelser knyttet til matematiske objekter og kan ta form som en påstand, definisjon eller et teorem. Det kan for eksempel være at en stump vinkel må være over 90 grader eller at  $50 \times 50 = 2500$ . Narrativ på metanivå innebærer samtaler om selve diskursen, som for eksempel å snakke om innhold i et matematisk begrep eller om fremgangsmåter for hvordan man skal løse en oppgave.

*Rutiner* kan ses på som en mer overordnet kategori som omhandler repetitive mønster i elevenes handlinger i den gitte diskursen. Bruk av ord, visuelle mediatorer og narrativ inngår dermed også som en del av denne kategorien. Hva elevene sier og gjør styres av diskursive regler som kan være både eksplisitte og implisitte. Sfard skiller mellom regler på objekt- og metanivå. Regler på objektnivå omhandler objektene og relasjoner mellom dem, mens metaregler virker styrende for hva elevene sier og gjør i matematiske aktiviteter. I kognitiv forskning er det metareglene som er i fokus og som utgjør elevenes rutiner. Sfard (2008, s. 208) definerer en rutine som «a set of metarules that describe a repetitive discursive action». Metaregler legger altså føringer for elevenes rutiner, der rutinene kommer til syne som gjentakende mønster i matematiske aktiviteter. Eksempler på dette kan være hvordan elevene argumenterer med hverandre, og hvordan de vurderer om et svar kan være riktig eller ikke. Hun understreker at rutiner er observatørens beskrivelser av mønster i elevenes handlinger, og at elevene selv sjelden er bevisste på disse. Rutiner kan videre deles inn i to undergrupper: *hvordan* og *når*. Et eksempel på disse rutinene er å vite *hvordan* en algoritme fungerer og kan utføres, og *når* det passer å ta den i bruk.

Metareglene kan sies å legge føringer for rutinene, fremfor å være deterministiske (Sfard, 2008, s. 202). Hvis man bruker sjakk som metafor, kan metaregler ses på som spillereglene som elevene må forholde seg til, uten at reglene i seg selv bestemmer deres neste trekk. Rutinene vil da komme til syne som gjentakende mønster ved at elevene alltid flytter de samme type brikkene på bestemte måter. Sfard peker på at metaregler gjør det lettere å bestemme seg for hvordan man skal handle, sammenlignet med om man hadde hatt ubegrenset med valgmuligheter (s. 206). Likevel påpeker hun at ordet regel, når man snakker om metaregler,

kan være misvisende fordi det ofte er forbundet med noe som er fastsatt og uforanderlig. Metaregler kan imidlertid utvikle seg. Man kan for eksempel tenke på hvilke krav som stilles til elevene når det gjelder bevis og argumentasjon. Det som kan regnes som god nok argumentasjon på barneskolenivå, vil ikke nødvendigvis være godt nok på ungdomsskolenivå. Sfard understreker lærerens rolle i den matematiske diskursen, ved at reglene i den matematiske diskursen ofte bestemmes av læreren (s. 202).

### 2.1.2 Læring som utvikling av diskurs

Sfard (2007) ser som tidligere nevnt på læring av matematikk som en endring eller utviding av elevenes diskurser, og skiller videre mellom læring på objekt- og metanivå. Hun beskriver læring på objektnivå som en kumulativ prosess, der det eleven lærer bygger på det han/hun allerede kan, og dermed passer sammen med de narrative eleven allerede har godkjent. På denne måten utvider eleven sin egen diskurs ved for eksempel å utvikle begrepsforståelsen, konstruere nye rutiner og produsere og godkjenne nye narrativ som står i samsvar med det eleven allerede kan. Ved læring på metanivå kreves det imidlertid en endring i elevens diskurs. Denne typen læring kan først skje dersom det oppstår en konflikt i møte med andres diskurser. Dette kan blant annet skje når nye matematiske objekter blir introdusert, som ikke samsvarer med egne godkjente narrativ. Et eksempel på dette kan være at innholdet elevene legger i det matematiske objektet «tall», og narrative de har godkjent på bakgrunn av dette, baserer seg på naturlige tall. Narrative: «dersom man deler et tall på et annet vil svaret alltid bli mindre», vil dermed måtte forkastes ved innføring av negative heltall eller rasjonale tall. Det trengs dermed en endring i den eksisterende diskursen for at elevene skal kunne individualisere de nye matematiske objektene. Læring på metanivå dreier seg altså om endring i metaregler. Dette innebærer at gjenkjennbare oppgaver som å definere et ord eller å identifisere geometriske figurer blir gjort på en annerledes og ukjent måte.

Sfard peker på at det er usannsynlig at læring på metanivå kan springe ut av ren logikk, men må initieres fra en ytre påvirkning. Dette kan skje i samhandling med andre, når eleven møter på matematiske diskurser som ikke stemmer overens med sin egen. Dette kaller Sfard en *kommognitiv konflikt*, som kan oppstå i interaksjoner der ulike deltagere handler ut ifra ulike metaregler. Kommognitive konflikter har potensial til å medføre læring på metanivå, fordi det gir innsikt i hverandre sine diskurser. Kommognitive konflikter vil da altså være samtaler med stort læringspotensial. Noe av det som undersøkes i denne oppgaven er derfor om, og i tilfelle hvordan, Sphero-ballen kan trigge slike konflikter. Sfard (2008, s. 256-258) argumenterer

videre for at en kommognitiv konflikt ikke må forveksles med det tilegnelsesteorier kaller for en kognitiv konflikt. Forskjellen på disse to tilnærmingene ligger i det grunnleggende synet på hvordan læring skjer, hvor tilegnelsesteorien i større grad ser på matematikklæring som noe individuelt, og der den kognitive konflikten oppstår i møte mellom elevens oppfattelse og verden. Disse to synene er også ulike når det kommer til hvordan konfliktene løses, der det i kognitive konflikten løses i tråd med elevens evne til å tenke rasjonelt, mens det i den kommognitive konflikten løses ved at den ene parten godkjenner det motstridende narrative til den mer erfarne deltageren, samtidig som han/hun forkaster sitt eget. På denne måten kan det skje en rasjonaliserings- og en individualiseringsprosess av den matematiske diskursen, mediert gjennom den mer erfarne deltageren. Mens det i tilegnelsesteorien handler om å skape mening av verden rundt seg, handler det i kommognisjonsteorien om å skape mening av andre menneskers tenkning om verden.

For at det skal kunne skje en endring i elevenes individuelle diskurser, må dette medieres av en mer erfaren deltager i diskursen. Dette kan være en lærer eller andre medelever (Sfard, 2008, s. 254). Abtahi et al. (2018) belyser også viktigheten av at læring må skje i interaksjon med andre gjennom *den mer kunnskapsrike andre* (eng. the more knowledgeable other). De mener imidlertid at rollen som den mer kunnskapsrike, ikke nødvendigvis må begrenses til menneskelige interaksjoner, men argumenterer for at «A tool can also become the other that could be more knowledgeable» (s.98). På bakgrunn av dette vil Abtahi et al. sitt begrep bli benyttet videre og hvor det også vil bli undersøkt hvorvidt Sphero-ballen kan ta på seg en slik rolle.

### 2.1.3 Refleksjoner knyttet til bruk av kommognisjon som rammeverk

Siden min problemstilling retter seg mot hvilket potensial Sphero-ballen har til å legge til rette for elevenes matematikkfaglige samtaler, var det også formålstjenlig å bruke et teoretisk rammeverk som satt elevenes kollektive læringsprosesser og kommunikasjon i fokus. Selv om rammeverket er designet for å studere elevenes læring, ved å peke på endringer eller utvidinger av elevenes eksisterende diskurser, har ikke dette vært mitt hovedmål. Med tanke på at datainnsamlingen kun foregikk over to økter, og jeg ikke hadde kjennskap til elevene fra før av, gir dette meg lite belegg til å si noe om slike endringer. Til tross for dette forekommer det også tilfeller hvor man kan se spor av endringer i elevenes diskurser, når man sammenligner måten de kommuniserer på i arbeid med tilnærmet identiske oppgaver. Jeg vil derfor der det lar seg gjøre peke på slike mulige endringer, for å synliggjøre hvordan arbeid med Sphero-ballen også

kan ha potensial til å tilrettelegge for nye måter å samtale om matematikk på. Mitt fokus ved bruk av det kommognitive rammeverket har imidlertid vært å studere hvordan Sphero-ballen kommer til uttrykk i elevenes diskurser gjennom de fire diskursive kategoriene. Denne innsikten gir meg mulighet til å si noe om hvilken rolle Sphero-ballen kan ha spilt for blant annet elevenes produksjon av narrativ, hvordan samtalene utspiller seg og ved eventuelle kommognitive konflikter.



### 3.0 Tidligere forskning

Ettersom teorien om kognisjon som er blitt brukt som teoretisk rammeverk dekker mye av samtaleaspektet ved oppgavens problemstilling, har jeg i dette kapittelet i hovedsak rettet oppmerksomheten mot forskning på programmering i matematikkundervisningen. Først vil det bli gitt en liten oversikt over tidligere forskning på bruk av digitale verktøy og programmering i matematikkundervisningen generelt, hovedsakelig ved hjelp av relevante oversiktsartikler. Deretter vil det bli presentert forskningsstudier som tar for seg bruk av roboter, hvor det til slutt vises til hvilken forskning som finnes på bruk av Sphero-baller i matematikkundervisning, siden det er dette programmeringsverktøyet som blir benyttet i denne masteroppgaven.

#### 3.1 Digitale verktøy og programmering i skolen

Bray og Tagney (2017) har kartlagt læreres bruk av digitale verktøy i matematikkundervisningen, og peker på at det kan ligge mye potensial i slike verktøy, men at lærere ofte ikke klarer å utnytte det. De påpeker videre at mange lærere bruker digitale hjelpemidler til å forenkle den tradisjonelle måten de underviser på. Digitale verktøy blir da ofte brukt på en praktisk måte, som et verktøy til å hjelpe elevene med å løse oppgaver, fremfor å bli brukt på en måte der målet er å legge til rette for en dypere forståelse av matematiske konsepter. Bray og Tagney understreker at dersom man skal dra nytte av potensialet som ligger i digitale verktøy, må man strukturere undervisningen slik at den legger til rette for utforskning og samarbeid, der elevene er aktive i egen læring og hvor læreren tar rollen som en veileder i prosessen. Videre etterspør de mer empirisk forskning som kan hjelpe lærerne til å bruke digitale verktøy på en hensiktsmessig måte.

I oversiktsartikkelen til Forsström og Kaufmann (2018) blir søkelyset rettet mot forskning som er utført på programmering i skolen. Her pekes det på hvilket pedagogisk potensial bruk av programmering kan ha for matematikkundervisningen. En del av hensikten med studien var å undersøke hvorvidt det er forskningsmessig grunnlag for å integrere programmering som en del av læreplanen i matematikk, og å kunne identifisere på hvilke områder det er behov for mer forskning. Etter å ha analysert de 15 utvalgte artiklene peker de på tre gjennomgående temaer, der programmering kan ha potensial til å påvirke på en positiv måte: motivasjon, samarbeid og elevprestasjoner i matematikk. Flere av studiene viste til positive resultater ved å inkludere programmering i matematikkundervisningen, som bedre skoleprestasjoner og høyere motivasjon. Forsström og Kaufmann peker likevel på at det er gjort for lite forskning til at man kan generalisere slike funn. De vektlegger også betydningen av at lærere får nødvendig

kunnskap til hvordan man kan implementere programmering i undervisningen på en hensiktsmessig måte.

Popat og Starkey (2019) har i likhet med Forsström og Kaufmann, skrevet en oversiktsartikkel, men hvor de fokuserer på hvilke læringsutbytter programmering i skolen kan føre med seg. De trekker frem forskning som viser at elevene i tillegg til å lære seg å programmere, også kan forbedre problemløsningsferdigheter, utvikle kritisk tenkning og sosiale ferdigheter, samt øke skoleprestasjoner ved å arbeide med programmering i matematikkundervisningen. De peker imidlertid på betydningen av kvaliteten på undervisningsopplegget for at man skal kunne dra nytte av potensialet som ligger i bruk av programmering i skolen. Popat og Starkey poengterer at til tross for at problemløsning i matematikk blir trukket frem som et mulig læringsutbytte, er det imidlertid ikke dokumentert som mer effektivt enn å lære det gjennom en annen type undervisning. De fremmer derfor et behov om mer forskning på feltet.

Når det gjelder forskning på programmering knyttet til elevers kommunikasjon ønsker jeg å trekke frem to nye forskningsartikler, der begge tar for seg skjermprogrammering i matematikkundervisningen. Kaufmann og Stenseth (2020) har studert elevers argumentasjon i arbeid med skjermprogrammering. Deres funn viser til at programmering som tilbyr en visuell fremstilling i form av bilder, kan være positivt for elevenes argumentasjon. I deres studie brukte elevene bildene til å støtte argumentene sine på, og programmeringsverktøyet fungerte derfor som en aktiv del av elevenes argumentasjon. På den andre siden ble prøving og feiling mye brukt av elevene, noe som viste seg å kunne ha en negativ innvirkning på elevenes resonnement og argumentasjon. Siden terskelen for å prøve noe nytt er lav når elevene har mulighet til å prøve og feile, kan dette føre til at det vil være mindre behov for å argumentere. Kaufmann og Stenseth peker også på at hvilke oppgaver som gis, trolig vil ha en innvirkning på hvor matematisk avanserte argumentene deres blir.

At oppgavene som gis er viktige stemmer overens med Herheim og Johnsen-Høines (2021) sin studie. De har undersøkt hvordan det å streve med oppgaver når elevene jobber med skjermbasert programmering kan legge til rette for åpne, utforskende og læringsorienterte samtaler i matematikk. Deres funn viser at når elevene strevde med å få til oppgaver, trigget det nye samtaler om blant annet ulike fremgangsmåter, hvordan de skulle justere forsøkene sine, og hvor elevene brukte feil som en kilde for læring og som et steg til å komme nærmere svaret. Siden Sphero-ballen som blir brukt i denne masteroppgaven har elementer både fra skjermprogrammering ved at den tilbyr en digital tegning, kan man argumentere for at studier som tar for seg skjermprogrammering også kan være relevante for bruk av Sphero-ball. I studien

til Cinar og Tüzün (2021) kommer det dessuten frem at programmering ved bruk av skjerm og roboter gir mange av de samme fordelene. De undersøkte effekten skjermprogrammering har sammenlignet med robotprogrammering på elevenes motivasjon, abstraksjon, problemløsning- og programmeringsferdigheter. Deres funn viser at selv om begge gav positive innvirkninger på disse fire kategoriene, kan programmering ved bruk av roboter se ut til å være mer fordelaktig når det gjelder elevers evne til abstraksjon og motivasjon, sammenlignet med programmering på skjerm. Ved problemløsning- og programmeringsferdigheter var det ikke noen signifikant forskjell mellom tilnærmingene.

### 3.2 Programmering i skolen ved bruk av roboter

Det har vært en betydelig økende interesse for forskning på pedagogiske roboter de siste to tiårene (Kucuk & Sisman, 2017). Blant dem som har forsket på dette feltet er Zhong og Xia (2020) som har laget en oversikt over tidligere forskning, der de har kartlagt det pedagogiske potensialet ved bruk av roboter i matematikkundervisningen. De fant 20 relevante artikler, der over halvparten av dem hadde benyttet seg av LEGO-roboter. Funnene i artiklene viser til en rekke positive følger ved å bruke roboter i matematikkundervisningen. Robotene har blant annet potensial til å hjelpe elever til å forstå matematiske konsepter, gi økt motivasjon, samt fremme elevenes problemløsningsferdigheter og evne til matematisk tenkning. På den andre siden var det også noen studier som ikke viste signifikante forbedringer når det gjaldt elevers matematikklæring ved bruk av roboter. Zhong og Xia understreker at roboter alene ikke er en mirakelkur for å fremme læring i matematikk. Læreren, oppgavesettet og læringsmiljøet er også av betydning. De peker på at roboter kan bidra til å gjøre matematikken mer reell og endre synet på at matematikk må være abstrakt og perfekt, ved å jobbe med praktisk matematikk hvor det kan forekomme feilkilder. Zhong og Xia er derimot tydelige på at manglende empirisk forskning på bruk av roboter i matematikkundervisningen, kan føre til at potensialet i programmeringsverktøyene ikke blir utnyttet til det fulle. Dersom lærere ikke klarer å se potensialet som ligger i robotene eller har god nok kunnskap om hvordan de kan utnytte det, kan dette gå ut over læringseffekten til elevene.

Selv om Zhong og Xia viser til en rekke fordeler ved bruk av pedagogiske roboter, påpeker Barak og Assal (2018) at det nødvendigvis ikke kan fungere som erstatning for tradisjonell og systematisk matematikkopplæring. I deres studie skulle elevene måle farten til en robot i bestemte parti av en kjørebane. Barak og Assal peker på at siden elevene manglet formell

matematisk kunnskap om hvordan de skulle utføre dette på en riktig måte, medførte dette at elevene istedenfor å måle farten til robotene i de bestemte partiene, målte gjennomsnittsfarten for hele kjørebanelen. Barak og Assal argumenterer derfor for at slike formelle matematiske kunnskaper bør læres gjennom tradisjonell undervisning, og at roboter derfor ikke kan fungere som en erstatning for dette. Samtidig viser de også til at bruk av roboter i undervisningen kan bidra til å skape et rikt læringsmiljø og kan komplementere den ordinære undervisningen. De hevder likevel at det er designet på undervisningen og oppgavene som blir gitt, som er mest avgjørende for å kunne utnytte potensialet som ligger i å inkludere roboter i undervisningen. Det kan ifølge forskerne være hensiktsmessig å gi elevene mer lukkede oppgaver i starten, for å opparbeide seg nødvendige kunnskap og ferdigheter før de etter hvert møter mer komplekse oppgaver.

Savard og Freiman (2016) har også forsket på matematikklæring i arbeid med robotrelaterte oppgaver. Studien deres gikk over to år og tok utgangspunkt i elever på 5–7. trinn der elevene jobbet med blokkbasert programmering, ved bruk av LEGO-league roboter. Hensikten med studien var å identifisere ulike typer kunnskap og prosesser knyttet til digitale, matematiske og sosiokulturelle kontekster, i arbeid med robotrelaterte oppgaver. I funnene fremkommer det blant annet at bruken av prøving og feiling ble hyppig brukt blant elevene. De argumenterer for at prøving og feiling kan være positivt for å gjøre oppgavene mer tilgjengelig særlig for yngre elever, men dette kan også være til hinder for elevenes matematiske tenkning. I deres studie kunne bruken av prøving og feiling, gå på bekostning av muligheten til å utvikle en dypere forståelse for de matematiske konseptene. Hana (2014, s. 218) hevder at bruk av prøving og feiling som en strategi står sentralt i problemløsning i matematikken. Han peker likevel på at det finnes ulike former for denne strategien, der den ene av dem går ut på å prøve og feile ved bruk av vilkårlige verdier, slik som i studien til Savard og Freiman (2016). Den andre formen går ut på at elevene prøver og feiler på en systematisk måte, som Hana (2014) hevder er mer effektiv. Ved bruk av sistnevnte metode må elevene på forhånd tenke over hva som kan være fornuftige verdier å prøve ut, og justere seg etter svarene de får. En slik form for prøving og feiling kan dermed være en hensiktsmessig strategi for elevene. Hana peker imidlertid på at den systematiske prøvingen og feilingen forutsetter at elevene har visse kunnskaper, som kan hjelpe dem i situasjonen. Han trekker frem at i tillegg til å måtte kunne klare å vurdere om forsøket er riktig eller ikke, må de også kjenne til variasjonsmulighetene og klare å identifisere hvor feilen ligger. Dersom man ikke klarer å finne ut hvor feilen ligger, har heller ikke forsøkene nytteverdi (s. 219).

Forsström og Afdal (2020) mener at bruk av roboter kan være et spennende aspekt ved matematikkundervisningen. Likevel hevder de at det er grunnet begrenset forskning også usikkerhet knyttet til hvilke fordeler dette kan gi for elevenes læring. De ønsket derfor å undersøke dette nærmere og har utført en studie på mellomtrinnet med bruk av «Lego Mindstorm-roboter». I deres studie arbeidet elevene med programmeringsverktøyet på en systematisk måte, og unngikk bruk av prøving og feiling med vilkårlige tallverdier. Dette gjorde at elevene kunne identifisere hvor feilen i programkoden deres lå. Forsström og Afdal peker videre på at arbeid med robotene gav mulighet for en rik undervisning av geometriske konsepter. De peker også på at de praktiske erfaringene med å programmere roboten til å gå i en sirkel med en bestemt radius, gav elevene dypere forståelse innenfor dette matematiske konseptet. Deres funn peker altså på at bruk av slike programmerbare roboter har potensial til å åpne opp nye og formelle måter til å forstå matematiske konsept på, noe Forsström og Afdal selv setter i kontrast til Barak og Assal (2018) sine funn.

Mandin, De Simone og Soury-Lavergne (2017) argumenterer for at roboters bevegelse kan ses på som en fysisk tilbakemelding som elevene i deres studie brukte som hjelp når de arbeidet med et matematikkspill. Slike umiddelbare responser kan være hensiktsmessig sett i lys av Hattie og Clarke (2018), som peker på at siden læreren må fordele tiden sin på alle elevene, fører dette ofte til at tilbakemeldingene blir sjeldne, forsinket og summative. Når man imidlertid får tilbakemeldinger fra en robot, må elevene selv ta stilling til informasjonen den gir og vurdere om fremgangsmåten deres er riktig eller gal. Slike åpne tilbakemeldinger har vist seg å være hensiktsmessig for elevenes læring (Hattie & Clarke, 2018). Ved at roboten har et fysisk aspekt kan man også peke på at dette gir elevene mulighet til å arbeide med flere representasjonsformer enn ved oppgaver i bok. Å arbeide med flere representasjonsformer kan ifølge Hana (s.168), være mindre effektivt rent tidsmessig, enn om man bare holder seg til én. Fordelene med å benytte seg av flere representasjoner er likevel store, og Hana argumenterer for at dette kan bidra til å gi elevene en mer helhetlig forståelse av matematiske begrep og prosessene som ligger til grunn, samt være positivt for elevenes problemløsningsferdigheter. Hana (2014 s. 142-147) argumenterer videre for at noen representasjoner av et matematisk objekt kan belyse egenskaper som ikke er like enkle å oppdage gjennom andre representasjonsformer, og vektlegger at man i matematikkundervisningen bør legge til rette for flere representasjonsformer. Han peker også på at det å kunne veksle mellom, og å kunne transformere representasjoner til andre former er en viktig del for elevenes begrepsforståelse (s. 150).

### 3.3 Sphero-ball og matematikklæring

Sphero-ball ble først designet til pedagogisk bruk i 2016, da det ble utviklet nyere modeller og SpheroEdu-appen ble lansert (Sphero Inc., u.å.). Sphero-ball kan dermed sies å være et relativt nytt tilskudd i skolesammenheng, noe som kan forklare den begrensende mengden forskning som har blitt utført i tilknytning til programmeringsverktøyet. De utvalgte forskningsstudiene som videre vil bli presentert, har derfor et noe bredt aldersspenn fra 5. trinn til 1. trinn på videregående, der noen av studiene er utført utenfor skolen i form av en kodeklubb eller sommerskole. Utvalget av elever er også varierende, hvor en av studiene for eksempel har forsket på minoritetsspråklige elever. Til tross for ulike kontekster, har alle relevante funn, fordi de handler om matematikklæring i en eller annen form for skolesammenheng. Det er dessuten formålstjenlig å få kartlagt hvilken forskning som allerede finnes, for å kunne synliggjøre på hvilke områder det er behov for mer.

I Singapore er det blitt utført en studie av Simley et al. (2020), hvor det ble gjennomført en 4-ukers sommerskole for minoritetsspråklige elever på mellomtrinnet. Hensikten med studien var blant annet å undersøke om programmet med Sphero-ballene kunne bidra til å øke elevenes skoleprestasjoner innenfor matematikk og naturfag. I matematikkfaget ble det gjennomført både pre- og re-tester med oppgaver som omhandlet vinkler, ligninger og geometriske figurer. Elevene arbeidet i små grupper og fikk blant annet i oppgave å lage vinkler, geometriske figurer og å programmere Sphero-ballen gjennom en hinderløype. Funnene i studien til Simley et al. viser blant annet til økte prestasjoner i alle de matematiske temaene, særlig når det gjaldt vinkler og geometriske figurer. Det er imidlertid uvisst om det var arbeidet med Sphero-ballene eller arbeid med temaene generelt som førte til de økte prestasjonene, da det ikke var satt opp kontrollgrupper. Studien viser likevel at arbeid med matematikk gjennom Sphero-baller førte til økt læringsutbytte, men kan ut ifra dette ikke hevdes å være mer effektivt enn en annen type undervisning grunnet mangel på sammenligningsgrunnlag.

I studien til Lee og Low (2020) ble det på en kodeklubb gjennomført et seks ukers opplegg med elever fra 12–17 år, som tok utgangspunkt i blokkbasert programmering med Sphero-baller. De hadde tidligere jobbet med skjermbasert programmering, og forskerne ville dermed se om arbeid med roboter kunne øke motivasjonen til elevene, samtidig som de fikk jobbe med matematiske konsept og utvikle algoritmisk tenking. Det ble derfor i etterkant utført en spørreundersøkelse for å kartlegge elevenes meninger. Resultatene viste at elevene syntes det

var gøy å jobbe med Sphero-baller og at de selv mente at de fikk brukt matematiske konsepter i aktivitetene. Det skal likevel påpekes at dette var en elevgruppe på en fritidskodeklubb, som da trolig er en gruppe elever som i utgangspunktet er mer interessert i programmering enn gjennomsnittet. Studien til Hadfield, Raynor og Sievers (2018) viser også til en økning i ungdomsskole- og videregående elevers engasjement, motivasjon og programmeringsferidigheter, når de arbeidet temabasert med Sphero-baller. Øktene tok utgangspunkt i scener fra filmen *the Martian*, hvor elevene hovedsakelig arbeidet med blokkbasert programmering. Forskningen var derimot på en liten elevgruppe, og de peker på at det trengs mer forskning på området.

Taraldsen og Myhra (2019) har skrevet en artikkel der de presenterer et undervisningsopplegg med Sphero-baller utført på 5.trinn i Norge. Elevene i denne klassen hadde lite erfaring med programmering fra før og hensikten med undervisningsopplegget var at elevene gjennom lek og utforskning skulle bli kjent med innholdet i begrepene algoritmisk tenkning og programmering. Elevene arbeidet gruppevis og fikk blant annet i oppgave å få Sphero-ballen til å gå nøyaktig én meter og å programmere den gjennom en labyrint. Taraldsen og Myhra observerte at elevene jobbet konsentrert og at utfordringer som de møtte på kunne føre til gode matematiske samtaler. De trekker frem at elevene var opptatt av å finne ut hvor feilen lå, dersom de hadde vært unøyaktige, slik at de kunne fikse på programkoden. Taraldsen og Myhra peker også på at programmering i matematikk kan være en god kilde til motivasjon, og viser til hvordan det ble stormende jubel da elevene fikk robotene sine gjennom labyrinten.

Dunbar og Rich (2020) har skrevet om sine erfaringer med bruk av Sphero-baller i matematikkundervisningen i en 6. klasse, for å inspirere andre lærere til å utforske og ta i bruk lignende programmeringsverktøy. I løpet av året fikk elevene blant annet programmere Sphero-ballen gjennom en hinderløype, samt lage geometriske figurer. De hevder at i tillegg til at elevene opplevdes som engasjerte, mener de også at bruk av roboten kan støtte elevenes matematiske tenkning, samt gjøre matematikken mer virkelighetsnær. For å klare å programmere Sphero-ballen gjennom en hinderløype må elevene forstå sammenhengen mellom retningene, og de får en mer autentisk opplevelse ved å måle og vurdere vinkler, enn om de skulle gjort det i boka. I tillegg trekker de frem umiddelbar visuell respons som noe positivt. De peker likevel på at det alltid er en risiko for at noe ikke fungerer eller går som det skal når man jobber med teknologi. De oppfordrer derfor lærere til å teste ut opplegget på forhånd, slik at de kan oppdage uforutsette problem. Sist, men ikke minst, peker Dunbar og Rich på at man bør se på utfordringene man møter som en mulighet for elevene til å lære. Dette var noe jeg

også fikk erfare i denne studien, hvor det jeg trodde var begrensninger med roboten viste seg å kunne skape rike muligheter for elevenes samtaler. Dunbar og Rich argumenterer ytterligere for at man i planleggingen må tenke på hva Sphero-ballen kan tilby som en analog versjon ikke kan. Dersom det ikke er noe forskjell, utnytter man ikke potensialet i roboten, hevder Dunbar og Rich. Dette er i tråd med Bray og Tagney (2017) som viser til at man bør bruke digitale verktøy til å fremme forståelse fremfor å kun bruke dem som praktiske redskaper i oppgaveløsning.

Det er altså flere studier som indikerer at arbeid med Sphero-ball i undervisningen kan ha potensial til å kunne øke elevens motivasjon og engasjement. Sphero-ballens fysiske tilnærming blir trukket frem som noe positivt som kan gi elevene virkelighetsnære erfaringer, støtte elevenes tenkning og øke elevenes prestasjoner for matematiske konsept som vinkler og geometriske figurer. Studiene er likevel som tidligere påpekt gjennomført i ulike kontekster med små utvalg og kan derfor ikke generaliseres, men er med på å gi en pekepinn på Sphero-ballens potensial som pedagogisk verktøy i matematikkundervisningen. Ut ifra dette kan man fastslå at det er behov for mer forskning, blant annet på hvordan Sphero-ballen kan legge til rette for elevers matematikkfaglige samtaler, som denne masteroppgaven er et bidrag på.



## 4.0 Metode

I dette kapitlet vil oppgavens forskningsdesign, utvalg og innsamlingsmetode bli redegjort for. Videre gis en beskrivelse av undervisningsoppleggene, planleggingen og utformingen av dem, samt oppgavens analyseprosess. Avslutningsvis i dette kapitlet blir det lagt frem refleksjoner knyttet til oppgavens forskningskvalitet, og pekt på etiske hensyn som er blitt foretatt.

Hensikten med datainnsamlingen var å skaffe seg materiale som gav mulighet til å undersøke hvilket potensial Sphero-ballen kan ha for å legge til rette for elevenes matematikkfaglige samtaler. For å kunne svare på dette var det nærliggende å velge en metode som kunne gi innsikt i elevenes kommunikasjon, og kollektive prosesser i arbeid med roboten. Jeg valgte derfor å benytte meg av en kvalitativ tilnærming, hvor jeg har gått i dybden på et datamateriale som baserer seg på et lite utvalg elever (jf. Krumsvik & Jones, 2019, s. 24).

### 4.1 Forskningsdesign

Som tidligere nevnt er det flere forskere som belyser viktigheten av et godt undervisningsopplegg for å kunne dra nytte av potensialet som ligger i programmeringsverktøyet (se for eksempel Forsström & Kaufmann, 2018; Zhong & Xia, 2020). Å bli kjent med Sphero-ballen og planlegge et undervisningsopplegg som prøver å fremheve robotens styrker, har derfor vært en viktig del og med på å forme konteksten for datainnsamlingen. Med dette til grunn har det vært naturlig å benytte seg av en casestudie som forskningsdesign, der målet er å få en grundig forståelse av et fenomen som skjer i en bestemt kontekst (jf. Postholm & Jacobsen, 2018, s. 64). I denne masteroppgaven var målet å undersøke potensialet i et bestemt programmeringsverktøy, ved å analysere kommunikasjonen mellom et utvalg elever. Denne type forskningsdesign går innunder det Stake (1995, s. 3-4) omtaler som en instrumentell casestudie, som vil si at man ved hjelp av en bestemt kontekst og utvalg, kan få innsikt i fenomenet man ønsker å studere. Som en del av casen ble det utformet to undervisningsopplegg med matematikkfaglig fokus, der elevene skulle programmere Sphero-baller gjennom en app på nettbrett som de fikk utdelt. Video- og skjermopptak ble benyttet for å dokumentere elevenes arbeid, og det ble også foretatt gruppevis elevintervju i etterkant. Disse datainnsamlingsmetodene vil jeg komme nærmere inn på senere, etter at utvalg og kontekst er blitt gjort rede for.

## 4.2 Datainnsamling

### 4.2.1 Den opprinnelige planen

Vi var i utgangspunktet to masterstudenter som samarbeidet om datainnsamlingen og hadde gjennom LATACME fått godkjenning fra NSD, og gjort avtale med en matematikklærer på 5. trinn, om å få gjennomføre prosjektet der. Planen var at vi i november skulle gjennomføre to økter: én introduksjonsøkt og én undervisningsøkt hvor Sphero-ballen i hovedsak skulle bli brukt som verktøy for å lære matematikk. Undervisningsøkten ble utformet med utgangspunkt i kompetansemålene til 5. trinn, med fokus på brøk, desimaltall og prosent. Prosjektet ble imidlertid satt på vent, grunnet problemer fra kommunen som var skeptiske til at videoopptak skulle bli benyttet som metode i datainnsamlingen, med tanke på personvern. Dette medførte en del usikkerhet til om vi i det hele tatt kunne gjennomføre prosjektet. I samtale med veilederne diskuterte vi nye alternativer, men fant ut at det ikke var mulig å gjennomføre en datainnsamling før på nyåret. Grunnet koronapandemien kunne vi risikere at skolene stengte ned, noe som gjorde at vi også måtte se på andre alternativer som kunne fungere som en plan B. Det endte til slutt opp med at masterstudenten som jeg samarbeidet med, trakk seg ut av prosjektet og valgte å gå en annen retning. Jeg ønsket imidlertid å fortsette med datainnsamlingen og tok kontakt med en skole i en annen kommune, hvor jeg gjennom LATACME fikk ny godkjenning fra NSD til å gjennomføre datainnsamlingen der. Det nye utvalget av elever var imidlertid litt eldre enn de i den opprinnelige planen, og undervisningsopplegget ble derfor redesignet og tilpasset deres kompetansemål.

### 4.2.2 Utvalg og kontekst

Læreren som ønsket å være med holdt selv på å videreutdanne seg i programmering og var interessert og positiv til prosjektet. Datainnsamlingen foregikk for det meste i en gymsal og tok utgangspunkt i to trinn: 6. og 7., som til sammen utgjorde 22 elever. Elevene ble videre fordelt i seks tre-er grupper og to to-er grupper. Siden forskningsspørsmålet mitt rettet seg mot programmeringsverktøyets potensial, altså hva som er mulig å få til, fant jeg det formålstjenlig å be læreren sette sammen to grupper med faglig- og verbalt sterke elever som utvalg for datainnsamlingen. Med utgangspunkt i disse ønskene og hvilke elever som hadde fått godkjenning fra foresatte og selv ønsket å være med, satt matematikklæreren sammen to elevgrupper. Den ene gruppen bestod av elever fra 6. trinn, med to gutter og en jente, mens den andre gruppen bestod av tre gutter fra 7. trinn. Etter å ha gjennomgått datamaterialet valgte jeg å kun benytte meg av gruppen med elevene fra 6. trinn. Bakgrunnen for dette valget var at denne

gruppen, ut ifra mine vurderinger, hadde et bedre samarbeid og flere interessante matematikkfaglige samtaler. Ingen av elevene hadde erfaring med Sphero-ball fra før av, verken i skolesammenheng eller til privat bruk. I intervjuet nevnte de imidlertid at de hadde litt erfaring med micro:bits, som også er blokkbasert programmering av roboter, men som baserer seg på litt andre enheter for tid og fart. Elevene har ifølge læreren i tillegg prøvd litt småopplegg på kodetimen og Scratch, som er skjermbasert programmering.

Datainnsamlingen gikk over to undervisningsøkter, hvor begge hadde en varighet på 90 minutter. Hensikten med den første undervisningsøkten var først og fremst at elevene skulle lære seg og bli kjent med Sphero-ballen. Den første halvtimen av undervisningsøkt 1 foregikk i et klasserom, hvor elevene fikk informasjon om hva som skulle skje, og hvor det ble holdt en lysbildepresentasjon, for å gi dem en liten innføring i de tekniske aspektene ved programmeringen og bruk av appen på nettbrettet. Vi forflyttet oss deretter til gymsalen hvor de resterende 60 minuttene gikk ut på at elevene skulle arbeide med og bli kjent med Sphero-ballen i gruppene gjennom ulike oppgaver (se vedlegg 1 og 2). Den andre undervisningsøkten ble delt i to, hvor de i de første 45minuttene skulle arbeide med oppgaver knyttet til geometri (se vedlegg 3) og i den andre skulle jobbe med en oppgave knyttet til brøk, desimaltall og prosent (se vedlegg 4 og 5). I undervisningssituasjonene fikk alle elevgruppene hver sin Sphero-ball og hvert sitt nettbrett. Det var også på forhånd teipet fast rektangulære stykker med dekkpapp på ca. 1,2 m x 1,5 m til hver gruppe, som skulle brukes som kjøreunderlag, siden gulvet i gymsalen var noe ujevnt og hakkete. I tillegg til meg var det ytterligere to matematikklærere tilstede under begge undervisningsøktene, som var interessert i og ønsket å ta del i prosjektet.

### 4.3 Dokumentasjon av datainnsamlingen

For å få rike beskrivelser av undervisningssituasjonene ble det brukt flere metoder for å samle inn data. I undervisningssituasjonene ble det som nevnt i tillegg til observasjon, tatt video- og skjermopptak av de utvalgte elevgruppenes arbeid som ble utført på nettbrettene. Elevenes skriftlige arbeid, i form av å skrive svar og utregninger på utdelte oppgaveark, ble også samlet inn. I etterkant av undervisningsoppleggene ble det i tillegg foretatt noen korte intervju, hvor det ble tatt lydopptak ved hjelp av en diktafon. Ytterligere ble det satt opp to kamera, vendt mot enden av gymsalen, for å unngå at elever som ikke ønsket å bli filmet skulle komme i bakgrunnen. Område kamera filmet på ble videre markert opp med en maskeringsteip, slik at

elevene skulle vite hvilket område de skulle holde seg innenfor når de arbeidet. På de to gruppene som skulle filmes var det festet en trådløs mikrofon (mygg) til nettbrettet deres, og hvor mottakeren var koblet til filmkamera. Dette var viktig for å sikre god lyd kvalitet, særlig med tanke på at de var 22 elever samlet i en gymsal.

#### 4.3.1 Video- og skjermopptak

Den største fordelen med video til observasjonsbruk, er at den fanger opp både auditiv og visuell kommunikasjon. Dette gir innsikt i både verbale og nonverbale aspekter og gir mulighet til næranalyse, hvor man kan oppdage detaljer man ikke har lagt merke til i selve situasjonen (Alrø & Kristiansen, 1997, s. 75). Siden jeg ønsket å studere elevenes kommunikasjon og handlinger gjennom et kognitivt rammeverk, var det viktig med bruk av video som datainnsamlingsmetode. I tillegg til å fange opp de nonverbale aspektene ved kommunikasjonen, får man også se hvordan roboten kjører som er viktig informasjon til å for eksempel forstå hvorfor elevene endrer og justerer programkodene sine. Det hadde derfor vært vanskelig å forstå samtalene til elevene uten å kunne se hvordan programkoden deres utspilte seg i praksis. Det er imidlertid også utfordringer knyttet til bruk av video som datainnsamlingsmetode. Alrø og Kristiansen (1997 s. 76) peker blant annet på videokameraets selektive synsfelt, som i praksis betyr at elevenes handlinger kan være påvirket av noe eller noen andre som ikke fanges opp på filmkamera. For å unngå at elevene beveget seg utenfor kameraets synsfelt, ble det som nevnt markert opp hvilket område de skulle holde seg innenfor. Disse ble imidlertid laget litt mindre enn nødvendig, for å legge til rette for at kamera skulle fange opp når enten jeg eller noen av de andre lærerne kom bort for å se hva eleven holdt på med, siden dette kan påvirke hva elevene sier og gjør. En annen utfordring som Alrø og Kristiansen trekker frem er lyd kvalitet, noe som i min studie ble løst med å bruke ekstra mikrofonutstyr som var festet til nettbrettene og videokamera.

Tjora (2021, s. 117) peker på at bruk av videokamera i noen tilfeller kan påvirke hva forskningsobjektene sier og gjør, og dermed ha en innvirkning for forskningens pålitelighet. Av hensyn til dette valgte jeg å bruke gulvstativer til videokamera, fremfor å filme elevene for hånd. Selv om håndfilming hadde gitt meg bedre muligheter til å observere elevenes arbeid, er det rimelig å anta at dette i større grad ville kunne påvirke og kanskje også oppleves som ubehagelig for elevene. Selv om det ved gjennomgang av datamaterialet kunne se ut til at elevene glemte at de ble filmet når de arbeidet med oppgavene, kan man ikke si dette sikkert og heller ikke utelukke at filmingen kan ha påvirket elevenes kommunikasjon. Jeg vurderte

likevel fordelene med å bruke videokamera som større enn utfordringene, og mener oppgaven hadde hatt et større reliabilitetsproblem dersom det kun hadde blitt benyttet observasjon eller lydopptak.

Å ta skjermopptak av elevenes arbeid på nettbrettene var også hensiktsmessig for å få en bedre forståelse av situasjonen og hva elevene gjorde. På denne måten kunne man se hvordan elevene programmerte og justerte programkodene sine, fremfor å tolke hva de gjorde ut i fra samtalen. Å tolke hva de gjør er heller ikke alltid enkelt, siden elevene ofte støtter kommunikasjonen på det som skjer på nettbrettene ved å for eksempel si «Denne må mer bort dit». Bruk av skjermopptak som del av datainnsamlingen gir derfor bedre innsikt i elevenes kommunikasjon og handlinger, og er med på å styrke påliteligheten i oppgaven.

#### 4.3.2 Intervju

I etterkant av undervisningsøktene ble det foretatt gruppevis intervju med de to elevgruppene. Intervjuene varte i ca. et kvarter og lyden ble tatt opp ved hjelp av en diktafon. Grunnen til at det ble foretatt gruppeintervju og ikke enkeltintervjuer var med tanke på tid, men også for at elevene skulle føle seg mer komfortable. Hensikten med intervjuene var først og fremst å få bakgrunnsinformasjon om informantene, og hvilken erfaring de hadde med programmering fra før av. I tillegg til dette kunne det også være interessant å stille spørsmål til hvorvidt de så noe poeng med å bruke Sphero-baller i matematikkundervisningen og hva de syntes om oppgavene, med tanke på at oppgaven retter seg mot et elevperspektiv. Det ble derfor gjennomført et semistrukturert intervju som tok utgangspunkt i en utformet intervjuguide (se vedlegg 6). Intervjuene har i etterkant i hovedsak blitt brukt som utfyllende bakgrunnsinformasjon.

#### 4.3.3 Observasjonsrolle

Siden det ble tatt videoopptak av de aktuelle elevgruppene, var det ikke like stort behov for å ta observasjonsnotater. Jeg kunne dermed innta en rolle som fullstendig deltaker, hvor jeg hadde ansvaret for undervisningen og hjalp til dersom elevene spurte om hjelp (jf. Postholm & Jacobsen, 2018, s. 116). Jeg ble dermed mer en deltager i prosessen, men ønsket i første omgang å prøve å la elevene jobbe mest mulig uavbrutt, men hvor jeg var tilgjengelig dersom de skulle ha spørsmål. Jeg involverte meg derfor ikke i oppgaveløsningen med mindre det ble etterspurt. Etter å ha gjennomgått videoene fra den første innsamlingen, innså jeg imidlertid at det kunne være hensiktsmessig å involvere seg i større grad. Det var flere oppgaver hvor elevene sa seg

fornøyd med et svar, hvor et kritisk spørsmål fra en lærer kunne ha fått elevene til å reflektere over og bli mer nøyaktige i svarene sine. I oppgave 1c (se vedlegg 2), laget elevene for eksempel et kvadrat som startet i 30 grader, som gjorde at den ble rotert i forhold til hvordan et kvadrat vanligvis blir presentert. Når elevene skulle svare på hvilken figur de hadde laget, ble de usikre og valgte å kalle den for en skjev firkant. Dersom en lærer hadde kommet inn med spørsmål kunne dette kanskje fått elevene til å reflektere over hvilke egenskaper figuren hadde, og i hvilken kategori den da kunne blitt plassert under. På bakgrunn av dette valgte jeg å involvere meg mer i elevenes arbeid i undervisningsøkt to. Grunnet noe høyt lydnivå i gymsalen var det i undervisningssituasjonene vanskelig å få med seg samtalene til elevene uten å «henge over dem», jeg valgte derfor heller å oppsøke gruppene med jevne mellomrom og stilte spørsmål om hvordan de hadde løst oppgavene og hva de hadde tenkt. Dette gav meg mulighet til å stille dem kritiske spørsmål, men også å få verdifull innsikt i elevenes tankeprosesser, som jeg senere kunne bruke i analysearbeidet av videoopptakene.

#### 4.4 Forarbeid

For å lage et undervisningsopplegg som kunne gi meg grunnlag til å si noe om hvilket potensial Sphero-ballen kan ha for å legge til rette for matematikkfaglige samtaler, var jeg nødt til å sette meg grundig inn i programvaren. I begynnelsen av dette forskningsprosjektet hadde jeg lite forkunnskaper om Sphero-ball og programmering generelt, noe som gjorde at jeg måtte legge ned mye tid og innsats for å sette meg ordentlig inn i dette. Jeg startet med en undersøkende tilnærming og gjorde meg kjent med de ulike funksjonene og blokkene i SpheroEdu-appen. Youtube var til stor hjelp i denne prosessen, og jeg fant også en del informasjon på nettsidene til Sphero Inc., som gav meg inspirasjon til undervisningsoppleggene. Gjennom denne prosessen gjorde jeg meg flere erfaringer, og ble blant annet oppmerksom på hvor viktig det var å a) (stille retningen) Sphero-ballen før man startet programkoden, og at ujevne underlag kunne påvirke robotens nøyaktighet. Å ikke kunne noe om programmeringsverktøyet fra før, gav meg verdifulle erfaringer om hva som var viktig å ha kunnskap om for å få til å lage ulike programkoder. Elevene som jeg skulle gjennomføre datainnsamlingen med, hadde heller ikke prøvd å programmere med bruk av Sphero-baller før. For å unngå at elevene skulle møte de samme tekniske utfordringene som meg, valgte jeg å lage en liten lysbildepresentasjon som skulle fungere som en introduksjon til arbeid med Sphero-ballene. I presentasjonen ble prinsippene bak blokkbasert programmering kort forklart, og det ble spilt av en selvlagret video som blant annet viste hvordan man kunne legge til eller slette blokker i en programkode, og

hvordan man kunne aime roboten. Dette er trolig også noe elevene hadde klart å finne ut av selv, men på bakgrunn av begrenset tidsramme ønsket jeg at det meste av fokuset skulle rettes matematikken, fremfor å bruke mye energi på å finne ut av hvordan det tekniske ved selve programmeringen fungerte. Til tross for dette prøvde jeg å holde igjen på litt informasjon som jeg tenkte muligens kunne trigge matematikkfaglige samtaler, som for eksempel hvorfor man burde bruke forsink-blokker når man programmerer roboten til å lage en manglekant.

#### 4.4.1 Praktiske forberedelser og utstyrssjekk

Det har også vært en del praktiske aspekter som har måttet avklares på forhånd av datainnsamlingen. Det var for eksempel viktig å tidlig informere om, og å få sendt ut samtykkeskjema til elevene og deres foresatte, slik at man kunne få avdekket hvilke elever som ønsket å være med. Det var også nødvendig å ordne et passende rom som hadde nok gulvplass til de 8 elevgruppene, og hvor det var mulig å rigge opp utstyret på forhånd. Andre praktiske overveielser som ble tatt var å tenke over hvordan stativ og filmkamera skulle settes opp, med hensyn til lyd kvalitet på videoopptakene, og for å unngå at de elevene som ikke ville bli filmet, kom med i bakgrunnen. Jeg var hele tiden i dialog med matematikklæreren og veilederen min, både når det gjaldt undervisningsopplegg og det praktiske, slik at vi kunne diskutere og komme frem til de beste løsningene sammen.

Å foreta en datainnsamling alene stiller trolig ekstra store krav til forberedelsene. Hvis noe er glemt eller ikke fungerer, kan disse problemene gå på bekostning av effektiviteten av undervisningen, særlig dersom man også har ansvar for å lede undervisningen. For å avverge og begrense tekniske problem, var det viktig med gode forberedelser (jf. Dunbar & Rich, 2020). Dette innebar blant annet å klargjøre og teste alt av utstyr som skulle brukes i datainnsamlingen. SpheroEdu-appen ble for eksempel på forhånd lastet ned på alle nettbrettene og stilt inn på riktige innstillinger, slik at de var satt til blokkbasert programmering med bruk av Sphero Bolt-modellen. I tillegg ble videokameraene og skjermopptak-appene satt ned til en lavere kvalitet, slik at filene skulle bli så små som mulig. Dette har gjort prosessen med å redigere video- og skjermopptak sammen både raskere og enklere, i tillegg til å ha en lavere belastning på datamaskinen ved gjennomgang av filene i ettertid. Det er likevel viktig å påpeke at den lave kvaliteten ikke gikk ut over informasjon som ble samlet inn. Det ble også gjort en kontroll på at alt utstyret fungerte som det skulle, og at nettbrettene og Sphero-ballene kunne kobles til hverandre. For sikkerhetsskyld hadde jeg også reserveutstyr som bestod av to nettbrett, tre Sphero-baller, et kamera og en diktafon dersom noe utforutsett skulle skje.



At jeg fikk tilgang på gymsalen og kunne rigge klart ettermiddagen før, var en stor fordel. Da kunne jeg bruke god tid på å sette opp videokameraene i riktig høyde på stativet og markere områdene med teip som elevene skulle holde seg innenfor. Dessuten oppdaget jeg at gulvet i gymsalen var hakkete, noe som gjorde at jeg valgte å bruke dekkpapp som underlag, for å hindre at underlaget skulle ha unødvendig negativ innvirkning på Sphero-ballene. Videokamera, mikrofonene og nettbrettene til de utvalgte gruppene ble markert med gruppenummer, for å unngå å blande hvilket skjermopptak som hørte til hvilken video, eller at mottakeren til mikrofonen skulle være koblet til den andre gruppen sitt filmkamera. Før begge undervisningsøktene ble det sørget for at alle de digitale enhetene som nettbrett, Sphero-baller, videokamera og mikrofoner var fullt oppladet.

#### 4.4.2 Utforming og testing av undervisningsoppleggene

Flere forskere har pekt på undervisningsopplegget som en utslagsgivende faktor for elevenes faglige utbytte i arbeid med programmering (se f.eks. Barak & Assal, 2018; Dunbar & Rich, 2020; Forsström & Kaufmann, 2018; Zhong & Xia, 2020). Jeg har derfor forsøkt å identifisere Sphero-ballens styrker og hva den kan tilby, for å unngå å bruke den på en analog måte. Dette er viktig for å utnytte mest mulig av potensialet i det digitale verktøyet (Bray & Tangney, 2017; Dunbar & Rich, 2020). Med utgangspunkt i et deltagerperspektiv (Sfard, 2006), ble det utarbeidet oppgaver som elevene skulle samarbeide om i små grupper. En gruppestørrelse på tre ble ansett som mest hensiktsmessig, med tanke på at det er plass til to andre elever på hver side av eleven som programmerer, som gjør at alle kan følge med på skjermen samtidig. En gruppe med fire elever kunne derfor trolig ha vært en mindre gunstig gruppestørrelse. På bakgrunn av dette ble de fire elevene som var igjen etter å ha delt de 22 elevene inn i treer-grupper, satt i to par fremfor i én firer-gruppe.

Basert på erfaringene jeg hadde gjort meg med Sphero-ballen utformet jeg et undervisningsopplegg som var tilpasset kompetansemålene til 6.- og 7. trinn. Målet var å prøve å dra nytte av at Sphero-ballen både tilbydde elementer som man kan finne i skjermbasert programmering, i tillegg til å tilføre et fysisk aspekt med dem programmerbare robotballen. Oppgavene var også varierte for å prøve å få frem ulike sider ved Sphero-ballen. Siden kompetansemålene spilte en betydelig rolle for hvordan oppgavene ble utformet, vil jeg videre presentere en liste over hvilke av dem jeg tok utgangspunkt i:

Etter 6.trinn



Mål for opplæringa er at eleven skal kunne....

- beskrive egenskaper ved og minimumsdefinisjoner av to- og tredimensjonale figurer og forklare hvilke egenskaper figurene har felles, og hvilke egenskaper som skiller dem fra hverandre ....
- utforske mål for areal og volum i praktiske situasjoner og representere dem på ulike måter
- bruke ulike strategier for å regne ut areal og omkrets og utforske sammenhenger mellom disse....
- bruke variabler, løkker, vilkår og funksjoner i programmering til å utforske geometriske figurer og mønstre

Etter 7.trinn

Mål for opplæringa er at eleven skal kunne

- utvikle og bruke hensiktsmessige strategier i regning med brøk, desimaltall og prosent og forklare tenkemåtene sine
- representere og bruke brøk, desimaltall og prosent på ulike måter og utforske de matematiske sammenhengene mellom disse representasjonsformene

(Utdanningsdirektoratet, 2020b, s. 9-10).

De utvalgte kompetansemålene retter seg altså i hovedsak mot geometri, brøk, desimaltall og prosent. Man kan kanskje si at Sphero-ballen har en tettere kobling til geometri, med tanke på at man for å styre den må legge inn grader, og at man ved hjelp av den digitale tegningen kan lage ulike geometriske figurer. Det var derfor mindre krevende å utvikle oppgaver som var rettet mot geometri enn brøk, noe som er grunnen til at hovedvekten av oppgavene er knyttet til dette temaet. Ved utforming av oppleggene har jeg også tatt kjerneelementene i matematikk i betraktning, hvor momenter fra alle de seks kjerneelementene er blitt inkludert. I tillegg til de matematiske kunnskapsområdene, har jeg blant annet lagt vekt på at elevene skulle kunne arbeide med algoritmisk tenkning, lage modeller av geometriske figurer, kunne utforske matematiske sammenhenger, argumentere, resonere og benytte seg av ulike representasjonsformer (jf. Utdanningsdirektoratet, 2020b).

Hensikten med det første undervisningsopplegget var i hovedsak at elevene skulle bli bedre kjent med Sphero-ballen og hvordan den fungerte. Siden elevene tidligere hadde arbeidet med Micro;bits og Scratch, var det viktig at elevene ble klar over at Sphero-ballen ikke programmeres på samme måte når man skal endre retningen på den. Derfor startet første oppgave med en hypoteseoppgave hvor Sphero ballen først skulle kjøre en blokk i retning 10 og deretter to blokker med retning 190 (se vedlegg 1). Flere av elevene trodde ballen ville kjøre sikksakk og ble overasket over at roboten kjørte frem og deretter tilbake til startposisjonen.

Elevene fikk forholdsvis lukkede oppgaver i starten, for å opparbeide seg nødvendig kunnskap og ferdigheter, som de senere ville få bruk for i møte med mer komplekse oppgaver (se vedlegg 2). Dette er ifølge Barak og Assal (2018) er en hensiktsmessig måte å legge opp oppgavene på. Dette innebar for eksempel å få kunnskap om hvordan man kunne legge til lys, når det var hensiktsmessig å bruke forsinkblokker, og gi dem mulighet til å kunne oppdage sammenhenger mellom indre og ytre vinkler, som kunne være en fordel når de senere skulle lage geometriske figurer med bestemte vinkler. De fleste av disse oppgavene baserte seg på at elevene fikk opp sensordataen med den digitale tegningen. Elevene fikk blant annet i oppgave å lage et hus og bokstaver. Ved utprøvingen av disse oppgavene ble jeg oppmerksom på at sensordataen noen ganger kunne forsvinne. Det tok litt tid før jeg skjønnte at dette hadde en sammenheng med at visningen på nettbrettet ble snudd til liggende stilling. For å få den tilbake måtte man lukke appen og starte den på nytt. Jeg låste derfor alle de ti nettbrettene i portrettmodus, noe som eliminerte problemet. Dette kunne ha blitt en stor utfordring i klasserommet, spesielt første dag da så og si alle oppgavene var basert på bruk av sensordataen og særlig dersom vi ikke hadde klart å identifisere hvor feilen lå. Dette er et godt eksempel på viktigheten av å teste undervisningsoppleggene på forhånd (jf. Dunbar & Rich, 2020).

Siden elevene var fra både 6.- og 7.trinn, er det rimelig å anta at elevenes kunnskaper i matematikk kunne være svært ulike. Det var derfor særlig viktig å lage oppgaver som hadde lav inngangsterskel og stor takhøyde, slik at alle skulle kunne delta og oppleve mestring, samtidig som at alle skulle kunne bli utfordret. Slike oppgaver kan dessuten være gunstig for å legge til rette for matematikkfaglige samtaler (Wæge og Torkildsen, 2019). Å programmere en bokstav, eller et hus er eksempel på denne type oppgaver som kan variere i vanskelighetsgrad, alt etter hvor mye innsats elevene legger i det. En O vil for eksempel være mye mer krevende enn å programmere en V. Dette var oppgaver som jeg tenkte kunne skape interessante samtaler om vinkler, halvsirkler og avstander. Det var også et poeng å lage åpne oppgaver som kunne romme flere ulike fremgangsmåter for å legge til rette for at elevene skulle kunne produsere narrativ på metanivå og muligens trigge eventuelle kognognitive konflikter (Sfard, 2007). Disse poengene var også viktige i utformingen av det andre undervisningsopplegget. Siden episodene i analysen er hentet fra oppgaver i undervisningsøkt to, vil jeg videre gi en grundigere presentasjon av disse oppgavene og utformingen av dem.

## 4.5 Utforming og beskrivelse av oppgavene

I den andre undervisningsøkten ble det utformet oppgaver med et større fokus på det faglige innholdet. Oppgavene kan dermed kanskje betegnes som mer komplekse og matematisk krevende. Undervisningsøkta strakk seg over en dobbelttime, hvor de første 45 minuttene gikk ut på å utforske geometri og å bruke sensordataen (se vedlegg 3), mens den andre delen i hovedsak baserte seg på Sphero-ballens fysiske egenskaper, med et opplegg knyttet til brøk, desimaltall og prosent. I analysen er det kun enkelte deler av undervisningsopplegget som blir trukket frem. For å få en bedre forståelse av hva oppgavene gikk ut på, vil jeg derfor videre gi en beskrivelse av dem her.

### 4.5.1 Arealoppgaven

**Oppgave 1**

- a) Programmer Sphero-ballen til å gå i ein firkant og rekn ut arealet (på baksida av arket).
- b) Lag så ein ny figur med:
  - i. Halvparten så stort areal
  - ii. Dobbel så stort areal (som startfiguren).

**OBS! Det held å grunnje kvifor figuren de har laga må vera den riktige.**

Figur 8: Arealoppgaven

I denne oppgaven skulle elevene lage en valgfri firkant og regne ut arealet av den (se figur 8). Å programmere Sphero-ballen til å gå i en firkant var noe de hadde gjort i forrige økt, og programmeringsmessig var dette derfor ikke en stor utfordring for elevene. Denne oppgaven bygger på sensordataen som viser firkanten i form av den digitale tegningen og gir informasjon om hvor stor omkretsen er, oppgitt i centimeter. I de neste deloppgavene skulle elevene lage nye firkanter med areal som var halvparten og dobbel så stor som originalfirkanten. For å løse denne oppgaven var det mulig å benytte seg av ulike fremgangsmåter.

### 4.5.2 Golf

Selv om fokuset mitt ikke har vært på hvordan Sphero-baller kan gi økt motivasjon, ønsket jeg likevel å lage et undervisningsopplegg som var preget av lek og som kunne engasjere elevene. Dette resulterte i et opplegg med inspirasjon fra golf. Tanken bak var at elevene måtte være nøyaktige og planlegge retning, hastighet og varighet for å kunne programmere Sphero-ballen til å stoppe på bestemte punkt. Elevene kunne også dra nytte av den umiddelbare responsen


som programmeringsverktøyet tilbyr. Undervisningsopplegget ble først utviklet sammen med den andre masterstudenten og rettet mot 5. trinn sine kompetansemål som omhandlet brøk, desimaltall og prosent. Siden de også på 7.trinn skal jobbe med samme matematiske tema, valgte jeg å bruke dette opplegget, men hvor vanskelighetsgraden ble justert opp.

## GOLF

Kvar lapp på gulvet representerer eit hol med ein spesiell verdi. Bygg eit program som er innom alle hola du treng for å få den verdien du skal ha.

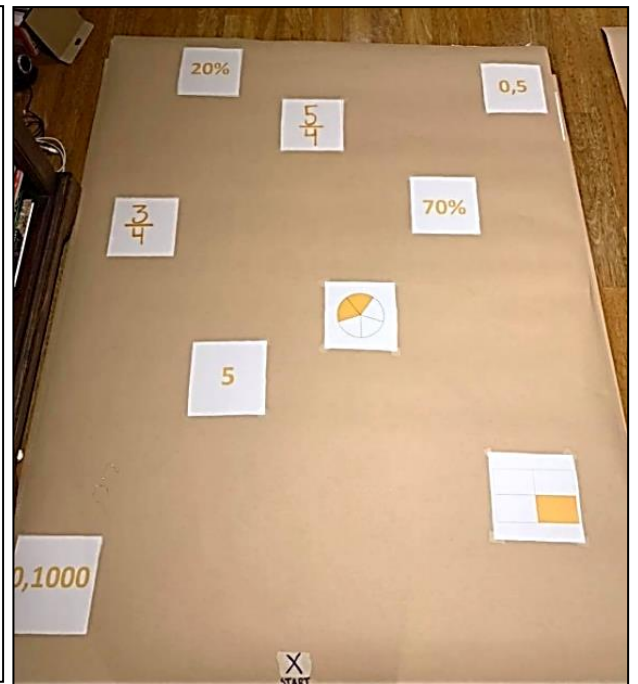
Mål: Programmer ei golfrute som til saman blir

- Ein heil
- 3,25
- 2 – men her må de bruka anna kvar pluss og minus.



Reglar:

- Sphero-ballen skal stoppa i kvart hol.
- Ein kan ikkje bruka same hol to gonger.
- De kan sjølv velja om de vil bruka pluss eller minus mellom hola. Vis dette med å programmera inn lys for de køyrer til det holet som skal leggest til eller trekkast frå. Grønt lys for pluss og rødt lys for minus.



Figur 9: Golfoppgaven

Figur 10: Golfbanen

Undervisningsopplegget går ut på at hver lapp på gulvet representerer et hull som har en spesiell verdi (se figur 9). Målet er å komme seg gjennom golfbanen ved å treffe hull som til sammen utgjør en bestemt tallverdi (se figur 10). For å få godkjent et hull må man klare en «hole in one». Det vil si at man må lage en programkode som programmerer Sphero ballen fra startpunktet til å stoppe nøyaktig i det ønskede hullet. Klarer man dette kan man programmere videre fra hullet man står på til neste hull. Man må likevel alltid starte programkoden fra startpunktet, som vil si at man må bygge på programkoden man allerede har. Målet er dermed å lage en sammenhengende programkode hvor roboten stopper innom alle hullene i den planlagte ruta. Man kan velge om det skal være pluss eller minus mellom hullene. Dette viser man ved å legge inn lys i starten av den programmerte strekningen fra et hull til et annet, grønt for pluss og rødt for minus. Man kan ikke bruke samme hull to ganger for å nå ønsket verdi.

For å slippe å bruke tid på å feste hvert hull på gulvet hadde jeg på forhånd laget klart 8 golfbaner av dekkpapp i størrelsen 1,2 m x 1,5 m. Verdiene som skulle representere golfhullene

ble printet ut og klippet i en størrelse på 17 cm x17 cm. Etter utprøving ble dette vurdert som en fin størrelse, da det krever nøyaktighet, men også gir slingringsmonn for unøyaktigheter i Sphero-ballen. Størrelsen på dekkpappen ble utformet med tanke på å få plass på videoopptaket. Det var baksiden av golfbanen som ble brukt som underlag i de andre oppgavene, ettersom det ble oppdaget at gulvet i gymsalen var ujevnt.

#### 4.6 Analysearbeid

Etter endt undervisning ble film- og skjermopptak overført fra filmkamera og nettbrett til en ekstern harddisk, og senere lastet opp på en forskningsserver. Etter hver undervisningsøkt ble filmopptakene gjennomgått for å få mulighet til å justere på opplegg og stille spørsmål dersom det var noe på filmen som var uklart. For å få best mulig innsikt i undervisningssituasjonene fant jeg det hensiktsmessig å slå sammen video- og skjermopptak. Dette var noe utfordrende da nettbrettene på forhånd ikke var stilt inn på riktig dato og klokkeslett, og jeg måtte derfor synkronisere video- og skjermopptak manuelt. For å sidestille opptakene i en og samme film, brukte jeg splitscreen-funksjonen i redigeringsprogrammet Sony Vegas Pro 13, hvor internettet var frakoblet under hele prosessen, samt ved gjennomgang av dem i ettertid. Til sammen ble det laget fire slike filmer, en fra hver gruppe i de to undervisningsoppleggene, som tilsvarte 5 timer totalt.

Etter at video- og skjermopptak var slått sammen kunne jeg starte transkriberingsprosessen. For å få en oversikt over datamaterialet ble det i første omgang utført en grovtranskribering i form av korte referat. Jeg noterte da ned hva de to ulike gruppene hadde gjort på de forskjellige oppgavene, og merket meg episoder jeg fant ekstra interessante. I andre omgang ble det utført en grundigere grovtranskripsjon. Hendelsene ble sortert kronologisk etter oppgavene slik at det skulle være lettere å finne frem og sammenligne måten de to gruppene hadde løst oppgavene på. Oppgavene og konteksten ble presentert under oppgavetittlene etterfulgt av grovtranskriberte episoder og samtaleutdrag fra de to gruppene. Transkripsjonen av intervjuene ble lagt helt nederst i dokumentet. På denne måten kunne jeg få en god oversikt over datamaterialet mitt, noe som var nødvendig før jeg skulle foreta en seleksjonsprosess av hvilke episoder som skulle bli inkludert i oppgaven.

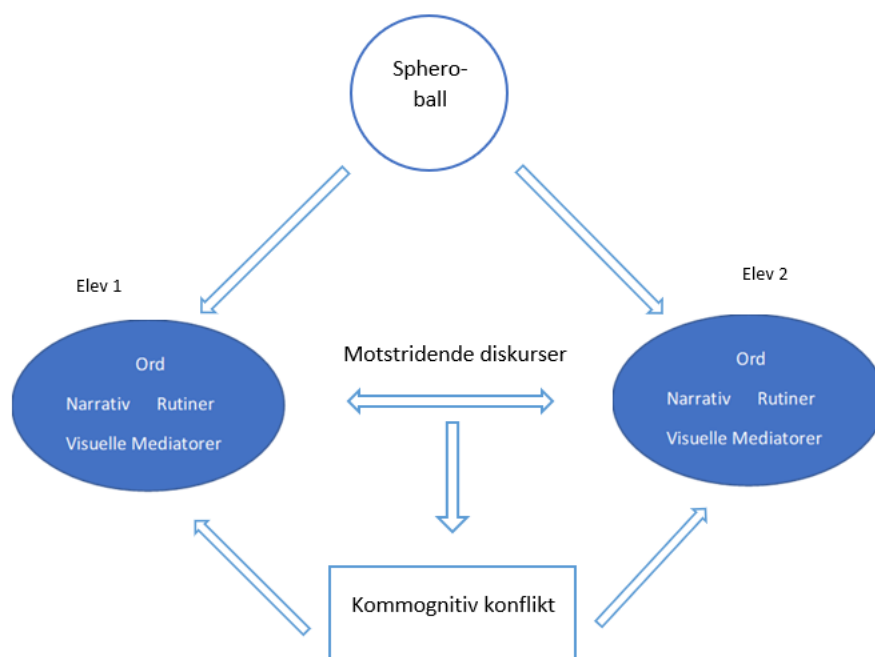
Siden jeg ønsket å undersøke hvilket potensial Sphero-ballen hadde for å legge til rette for matematikkfaglige samtaler, valgte jeg episoder hvor elevene ble utfordret, måtte bruke tid på å få til oppgavene og hvor det utviklet seg interessante diskusjoner. Oppgaver som elevene var

enige om hvordan de skulle løse og som genererte lite faglige samtaler, ble derfor mindre interessante og selektert bort. Jeg gjennomførte deretter en tematisk analyse, hvor jeg markerte styrker og kjennetegn ved Sphero-ballen. På denne måten kunne jeg se hva som gikk igjen og velge episoder som viste ulike styrker i arbeid med Sphero-ballen. På bakgrunn av denne prosessen valgte jeg å bare benytte meg av gruppen som bestod av elever på 6.trinn, siden disse som nevnt tidligere hadde en bedre gruppedynamikk og flere interessante samtaler. Når jeg i etterkant hadde bestemt meg for hvilke episoder jeg ønsket å bruke, ble disse fintranskribert, hvor elevenes kroppsspråk ble inkludert for å sikre best mulig gjengivelse av situasjonen.

#### 4.6.1 Kommognisjon som analytisk rammeverk

Som analytisk rammeverk har jeg benyttet meg av Sfard (2007) sin teori om kommognisjon med utgangspunkt i de fire diskursive kategoriene: ord, visuelle mediatorer, narrativ og rutiner. Sfard ser, som tidligere nevnt, på læring som en individualiseringsprosess, som gjør elevene i bedre stand til å kunne samtale om matematikk både med seg selv og andre. Hun mener derfor at læring kan observeres ved å studere kommunikasjonen deres, ved å se etter endringer og utvidinger av elevenes diskurser. Siden datainnsamlingen min foregikk over kort tid og jeg ikke hadde kjennskap til elevenes diskurser på forhånd, har jeg ikke nok grunnlag til å kunne fastslå slike endringer. Min hensikt ved å bruke rammeverket har vært å studere hvordan bruk av Sphero-ballen kommer til uttrykk i elevenes diskurser, og blant annet se på robotens rolle i produksjon og godkjenning av nye narrativ, og hvordan den kan bidra til å trigge eventuelle kommognitive konflikter. Det er likevel noen situasjoner hvor man kan ane konturer av endringer i elevenes diskurser, særlig i form av at de produserer og godkjenner narrativ på nye måter, sammenlignet med tilsvarende oppgaver. Jeg vil derfor også der det er mulig se på hvordan elevenes matematiske samtaler kan ha ført til endring og utviding av elevenes diskurser, altså læring på objekt og metanivå.

Siden de fire diskursive kategoriene henger sammen og til dels overlapper hverandre har det ikke vært hensiktsmessig å studere dem isolert sett. I analysen har jeg lagt særlig vekt på hvilke visuelle mediatorer Sphero-ballen kan tilby og hvordan disse kommer til uttrykk i elevenes rutiner og produksjon av narrativ.



Figur 11: Analysemodell

Modellen på figur 11 er blitt utviklet basert på min lesning av Sfard sine verk, og erfaringene jeg gjorde i første fase av analysearbeidet. Den er videre blitt brukt som støtte i analyseprosessen for å visualisere og tydeliggjøre hva jeg ønsker å se etter. Mitt hovedfokus er som nevnt å undersøke hvordan Sphero-ballen kommer til uttrykk i elevenes matematiske diskurser. Videre er det også blitt sett på om Sphero-ballets innvirkning i elevenes diskurser kan legge til rette for eventuelle kommognitive konflikter og potensielt føre til læring.

#### 4.7 Forskningskvalitet

For å vurdere kvaliteten på forskningen trekker Tjora (2021, s.259) frem tre kvalitetskriterier innenfor kvalitativ forskning: gyldighet (validitet), pålitelighet (reliabilitet), og generaliserbarhet. Oppgavens gyldighet dreier seg om hvorvidt svarene man får stemmer overens med spørsmålene som er blitt stilt. Det handler altså om hvorvidt det er samsvar mellom forskningsspørsmålet, datainnsamlingsmetoden og det teoretiske grunnlaget som er blitt brukt (s. 260-263). For å kunne undersøke hvilket potensial bruk av Sphero-baller kan ha for å legge til rette for elevenes matematikkfaglige samtaler, var det nødvendig å skape en situasjon som gav mulighet for dette. Det innebar blant annet å la elevene arbeide i grupper, samt å gi dem oppgaver som var krevende nok til at det ville være behov for å diskutere dem i fellesskap. I

tillegg ble det også gitt varierte oppgaver for å kunne synliggjøre ulike aspekter ved potensialet til programmeringsverktøyet. Dette er altså eksempler på overveielser som er blitt gjort i planleggingsfasen for å styrke oppgavens gyldighet.

Når det gjelder datainnsamlingen var video- og skjermopptak nødvendig for å kunne dokumentere elevenes kommunikasjon og handlinger i arbeid med Sphero-ballen, som senere skulle bli brukt som enheter for analyse. Sfard (2007) sitt kognitivt rammeverk gav meg videre nyttige verktøy som hjalp meg til å identifisere aspekter ved Sphero-ballens potensial, ved å studere hvordan roboten kom til uttrykk i elevenes diskurser gjennom de fire diskursive kategoriene. Befring (2015, s. 54) peker på at oppgavens gyldighet også vil være påvirket av forskerens kunnskaper, tolkninger og forventninger, og vil ofte dreie seg om «researcher bias», og i hvor stor grad dette påvirker oppgavens objektivitet. Undervisningsopplegget har for eksempel blitt utformet basert på min innsikt og det jeg trodde kunne være styrker og svakheter med Sphero-ballen. Gyldigheten påvirkes ytterligere av hvilken teori som er blitt valgt og hvorvidt jeg har brukt og tolket denne på en fornuftig måte. Med å være åpen og redegjøre for valgene og hvordan jeg har gått frem, kan leseren selv være med på å vurdere oppgavens gyldighet.

Oppgavens pålitelighet omhandler interne sammenhenger i forskningsprosjektet og hvordan disse blir synliggjort. Det dreier seg altså om forhold som kan ha hatt påvirkning for resultatene i studien (Tjora, 2021, s.263). Tjora (2021) peker på at kvalitative studier er vanskelige å etterprøve, særlig fordi utvalget består av unike individer som vil ha påvirkning på resultatene. Transparens er derfor helt nødvendig for at leseren skal kunne vurdere kvaliteten av forskningsarbeidet. Dette innebærer å være åpen om hvordan studien har foregått, hvilke problemer man har møtt på og å redegjøre for valg som er blitt tatt underveis (264). I denne oppgaven har leseren kun mine presentasjoner av data å forholde seg til, og får kun presentert et lite utvalg av den innsamlede dataen. Siden jeg har hatt fokus på å undersøke hvilket potensial som kan finnes i bruk av en programmerbar robot, vil episodene som har blitt valgt gjenspeile dette. Jeg har likevel også valgt å inkludere litt om hvilke utfordringer som elevene møtte på i undervisningssituasjonen, for å gi et mer nyansert bilde av bruken av slike roboter i matematikkundervisning.

I dette forskningsprosjektet er det flere faktorer som har hatt innvirkning for resultatene, blant annet oppgavedesignet, elevgruppene og innsamlingsmetoder som er blitt brukt. For å styrke oppgavens pålitelighet, har jeg derfor hele tiden hatt som mål å gi rike beskrivelser om hvordan forskningen har blitt gjennomført. Jeg har ytterligere redegjort for valg som er blitt tatt



underveis, slik at leseren selv skal kunne vurdere oppgavens kvalitet. Videre har transkripsjonsprosessen vært særlig viktig for oppgavens pålitelighet, ettersom den behandler rådata og gjør om en situasjon om til tekstformat (jf. Krumsvik, 2019, s. 171). Ved å inkludere både video- og skjermopptak av elevenes arbeid, gir dette meg et godt utgangspunkt for å sikre høy kvalitet for gjengivelse av situasjonene. På denne måten kan man se hva elevene gjør, og inkludere bruk av gester som bidrar til å kunne gi rike beskrivelser av situasjonen. Jeg har i tillegg vært bevisst på å være deskriptiv og på å prøve å unngå å fortolke gjennom transkripsjonsprosessen.

Siden jeg har benyttet meg av et kvalitativt forskningsdesign i form av en casestudie, har som nevnt konteksten med de utvalgte elevene vært av stor betydning, og det har derfor ikke vært et mål å generalisere funnene. Mitt mål har vært å peke på ulike sider ved Sphero-ballens egenskaper som kan ha potensial for å legge til rette for elevenes matematikkfaglige samtaler. Ved å peke på ulike aspekter ved potensialet til roboten, kan lesere selv vurdere hvorvidt disse funnene kan være nyttige ved utforming av undervisningsopplegg til egen klasse, og ha verdi for bruk av andre programmeringsverktøy med lignende egenskaper.

#### 4.8 Etiske hensyn

I arbeid med denne masteroppgaven er det blitt tatt flere etiske hensyn både ved planlegging, gjennomføring, behandling, og gjengivelse av innsamlet datamateriale. Ettersom forskningsdesignet mitt gikk ut på å samle inn personidentifiserende data i form av lyd- og videoopptak, var det nødvendig å sende inn en søknad til Norsk Senter for forskningsdata (NSD), for å få godkjenning av at det planlagte forskningsprosjektet var i tråd med personvernloven. Søknaden ble sendt gjennom LATACME og ble godkjent før jeg gikk i gang med datainnsamlingen. Befring (2015, s. 31) peker på at «Et av forskningsetikkens grunnleggende prinsipper består i at all deltakelse skal bygge på samtykke, og at dette samtykke skal være gitt på et fritt, informert og forstått grunnlag». Siden elevene i dette prosjektet var under 15 år, var det i tillegg til elevenes frivillighet, også nødvendig å få de foresatte sitt samtykke til å la barna delta i forskningsprosjektet (Befring, 2015, s. 32). Det ble derfor utformet et informasjonsskriv og et samtykkeskjema som ble sendt hjem med elevene til de foresatte, som forklarte hva forskningsprosjektet gikk ut på, og hva det innebar for deltagerne i prosjektet (se vedlegg 7). Matematikklæreren til elevene sendte også ut meldinger til de foresatte med lettfattelig informasjon om prosjektet, samt info om når dette skulle skje. I tillegg

til å få skriftlig samtykke fra elevene og deres foresatte, fikk jeg også samtykke av elevene muntlig. På denne måten kunne jeg bedre forsikre meg om at de hadde forstått hva prosjektet innebar og at de var klar over at de ville bli anonymisert og at de kunne trekke seg når som helst uten å oppgi noen grunn til dette. En muntlig forklaring la dessuten til rette for at elevene kunne stille eventuelle spørsmål.

For at det ikke skulle være for tidkrevende for læreren å være med på prosjektet ble datainnsamlingen utformet til å gå over to dobbeltimer. Undervisningsøktene ble også rettet mot elevenes kompetansemål, for å begrense at datainnsamlingen skulle gå på bekostning av elevenes faglige utbytte, som de skulle fått gjennom den ordinære undervisningen. Det innsamlede datamaterialet er blitt behandlet og oppbevart på en trygg måte, uten internettforbindelse og hvor kun de som har hatt lov har hatt tilgang på det. I gjengivelsen av dataen ble elevenes navn byttet ut med fiktive navn for å ivareta elevenes anonymitet. Hvordan elevene ble gjengitt og fremstilt er også tatt i betraktning. I transkripsjonsprosessen har jeg hatt som hovedregel å transkribere elevenes samtaler ordrett. Muntlig språk har likevel ifølge Krumsvik (2019, s.174) en tendens til å noen ganger kunne fortone seg som usammenhengende og forvirret, som kan gi en utenforstående et dårligere inntrykk av elevens intellektuelle nivå. For å unngå dette er noen av ytringene blitt finjustert uten å gå på bekostning av meningsinnholdet (jf. Krumsvik, 2019). Med tanke på at bruk av ord er en kategori i det kognitive rammeverket, har jeg kun endret på rekkefølgen og ikke ordene i finjusteringen som er blitt utført.

På bakgrunn av Covid-19 pandemien, anså jeg det som nødvendig å foreta smittevernstiltak i forbindelse med innsamling av datamaterialet. Datainnsamlingen ble gjennomført i et område hvor det på den tiden var lave smittetall, og hvor barneskolen lå på et grønt nivå etter Helsedirektoratets (2020) trafikklysmodeell for smittevern. Jeg innså at det kunne bli en utfordring å holde tilstrekkelig avstand til elevene dersom de skulle trenge hjelp i undervisningssituasjonene. Jeg gikk derfor i en 10-dagers frivillig karantene før datainnsamlingen, for å redusere risikoen om å utsette elever og ansatte for smitte. Nettbrett og Sphero-baller ble i tillegg rengjort før og etter hver undervisningsøkt.

## 5.0 Analyse

I denne analysedelen vil det bli presentert fire episoder fra gruppen på 6.trinn, der alle deltakerne har fått tildelt fiktive navn for å ivareta elevenes anonymitet. Episodene presenteres i form av en kort beskrivelse, etterfulgt av samtaleutdrag fra situasjonen. Deretter analyseres de ut ifra Sfard (2007) sine fire diskursive elementer. Ved hjelp av disse legges det særlig vekt på hvordan Sphero-ballen kommer til uttrykk i elevenes diskurser, og legger til rette for elevenes produksjon av narrativ. Videre blir det undersøkt hvordan Sphero-ballen, ved å legge til rette for elevenes samtaler, kan trigge mulige kognitive konflikter. Der det er mulig pekes det også på potensielle utviklinger av elevenes diskurser, noe som kan identifiseres ved endringer i måten de samtaler på, og være tegn på læring. Den første episoden er litt lengre enn de andre og består av to samtaleutdrag. Det vil derfor etter analysen av denne, gis en liten oppsummering over episoden i sin helhet.

I samtaleutdragene blir det benyttet ulike symboler for å gjøre de lettere å lese, men også for å gi et mest mulig korrekt bilde av hvordan dialogene utspilte seg. Jeg vil derfor presentere en liten oversikt over betydningen av symbolene som er blitt brukt:

[...] Noe av samtalen er kuttet bort.

( ) Forklaringer av elevenes handlinger skrives i parentes.

... Tenkepause 1–3 sekund.

.. Det er også flere tilfeller hvor elevene blir avbrutt, slik at de ikke får fullføre setningen sin. Dette markeres med to punktum.

### 5.1 Areal av en firkant

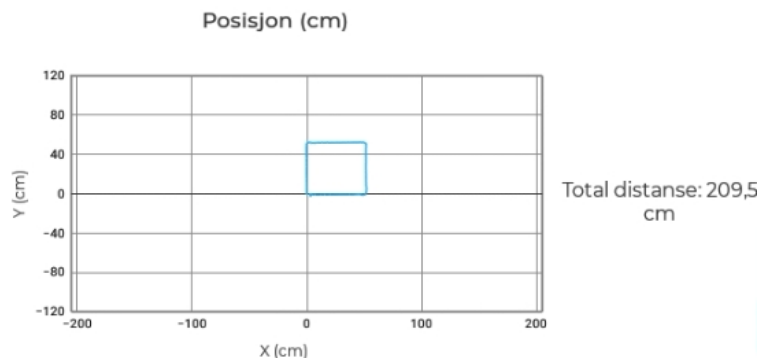
I denne oppgaven blir elevene bedt om å lage en valgfri firkant som de skal regne arealet av. Gruppen velger å bruke en programkode fra en tidligere oppgave (Se vedlegg 2, oppgave 1b), som forklarer hvorfor den også inneholder lys-blokker. Denne programkoden gir Sphero-ballen en kjørelengde på 209,5 cm, som tilsvarer omkretsen av firkanten (se figur 12 og 13). De blir videre fortalt at det er greit å runde opp eller ned dersom de skulle få vanskelige tall å regne med.

```

oppstartsprogram
hoved LED
rull 0° på 50 hastighet i 2s
hoved LED
forsink i 0.5s
rull 90° på 50 hastighet i 2s
hoved LED
forsink i 0.5s
rull 180° på 50 hastighet i 2s
hoved LED
forsink i 0.5s
rull 270° på 50 hastighet i 2s

```

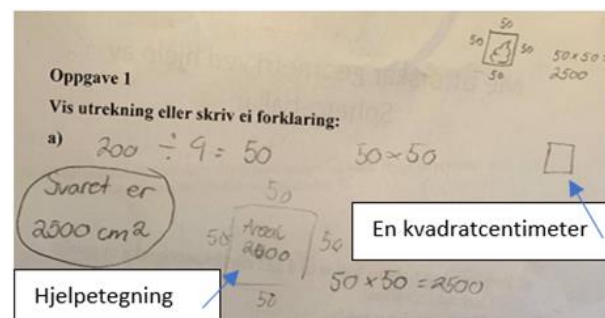
Figur 12 : Programkoden til firkanten



Figur 13 : Sensordataen til firkanten

Elevene velger å runde ned til 200 cm for å gjøre utregningen enklere, og finner ut at hver side må være ca. 50 cm. Vilde tegner opp en hjelpefigur på kladdarket og setter opp regnestykket  $50 \times 50$ , som gruppen i fellesskap finner ut av er  $2500 \text{ cm}^2$  (se figur 14). Vilde sier seg fornøyd og vil gå videre, mens Henrik stiller seg kritisk til om svaret faktisk kan stemme og mistenker en mulig feil i sensordataen. Diskusjonen som utvikler seg nedenfor varer totalt i ca. seks minutter, hvor det er blitt inkludert to lengre samtaleutdrag for å vise mer av sammenhengene og kompleksiteten i elevenes samtaler.

- Henrik** Ja, men mener du liksom at det er 25 meter? (har gjort en feil omregning fra kvadratcentimeter til meter)
- Vilde** Areal.
- Henrik** Ja. Inni den lille dritten der (lager en firkant med hendene), tror du det var..
- Vilde** Ikke kvadratmeter, kvadratcentimeter.
- Henrik** Ja, jeg skjønner det, men du sa 2500 og da blir det jo 25 meter, det skjønner du vel?
- Vilde** Ja, men ...
- Henrik** Ja, men hva?
- Vilde** Det er faktisk sant ... Men se da, hvis vi har 200 og det..
- Henrik** Du kan ikke mene at inni den lille dritten der var det..
- Vilde** Men se da, her er firkanten vår (peker på hjelpetegningen, se figur 14).
- Henrik** Inni den lille dritten der var det ikke 25 meter, det skjønner du vel?
- Vilde** Eeh hæ? ... Men den kjørte 200 til sammen av ett eller annet. Men vi vet ikke hva den kjørte 200 av, men mest sannsynlig centimeter.
- Henrik** Jo, det sto centimeter, men jeg tipper det var to komma..
- Vilde** Jaja, men uansett. Da blir det 50 på hver side, og den går 50 den veien og 50 den veien (peker på hjelpetegningen). Så da Henrik, må vi bare gange 50 med 50.
- Henrik** Jaa, det er jo 2500. Men du kan ikke mene at det er 2500 centimeter inni den dritten der? [...]



Figur 14 : Kladdemark

- Vilde** En kvadratcentimeter er jo så mye da Henrik (tegner på kladdearket, se figur 14). En kvadratcentimeter er så mye.
- Henrik** Dere skjønner ikke hva ... Ja, en kvadratcentimeter. Tror du det er 2500 sånne der inni den lille dritten der (peker på hjelpetegningen)?
- Vilde** Ja.
- Henrik** Årh, idioter.
- Nils** Ja, men hallo, den var jo mye større i virkeligheten da.
- Vilde** Den var jo veldig stor, se da.
- Henrik** Ja, men den er ikke 25 meter (sukkende tonefall).
- Vilde** Jo, bare vent å se.

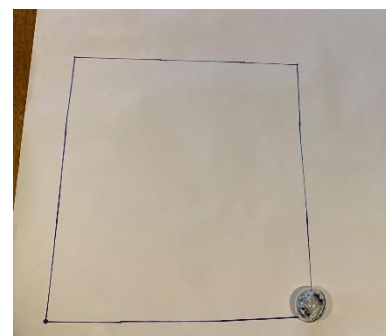
I samtaleutdraget ovenfor utvikler det seg en diskusjon som er knyttet til hvorvidt svaret de har regnet seg frem til kan være riktig. Henrik gjør om centimeter til meter uten å ta høyde for at måleenhetene er kvadrert. Dette fører til at han får et svar som er 100 ganger større enn det egentlig er, altså  $25 \text{ m}^2$  istedenfor  $0,25 \text{ m}^2$ . Han bruker med andre ord samme fremgangsmåte som for omgjøring av måleenheter med en dimensjon. Verken Vilde eller Nils sier eksplisitt at de er uenige i denne omgjøringsmetoden, noe som kan tyde på at de også er litt usikre på dette. Henrik bruker ordet meter der hvor han muligens mener kvadratmeter. Hva han mener er imidlertid ikke lett å vite, og jeg vil derfor også bruke «meter» videre i analysen, når jeg snakker om Henrik sine ytringer. Siden Nils ikke sier så mye i samtaleutdraget, er det først og fremst Henrik og Vilde jeg sikter til når jeg videre henviser til «elevene».

Henrik argumenterer for at svaret de har kommet frem til må være feil, siden firkanten er alt for liten til å kunne romme 25 meter. Vilde som i utgangspunktet hadde sagt seg fornøyd med svaret, ble nå nødt til å ta stilling til Henriks narrativ. Narrativet hans kan se ut til å ha sådd noe tvil hos Vilde, da hun svarer med «Det er faktisk sant» og «Vi vet ikke hva den kjørte 200 av, men mest sannsynlig centimeter». Elevene begynner dernest å undersøke hvor feilen eventuelt kan ligge. Henrik lager en hypotese om at det kan være en mulig kommafeil på sensordataen – at det i stedet for 200 cm, skulle stått «to komma» et eller annet, slik jeg tolker det. Vilde går igjennom fremgangsmåten en gang til, og konkluderer med at det må være riktig å «gange 50 med 50». Henrik fastslår at det blir 2500, slik som de fikk i første omgang. Vilde tar videre stilling til hva 2500 kvadratcentimeter egentlig vil si.

I siste del av samtaleutdraget kan vi se at Vilde prøver å overbevise Henrik om at  $2500 \text{ cm}^2$  kan være riktig svar. Hun bruker blant annet tegning som støtte i argumentasjonen sin, ved å vise hvor stor hun mener én kvadratcentimeter er. Det virker på den andre siden ikke ut som at Henrik blir helt overbevist da han sier «Tror du det er 2500 sånne der inni den lille dritten der?». En mulig forklaring på hvorfor Henrik mener at det ikke kan være plass, kan være at han sikter til hjelpefiguren som Vilde tegnet, siden han peker på denne når han sier det. Vilde og Nils ser

på den andre siden ut til å snakke om firkanten på gulvet «Ja, men hallo, den var jo mye større i virkeligheten da». Narrativene til elevene kan i og for seg ses på som riktige (dersom man ser bort ifra rutinen som ligger til grunn). Det er plass til 2500 cm<sup>2</sup> i firkanten, men ikke plass til det Henrik kaller 25 meter. Og siden elevene tilsynelatende godtar premisset som ligger til grunn for Henrik sitt narrativ – at 2500 cm<sup>2</sup> er det samme som 25 m, blir narrativene deres motstridene. Dette kan gjøre det enda vanskeligere å nærme seg eller godta hverandres narrativ, fordi de da også må forkaste sitt eget. Denne problematikken kan man se tendenser til i samtalen der Henrik sier at det ikke kan være plass til 25 meter inni firkanten, og Vilde svarer med «Jo, bare vent og se». Det kan dermed se ut til at hun godkjenner ett usannsynlig narrativ for å få det til å stemme overens med eget, noe som tyder på at hun kun forholder seg til kvadratcentimeter og egen diskurs. Dette er tegn på brudd i kommunikasjonen og kan minne om det Sfard (2007) kaller for en kommognitiv konflikt. For å få en forståelse av hvordan en slik konflikt kan trigges, er det hensiktsmessig å undersøke hvorfor den oppstod. Ved studere samtalen ut ifra et kommognitivt rammeverk med utgangspunkt i de fire diskursive kategoriene, kan man få bedre innsikt i underliggende faktorer for det som kanskje kan kalles en kommognitiv konflikt. Disse kategoriene er nært knyttet til hverandre, og det vil derfor bli snakket om noen av de sammen, fremfor som isolerte kategorier. Før jeg går i gang med dette vil jeg presentere hvordan samtalen utspilte seg videre, for å få et mer helhetlig bilde av samtalen til elevene og for å unngå å gjenta meg selv i for stor grad.

Samtaleutdraget under er en fortsettelse av hvor Vilde sier «Jo, bare vent å se» og starter programkoden på nytt. Hun går så etter og markerer hvor Sphero-ballen har kjørt (se figur 15). Dette er mulig fordi at det som nevnt i metodekapittelet, ble brukt dekkpapp som underlag til å utføre oppgavene med roboten. Bildene som er brukt til å vise oppmerkingen er en rekonstruksjon av elevenes arbeid, og basert på den samme programkoden de brukte da gruppens underlag senere ble benyttet til en annen oppgave.



Figur 15 : Oppmerket kjørebane

- Henrik** Se da. Ja, jeg ser at den er litt stor. Kanskje det er 2,5. Jeg tror mer at det er 2,5. Det må nok være 2,5.
- Vilde** Inne i denne er det sikkert 2500 kvadratcentimeter (viser til den oppmerkede firkanten).
- Nils** Okei, nå er jeg mer på hennes lag.
- Henrik** Nei, du mener ikke det Nils.
- Vilde** Jeg mener det.  
[...]
- Vilde** Henrik, tenk nå, tror du det er 2500 sånne små inni her? (viser til tegningen av en kvadratcentimeter og til det oppmerkede kvadratet). Selvfølgelig er det plass til det.
- Henrik** Ja, visst du moser alle sammen ja.

- Nils** Nei, det er faktisk ... Jeg er ... sorry Henrik.
- Henrik** Jeg skjønner hva dere mener, men liksom ... husk at det ikke kan være 25 meter inni. Fordi dette er knapt en meter. En halv meter er det sikkert, og en halv meter og en halv meter og en halv meter (peker på sidelengdene i den oppmerkede firkanten, se figur 15), det blir 2 meter det. Og så må du tenke på det som er inni og da blir det kanskje 2,5 meter.
- Nils** Neei.
- Vilde** Neei, 2500.
- Henrik** Ja greit, 25 meter. Ta det (sukkende tonefall).

I dette samtaleutdraget kan man altså se at elevene prøver å overbevise hverandre om å godkjenne egne narrativ. Etter at Vilde har markert opp den faktiske størrelsen på kjørebanelen til roboten, sier Nils «Okei, nå er jeg mer på hennes lag» som tyder på at han har godkjent Vilde sitt narrativ. For Henrik ser det imidlertid ut til å være mer utfordrende. Selv om han sier at han skjønner hva de mener, er dette trolig vanskelig å akseptere når det ikke stemmer overens med hans eget narrativ – at det ikke kan være plass til 25 meter i firkanten.

### 5.1.1 Bruk av ord

Hvis man først studerer elevenes bruk av ord, kan man som nevnt innledningsvis merke seg at Henrik bruker ordet meter, selv om det er snakk om areal. Måten han uttrykker seg på kan gi indikasjoner på at han opererer i én dimensjon, og kanskje ikke er helt fortrolig med arealbegrepet og måleenhetene knyttet til det. Når Henrik snakker om de halve meterne kan det virke som at han blander sammen omkrets og areal ved å legge sammen alle de fire sidelengdene på 50 cm, som blir 2 m, for deretter å legge til det han mener er plass til inni firkanten. At Henrik kanskje har en annen oppfatning (eller manglende forståelse) av arealbegrepet, underbygger mistanken om en kognitiv konflikt, fordi elevene i så fall har snakket om samme begrep, men lagt ulikt innhold i det. Henrik viser på den andre siden en bedre forståelse av arealbegrepet når det er snakk om kvadratcentimeter, da han i starten av første samtaleutdrag sier «Ja, en kvadratcentimeter. Tror du det er plass til 2500 sånne i den dritten der?». Denne ytringen tyder på at han skjønner at det må være plass til 2500 kvadratcentimeter i firkanten for at svaret skal kunne stemme. Denne ytringen kom imidlertid som en respons etter at Vilde hadde tegnet opp hvor stor hun mente en kvadratcentimeter er. Hvor stor en kvadratmeter er, ble derimot ikke et samtaletema.

### 5.1.2 De visuelle mediatorene muliggjør nye rutiner

De visuelle mediatorene virker til å ha spilt en viktig rolle for hvordan samtalen utartet seg. Siden Sphero-ballens kjørebane viser den faktiske størrelsen som informasjonen på sensordataen skal representere, var det mulig å fysisk vurdere om svaret de hadde regnet seg frem til var riktig. Henrik gjør om svaret til meter, som han kanskje har et nærmere forhold til i hverdagsdiskursen. Det fysiske aspektet gav på denne måten utspring for en ny måleenhet som visuell mediator. At Henrik tar utgangspunkt i meter og stiller spørsmål til om svaret kan være riktig, fører også til at Vilde gjør en ny vurdering. Hun tar imidlertid videre utgangspunkt i kvadratcentimeter, og vurderer svaret som sannsynlig. De støtter altså narrativene sine på ulike visuelle mediators i form av ulike måleenheter. Dette påvirker elevenes videre narrativ og rutiner, som hvordan elevene går frem for å argumentere for å overbevise den andre.

De visuelle mediatorene som Sphero-ballen tilbyr og som kan identifiseres i situasjonen er i hovedsak sensordataen på nettbrettet og Sphero-ballens fysiske kjørebane. I tillegg blir også flere visuelle mediators tatt i bruk, som fungerer som supplement til de roboten i seg selv tilbyr. Vilde velger for eksempel å tegne hvor stor hun mener en kvadratcentimeter er, i sin argumentasjon knyttet til det fysiske aspektet ved roboten. Det fysiske aspektet ved roboten gir rom for at andre måleenheter (meter) enn den som var oppgitt på sensordataen kunne tas i bruk. Måleenhetene (cm og m) fungerte i dette tilfelle som viktige visuelle mediators, fordi de danner grunnlaget for elevenes videre rutiner og produksjon av narrativ. Man kan dermed argumentere for at arbeid med Sphero-ballen, også kan legge til rette for at andre visuelle mediators som ikke har direkte tilknytning til roboten, tas i bruk. I det siste samtaleutdraget kan man legge merke til enda en visuell mediator, ved at Vilde følger etter Sphero-ballen og markerer opp robotens kjørebane. Dette gjør at det fysiske aspektet ved programmeringsverktøyet kommer enda tydeligere frem. Elevene bruker den oppmerkede firkanten til å vurdere hvor mye den kan romme. Dette er et eksempel på at roboten har potensial til å legge til rette for en ny rutine, i form av en valideringsprosess. En slik rutine kan videre trigge matematikkfaglige samtaler og produksjon av narrativ på metanivå. Dette ser man eksempel på når Henrik sin innvending, førte samtalen inn på hvorvidt de skulle godkjenne eller endre fremgangsmåten de hadde valgt å bruke.

Å vurdere om svaret for arealet kunne stemme med størrelsen på figuren, hadde vært vanskelig både ved en ren skjermbasert programmering og i arbeid med tilsvarende oppgaver i boka. I begge disse tilfellene er figurene og tegningene man jobber med ofte bare en representasjon, og viser ikke de faktiske størrelsene som er oppgitt. Den digitale tegningen viser for eksempel en



liten firkant, som skal representere en firkant med en omkrets på 200 cm og et areal på 2500 cm<sup>2</sup>. Hvis Sphero-ballen og dens fysiske kjørebane ikke hadde vært en del av prosessen, hadde det heller trolig ikke blitt en videre faglig samtale tilsvarende i denne situasjonen. Elevene var tross alt enige om fremgangsmåten – å gange to av sidene i kvadratet med hverandre, og det hadde derfor trolig ikke vært naturlig å gjøre om fra kvadratcentimeter til meter. Det er derfor rimelig å anta at det fysiske aspektet med roboten spilte en viktig rolle for å trigge den mulige kognitve konflikten. I tillegg til å vurdere om svaret er riktig, prøver Henrik også å identifisere hvor feilen kan ligge og peker på en mulig kofmafeil ved sensordataen. Dette er et eksempel på hvordan arbeid med Sphero-ball kan fordre kritisk tenkning, ved at elevene vurderer om det finnes eventuelle feilkilder. Dette kan videre utvikle seg til fruktbare samtaler.

### 5.1.3 Visuelle mediatorers rolle i produksjon av narrativ

Når Henrik stiller seg kritisk til om svaret kan stemme, gjør Vilde som nevnt en ny vurdering. Dette fører til at samtalen beveger seg over til å handle om begrepsinnholdet av matematiske objekt, slik som arealbegrepet: Hva vil det si at noe har et areal på 2500 cm<sup>2</sup>, og hvor stor er egentlig en kvadratcentimeter? Kan det stemme at firkanten kan romme 2500 slike? Dette er samtaler bestående av narrativ på metanivå, fordi de omhandler selve diskursen. De diskuterer blant annet hvorvidt de kan godkjenne svaret de har fått, og snakker om meningsinnhold i matematiske objekt. Slike samtaler har ifølge Sfard (2007) potensial for læring, og kan føre til utviding eller endring av elevenes matematiske diskurser. I tillegg ser det også ut til at de visuelle mediatorene har vært til støtte for elevenes forståelse og produksjon av narrativ (jf. Sfard, 2008). I stedet for å forklare alt med ord kan de henvise til og bruke de visuelle mediatorene, som for eksempel når Vilde sier «Tror du det er plass til 2500 sånne små inni her? Selvfølgelig er det plass til det». Da henviser hun både til tegningen av en kvadratcentimeter, og den oppmerkede firkanten. I tillegg kan samtaler om, og ved bruk av visuelle mediatorer bidra til at elevene får en bedre forståelse for størrelser, som for eksempel hvor stor en kvadratcentimeter faktisk er.

### 5.1.4 Areal av en firkant - Oppsummering

Etter å ha studert episoden ut ifra et kognitivt rammeverk, er det mye som tyder på at Sphero-balls tilbud og tilrettelegging for flere visuelle mediatorer, har spilt en viktig faktor for den kognitve konflikten. De visuelle mediatorene som man kan identifisere i episoden er blant annet sensordataen, tegningen på kladdarket, Sphero-balls kjørebane og

markeringen av den. I tillegg gav det praktiske aspektet ved roboten elevene mulighet til å benytte seg av flere måleenheter (cm og m), som også kan ses på som viktige visuelle mediatorer i denne episoden. Sphero-ballen tilbyr elementer både fra skjerm- og robotprogrammering. Man får opp en digital tegning med oversikt over hvor langt roboten har kjørt. I tillegg har også Sphero-ballen en fysisk dimensjon, ved at elevene kan se forflytningen av ballen på gulvet. Dette gir elevene noen ekstra muligheter til å reflektere over om svaret er riktig og gir mening. Sphero-ballen har potensial til å legge til rette for valideringsprosesser som videre kan gi utspring for nye matematikkfaglige samtaler. Til tross for at den potensielle kognitiv konflikten i hovedsak oppstod basert på en ukorrekt omgjøring, førte dette videre til metasamtaler. Slike samtaler har potensial til å føre til læring både på objekt- og metanivå, ved at elevene får mulighet til å utvide eller endre begrepsforståelsen i samspill med andre (jf. Sfard, 2007). De visuelle mediatores fungerer i tillegg som støtte for elevenes forståelse og kan gjøre kommunikasjon enklere. Sphero-ballens tilbud på flere visuelle mediatorer, ser derfor ut til å være hensiktsmessig i produksjonen av, og til å støtte elevenes matematikkfaglige samtaler. Elevenes narrativ med utgangspunkt i disse visuelle mediatores, har videre potensial til å trigge situasjoner som har trekk av det Sfard kaller en kognitiv konflikt.

## 5.2 Halvparten så stort areal

De to neste episodene er også knyttet til arbeid med areal og skjedde i forlengelsen av den forrige. Poenget med å gå inn på de to påfølgende deloppgavene, er å peke på mulige endringer i elevenes rutiner i arbeid med Sphero-ballen, og se på hvilken rolle programmeringsverktøyet har for å legge til rette for de matematiske samtalene.

I denne episoden har elevene fått i oppgave å lage en firkant som er halvparten så stor som den de hadde. Vilde foreslår at de bare kan halvere sidelengdene i kvadratet, noe de andre to sier seg enig i. De endrer altså varigheten fra 2s til 1s på alle de fire blokkene, og starter programkoden (se figur 16). Dette gir dem en firkant med  $\frac{1}{4}$  av arealet til originalfiguren (se figur 18). Etter å ha startet programkoden, påpeker Vilde at den nye firkanten er «firedobbelt så liten» og begynner å gjøre endringer på programkoden. Henrik og Nils sier imidlertid at programkoden er riktig, men at firkanten ser liten ut fordi de ikke startet roboten på samme plass som sist. Henrik legger deretter merke til at det står ca. 100 cm på sensordataen (se figur 18), noe som tilsvarer rundt halvparten av omkretsen til originalfiguren som var ca. 200 cm. Han kommer så med følgende utsagn: «Nei det står faktisk 100, så det er faktisk halvparten».

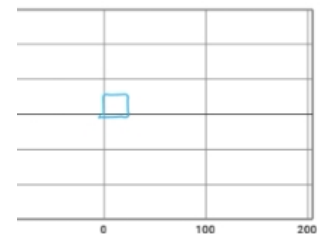
Vilde responderer med å endre programkoden, slik at de fire blokkene blir satt til en varighet på 2s og 1s annenhver gang (se figur 17). Hun starter deretter programmet, og kommenterer at firkanten denne gangen får samme bredde som originalfiguren. Dette ser ut til å være nok til å overbevise Nils som sier «okei, nå er jeg på hennes lag igjen». Henrik biter seg derimot merke til at sensordataen denne gangen ble 152 cm (se figur 19), noe som ikke lenger er halvparten av 200 cm:



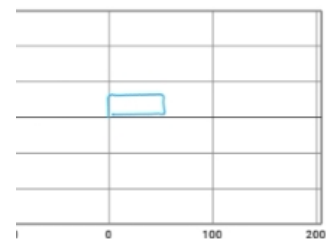
Figur 16: Programkode, 1. forsøk



Figur 17 : Programkode, 2. forsøk



Figur 18 : Sensordata, 1. forsøk



Figur 19 : Sensordata, 2. forsøk

**Henrik:** Ja, men se nå. Se, nå står det 152 og i stad stod det 200 (snakker om omkretsen i forhold til originalfirkanten).

**Vilde:** Men det er distanse.

**Nils:** Henrik, det er ikke areal type.

**Vilde:** Se da, i stad var den dobbelt så stor.

**Henrik:** Greit.

**Vilde:** Poenget mitt er at her er den totale firkanten (peker på den blå firkanten som viser originalfirkanten, se figur 20). I stad fikk vi så masse av firkanten når vi kjørte for første gang (markerer den grønne firkanten), og det er bare  $\frac{1}{4}$ . Men nå fikk vi helt bort dit (markerer den rosa firkanten), og da blir det halvparten. Skjøenner du nå?

**Henrik:** Ja, jeg skjønner hva dere mener. Men, kan jeg få si en ting? Se da, når vi tok den store (peker på den blå firkanten) så var det 200 cm der, sant (peker på nettbrettet)?

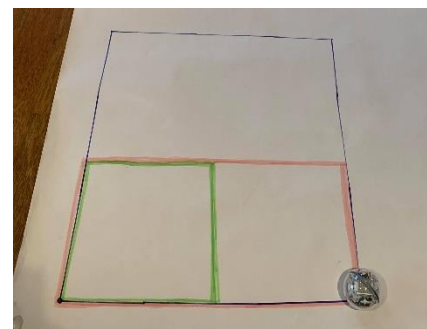
**Vilde:** Nei, det var 208.

**Henrik:** Ja, men vi rundet jo ned til 200, sant. Vi sier det var 200. Og så, når vi tok den lille her (peker på den grønne firkanten) ble den 100, og da er jo det halvparten.

**Nils:** Ja, men det er fordi da hadde vi litt mindre streker. Her er det liksom bare to streker som er halvparten av det (peker på den rosa firkanten).

**Henrik:** Ja, okei.

**Nils:** Gi deg Henrik, vi har rett.



Figur 20 : Oppmerkede kjørebanner.

Blå firkant er originalfirkanten. Grønn firkant er 1. forsøk, mens rosa firkant er 2. forsøk på å halvere arealet.

Episoden ender med at Henrik godtar løsningen til de to andre som svar på oppgaven, men avslutter med å si «Okei, da er vi ferdig! Drit i det, selv om vi har tatt feil».

Basert på narrative til Henrik kan det se ut som at han har en oppfatning av at dersom omkretsen er halvparten av originalfiguren, må også arealet være det. Det kan dermed tyde på at Henrik handler ut ifra andre metaregler enn de to andre. Dette kommer også til syne i rutinene til elevene, hvor Henrik vurderer programkoden ved hjelp av sensordataen, mens Vilde og Nils støtter seg på Sphero-ballets kjørebane. På tilsvarende måte som forrige episode blir det produsert to motstridende narrativ, denne gangen knyttet til hvilken programkode som er den riktige. Med tanke på at Henrik ser ut til å legge et annet innhold i arealbegrepet, kan man også her ane konturer av det Sfard (2007) kaller en kognitiv konflikt.

I motsetning til sist, prøver Vilde og Nils denne gangen å argumentere for hvorfor Henrik sitt narrativ må forkastes: «Men, det er distanse» og «det er ikke arealtype», i tillegg til at de ytterligere argumenterer for hvorfor han skal godkjenne deres. Vilde bruker også denne gangen markering av robotens kjørebane som visuell mediator til å prøve å overbevise Henrik. Markeringene gjør det mulig å sammenligne størrelsene på de tre firkantene. Henrik uttrykker at han skjønner hva de mener, men påpeker videre at de forrige gang fikk en omkrets på 100 cm, noe som tilsvarer halvparten av originalfiguren. Det virker deretter som om Nils prøver å gi en forklaring på hvorfor sensordataen har endret seg fra 100 cm første gangen: «men da hadde vi litt mindre streker» til 152 cm på andre forsøk, hvor bare to av sidene eller «strekene» i firkanten var halvparten av sidene i originalfiguren. Henrik svarer med «ja, okei», men uttrykker også i dette tilfellet at han tror at løsningen er feil.

### 5.2.1 Sphero-ballet som den mer kunnskapsrike andre

En viktig styrke med Sphero-ballet som kommer frem i denne episoden er at roboten gir elevene en umiddelbar respons på rutinen deres. De trenger derfor ikke å vente på lærerens tilbakemelding for å få svar på om programkoden de har laget er riktig, noe som dermed kan gjøre prosessen mer effektiv. Sphero-ballet gir dessuten nøytrale tilbakemeldinger, som vil si at den ikke forteller elevene om programkoden de har laget er riktig eller ikke. Dette betyr at elevene selv må vurdere hva responsen fra roboten forteller dem. I denne episoden ser Vilde at programkoden gir dem en «firedobbel så liten firkant». Siden Vilde senere i samtaleutdraget omtaler størrelsen på denne firkanten for  $\frac{1}{4}$ , kan man anta at det også er dette hun mener når hun sier en «firedobbel så liten firkant». Nils og Henrik mener på den andre siden at programkoden kan være riktig, og peker på at de ikke startet roboten på samme sted som ved originalfirkanten. Dette utvikler seg videre til en samtale hvor Vilde prøver å overbevise de to andre. Den nøytrale tilbakemeldingen i form av umiddelbar respons ser derfor ut til å ha

potensial for å legge til rette for en valideringsprosess av selve tilbakemeldingen, som kan trigge nye matematiske samtaler. På bakgrunn av at Vilde justerte programkoden ut ifra tilbakemeldingen hun fikk fra Sphero-ballen, kan man argumentere for at roboten kan innta en rolle som den mer kunnskapsrike andre (jf. Abtahi et al., 2018). Nok en gang peker det fysiske aspektet ved Sphero-ballen seg frem som en viktig visuell mediator, som Vilde baserer sin vurdering av den umiddelbare responsen på. Man kunne kanskje også ha oppdaget dette på den digitale tegningen, siden den også ble en fjerdedel av størrelsen sammenlignet med originaltegningen. Likevel kan dette tenkes å være vanskeligere siden den digitale tegningen forsvinner mellom hver gang, som gjør at man er avhengig av å huske hvordan den forrige så ut. Det samme gjelder for den fysiske kjørebane, men siden originalfirkanten allerede hadde blitt markert, gav dette et bedre utgangspunkt for å kunne sammenligne firkantene. Vilde bruker også markeringene aktivt i argumentasjonen når hun prøver å overbevise de to andre.

### 5.3 Dobbelt så stort areal

I den siste deloppgaven skal elevene lage en firkant som er dobbelt så stor som utgangsfiguren. Nils fremmer et forslag om å justere sekundene på to av blokkene i programkoden fra 2 til 4 (se figur 21), men både Henrik og Vilde gir uttrykk for at de er usikre på om dette kan stemme.

- Henrik:** Hæ ja, nei du må faktisk ha fii ... må du ikke?  
**Nils:** Jeg vet nå ikke jeg, spør hun (peker på læreren).  
**Vilde:** Ser du, to av de tar vi fire sekund på. Nei alle? Må vi ikke ta alle på fire sekund?
- Henrik:** Ja, du må det fordi at ...  
**Vilde:** Men, i stad var det bare halvparten, nå er det dobbelt.  
**Henrik:** Nå er det dobbelt.  
**Nils:** Ja, men da går den jo (peker langs den ene linjen på originalfiguren som er markert).
- Henrik:** Ja ja ja, det er sant, vi må faktisk ha annenhver.  
**Vilde:** Må vi?  
**Henrik:** Ja, fordi at ... den blir uansett enten sånn (former et vannrett rektangel med hendene i luften), eller sånn (former et loddrett rektangel i luften).
- Vilde:** Vi må jo ikke ha annenhver?  
**Nils:** Jo, fordi du skjønner, her har vi jo den (peker på originalfirkanten som er tegnet på gulvet), og da kan det heller bli at den blir litt større (peker med to hender i en retning). Da blir den dobbel, men hvis den blir større alle veier, blir den jo fire ganger større.
- Vilde:** Vi får teste da (starter programkoden).  
**Henrik:** Fordi at nå blir den ..  
**Vilde:** Ja, det er faktisk sant.  
**Henrik:** Fordi den blir dobbelt så lang, men ikke dobbelt så ..  
**Vilde:** Ja, hvis vi hadde tatt fire på alle så hadde den selvfølgelig blitt fire ganger så stor.  
**Henrik:** Ja.



Figur 21 : Programkoden til firkanten med dobbelt så stort areal

Oppgaven som gis i denne episoden er svært lik den forrige, hvor elevene skulle halvere arealet. Dette gjør samtaleutdraget ekstra interessant siden det gir mulighet for å studere og sammenligne elevenes rutiner. Dette kan videre synliggjøre eventuelle utviklinger av elevenes matematiske diskurser. Nils er tidlig ute med å foreslå riktig fremgangsmåte. Sett i lys av forrige oppgave, hvor elevene først startet med å halvere sekundene på alle blokkene, kan det tyde på at Nils har utviklet metaregler for *hvordan*, men også for *når* rutinen passer å bli tatt i bruk. Han fungerer i denne episoden som den mer kunnskapsrike andre, og bruker markeringene av kjørebane aktivt for å argumentere for hvorfor det må være riktig. Når det gjelder Henrik, uttrykker han først en usikkerhet til Nils sitt forslag: «Hæ ja, nei du må faktisk ha fii ... må du ikke?», før han etter hvert endrer mening «Ja ja ja, det er sant, vi må faktisk ha annenhver». Det som er særlig interessant her er at Henrik støtter seg på nye visuelle mediatorer sammenlignet med sist, og det påvirker rutinene hans. Han henviser til den markerte originalfirkanten og bruker hendene til å vise at firkanten enten må bli lengre eller bredere, slik at kvadratet utvides til et rektangel, enten vertikalt eller horisontalt. Man kan altså identifisere en ny rutine hos Henrik både når han vurderer om fremgangsmåten er riktig, og i måten han argumenterer på. Dette kan vitne om en endring i Henrik sin diskurs, og som da muligens kan kategoriseres som læring på metanivå. Det er interessant å merke seg at Henrik sier «ja ja ja, det er sant» idet Nils holder på å forklare hvor ballen kjørte ved å peke på markeringene. Dette kan tyde på at Nils har spilt en viktig nøkkelfaktor for å ha mediert den eventuelle endringen i Henrik sin diskurs.

Narrativene som Henrik produserer støtter seg på det fysiske aspektet ved Sphero-ballen. Dette er tilsvarende de narrative som Vilde og Nils i forrige episode prøvde å overbevise han om at var riktig. I forrige episode støttet Henrik derimot seg på sensordataen og produserte et narrativ som var motstridende til de to andres. Dette førte dermed til at Henrik måtte forkaste sitt eget for å kunne godkjenne det nye narrative. Det virket imidlertid ikke ut som at han godtok narrative deres, siden han avsluttet med å si «Okei da er vi ferdig! Drit i det, selv om vi har tatt feil». I denne episoden kom ikke sensordataen opp på forhånd, ettersom elevene først foreslo programkoden før de prøvde den. Dette kan ha ført til at Henrik var mer mottakelig for å støtte seg på andre visuelle mediatorer. Det er dermed ikke sikkert at Henrik har fått rettet opp i den mulige misforståelsen om sammenhengen mellom areal og omkrets. Mye tyder likevel på at det har skjedd en utvikling av Henrik sin diskurs, siden han denne gangen godtok fremgangsmåten kun ved å vurdere det fysiske aspektet. Han hadde dermed ikke behov for å sjekke opp i sensordataen i etterkant, noe som viser til en endring i Henrik sine rutiner. Den fysiske markeringen ser ytterligere ut til å ha vært til hjelp for Henrik sin argumentasjon. Han

bruker markeringene og viser med kroppsspråk hvordan firkanten enten bli større enten i lengden eller bredden. Programmeringsverktøyet legger på denne måten til rette for at elevene også kan kommunisere ved hjelp av å kroppsspråk.

I tillegg til å være til hjelp for kommunikasjonen, ser den fysiske visuelle mediatoren også ut til å ha vært til hjelp for elevenes resonnering. Dette kommer kanskje spesielt tydelig frem dersom vi studerer hva som skulle til for at Vilde skulle godta programkoden. Det er verdt å merke seg at det i forrige episode var Vilde som foreslo fremgangsmåten med å kun halvere to av sidene, som er tilsvarende den Nils i dette tilfellet ønsker å bruke. Det som skiller seg fra sist, er som nevnt tidligere at elevene denne gangen ikke hadde noe visuelt å justere programkoden ut ifra, fordi den riktige ble foreslått på forhånd og ikke etter forsøk. Vilde hadde dermed ikke den samme type visuelle mediatoren å støtte seg på. Dette underbygger nok en gang viktigheten av den fysiske kjørebanelen til roboten, som i dette tilfelle ser ut til å ha vært til stor støtte for Vildes forståelse. Dette bekreftes ved at hun lar seg overbevise med en gang hun får se hvordan Sphero-ballen kjører.

### 5.3.1 Bruk av visuelle mediatorer til å utlede regler på objektnivå

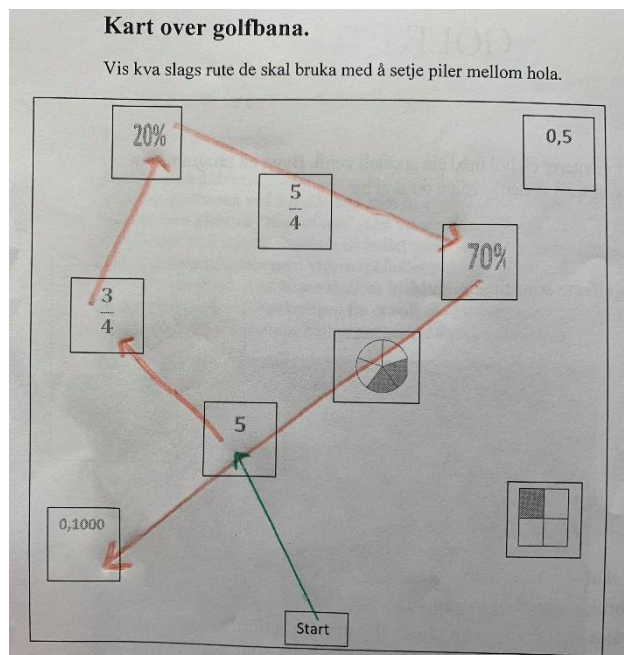
De visuelle mediatorene ser ut til å legge til rette for elevenes produksjon av narrativ på metanivå, som videre gir dem mulighet til å utlede regler på objektnivå. Sagt på en enklere måte, er dette samtaler om fremgangsmåter og forklaringene av disse som utleder til samtaler om matematiske sammenhenger. Et eksempel på dette er når Nils bruker den markerte kjørebanelen til å forklare hvorfor bare to av sidelengdene må forlenges, slik at firkanten utvides i en retning: «Da blir den dobbel, men hvis den blir større alle veier, blir den jo fire ganger større». Dette er altså en samtale som omhandler hva som blir riktig fremgangsmåte og hvorfor det må være slik. Den leder dem inn på samtaler om matematiske sammenhenger, slik som forholdet mellom sidelengdene og størrelsen på arealet. Vilde produserer et tilsvarende narrativ, etter at hun har sett hvordan programkoden blir: «Ja, hvis vi hadde tatt fire på alle så hadde den selvfølgelig blitt fire ganger så stor». Disse eksemplene peker dermed på at Sphero-ballen gjennom dens tilbud på en fysisk visuell mediator, har potensial til å støtte elevenes resonnering og å legge til rette for samtaler som blant annet omhandler matematiske sammenhenger.



## 5.4 Golf

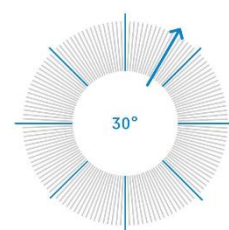
I denne episoden spiller elevene «golf» (se kapittel 4.5.2 for en mer detaljert beskrivelse), hvor de skal programmere roboten gjennom en rute som til sammen gir de en verdi på 3,25 (Oppgave b, se vedlegg 4). Figur 22 er en rekonstruksjon av tegningen som elevene lagde selv, for å synliggjøre hvor elevene la inn grønne lys for addisjon og røde lys for subtraksjon. For å få Sphero-ballen til å stoppe i de utvalgte hullene, måtte elevene legge inn verdier for retning, fart og varighet. Det var også slik at de alltid måtte starte programkoden fra samme punkt, noe som vil si at elevene måtte bygge på den de allerede hadde for å komme seg videre. Målet ble dermed å programmere en sammenhengende programkode som ikke bare gikk innom, men også stoppet opp i hvert av de utvalgte hullene. I dette undervisningsopplegget ble det et tydelig skille mellom samtalen som var rettet mot planleggingen – om hvilken rute de skulle velge, og samtalen hvor elevene programmerte kjørebanelen til roboten. Jeg har valgt å legge vekt på samtalen i programmeringsdelen, fordi de matematiske samtalen knyttet til brøk, prosent og desimaltall i liten grad ble

påvirket av roboten. Disse samtalen kunne dermed ha oppstått i et tilsvarende opplegg uten bruk av Sphero-ballen. Fokuset i denne episoden rettes derfor mot den delen av samtalen som baserer seg på bruk av den programmerbare robotballen. I samtalen under diskuterer elevene hvilken retning Sphero-ballen må kjøre for å komme seg fra andre til tredje hull (se figur 22).



Figur 22: Golf rute, oppgave 1. b)

- Vilde:** Ta gradene på 35. Nei, på 30?  
**Henrik:** Ehm ... ja, men skal vi stille den nå?  
**Vilde:** Jeg tror 30 er det som er ..  
**Henrik:** Prøv 30 nå.  
**Nils:** Jeg tror ikke det blir 30, for 30 blir jo helt der (ser på gradessirkelen (figur 23) og peker deretter i en retning som går litt til høyre for hullet det skal treffe).  
**Henrik:** Ja, det er sant.  
**Nils:** Jeg tror det kan bli ..  
**Henrik:** 20, 20, 20.  
**Nils:** 15?  
**Henrik:** Ja, prøv 15. Og så er det 50 i hastighet, og så tar du 1,9 (sekunder).  
**Nils:** Ja, 1,9 (sekunder). Okei start.  
**Henrik:** Start. Aim den. (Programmet startes, men Sphero-ballen bommer på det første hullet som de tidligere hadde fått til).  
**Henrik:** Åi! Jeg tror vi stilte den litt feil.  
**Nils:** Stopp. (programkoden rekker å kjøre ferdig før det blir avsluttet)  
**Henrik:** Ta på 1,8 (sekunder) når du først er der. Jeg tror vi stilte den helt feil.



Figur 23: Gradesirkelen som kommer opp når elevene skal stille inn retning i programkoden



**Vilde:** Okei. Aim den. Mer til høyre (sies samtidig som Nils aimer ballen).  
**Henrik:** Drit i å bevege på den. Sånn! Det er perfekt.

I denne siste delen av samtaleutdraget jobber elevene med å få ballen til å stoppe i det siste hullet i den planlagte ruten.

**Henrik:** Litt mer grader der, 10 grader mer andre veien.  
**Nils:** 10 grader mer mot venstre. 10 grader mer mot venstre og litt mindre sekunder.  
**Henrik:** Kom igjen! 5? (sekunder)  
**Nils:** Ja, det går det.  
**Henrik:** Okei, vi prøver.

Som nevnt i metodedelen ble det gitt varierte oppgaver for å kunne se flere sider av hvordan Sphero-ballen kan legges til rette for elevenes matematikkfaglige samtaler. Golfoppgaven skiller seg fra flere av de andre oppgavene, dersom man studerer hvilke visuelle mediatorer som er fremtredende. I dette tilfellet spiller ikke den digitale tegningen noen rolle, fordi elevene ikke blir bedt om at kjørebanelen skal ha en bestemt figur eller fasong. Målet i denne oppgaven er å komme seg gjennom en rute, hvor roboten skal stoppe opp på visse punkter på veien. Det som da er viktig å tenke på er hvordan man skal få Sphero-ballen fra ett punkt til et annet, ved å stille inn riktige verdier for retning, fart og varighet. I begge samtaleutdragene jobber elevene med å finne riktig retning, men til ulike hull. Den første delen av samtaleutdraget viser hvordan elevene vurderer og planlegger hvilke verdier de skal bruke, mens den andre delen viser hvordan de justerer seg etter Sphero-ballets tilbakemelding. Samtaleutdragene vil videre bli studert med utgangspunkt i de fire diskursive kategoriene, men hvor hovedfokuset blir lagt på de visuelle mediatorene og hvilke ringvirkninger disse har for de andre kategoriene.

#### 5.4.1 Visuelle mediatorer og umiddelbar respons

Gradesirkelen som kommer opp i appen kan ses på som en fremtredende visuell mediator i denne situasjonen. Elevene bruker denne aktivt når de kommer med forslag om hvordan de skal gå frem. De bruker med andre ord gradesirkelen på skjermen, til å vurdere robotens fysiske retning og lager ulike hypoteser ut ifra dette: «Ta gradene på 35. Nei, på 30?» og «Jeg tror ikke det blir 30, for 30 blir jo helt der». Denne siste ytringen som Nils kommer med er en respons på forslagene til Vilde og Henrik. Han har med dette tatt stilling til hvordan en retning på 30 grader vil utspille seg i praksis. Gradesirkelen kan dermed hevdes å spille en viktig rolle for hvilke forslag elevene kommer med og hvordan de argumenterer.

En annen viktig visuell mediator som kan identifiseres, er at elevene kan starte programkoden og se hvordan Sphero-ballen kjører. Ved at Sphero-ballen tilbyr en umiddelbar respons, gir dette mulighet for at elevene kan arbeide på en helt spesiell måte. Roboten tilbyr en umiddelbar respons som ikke bare kan brukes til å vurdere om svaret er riktig, men også som en strategi til å løse oppgaven, ved at elevene prøver seg frem og gjør justeringer underveis. Dette kan se ut som en rutine som bærer preg av prøving og feiling, men hvor programkoden på forhånd er gjennomtenkt ved at elevene støtter seg på gradesirkelen og gjør systematiske endringer basert på responsen fra roboten. Dette ser vi blant annet når Nils argumenterer for at 30 grader kan være litt for mye, og peker i en retning som går litt til høyre for hullet de skal treffe. Henrik responderer med «Ja, det er sant» og kommer med et nytt forslag på 20 grader. Elevene resonnerer seg altså frem til hva som kan være sannsynlig før de prøver programkoden, fremfor å stille inn tilfeldige tallverdier. Med dette til grunn kan det kanskje være mer riktig å kalle elevenes rutine for en form for hypotesetesting, for å fremheve at den tar form som en systematisk variant av prøving og feiling.

Dersom vi ser på samtaleutdragets ordbruk, gjenspeiler dette også at hypotesetesting er en del av elevenes rutine ved at ord som «jeg tror» og «prøv» er gjennomgående i samtalen. Bruk av slike ord gir indikasjoner til at elevene har en åpen og spørrende tilnærming, der ingen fremstår som bastante eller hevder å besitte fasiten. Samtalene i denne episoden, sett i lys av de forrige, tar altså en litt annen form. Den baserer seg på muligheten til å prøve, feile og kunne justere i etterkant. Man kan dermed hevde at denne type oppgave sammen med robotens egenskap til å kunne gi umiddelbare responser, kan legger til rette for slike «okei, vi prøver» holdninger. En slik tilnærming er med på å skape et læringsrom der det er trygt å komme med forslag, fordi det å gjøre feil er en del av prosessen og noe som man kan justere seg etter. Det vil være verdifullt for de matematiske samtalene dersom flere tør å bidra og prøve ut hypotesene sine og ikke hemmes av frykten for å gjøre feil.

#### 5.4.2 Rutiner: Vurdering av forsøkets gyldighet

Sphero-ballen med sin umiddelbare respons vil også denne gangen kunne påta seg rollen som den mer kunnskapsrike andre, ettersom den gir tilbakemeldinger som elevene kan justere seg etter. I likhet med de forrige oppgavene, må elevene selv vurdere Sphero-ballens tilbakemeldinger, for å kunne fastslå om programkoden krever endringer eller ikke. I denne golfoppgaven skal roboten programmeres til bestemte hull, og det kan derfor tilsynelatende virke som en enkel sak å vurdere tilbakemeldingen de får, med tanke på at roboten enten treffer

innenfor eller utenfor hullet. Elevene må imidlertid også ta stilling til andre ytre faktorer som kan ha innvirkning på roboten, og som dermed vil kunne påvirke gyldigheten av forsøket. Dersom man eksempelvis ikke aimer Sphero-ballen nøyaktig likt hver gang, kan dette gi utslag for kjørebanelen til roboten. En slik situasjon kan man identifisere i samtaleutdraget over der elevene prøver en programkode, men hvor Sphero-ballen bommer på et hull de tidligere har fått til. Henrik er tidlig ute med å identifisere problemet «Åi! Jeg tror vi stilte den litt feil», mens Nils ber de andre om å stoppe roboten. At Nils sier at de skal stoppe roboten er et tegn på at han har stemplet forsøket som ugyldig. Sphero-ballen rekker likevel å fullføre programkoden før noen avslutter det. Elevene virker til å være enige i at de må teste programkoden på nytt, og at forsøket ikke kan godkjennes. Til tross for dette foreslår Henrik å justere ned sekundene. Dette tyder på at han har utviklet metaregler for hvilke variabler som likevel kan godkjennes (hastighet og varighet), og som ikke påvirkes av en unøyaktig aiming. På bakgrunn av dette kan man trekke frem at arbeid med roboten gir elevene erfaringer med variabler. Slike praktiske erfaringer kan gi elevene bedre innsikt i, og føre til samtaler om variabler, relasjoner mellom dem og hvordan de kan påvirkes av ytre faktorer.

Et annet potensial ved arbeid med Sphero-ballen, som blir synliggjort gjennom elevenes rutiner, er at feilkildene roboten fører med seg, gjør elevene oppmerksomme på viktigheten av nøyaktighet. Etter at elevene oppdager at de kunne ha stilt inn Sphero-ballen feil, kan man observere en endring i elevenes rutiner ved at de bruker lengre tid på, og hjelper hverandre til å aime roboten. For å eksemplifisere dette kan man trekke frem disse ytringene: «Okei. Aim den. Mer til høyre.» og «Drit i å beveg på den. Sånn! Det er perfekt». Ballens sensitivitet for ytre faktorer, kan på denne måten legge til rette for metasamtaler og føre til at elevene blir mer nøyaktige i arbeidet sitt.

#### 5.4.3 Praktiske og virkelighetsnære erfaringer

Selv om golfoppgaven i utgangspunktet var rettet mot brøk, prosent og desimaltall, får også elevene praktiske erfaringer med grader og bruk av variabler. Dette viser at roboten har en naturlig kobling til disse matematiske konseptene, som gjør det enkelt og kanskje nærmest uunngåelig å integrere disse i et undervisningsopplegg med Sphero-ballen. Dette kan ses på som et potensial i seg selv fordi det dermed også muliggjør samtaler knyttet til disse konseptene, selv om undervisningsopplegget er rettet mot et annet tema. De praktiske erfaringene som inkluderer at elevene må ta hensyn til feilkilder, kan bidra til å gjøre matematikken mer virkelighetsnær. Slike erfaringer kan gjøre dem i bedre stand til å senere kunne estimere grader

og vinkler på egenhånd. At elevene har fått erfaring med grader er også noe de selv trekker frem i intervjuet, når de blant annet blir spurt om de ser noe poeng med å bruke Sphero-baller: «Ja, man får lært, eller man blir bedre på grader vertfall». Golfoppgaven var i tillegg den elevene trakk frem som den morsomste, men også den vanskeligste oppgaven som Henrik utdypet med «det var liksom å få akkurat gradene».

For å løse programmeringsdelen av oppgaven må elevene vurdere både avstand og retning, noe som kan være vanskelig uten tilstrekkelige erfaringer. Gradesirkelen gir elevene nødvendig støtte til å kunne vurdere hva som vil være riktig retning. Det som er interessant å merke seg er at mot slutten når elevene skal justere programmet, gjør elevene selvstendige vurderinger uten å støtte seg på gradesirkelen: «Litt mer grader der. 10 grader mer andre veien» og «10 grader mer mot venstre og litt mindre sekunder». De løsriver seg med dette fra den visuelle mediatoren og gjør vurderinger basert på egne erfaringer. Dette viser konturer av det Sfard (2007) kaller en individualisering, som gjør elevene i stand til å samtale om matematiske konsept med seg selv og andre, og er et tegn på læring.

### 5.5 Utfordringer knyttet til arbeid med Sphero-ball

I analysen er det blitt påpekt styrker ved Sphero-ballen, som for eksempel at den har kvaliteter fra skjermbasert programmering samtidig som at den tilbyr en fysisk dimensjon. Det er likevel også noen utfordringer og svakheter, som jeg ønsker å peke på for å gi et mer nyansert bilde av programmeringsverktøyet.

I metodekapittelet er det allerede blitt skrevet litt om hvilke utfordringer som jeg møtte på, i arbeidet med å bli kjent med og utforme et undervisningsopplegg med programmeringsverktøyet. Sphero-ballen er eksempelvis sensitiv til underlaget den kjører på, og som viste seg å kunne påvirke nøyaktigheten til roboten i negativ forstand. Underlag er altså en faktor man må ta stilling til, dersom man ønsker at roboten skal være så nøyaktig som mulig. Gulvet bør derfor ikke være hakkete, ujevnt eller for glatt. Til tross for et jevnt og fint underlag, er det likevel noe unøyaktigheter knyttet til roboten. Dersom man kjører samme programkode to ganger, får man sjeldent nøyaktig lik kjørelengde. I den ene oppgaven hvor elevene skulle få Sphero-ballen til å lage en 30-60-90 trekant, var baktanken at de skulle få mulighet til å oppdage de spesielle egenskapene ved denne trekanten. Det som i teorien var det riktige programmet med tanke på forholdstall mellom sidene i denne type trekant, stemte ikke med den digitale tegningen. Det samme skjedde når elevene skulle lage en likesidet trekant. De hadde stilt inn riktige grader med like lange sidelengder, men likevel var det en liten glipe på den digitale

tegningen. Sphero-ballen kan altså gi ufullstendige figurer, selv om programmet matematisk sett er riktig. Dette gjør prøving og feiling som metode vanskelig fordi tilbakemeldingen kan få elevene til å tro at programmet er feil, og føre til at de forsetter å justere på gradene. Det kan dermed være til hinder for å oppdage matematiske sammenhenger. Det kan på bakgrunn av dette kanskje være mer hensiktsmessig å benytte seg av skjermbasert programmering på slike oppgaver, som gir elevene helt nøyaktige tilbakemeldinger. På den andre siden kan det tenkes at denne svakheten i Sphero-ballen også kan trigge matematiske samtaler om hvorfor programmet ikke fungerte, hvor de vurderer ulike feilkilder. Dette krever imidlertid at elevene innehar en viss kunnskap, slik at de kan klare å identifisere at feilen ligger hos roboten og ikke i programkoden.

En annen utfordring som kan trekkes frem er det flyktige ved programmeringsverktøyet. Dette kan gjøre det vanskelig for en lærer å dokumentere hva elevene har gjort, ettersom både sensordataen og den fysiske kjørebane forsvinner så snart elevene har kjørt programkoden. Noen av elevene tok imidlertid vare på programkodene de hadde laget på siden, slik at den ikke var koblet til oppstartsprogrammet. Dette gjorde det mulig for dem å vise læreren programkoden, og hvordan den utspilte seg når læreren kom bort og spurte. Siden elevenes oppgaver kunne løses på ulike måter og det ikke var ett riktig svar eller programkode, kunne det være vanskelig for læreren å vurdere elevenes oppgaver. Elevene spurte for eksempel i etterkant av arealoppgaven om  $2500 \text{ cm}^2$  var riktig svar. Det var vanskelig for meg å kunne svare på dette, uten å først se programkoden og sensordataen, og å spørre dem om hvordan de hadde løst oppgaven. Det ble dermed en noe tidkrevende prosess å gi tilbakemeldinger. For elevene er dette imidlertid ikke en ulempe, med tanke på at de får trening i å forklare og begrunne hva de har gjort. Det kan imidlertid være utfordrende for læreren å følge opp alle gruppene, særlig dersom man er alene.

En annen utfordring ved programmeringsverktøyet er at sensordataen ofte gir vanskelige tall å regne med. I tillegg blir kjørelengden oppgitt i centimeter, som gjør at de får store tall dersom de for eksempel skal regne ut arealet av en figur. For de flinkeste elevene gikk dette greit, men i mange av gruppene stoppet det litt opp. Dette var ikke noe jeg hadde forutsett som et problem, og det endte med at læreren hentet kalkulatorer til elevene. Noen av gruppene takket likevel nei til dette og tok utfordringen med å regne det ut selv, og fikk på den måten mulighet til å dele strategier for hoderegning. Dette kan altså dermed også ses på som en styrke. Samtidig er det større risiko for at elevene kommer frem til feil svar. En av gruppene endte opp med å få 100 mindre enn de egentlig skulle. Siden de hadde en annen tilnærming til arealoppgaven, og heller

valgte å lage et kvadrat med nye sidelengder for å halvere arealet, hindret det gale svaret muligheten til at elevene kunne oppdage at svaret de hadde fått var fire ganger så lite. Til tross for dette kan man også argumentere for at disse vanskelige tallene er med på å gjøre matematikken mer autentisk. Når man måler og skal regne med tall fra den virkelige verden, får man vanligvis ikke «fine heltall» å regne med. Denne utfordringen kan derfor også ses på som en styrke, ved at den bidrar til en mer virkelighetsnær matematikkundervisning.

Sphero-ballen har altså en del sider som kan anses som utfordringer, men som i andre tilfeller også kan fungere som styrker. Der unøyaktigheter og vanskelige tall kan være et hinder for noen, vil det kanskje hos andre kunne trigge matematikkfaglige samtaler og kritiske spørsmål. Dette er et eksempel på at man også kan se på utfordringen som en mulighet for læring (jf. Dunbar & Rich, 2020). Et annet aspekt som man sannsynligvis ikke kan finne noen fordeler med, er tekniske utfordringer som kan oppstå. For å unngå unødvendig bruk av tid knyttet til tekniske problemer i klasserommet, er det fordelaktig å prøve ut opplegget på forhånd og å forsikre seg om at utstyret fungerer og er oppladet (Dunbar & Rich, 2020). Som nevnt i metodekapittelet opplevde jeg at sensordataen plutselig kunne forsvinne dersom nettbrettet skiftet til liggende retning. Dette kunne ha blitt en stor utfordring i klasserommet, spesielt første dag da de fleste oppgavene var basert på bruk av sensordataen.

## 6.0 Diskusjon og avsluttende refleksjoner

Et sentralt grunnlag for denne masteroppgaven var mitt ønske om å lære mer om bruk av robotprogrammering, om det kan berike matematikkundervisning og i tilfelle hvordan. Jeg ønsket å undersøke og belyse noe av potensialet som ligger i programmeringsverktøyet Sphero-ball. Hensikten med oppgaven var å kunne bidra til mer kunnskap på forskningsfeltet, men også til hvordan lærere kan dra nytte av de mulighetene som ligger i programmeringsverktøyet. Med bakteppe i læreplanens fokus på matematikkfaglige samtaler, samt en etterspørsel til forskning på programmering som setter elevenes kollektive læringsprosesser i sentrum, valgte jeg å benytte meg av følgende problemstilling:

*Hvilket potensial har bruk av en programmerbar robotball til å legge til rette for matematikkfaglige samtaler på mellomtrinnet?*

Etter å ha foretatt en analyse ved bruk av Sfard (2007) sitt kognitivt rammeverk har jeg fått innsikt i elevenes kommunikasjon og hvordan bruk av programmeringsverktøyet kommer til uttrykk i elevenes diskurser når man studerer de fire kategoriene: bruk av ord, narrativ, visuelle mediatorer og rutiner. På bakgrunn av analysen, vil jeg løfte frem tre aspekter ved den programmerbare robotballen som kan sies å ha potensial til å legge til rette for elevenes matematikkfaglige samtaler: at den tilbyr og legger til rette for et mangfold av visuelle mediatorer, at den kan ta rollen som den mer kunnskapsrike andre, og at den kan gi elevene virkelighetsnære og praktiske erfaringer med matematikk. Disse funnene vil videre bli diskutert i lys av tidligere forskning. På bakgrunn av funnene og erfaringene som er blitt gjort i denne studien, vil også undervisningsmessige implikasjoner ved bruk av Sphero-ballen bli løftet frem. Avslutningsvis rettes fokuset mot oppgavens begrensninger, hvor jeg kommer med refleksjoner og forslag til videre forskning.

### 6.1 Tre aspekter ved robotballen som har potensial til å legge til rette for matematikkfaglige samtaler

For å diskutere funnene har jeg valgt å dele dem opp hver for seg, slik at man enklere kan holde oversikt over hvordan disse funnene stiller seg i forhold til den tidligere forskningen som er blitt utført.

### 6.1.1 Et mangfold av visuelle mediatorer

En del av potensialet som ligger i Sphero-ballen er knyttet til at programmeringsverktøyet tilbyr og legger til rette for et mangfold av visuelle mediatorer. Siden roboten med den tilhørende appen har kvaliteter fra både skjerm- og robotprogrammering, gir den elevene flere elementer å støtte seg på. Elevene kan benytte seg av den digitale tegningen, informasjon om robotens kjørelengde, samt den taktile og fysiske dimensjonen som gjør at elevene både kan ta på og se robotens kjørebane. Dette åpner opp for at elevene kan bruke ulike visuelle mediatorer og løsningsmetoder, så sant oppgaven legger til rette for dette. I tillegg legger bruk av roboten også til rette for bruk av andre visuelle mediatorer som ikke har direkte tilknytning til roboten. Dette innebærer blant annet tegninger, markeringen av den fysiske kjørebanen, at det er mulig å benytte seg av andre måleenheter, og at elevene kan bruke kroppsspråk med utgangspunkt i det fysiske aspektet når de argumenterer. Mine funn viser at de visuelle mediatorene som arbeid med roboten tilbyr, kan legge til rette for matematikkfaglige samtaler om blant annet ulike fremgangsmåter, begrepsinnhold av matematiske objekt, samt kunne trigge kognitivt konflikter. Slike metasamtaler har ifølge Sfard (2007) potensial til å føre til læring ved at elevene får innsikt i hverandres diskurser. At bruk av flere visuelle mediatorer kan være hensiktsmessig for elevenes læring er i tråd med Hana (2014), som peker på at dette kan bidra til å gi elevene en mer helhetlig forståelse av matematiske begrep, prosessene som ligger til grunn, og være positivt for elevenes problemløsningsferdigheter.

Det fysiske aspektet ved Sphero-ballen virker til å være særlig hensiktsmessig for elevenes valideringsprosesser, kanskje spesielt når det gjelder oppgaver som innebærer å vurdere størrelser. I arealoppgavene førte disse valideringsprosessene blant annet til samtaler knyttet til begrepsinnhold av måleenheter. Videre sammenlignet elevene størrelsen på firkantene, som også la til rette for at de kunne oppdage og produsere narrativ om matematiske sammenhenger. Det er imidlertid viktig å påpeke at dekkpappen som ble brukt som underlag kan ha spilt en vesentlig rolle i hvordan situasjonene utspilte seg. Ved at elevene kunne markere kjørebanen til Sphero-ballen ble det fysiske aspektet enda tydeligere, noe som gjorde det lettere både å vurdere og sammenligne størrelsene av arealene på de ulike firkantene. Det er derfor ikke sikkert at man hadde fått de samme funnene dersom roboten ikke hadde hatt et kjøreunderlag som elevene kunne tegne på. Man kan likevel argumentere for at dette ikke svekker funnet om at den fysiske visuelle mediatoren har vært formålstjenlig for elevenes matematikkfaglige samtaler, men snarere heller viser til en mulighet om hvordan man i større grad kan utnytte denne. Dette vil i så fall imøtekomme Zhong og Xia (2020) sin oppfordring til empirisk forskning på bruk av



roboter, slik at man skal ha bedre forutsetninger til å utnytte potensialet i som ligger i disse pedagogiske verktøyene.

Funnene i analysen indikerer også at de visuelle mediatoreser ser ut til å kunne hjelpe elevene til å resonnerer og gjøre kommunikasjonen enklere, ved at elevene kunne bruke disse aktivt til å produsere narrativ og for å overbevise de andre elevene om å godkjenne dem. De kan altså ses på som sentrale elementer i elevenes kommunikasjon. At visuelle mediatorer kan hjelpe elevene med å argumentere er i tråd med Kaufmann og Stenseth (2020) sine funn. Zhong og Xia (2020) viser også til forskning som antyder at roboter kan være positivt for elevenes evne til matematisk tenkning, som ifølge Sfard (2007) er en individualisert form for kommunikasjon.

I deloppgavene hvor elevene arbeidet med areal, kan bruken av ulike visuelle mediatorer ha trigget potensielle kognitive konflikter og stimulert til matematikkfaglige samtaler om blant annet framgangsmåter og begrepsinnhold. Dersom elevene hadde løst oppgaven med å regne arealet av originalfirkanten i boka, hadde det trolig ikke blitt en fortsettende matematikkfaglig samtale, da elevene var enige om framgangsmåten – å gange to av sidene i kvadratet med hverandre. Når Henrik, som baserer seg på den fysiske kjørebane, kommer med kritiske innvendinger, utvikler oppgaven seg fra å være nokså enkel til å bli en mer tidkrevende prosess, hvor elevene må tenke igjennom og argumentere for hva som kan være riktig. Å streve for å få til oppgaver når man arbeider med programmering har i studien til Herheim og Johnsen-Høines (2021) vist seg å kunne være en nøkkel for å trigge fruktbare matematikkfaglige samtaler. Taraldsen og Myhra (2019) peker også på hvordan elevene i deres studie utviklet gode matematikkfaglige samtaler når de møtte på utfordringer, og var særlig opptatt av å finne ut hvor feilen lå. I denne masteroppgaven førte også tilgangen på flere visuelle mediatorer til at elevenes manglende kunnskap knyttet til omgjøring av kvadrerte måleenheter kom frem i lyset. Dette kan være verdifullt for læreren å få med seg, slik at han/hun kan ta tak i dette, enten der og da eller ved en senere anledning.

### 6.1.2 Virkelighetsnære og praktiske erfaringer

Bruk av roboter gir elevene mulighet til å arbeide med matematikk på en praktisk måte. Dette medfører litt andre muligheter og begrensninger sammenlignet med skjermprogrammering eller arbeid med matematikkoppgaver i boka. Roboten er ikke like nøyaktig som et digitalt program og påvirkes av ytre faktorer, som ujevnt underlag og hvordan Sphero-ballen er plassert og aimet før start. Selv om unøyaktigheter ved et pedagogisk verktøy kan medføre noen begrensninger

(jf. Kapittel 5.5), kan det også ha potensial til å trigge matematikkfaglige samtaler. Ved at elevene må ta hensyn til unøyaktigheter og ytre faktorer som kan påvirke roboten, vil dette ha potensial for å trigge kritiske samtaler knyttet til feilkilder og gyldigheten av resultatene deres. Man kan derfor si at Sphero-ballen legger til rette for en ny dimensjon ved valideringsprosessen, ved at elevene, i tillegg til å vurdere om programkoden er riktig, også må vurdere gyldigheten av forsøket og finne ut av hvor eventuelle feil kan ligge. Slike samtaler kan ses i sammenheng med Zhong og Xia (2020) som trekker frem at bruk av roboter i matematikkundervisningen kan bidra til å gjøre matematikken mer reell og endre synet på at matematikk må være abstrakt og perfekt.

Robotens unøyaktigheter og sensitivitet for ytre faktorer kan muligens føre til at elevene blir mer skeptiske til tilbakemeldingene fra Sphero-ballen. Henrik mistenkte for eksempel en mulig kommafeil på sensordataen, når svaret gruppen fikk, ikke stemte overens med det han mente var riktig (25 meter). Selv om denne mistanken viste seg å være feil, er dette et eksempel på hvordan slike kritiske spørsmål kan føre til nye matematikkfaglige samtaler og potensielt trigge kognitively konflikter. At elevene viser tegn til kritisk tenkning i hvordan de samtaler, er i tråd med Popat og Starkey (2019) sine funn om at arbeid med programmering har potensial til å kunne fremme kritisk tenkning. I tillegg til at elevene kanskje blir mer kritiske til Sphero-ballens respons, virker det også til at elevene blir mer bevisst på viktigheten av nøyaktighet. Etter at elevene hadde oppdaget at programkoden ble feil fordi Sphero-ballen ikke var aimet riktig, brukte de lengre tid og hjalp hverandre til å stille inn Sphero-ballen på riktig måte. Man kan dermed si at dette førte til en utvikling av elevenes rutine, ved at elevene videre ble mer nøyaktige i arbeidet deres.

Forsström og Kaufmann (2018) har tidligere pekt på roboter sin naturlige kobling til geometri. Dette gjelder også for Sphero-ballen. Arbeid med roboten kan gi elevene praktiske erfaringer og bidra til samtaler om ulike matematiske konsepter som grader, vinkler, bruk av variabler og måleenheter. Dunbar og Rich (2020) hevder at slike praktiske erfaringer kan gjøre matematikken mer virkelighetsnær for elevene. Det kan også trolig bidra til at elevene individualiserer disse begrepene, slik at de kan samtale om, og gjøre estimeringer på blant annet grader, uten å være avhengig av støtte fra andre eller visuelle mediatorer (jf. Sfard, 2007). Det som er særlig interessant å merke seg er at selv om golfoppgaven var rettet mot brøk, desimaltall og prosent, ble det også lagt til rette for at elevene skulle få erfaringer med grader og bruk av variabler. Dette vitner om et iboende potensial, ved at roboten kan gi elevene slike erfaringer til tross for undervisningsopplegget er rettet mot et annet matematisk tema.

De praktiske erfaringene som elevene fikk med regning av areal, gjorde også at elevene oppdaget matematiske sammenhenger knyttet til relasjoner mellom sidelengdene og arealet til en firkant. Dette står delvis i motsetning til det Barak og Assal (2018) fant i sin studie. Deres studie viser som nevnt at bruk av roboter kan skape et rikt læringsmiljø, men at det ikke kan fungere som erstatning til systematiske og tradisjonelle undervisningsøkter. I likhet med Forsström og Afdal (2020), peker mine funn på det motsatte, ved at elevene i samarbeid fikk samtale om begrepsinnhold, fremgangsmåter, oppdage matematiske sammenhenger, samt skaffe seg erfaringer og kunnskaper knyttet til bruk av grader og variabler. Slike samtaler har potensial for at elevene skal kunne lære formell matematikk (jf. Sfard, 2007) gjennom arbeid med en programmerbar robot. Funnene til Simely et al. (2020) viser dessuten til økte prestasjoner i matematiske konsepter innenfor geometri når elevene arbeidet med Sphero-baller. Selv om det er usikkert om det er mer effektivt enn tradisjonell undervisning, peker også denne studien på et læringspotensial. På den andre siden viser den ene episoden i analysen at elevene ikke visste hvordan man skulle gjøre om kvadrerte måleenheter. Selv om de klarte å løse oppgaven med bruk av kvadratcentimeter, fikk de ikke oppklaring i hvorfor Henrik sitt forslag ikke stemte. De fikk heller ikke oppklaring i hvordan man skal gjøre om kvadrerte måleenheter og hvorfor. I dette tilfellet hadde det derfor vært nødvendig med støtte fra læreren. Å variere tilnæringsmetode kan tenkes å være hensiktsmessig, slik som Barak og Assal (2018), og Forsström og Afdal (2020) peker på. De mener at de praktiske erfaringene elevene gjør seg i arbeid med robotprogrammering, kan komplementere den tradisjonelle undervisningen. På denne måten har læreren mulighet til å ta utgangspunkt og bygge undervisningen på felles referansepunkt. Eksempelvis når læreren skal gå gjennom hvordan man gjør om kvadrerte måleenheter, kan han/hun ta utgangspunkt i erfaringene elevene gjorde i arbeidet med roboten. Da kan klassen diskutere og undersøke hvorfor for eksempel  $2500 \text{ cm}^2$  ikke er det samme som  $25 \text{ m}^2$ . Å bygge videre på slike erfaringer kan skape rike læringsmuligheter (Forsström & Afdal, 2020).

### 6.1.3 Sphero-ballen som den mer kunnskapsrike andre

Sfard (2008, s. 254) argumenterer for at læring må bli mediert av en mer erfaren deltaker, for eksempel en lærer eller en medelev. Siden Sphero-ballen gir elevene tilbakemelding på arbeidet deres, kan man i likhet med Abtahi et al. (2018) argumentere for at roboten kan ta rollen som den mer kunnskapsrike andre. Ved at Sphero-ballen tilbyr en umiddelbar respons, kan elevene se hvordan programkoden deres utspiller seg i praksis (jf. Mandin et al., 2017). De får på denne

måten en tilbakemelding som gir dem mulighet til å vurdere programkoden og foreta eventuelle justeringer underveis. Dette kan bidra til å gjøre elevenes arbeidsprosess mer effektiv, ettersom at de slipper å måtte vente på respons eller hjelp fra lærer. Dessuten peker Hattie og Clarke (2018) på at siden lærere må fordele tiden sin på en hel klasse og har begrenset tid hos hver elevgruppe, fører dette ofte til at tilbakemeldingene blir sjeldne, forsinket og summative. Sphero-ballen gir på den andre siden en umiddelbar og nøytral tilbakemelding. Elevene må derfor selv ta stilling til informasjonen roboten gir og ta en selvstendig vurdering på om programkoden er riktig eller ikke. Slike åpne tilbakemeldinger har vist seg å være hensiktsmessig for elevenes læring (Hattie & Clarke, 2018). I analysen blir det pekt på hvordan elevene etter å ha prøvd en programkode begynner å diskutere hvorvidt den var riktig eller ikke. Et eksempel på et slikt tilfelle var når elevene skulle halvere arealet av firkanten. Den nøytrale tilbakemeldingen i form av umiddelbar respons, ser derfor ut til å ha potensial for å legge til rette for en valideringsprosess i gruppen som kan trigge nye matematiske samtaler.

Den umiddelbare responsen gir også elevene anledning til å teste ut og prøve ut ideer som de ikke er helt sikre på, som videre muliggjør en rutine i form av prøving og feiling. I analysen blir det pekt på at elevene bruker en «vi prøver» tilnærming, når de skal løse golfoppgaven med å få roboten til å kjøre en bestemt rute. Det kan dermed tenkes at roboten legger til rette for et trygt læringsmiljø, hvor elevene kan komme med ulike hypoteser og teste dem ut. Når elevene arbeider på denne måten, er det å gjøre feil en integrert del av prosessen som de kan justere seg etter. Det blir på denne måten lettere for elevene å komme med forslag de ikke er sikre på, som skaper rom for hypoteser og samtaler knyttet til dem. På den andre siden har prøving og feiling vist seg å kunne være negativt for elevenes matematiske tenkning (Savard & Freiman, 2016) og virke hemmende for de matematiske samtalene (Kaufmann & Stenseth, 2020). Eksemplene som blir trukket frem i analysen tyder imidlertid på det motsatte. Elevenes uttestinger var diskutert og tenkt gjennom på forhånd og ble justert etter å ha sett hvordan programkoden fungerte i praksis. En slik type systematisk prøving og feiling peker Hana (2014) på som en mer effektiv metode fordi elevene på forhånd reflekterer over hva som kommer til å skje, og justerer seg etter tilbakemeldingene. Dette gjør at de får færre og mer gjennomtenkte forsøk. Dersom elever skal kunne klare å bruke prøving og feiling på en systematisk måte, må de inneha noen kunnskaper knyttet til oppgaven de jobber med, sier Hana. Denne kunnskapen hjelper appen på nettbrettet dem med, blant annet ved å vise gradesirkel og når man skal legge inn verdier for retning, som er nok et eksempel på hvordan Sphero-ballen kan fungere som den mer kunnskapsrike andre. Siden elevene støtter seg på denne, argumenterer og justerer på forhånd,

legger Sphero-ballen til rette for en slik form for systematisk prøving og feiling, hvor elevene på forhånd kan samtale om hva de tror er riktig.

I studien til Kaufmann og Stenseth (2020) førte prøving og feiling til at elevene argumenterte mindre. De peker på at dette trolig henger sammen med hvor enkelt det var å prøve ut nye idéer, og at det var dermed ikke like stort behov for å argumentere på forhånd. Deres studie tok imidlertid for seg skjermprogrammering. Det kan tenkes at skjermprogrammering legger bedre til rette for prøving og feiling med bruk av vilkårlige verdier. I denne studien måtte elevene programmere roboten gjennom flere steg før de kunne se hvordan programkoden utspilte seg i praksis. De måtte først og fremst justere på programkoden i appen. Deretter måtte de plassere roboten og aime den riktig, for så å observere hvordan den beveget seg, og vurdere gyldigheten av forsøket. Dette er en mer sammensatt prosess sammenlignet med skjermbasert programmering. Dette kan bidra til at elevene legger mer innsats i planleggingsfasen og med å resonnerer, fremfor om svaret bare hadde vært et tastetrykk unna. En slik innsats i planleggingsfasen kommer særlig til syne i golfeksempelet, hvor elevene på forhånd argumenterer for hvilken retning de tror er mest sannsynlig, før de tester det ut.

## 6.2 Undervisningsmessige implikasjoner

Etttersom at programmering i matematikkundervisningen et ungt forskningsfelt med begrenset empiri, som flere studier tidligere har påpekt (Forström & Afdal, 2020; Forström & Kaufmann, 2018; Popat & Starkey, 2019; Zhong & Xia, 2020), vil jeg argumentere for at min studie kan være et verdifullt bidrag til forskningsfeltet. Det er dessuten blitt gjort enda mindre forskning på arbeid med Sphero-baller i tilknytning til matematikk, og der flere av studiene som finnes legger vekt på elevers motivasjon (se f.eks. Hadfield et al. 2018; Lee & Low, 2020). Min studie kan derfor bidra til som gir mer empiri og dokumentasjon, og er med på å videreutvikle kunnskapen som allerede finnes. Studien kan også bidra til økt kunnskap til lærere om hvordan de kan dra nytte av noe av potensialet ved et slikt programmeringsverktøy. Jeg vil derfor videre dele refleksjoner om undervisningsmessige implikasjoner knyttet til bruk av Sphero-baller, basert på funnene og erfaringer som er blitt gjort på veien. Dette innebærer både praktiske aspekter ved planleggingen, men også hvordan man kan dra nytte av potensialet Spheroballen har for å legge til rette for matematikkfaglige samtaler. Forslagene til hvilke undervisningsmessige grep man kan gjøre er ikke ment som en fasit, men heller som tips og inspirasjon basert på funnene, og erfaringene som er blitt gjort.

### 6.2.1 Praktiske implikasjoner

For å kunne benytte seg av Sphero-baller i matematikkundervisningen, kreves det en førstegangsinnsett av læreren. Dette innebærer å sette seg inn i hvordan programmeringsverktøyet fungerer, for å kunne utforme undervisningsopplegg og veilede elevene i timene. Dette kan være tidkrevende, særlig dersom man ikke har erfaring med programmering fra før av. Til gjengjeld kan man etter å ha satt seg ordentlig inn i programmeringsverktøyet, lage mange ulike undervisningsopplegg. Dessuten har det også mange likhetstrekk med andre blokkbaserte programmeringsverktøy som for eksempel Scratch og Micro:bits, som gjør at innsatsen man legger inn, også kan komme til nytte ved arbeid med andre programmeringsverktøy. Ved bruk av digitale verktøy kan man risikere å møte på tekniske utfordringer. For å unngå at dette skal gå ut over undervisningen, bør man på forhånd forsikre seg om at utstyret fungerer, er oppladet og gjerne prøve ut undervisningsopplegget på forhånd. Dersom man benytter seg av nettbrett må man også låse skjermen i portrettmodus (stående retning), for å unngå at sensordataen skal forsvinne.

Tatt i betraktning av at programmeringsverktøyet inkluderer en fysisk robot, trenger man et lokale med god gulvplass som elevene kan bre seg ut over. Gulvet bør heller ikke være særlig ujevnt, hakkete eller glatt, da dette kan påvirke Sphero-ballens nøyaktighet. Alternativt kan man, slik som i mitt tilfelle, lage til underlag av for eksempel dekkpapp. For å legge til rette for elevers matematikkfaglige samtaler, må elevene få mulighet til å samarbeide. I denne studien ble elevene satt sammen i treer-grupper, noe som kunne se ut til å være en fin gruppestørrelse. Når en av elevene hadde ansvar for å programmere på nettbrettet, kunne de to andre se på, på hver sin side. Det er imidlertid ikke hevdet at denne gruppestørrelsen er mer hensiktsmessig enn andre, grunnet mangel på sammenligningsgrunnlag. En annen faktor man må overveie er hvorvidt det i likhet med datainnsamlingen i denne masteroppgaven, skal gis en introduksjon knyttet til de tekniske aspektene ved ballen. Fordelen med dette er at elevene får mer tid til å fokusere på de matematiske oppgavene. Da kan man begynne med lukkede oppgaver som hjelper elevene til å mestre ulike blokk-funksjoner, før man senere kan gi de åpne, komplekse og mer matematisk krevende oppgaver (jf. Barak & Assal, 2018). Alternativt kan man la elevene utforske og finne ut av hvordan programmeringsverktøyet fungerer på egenhånd, men da må man også beregne mer tid til å bli kjent med Sphero-ballen.

### 6.2.2 Implikasjoner ved utforming av oppgaver

I denne studien er det blitt pekt på ulike aspekter ved potensialet Sphero-ballen har til å legge til rette for matematikkfaglige samtaler. Et av funnene var at programmeringsverktøyet tilbyr og legger til rette for bruk av et mangfold av visuelle mediatorer. Disse har vist seg å kunne være sentrale elementer i elevenes språk og samtaler, og er derfor en mulighet man bør prøve å utnytte. Et grep man kan gjøre, er å utforme åpne oppgaver som legger til rette for at elevene får benytte seg av flere av dem. Dette kan på den andre siden gjøre det vanskeligere og mer tidkrevende for læreren å veilede elevene. Et annet grep er å la elevene få utdelt kladdeark, slik at de får mulighet til å tegne og føre ned eventuelle regnestykker, som kan være med på å støtte elevene i arbeid med Sphero-ballen. I denne studien ble det gitt forskjellige oppgaver som la vekt på ulike elementer ved Sphero-ballen. Å lage geometriske figurer og regne på areal, la vekt på både bruk av sensordataen og det fysiske, hvor elevene kunne samtale om begrepsinnhold og matematiske sammenhenger. I golfoppgaven ble imidlertid de ulike variablene, feilkilder og nøyaktighet i arbeidet, satt i fokus. Det kan derfor være formålstjenlig å gi varierte oppgaver, slik at man kan dra nytte av ulike sider ved Sphero-ballen.

En annen erfaring som ble gjort var at de oppgavene som elevene fikk til med en gang ikke førte til like fruktbare samtaler som de episodene som er blitt inkludert i analysen. At elevene brukte tid og strevde med oppgavene, kan se ut til å være en viktig nøkkelfaktor for disse samtalene (jf. Herheim & Johnsen-Høines, 2021). Det er derfor viktig at læreren lager oppgaver som kan utfordre elevene i tilstrekkelig grad, og som tar utgangspunkt i elevenes forutsetninger og faglige nivå. Selv om dekkpappen som elevene brukte som underlag, i utgangspunktet kun var ment for å gi elevene et bedre kjøreunderlag, viste det seg at dette også kunne være verdifullt for elevenes matematikkfaglige samtaler. Det at elevene markerte på underlaget, motvirket utfordringen med det flyktige ved roboten, og gjorde at det fysiske aspektet kom enda bedre til syne. Det kan derfor være en idé å benytte seg av dette i en undervisningssituasjon. Her kan man være kreativ å bruke andre verktøy som for eksempel å bruke maskeringsteip eller kritt. Dette kan altså være verdifullt for elevene, men også læreren ved at det kan bli enklere å følge opp og veilede dem.

Til slutt ønsker jeg å trekke frem hvordan arbeid med Sphero-ball kan være en god måte å tilnærme seg den nye læreplanen på. Først og fremst er det vist at den har potensial til å legge til rette for elevers matematikkfaglige samtaler, som det nå er blitt et stort fokus på. I tillegg gir det mulighet til å arbeide med algoritmisk tenkning, ved at elevene blant annet må planlegge og lage koder, samt gjøre problemanalyser og evalueringer (jf. Utdanningsdirektoratet, 2019).

Som nevnt i metodekapittelet er også undervisningsoppleggene i denne datainnsamlingen basert på elementer fra alle de seks kjerneelementene i læreplanen for matematikk. Disse kommer til syne blant annet ved at elevene får mulighet til å utforske, lage modeller av geometriske figurer, kunne resonnere, argumentere og oppdage matematiske sammenhenger, samt benytte seg av ulike representasjonsformer (jf. Utdanningsdirektoratet, 2020b).

### 6.3 Et kritisk blikk og videre forskning

Avslutningsvis ønsker jeg å peke på noen begrensinger ved denne oppgaven og komme med refleksjoner om forslag til videre forskning. Funnene som kommer frem i denne oppgaven baserer seg på et lite utvalg, som bestod av faglig- og verbalt sterke elever. Disse ble som nevnt valgt for å skape situasjoner som kunne peke på potensialet, og hva som var mulig å få til i arbeid med Sphero-ballen. Det hadde derfor vært interessant og sett på hvordan arbeid med programmeringsverktøyet også kunne utspilt seg med elever på andre faglig nivå. Elevene, gruppesammensetningen og oppgavene som gis er andre påvirkende faktorer for oppgavens resultater. Funnene i denne studien kan dermed ikke generaliseres, da de ikke kan overføres på tvers av kontekster. Dette har heller ikke vært poenget med denne masteroppgaven. Hensikten var heller å peke på noe av potensialet som kan ligge i bruk av denne roboten, for å inspirere lærere og gi økt kunnskap om hva som kan være mulig å få til ved bruk av en slik programmerbar robotball. På denne måten kan læreren selv vurdere hvilke elementer ved roboten han/hun ønsker å basere og utforme undervisningsopplegg på, som passer til sine elever og konteksten knyttet til dem. Siden Sphero-ballen inneholder både elementer fra skjerm- og robotprogrammering kan noen av funnene i denne studien kanskje også kunne ha en viss nytteverdi til bruk av andre programmeringsverktøy.

En annen begrensing ved oppgaven, er min kunnskap om programmeringsverktøyet. Før jeg startet med dette prosjektet hadde jeg omtrent ingen erfaringer med programmering. På bakgrunn av oppgavens tidsramme var det også begrenset hvor dypt jeg kunne sette meg inn i programmeringsverktøyet. Potensialet som er blitt undersøkt er derfor bare basert på en liten del av de mange funksjonene programmeringsverktøyet tilbyr. Denne studien har derfor ikke dekket hele spekteret og alle sidene ved programmeringsverktøyet's potensial for å legge til rette for elevers matematikkfaglige samtaler. Denne datainnsamlingen tar som nevnt for seg bare en liten og forholdsvis enkel del av programmeringen som Sphero-ballen tilbyr. I tråd



med elevenes erfaringer, vil det imidlertid være behov for å utvikle undervisningsopplegg som også kan utfordre elevene på programmeringsfronten. Hvorvidt dette i like stor grad lar seg forene med et matematikkfaglig fokus er imidlertid usikkert og trengs mer forskning på. I tillegg vil jeg også løfte frem kompleksiteten og mulighetene ved Sphero-ballen som tilbyr både aspekter ved skjerm- og robotprogrammering, og at det slik som i denne studien har vist seg å kunne skape rike læringssituasjoner. Bruk av slike programmeringsverktøy som tilbyr flere representasjonsformer er derfor noe som fortjener å bli forsket mer på.

## Referanseliste

- Abtahi, Y., Adler, J., Guillemette, D., Herheim, R., Lerman, S., Maheux, J. F., & Valero, P. (2018). Otherness in mathematics education. I E. Bergqvist, M. Österholm, C. Granberg, & L. Sumpter (Red.), *Proceedings of the 42nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, July 3-8, 2018, Umeå, Sweden* (s. 95-124). Umeå: PME.
- Alrø, H. & Kristiansen, M. (1997). Mediet er ikke budskabet: Video i observation af interpersonel kommunikation. I H. Alrø & L. Dirckinck-Holmfeld (Red.), *Videoobservation* (s. 73-99). Aalborg: Aalborg Universitetsforlag.
- Barak, M., & Assal, M. (2018). Robotics and STEM learning: Students' achievements in assignments according to the P3 Task Taxonomy—practice, problem solving, and projects. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(1), 121-144. <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9385-9>
- Befring, E. (2015). *Forskningsmetoder i utdanningsvitenskap*. Oslo: Cappelen Damm.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A. and Earp, J. (2018). *The Nordic approach to introducing Computational Thinking and programming in compulsory education*. Rapport skrevet for the Nordic@BETT2018 Steering Group. <https://doi.org/10.17471/54007>
- Bray, A., & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research—A systematic review of recent trends. *Computers & Education*, 114, 255-273. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004>
- Bueie, H. (2019). *Programming for matematikklærere*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Cinar, M., & Tüzün, H. (2021). Comparison of Object-Oriented and Robot Programming Activities: The Effects of Programming Modality on Student Achievement, Abstraction, Problem Solving, and Motivation. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(2), 370-386. <https://doi.org/10.1111/jcal.12495>
- Dunbar, K. M., & Rich, K. M. (2020). Mathematics Makes Robots Roll. *Mathematics Teacher: Learning and Teaching PK-12*, 113(7), 565-572. <https://doi.org/10.5951/MTLT.2019.0225>

- Forsström, S. E., & Afdal, G. (2020). Learning Mathematics Through Activities with Robots. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 6(1), 30-50.  
<https://doi.org/10.1007/s40751-019-00057-0>
- Forsström, S. E., & Kaufmann, O. T. (2018). A Literature Review Exploring the use of Programming in Mathematics Education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 17(12), 18–32. <http://hdl.handle.net/11250/2599710>
- Hadfield, S. M., Raynor, J. T. & Sievers, M. D. (2018). Engaging Secondary and Post-Secondary Students to Learn and Explore Programming Using a Theme-Based Curriculum and the Sphero SPRK+ Robot. *WCCCE '18: Proceedings of the 23rd Western Canadian Conference on Computing Education*, 1-6.  
<https://doi.org/10.1145/3209635.3209643>
- Hana, G. (2014). *Matematiske tenkemåter*. Bergen: Caspar forlag.
- Haraldsrud, A. D., Sveinsson, H. A. & Løvold, H. H. (2020). *Programmering i skolen*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Hattie, J., & Clarke, S. (2018). *Visible learning: feedback*. London: Routledge.
- Helsedirektoratet. (2020, 25. mars). Nivåinndeling av smitteverntiltak – trafikklysmodellen. Hentet fra <https://www.helsedirektoratet.no/veiledere/smittevern-for-skoletrinn-1-7-covid-19/smitteforebyggende-tiltak/nivainndeling-av-smitteverntiltak-trafikklysmodell>
- Herheim, R., & Johnsen-Høines, M. (2021). Students’ productive struggle when programming in mathematics. *Bringing Nordic mathematics education into the future: Proceedings of Norma 20The ninth Nordic Conference on Mathematics Education 14*, 121-128. Hentet fra [https://www.researchgate.net/profile/Malin-Gardesten/publication/350886971\\_Investigating\\_data\\_collection\\_methods\\_for\\_exploring\\_mathematical\\_and\\_relational\\_competencies\\_involved\\_in\\_teaching\\_mathematics/links/60784f94907dcf667b9dcdbf/Investigating-data-collection-methods-for-exploring-mathematical-and-relational-competencies-involved-in-teaching-mathematics.pdf#page=129](https://www.researchgate.net/profile/Malin-Gardesten/publication/350886971_Investigating_data_collection_methods_for_exploring_mathematical_and_relational_competencies_involved_in_teaching_mathematics/links/60784f94907dcf667b9dcdbf/Investigating-data-collection-methods-for-exploring-mathematical-and-relational-competencies-involved-in-teaching-mathematics.pdf#page=129)
- Johnsen-Høines, M., & Herheim, R. (Red.). (2016). *Matematikksamtaler: Undervisning og læring - analytiske perspektiv*. Bergen: Caspar forlag.

- Kaufmann, O. T., & Stenseth, B. (2020). Programming in mathematics education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1736349>
- Kazemi, E., Hintz, A., Birkeland, K., & Jørgensen, T. (2019). *Målrettet samtale: Hvordan strukturere og lede gode, matematiske diskusjoner*. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Kjerneelementgruppen for matematikk. (2017, 21. september). Kjerneelementer i matematikk, men hvorfor programmering? Hentet fra <https://udirbloggen.no/kjerneelementer-i-matematikk-men-hvorfor-programmering/>
- Krumsvik, R. J. (2019). Kvalitative metoder i lærerutdanninga. I R. J. Krumsvik (Red.), *Kvalitativ metode i lærerutdanninga* (s. 151-189). Bergen: Fagbokforlaget.
- Krumsvik, R. J. & Jones, L. Ø. (2019). Kva er kvalitativ forskning i lærerutdanninga? I R. J. Krumsvik (Red.), *Kvalitativ metode i lærerutdanninga* (s. 13-42). Bergen: Fagbokforlaget.
- Kucuk, S., & Sisman, B. (2017). Behavioral patterns of elementary students and teachers in one-to-one robotics instruction. *Computers & Education*, 111, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.002>
- Kunnskapsdepartementet. (2016). *Fag – Fordypning – Forståelse: En fornyelse av Kunnskapsløftet* (Meld. St. 28 (2015–2016)). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/e8e1f41732ca4a64b003fca213ae663b/no/pdfs/stm201520160028000dddpdfs.pdf>
- LEE, P. T., & LOW, C. W. (2020). Implementing a Computational Thinking Curriculum with Robotic Coding Activities through Non-formal Learning. I S. C. Kong, H. U. Hoppe, T. C. Hsu, R. H. Huang, B. C. Kuo, K. Y. Li, ... & J. Vahrenhold (Red.), *Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2020* (s. 150-152). Hong Kong: The Education University of Hong Kong. Hentet fra <https://www.eduhk.hk/cte2020/doc/CTE2020%20Proceedings.pdf#page=162>
- Mandin, S., De Simone, M., & Soury-Lavergne, S. (2017). Robot moves as tangible feedback in a mathematical game at primary school. I M. Merdan, W. Lepuschitz, G. Koppensteiner & R. Balogh (Red.), *Robotics in Education: Research and Practices for*

- Robotics in STEM Education* (s. 245-257). Cham: Springer International Publishing AG. Hentet fra [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-42975-5\\_22](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-42975-5_22)
- Misfeldt, M., & Ejsing-Duun, S. (2015). Learning mathematics through programming: An instrumental approach to potentials and pitfalls. *CERME 9-Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, 2524-2530. Hentet fra <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01289367/document>
- Nilssen, V. & Høyenes, S-M. (Red.). (2020). *Samtaleorientert matematikk – Et samspill mellom didaktiske og adidaktiske situasjoner*. Bergen: Fagbokforlaget.
- NOU 2013: 2. (2013). Hindre for digital verdiskaping. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/e2f0d5676e144305967f21011b715c16/nou/pdfs/nou201320130002000dddpdfs.pdf>
- NOU 2020: 2. (2020). Fremtidige kompetansebehov III – Læring og kompetanse i alle ledd. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/053481d65fb845be9a2b1674c35d6d14/nou/pdfs/nou202020200002000dddpdfs.pdf>
- Nygård, K. (2018). *Programmering i skolen: Hvordan komme i gang?* Oslo: Pedlex.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books, Inc.
- Popat, S., & Starkey, L. (2019). Learning to code or coding to learn? A systematic review. *Computers & Education*, 128, 365-376. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.005>
- Postholm, M. B. & Jacobsen, D. I. (2018). *Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanning*. Oslo: Cappelen Damm.
- Rushkoff, D. (2010). *Program or be programmed: Ten commands for a digital age*. New York: Or Books.
- Savard, A., & Freiman, V. (2016). Investigating complexity to assess student learning from a robotics-based task. *Digital experiences in mathematics education*, 2, 93-114. <https://doi.org/10.1007/s40751-016-0016-6>

- Sevik, K. m.fl. (2016). *Programmering i skolen*. Senter for IKT i utdanningen. Hentet fra [https://www.udir.no/globalassets/filer/programmering\\_i\\_skolen.pdf](https://www.udir.no/globalassets/filer/programmering_i_skolen.pdf)
- Sfard, A (2006). Participationist discourse on mathematics learning. I J. Maasz & W. Schloeglmann (Red.), *New Mathematics Education Research and Practise* (s. 153-170). Rotterdam: Sense. Hentet fra [https://www.researchgate.net/publication/303148993\\_Participationist\\_discourse\\_on\\_mathematics\\_learning](https://www.researchgate.net/publication/303148993_Participationist_discourse_on_mathematics_learning)
- Sfard, A. (2007). When the Rules of Discourse Change, but Nobody Tells You: Making Sense of Mathematics Learning From a Comognitive standpoint. *Journal of the Learning Sciences*, 16(4), 565-613. <https://doi.org/10.1080/10508400701525253>
- Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sfard, A. (2015). Learning, commognition and mathematics. I D. Scott & E. Hargreaves (Red.), *The Sage Handbook of Learning* (s. 129-138). London: Sage.
- Simley, T., Mack, N. A., Pittman, T., Cook, C., Cummings, R., Moon, D., & Gosha, K. (2020). Assessing the Efficacy of Integrating Computer Science, Math, and Science in a Middle School Sphero Robotics Summer Program. *2020 Research on Equity and Sustained Participation in Engineering, Computing, and Technology (RESPECT)*, 1, 1-8. Hentet fra <https://ieeexplore.ieee.org/document/9272479>
- Sphero Inc. (u.å.). Inspiring the Creators of Tomorrow. Hentet fra [https://sphero.com/pages/about-us?\\_pos=3&\\_sid=be930ebe9&\\_ss=r](https://sphero.com/pages/about-us?_pos=3&_sid=be930ebe9&_ss=r)
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks: Sage.
- Taraldsen, L. H., Myhra, K. S. (2019). Programmering med Spheroballer. *Tangenten – tidsskrift for matematikkundervisning* 3(4), 2-7. Hentet fra <http://www.caspar.no/tangenten/2019/Tangenten%204%202019%20Taraldsen%20Myhra.pdf>
- Tjora, A. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4. utg.). Oslo: Gyldendal.
- Utdanningsdirektoratet. (2019, 27. mars). Algoritmisk tenkning. Hentet fra <https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/profesjonsfaglig-digital-kompetanse/algoritmisk-tenkning/>

- Utdanningsdirektoratet. (2020a, 3. september). Hva er nytt i matematikk? [Videoklipp].  
Hentet fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/fagspesifikk-stotte/nytt-i-fagene/hva-er-nytt-i-matematikk/>
- Utdanningsdirektoratet. (2020b). Læreplan i matematikk 1.–10. trinn (MAT01-05). Hentet fra  
<https://data.udir.no/k106/v201906/laereplaner-lk20/MAT01-05.pdf?lang=nob>
- Van Laar, E., Van Deursen, A. J., Van Dijk, J. A., & De Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in human behavior*, 72, 577-588.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.  
<https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wæge, K. & Torkildsen, S. H. (2019). *Å planlegge og lede en målrettet matematisk samtale*.  
Hentet fra <http://realfagsloyper.no/sites/default/files/2019-11/T5.P2.M2A%20Fem%20praksiser.pdf>
- Zhong, B. & Xia, L. (2020). A systematic review on exploring the potential of educational robotics in mathematics education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79-101. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y>

## Vedlegg

### Vedlegg 1 – introduksjonsoppgave

Korleis kjem Sphero-ballen til å bevega seg?



Hypotese:

---

---

---

---

---



# Me blir kjent med Sphero-ballen



## Oppgåve 1

- Programmer Sphero-ballen til å gå i ein firkant. Prøv å få den så nøyaktig som mogeleg.
- Legg til lys med ulike fargar i kvart hjørna av firkanten.
- Endre retningane i programmet slik at firkanten startar i retning 30grader. Kva slags type firkant har de laga? \_\_\_\_\_

## Oppgåve 2

Programmer Sphero-ballen til å laga

- Ein spiss vinkel. Kor mange grader er vinkelen de har laga? \_\_\_\_\_
- Ein stump vinkel. Kor mange grader er vinkelen de har laga? \_\_\_\_\_

## Oppgåve 3

Programmer Sphero-ballen til å laga forbokstaven til nokon på gruppa.

## Oppgåve 4

Programmer Sphero-ballen til å lage eit hus

# Me utforskar geometri ved hjelp av Sphero-ballar

## Oppgave 1

- a) Programmer Sphero-ballen til å gå i ein firkant og rekn ut arealet (på baksida av arket).
- b) Lag så ein ny figur med:
  - i. Halvparten så stort areal
  - ii. Dobbelt så stort areal (som startfiguren).

**OBS! Det held å grunngje kvifor figuren de har laga må vera den riktige.**

## Oppgave 2

Få Sphero-ballen til å laga ein

- a) likesida trekant.
- b) Ein 30, 60, 90 trekant.

# GOLF

Kvar lapp på golvet representerer eit hol med ein spesiell verdi. Bygg eit program som er innom alle hola du treng for å få den verdien du skal ha.

Mål: Programmer ei golfrute som til saman blir

- a) Ein heil
- b) 3,25
- c) 2 – men her må de bruka anna kvar pluss og minus.



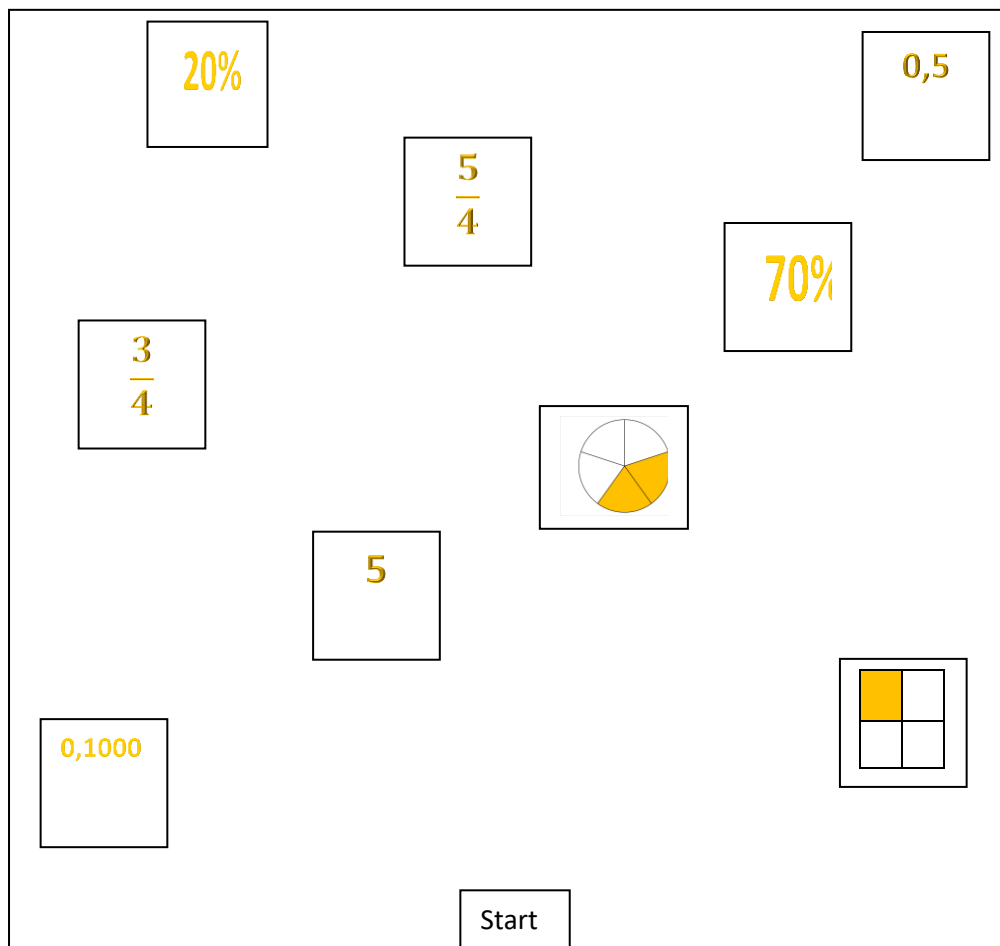
Reglar:

- Sphero-ballen skal stoppa i kvart hol.
- Ein kan ikkje bruka same hol to gonger.
- De kan sjølv velja om de vil bruka pluss eller minus mellom hola. Vis dette med å programmera inn lys før de køyrer til det holet som skal leggst til eller trekkast frå. Grønt lys for pluss og rødt lys for minus.

Vedlegg 5 – golf oppgaveark, bakside.

## Kart over golfbana.

Vis kva slags rute de skal bruka med å setje piler mellom hola.



## Vedlegg 6 – intervjuguide

### Intervjuguide

1. Kjente dere til Spheroball fra før, i hvilke sammenhenger?
2. Har dere prøvd å programmere før? hvilke program/apper har dere i så fall brukt? (f.eks. blue/bee-bot, microbits, lego leage).
  - a) Hva vet dere om programmering? Lærte dere noe mer om programmering i dag?
3. Har dere jobbet med programmering i matematikkundervisningen tidligere?
  - a) Hvordan arbeidet dere med dette?
  - b) Hvordan syns dere det var?
4. Ser dere noe poeng med å bruke Sphero baller? i matematikkundervisningen?
  - a) Var det noe som var bra eller dårlig med dette opplegget?
  - b) Var det noe som var lett eller vanskelig i dette opplegget?
  - c) Hvordan fungerte nettbrettet og appen sammen med Sphero-ballene?
5. Hva har dere lært i undervisningsøktene?
  - a) Hva mener dere at dere kunne ha lært?
  - b) Hvilken matematikk har dere brukt?
6. Jeg skal snart bli lærer, har dere noen råd til meg om hvordan jeg kan bruke Spheroballene på en god måte?

## **Vil du delta i forskningsprosjektet «Argumentasjon og kritisk matematikkundervisning i flerspråklige klasserom»?**

Dette er et spørsmål om å delta i et forskningsprosjekt om argumentasjon og kritisk matematikk-undervisning i flerspråklige klasserom. Her informerer vi kort om innholdet i prosjektet og hva deltakelse innebærer.

### **Bakgrunn og formål**

Prosjektet handler om å fremme lærerstudenters kompetanse i å legge til rette for argumentasjon og kritisk matematikkundervisning for elever i flerspråklige klasserom på barnetrinnet. Dette kan være å kritisk kunne vurdere matematikkforklaringer og å se matematikkens rolle i argumentasjon om aktuelle samfunnsspørsmål. Prosjektet varer i fem år og er et forskningssamarbeid mellom lærere og elever og tilsatte og studenter ved matematikklærerutdanningen ved HVL.

Som del av dette forskningsprosjektet ønsker en masterstudent (Kristine Røgelstad) å samle data der elevene arbeider med programmering og matematikk. Målet er å få innsikt i hvordan arbeid med programmering kan påvirke elevenes læring i matematikkfaget.

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

Høgskolen på Vestlandet er ansvarlig for prosjektet, og det er ledet av Professor Tamsin Meaney. Prosjektet er støttet av Norges forskningsråd. Skolens rektor og matematikklærer stiller seg positive til prosjektet.

### **Hvorfor får du spørsmål om å delta?**

Vi ber om at du lar barnet ditt delta i prosjektet fordi vi ønsker å undersøke hvordan man kan bruke programmering som et læringsfremmede verktøy i matematikkfaget. Det vil derfor, sammen med klassens matematikklærer, bli gjennomført et opplegg hvor elevene skal arbeide med programmering i matematikkundervisningen.

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

Prosjektet innebærer at det vil bli gjennomført undervisning hvor elevene arbeider i små grupper med programmering. Programmeringsverktøyet som skal brukes er Sphero-baller, en liten ballformet robot som elevene skal programmere bevegelsene til gjennom en app på HVL nettbrett. Sphero-ballene og nettbrettene er koblet sammen via Bluetooth. Verken Spheroball-appen eller nettbrettene vil være koblet til internett og de registrerer ingen persondata. Undervisningen vil være lik for hele klassen, men et utvalg av elever som ønsker å delta i prosjektet vil det bli gjort



## Vedlegg 7 – Nr. 2

video- og lydopptak av i undervisningssituasjonen, samt gruppevis intervju med lydopptak i etterkant.

### **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i studien, og du/dere kan uten grunngeving når som helst trekke ditt/deres samtykke. Hvis du/dere velger å trekke deres barn ut av prosjektet vil ikke deres deltakelse bli brukt i forskningen. Det vil ikke få negative konsekvenser hvis du/dere ikke ønsker at barnet skal delta, eller senere velger å trekke deres barn fra prosjektet.

### **Deres barns personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker barnets opplysninger**

Alle personopplysninger blir behandlet konfidensielt og personidentifiserbart materiale lagres på HVL sin forskningsserver, sikret med brukernavn og passord. Alt av lyd og videoopptak blir gjort med videokamera, diktafon og skjermopptak, som ikke er koplet til internett. Verken Sphero-ballene eller nettbrettene kan samle inn personinformasjon fra elevene. Kun deltakere i prosjektgruppen og transkriberingsfirma med kontrakt med HVL har tilgang til materialet. Deltakere vil ikke kunne bli identifisert i publikasjoner.

Prosjektet skal avsluttes 31.12.2023. Etter denne dato vil alle personidentifiserende data slettes, og materialet vil ikke lengre være lagret på HVL sin forskningsserver. Videre bruk av dataene blir i presentasjoner, undervisning, eventuelle oppfølgingsstudier og senere forskning basert på transkribert og anonymisert materiale.

### **Dine/deres rettigheter**

Så lenge ditt barn kan identifiseres i datamaterialet, har du/dere rett til:

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

### **Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om ditt/deres barn?**

Vi behandler opplysninger om ditt/deres barn basert på ditt/deres samtykke. På oppdrag fra HVL har Norsk senter for forskningsdata (NSD) vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

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

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

- Prosjektleder Tamsin Meaney på tlf.: 55 58 55 69 eller epost: [Tamsin.Jillian.Meaney@hvl.no](mailto:Tamsin.Jillian.Meaney@hvl.no)
- Masterstudent Kristine Røgelstad på tlf: 99503860 eller epost: [kristinerogelstad@hotmail.com](mailto:kristinerogelstad@hotmail.com)
- HVL sitt personvernombud: Anne Merette Somby, [personvernombud@hvl.no](mailto:personvernombud@hvl.no)
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost: [personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

## Samtykkeerklæring forskningsprosjektet

Jeg/vi har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Argumentasjon og kritisk matematikkundervisning i flerspråklige klasserom» og fått anledning til å stille spørsmål.

Elevens navn (bruk blokkbokstaver): \_\_\_\_\_

Jeg/vi samtykker til at barnet mitt/vårt kan:

- delta i videoopptak
- delta i lydopptak
- delta i intervju

Jeg/vi samtykker til at mitt/vårt barns opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, 31.12.2023.

-----  
(Signert av forelder/foresatt, dato)

-----  
(Signert av elev, dato)

### Samtykkeerklæring for bruk av videoer:

- Jeg samtykker i at videosnutter der barnet mitt er med kan vises i presentasjoner på konferanser og i undervisning.

-----  
(Signert av foresatte til eleven, dato)

-----  
(Signert av elev, dato)