

Rebekka Henriette Lorentzen og Sara Ødegård

Utforskende og undersøkende undervisning: Engasjement og oppdagelse

En kvalitativ casestudie om hvordan et utvalg elever på 7. trinn arbeider med utforskning og undersøking i et kortspill med negative tall.

Masteroppgave i Matematikdidaktikk 5.-10. trinn

Veileder: Svein Arne Sikko

Mai 2024

Rebekka Henriette Lorentzen og Sara Ødegård

Utforskende og undersøkende undervisning: Engasjement og oppdagelse

En kvalitativ casestudie om hvordan et utvalg elever på 7. trinn arbeider med utforsking og undersøkning i et kortspill med negative tall.

Masteroppgave i Matematikdidaktikk 5.-10. trinn
Veileder: Svein Arne Sikko
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap
Institutt for lærerutdanning



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

I denne studien har vi forsket på hvordan et utvalg elever på 7. trinn har arbeidet med utforskning og undersøkning i et kortspill med negative tall. Hensikten med studien er å se på hvordan utforskende og undersøkende undervisning kan gjennomføres, og hva som skal til for å skape gode IBL-undervisninger der elevene blir engasjerte, oppnår læringsmålene og utvikler et utforskende sinn. Vi har gjennomført en kvalitativ casestudie hvor vi har sett på to like økter med forskjellige elevgrupper, der oppgaven elevene skulle løse var en likhetskabal bestående av positive tall (svarte kort) og negative tall (røde kort).

Vi har benyttet 5E-modellen som rammeverk i analysen av datamaterialet. 5E-modellen er utviklet av Bybee et al. (2006) og består av fem faser som elevene beveger seg mellom i løpet av en utforskende og undersøkende undervisningsøkt. De fem fasene er engasjement, utforskning, forklaring, utvidelse og vurdering. Rammeverket kan også brukes i utformingen av utforskende økter, og beskriver hva de fem fasene skal inneholde.

Studiens resultat viser at de to øktene vi har sett på *er* utforskende og undersøkende økter hvor elevene har gått gjennom alle de fem fasene i 5E-modellen. I tillegg gjorde vi flere funn som belyser elevenes arbeid i øktene: Elevene viste et sterkt engasjement gjennom hele undervisningen. Alle elevgruppene utforsket, og med ett unntak gjorde alle tre like oppdagelser; de oppdaget at det var klokt å skrive ned summene underveis, de oppdaget at de kunne legge kortene på samme side av likhetstegnet, og de oppdaget at de kunne ta vekk kort som nullet hverandre ut. Elevene vurderte seg selv og hverandre fortløpende i økten, og de viste tegn til et utforskende sinn og hadde utholdenhet i møte med utfordringer og feil.

Abstract

In this study we have researched how a selection of grade 7 students has worked with inquiry-based methods in a card game with negative numbers. The purpose of this study is to look at how inquiry-based learning can be implemented, and what it takes to create good IBL lessons where the students are engaged, reach the learning goals and develop inquiring minds. We have conducted a qualitative case study where we have looked at two identical lessons with different groups of students, where the students' task was to solve an equality solitaire made of positive numbers (black cards) and negative numbers (red cards).

Our framework for analysis of the collected data is the 5E model of instruction. This model is developed by Bybee et al. (2006) and consists of five phases that the students go through during an inquiry-based lesson. The five phases are engagement, exploration, explanation, elaboration and evaluation. The instructional model is also developed for instruction of how to put together inquiry-based lessons, and the five phases are presented with clear descriptions.

The results show that the two lessons we have looked at *are* inquiry-based lessons where the students go through all five phases of the instructional model. We also found that: The students showed active engagement through the lessons. That all groups of students explored, and with one exception they all made the same three discoveries; they discovered that it was wise to write down their sums as they were working, they discovered that they could put down cards on the same side of the equal sign, and they discovered that they could take cards away from the playing board that zeroed each other out. The students evaluated their own and their partner's effort consecutively through the lesson, and they showed signs of inquiring minds and had endurance when faced with challenges and mistakes.

Forord

"Many have marked the speed with which Maud'Dib learned the necessities of Arrakis. The Bene Gesserit, of course, know the basis of this speed. For the other, we can say that Maud'Dib learned rapidly because his first training was in how to learn. And the first lesson of all was the basic trust that he could learn. It is shocking to find how many people do not believe they can learn, and how many more believe learning to be difficult. Maud'Dib knew that every experience carries its lesson."

Sitat fra romanen *Dune* av Frank Herbert (1965)

Etter fem år på lærerutdanningen, kan vi se tilbake på mange gode minner, og erfaringene vi har fått på veien. Skriveprosessen dette semesteret har til tider vært stressende, men vi har fått mye støtte fra familie og venner, og det er vi veldig takknemlige for. Vi vil også takke veilederen vår Svein Arne Sikko, som har gitt gode råd og konstruktive tilbakemeldinger underveis i arbeidet vårt. Arbeidet med masteroppgaven har vært en kreativ og lærerik prosess, og vi er mange erfaringer rikere. Skriveprosessen ville ikke vært det samme uten hverandre, så vi vil takke hverandre for samarbeidet. Det har vært fint å kunne diskutere med og støtte seg på hverandre.

Trondheim, mai 2024

Rebekka Henriette Lorentzen og Sara Ødegård

Innholdsfortegnelse

Figurer.....	x
Tabeller	x
Forkortelser.....	x
1.0 Innledning	1
1.1 Relevans.....	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Studiens struktur.....	2
2.0 Teori.....	4
2.1 Inquiry-based learning	4
2.2 Læring.....	6
2.3 Mestringsforventning.....	8
2.4 Spill i undervisning.....	9
2.5 Negative tall og likhet.....	9
2.6 Tidligere forskning	10
2.7 Teoretisk rammeverk	12
3.0 Metode.....	15
3.1 Vitenskapelig paradigme.....	15
3.2 Forskningsmetode.....	15
3.3 Data.....	17
3.4 Metode for analyse.....	20
3.5 Studiens troverdighet.....	22
3.6 Etiske refleksjoner	24
3.7 Oppsummering av metoden	24
4.0 Resultater.....	26
4.1 Engasjement	26
4.1.1 Muntlig begeistring	26
4.1.2 Handling.....	26
4.2 Utforsking.....	28
4.2.1 Skrev ned summene underveis.....	28
4.2.2 Kortene kunne legges på samme side.....	29
4.2.3 Elevene kunne ta vekk kort fra spillbrettet underveis	31

4.3	Forklaring	31
4.3.1	Hvorfor kortene kunne legges på samme side	32
4.3.2	Hvorfor like kort kunne tas vekk underveis	33
4.4	Utvidelse	33
4.5	Vurdering.....	35
4.5.1	Læreren involverte elevene i egenvurdering	36
4.5.2	Elevene ropte på lærer	36
4.5.3	Elevene vurderte seg selv og samarbeidspartneren	37
4.6	Avrundende refleksjoner	38
5.0	Diskusjon	40
5.1	Engasjement	40
5.1.1	Engasjement gjennom muntlig begeistring.....	40
5.1.2	Engasjement gjennom handling	42
5.2	Utforskning og forklaring	43
5.2.1	Skrev ned summene underveis.....	43
5.2.2	Kortene kunne legges på samme side.....	44
5.2.3	Elevene kunne ta vekk kort underveis	44
5.3	Utvidelse	45
5.4	Vurdering.....	47
5.5	Ønsket utbytte av IBL.....	48
5.6	Oppsummering av diskusjonen	49
6.0	Avslutning	51
6.1	Oppsummering	51
6.2	Kvalitet på studien	51
6.3	Videre forskning	52
	Referanseliste	54
	Vedlegg 1.....	58

Figurer

Figur 1: Kjennetegn ved IBL, norsk overs. (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 8). Illustrasjon: PRIMAS Project, www.primas-project.eu	4
Figur 2: Modell av den proksimale utviklingssonen	8
Figur 3: Illustrasjon av 5E-modellen	14
Figur 4: Spillbrettet	18
Figur 5: Instruksjoner til likhetskabalen.....	18
Figur 6: Utdrag fra elevenes arbeidsnotater fra gruppe 6	19
Figur 7: Eksempel på koding fra transkripsjonene av gruppe 1.....	20

Tabeller

Tabell 1: Elevgrupper med fiktive navn	19
Tabell 2: Eksempler på koding	22
Tabell 3: Elevenes progresjon i oppgaven.....	34

Forkortelser

IBL	Inquiry-based learning
IBE	Inquiry-based education
IBME	Inquiry-based mathematics education
LK06	Læreplanen Kunnskapsløftet 2006
LK20	Læreplanen Kunnskapsløftet 2020
NSD	Norsk samfunnsvitenskapelige datatjeneste (nå under navnet Sikt)
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
PRIMAS	Promoting IBL in mathematics and science across Europe
5E	Engagement, exploration, explanation, elaboration, evaluation
BSCS	Biological science curriculum study

1.0 Innledning

Utforskende undervisning inntok læreplanene for fullt i 2020, og som et resultat har det fått et stort fokus i skolen. Men hvordan ser utforskende undervisning ut i norsk skole? Og hvordan arbeider elever utforskende i matematikkundervisning? Inquiry-based learning (IBL), eller utforskende og undersøkende undervisning som det refereres til på norsk, er en undervisningsmetode som går ut på å la elevene utforske og tilegne seg kunnskap med undersøkende arbeid i konkrete oppgaver og problemløsning (Artigue & Blomhøj, 2013). Fokuset ligger på å tilrettelegge for at elever får utvikle dybdeforståelse gjennom å opptre som matematikere og forskere i klasserommet (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 797). Arbeidsmetoden lar elevene utnytte sin naturlige utforskertrang, og målet er at elevene skal bli engasjerte i læringen. I overordnet del av læreplanen står det at elever skal "få rike muligheter til å utvikle engasjement og utforskertrang" (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 7). Dersom man engasjerer elevene i utforskende og undersøkende undervisning, kan elevene få gode muligheter til å utvikle engasjementet og utforskertrangen i matematikk samtidig som de lærer.

Hensikten med denne studien er å få et innblikk i hvordan utforskende og undersøkende undervisning kan gjennomføres, og se på hva som skal til for å skape gode IBL-økter der elevene blir engasjerte, får utnyttet sin utforskertrang, oppnår læringsmålene og utvikler et utforskende sinn. For å undersøke dette har vi tatt utgangspunkt i 5E-modellen som er utviklet av Bybee et al. (2006). Instruksjonsmodellen består av fem faser som elevene beveger seg mellom i løpet av en utforskende undervisningsøkt. Modellen er sentrert rundt elevene, som gjør at undervisning planlagt innenfor dette rammeverket er elevorientert, og ikke lærerorientert. Ved å analysere to gjennomføringer av en forskningstime, har vi sett på hvordan elevene beveget seg mellom de fem fasene.

1.1 Relevans

Europakommisjonen rapporterte i 2007 at barn og unge hadde urovekkende lite interesse for naturfaglige og matematiske fag, og at dette påvirker utdanningsnivået (Rocard et al., 2007, s. 2). Som en respons på funnene, kom kommisjonen med seks anbefalinger til alle skoler i Europa. Anbefalingene gikk ut på å øke nivået på undervisningen ved å innføre utforskende undervisning, og på den måten øke interessen i fagene (Rocard et al., 2007, s. 2). Mange undersøkelser viser at IBL kan ha positive virkninger på elevers læring, blant annet på elevers motivasjon og deres matematiske forståelse (Bruder & Prescott, 2013, s. 819). I tillegg har forskning vist at det er en tydelig sammenheng mellom ulike former for IBL og positive effekter på læringsprosessen, som at elevene får bedre holdninger, høyere måloppnåelse og en mer kritisk tankegang (Hattie, 2009, s. 209-210).

I etterkant av PRIMAS-prosjektet som EU gjennomførte mellom 2010 og 2013, ble det rapportert at elever synes det er spennende og morsomt å lære av utforsking og undersøking (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 76). IBL kan altså bidra til læring ved å skape engasjement og læringsmuligheter som gjør at elever synes matematikk er "spennende og morsomt". Det samsvarer med tidligere forskning som viser at elever som fikk utforskende undervisning hadde mer positive holdninger til matematikk enn elever som hadde tradisjonell lærerorientert undervisning (Boaler, 1998, s. 59-60).

1.2 Problemstilling

Europakommisjonen har lagt stor vekt på IBL som en løsning på problemet med dalende interesse i matematikk. Norge har fulgt etter, og det viser seg blant annet i læreplanen. IBL har fått stor plass i LK20, og det er spesielt tydelig om man tar et nærmere blikk på kompetansemålene i læreplanen for matematikk. Syv av ti kompetansemål etter 6. trinn inneholder ordet "utforske", og på ungdomstrinnene gjelder det fem av ti kompetansemål på hvert trinn (Kunnskapsdepartementet, 2019). Til sammenligning var det kun ett kompetansemål i den foregående læreplanen (LK06) som inneholdt ordet utforskning. Med en slik vektleggingen av utforskning i den norske læreplanen, er det tydelig at denne typen undervisning er noe alle matematikklærere må beherske og kunne gjennomføre. Så hva er det som skal til for å gjennomføre gode utforskende økter i matematikk? Og hvordan kan slike økter gjøre elever mer engasjert og interessert i matematikk? For å nærme oss et svar har vi formulert følgende problemstillingen for denne studien:

Hvordan arbeider et utvalg elever på 7.trinn med utforskning og undersøkning i et kortspill med negative tall?

For å svare på problemstillingen har vi sett på en forskningstime som ble gjennomført i to omganger med ulike elever på 7. trinn. I disse øktene skulle elevene løse en likhetskabal hvor målet var å oppnå likhet. Elevene trakk kort fra en ordinær kortstokk, og skulle plassere kortene på høyre eller venstre side av et likhetstegn på et spillbrett. Alle kortene som ble lagt på samme side av likhetstegnet, måtte adderes. De røde kortene var negative tall, og svarte kort var positive tall. Målet var å legge kortene strategisk, på høyre eller venstre side, for å oppnå likhet før kortstokken gikk tom. Likhetskabalen var en samarbeidsoppgave som utviklet seg i takt med elevenes mestring. Hver gang en gruppe mestret oppgaven, fikk de et nytt element som gjorde oppgaven noe mer utfordrende. Undervisningen ble planlagt og gjennomført som en del av et større forskningsprosjekt ved NTNU, og videre i teksten vil vi referere til disse øktene som forskningstimen eller første og andre gjennomføring av forskningstimen. Teamet i prosjektet bestod av lærere fra den aktuelle barneskolen og forskere fra NTNU. Hele prosessen, fra planlegging til gjennomføring og refleksjon rundt gjennomføringene, har teamet dokumentert. Det innsamlede datamaterialet består av lyd- og videopptak av elevenes arbeid, elevens notater, samt lydopptak av lærernes refleksjonssamtaler, planleggingsdokument og observasjonsdokument. Det er empirien vi har tatt utgangspunkt i for studien vår.

1.3 Studiens struktur

Studien er inndelt i seks kapitler, og i kapittel 2 vil vi presentere teori og forskning som er relevant for studien. Her vil vi beskrive bakgrunnen for og kjennetegn ved IBL. Ettersom IBL ikke er et nytt tema, til tross for at det kan virke slik i den norske skolen, så har akademikere og pedagoger forsket på IBL i flere tiår. Derfor vil vi også presentere noe av tidligere forskning som belyser temaet. Videre vil vi gjøre rede for 5E-modellen, som utgjør det teoretiske rammeverket for studien. Modellen ble utviklet av Bybee et al. i 2006, og har siden den gang blitt brukt av lærere verden over til å planlegge utforskende undervisning på tvers av fag, med naturfag og matematikk i sentrum. I kapittel 3 vil vi presentere studiens metode, der vi redegjør for vitenskapelig paradigme, studiens forskningsmetodikk, presenterer data og beskriver metoden for dataanalysen. Studien vår bygger på et fortolkende paradigme, ettersom vi ønsker å få en dypere forståelse av hvordan elever utforsker og undersøker i

matematikk. Studien har en kvalitativ tilnærming, og datamaterialet er samlet inn av et forskningsteam fra NTNU. I kapittel 4 vil vi presentere resultatene fra datamaterialet, og diskuterer deretter funnene opp mot relevant teori og tidligere forskning i kapittel 5. Til slutt vil vi oppsummere studien, ta en gjennomgang av kvaliteten på studien, i tillegg til å presentere forslag for videre forskning i kapittel 6.

2.0 Teori

I dette kapitlet vil vi avklare begrepene inquiry-based learning i kapittel 2.1 og læring i kapittel 2.2. Deretter vil vi presentere teori om mestringsforventning i kapittel 2.3, og så presenterer spill i undervisning i kapittel 2.4. Videre vil vi presentere de matematiske elementene som dukket opp i datamaterialet i kapittel 2.5; negative tall, likhet og likhetstegnet. Deretter vil vi presentere tidligere forskning i kapittel 2.6, og til slutt beskrive rammeverket for studien i kapittel 2.7.

2.1 Inquiry-based learning

Inquiry-based learning (IBL) er basert på et pedagogisk konsept etter John Dewey (1938), som mente at utforskning var grunnlaget for oppdragelse og læring (Artigue & Blomhøj, 2013). Det er en undervisningsform som i det siste tiåret har dukket opp oftere innenfor utdanningspolitikk og læreplaner i Europa (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 797-798). Årsaken til utviklingen kan henge sammen med at barn og unges interesse for naturfag og matematikk har hatt en kraftig nedgang, og at en mer utforskende og undersøkende pedagogikk kan bidra til å øke interessen igjen (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 797). Derfor lanserte EU en rekke store prosjekter for å støtte videre utvikling av IBL innenfor både matematikk og naturfag (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 797). Figur 1 viser fem kjennetegn ved IBL som dekker undervisningens utbytte, lærerens rolle, elevenes rolle, klasseromskulturen og læringsmiljøet, siden det ikke er en bestemt definisjon på hva IBL er (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 8).



Figur 1: Kjennetegn ved IBL, norsk overs. (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 8). Illustrasjon: PRIMAS Project, www.primas-project.eu.

IBL innenfor matematikk, eller inquiry-based mathematics education (IBME), er ment å invitere elever til å arbeide som matematikere og forskere (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 797). Mange situasjoner fra hverdagen kan beskrives, undersøkes og forstås ved hjelp av matematikk i kombinasjon med vitenskap eller fornuft, og kan på den måten utvikles til en kilde for IBL (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 808). I tillegg er de matematiske objektene i seg selv kilder til IBL, som for eksempel tall, geometriske former, algebraiske symboler og grafer (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 808). Utforsknings- og undersøkelsesprosessene av matematiske tema og objekter kan ha ulike former, som for eksempel utdyping av spørsmål,

problemløsning, modellering, matematisering, testing, forklaring, resonnering eller strukturering (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 808).

For å gi en bredere forståelse av IBL som konsept, vil vi bruke beskrivelser fra EU-prosjektet PRIMAS, som er knyttet til utforskende undervisning innenfor matematikk og naturfag, og som ble gjennomført i 12 europeiske land mellom 2010 og 2013. Prosjektet beskriver IBL som et grep for å øke elevers interesse for de to fagene (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013). PRIMAS-prosjektet påpeker at man ikke vet hvilke kunnskaper og ferdigheter som kreves i fremtiden, men gir en liste med viktige kompetanser som IBL tilrettelegger utviklingen av; problemløsning, analyse, diskusjon, kommunikasjon og evne til selvstendig arbeid (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 10).

Det som kjennetegner IBL er at oppgaver har "autentiske spørsmål" som er tilpasset elevenes nivå, elevenes tidligere kunnskaper nyttiggjøres, og elevene samarbeider (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 11). Skolen er lovpålagt å tilrettelegge for elevers læring gjennom å tilby en tilpasset opplæring, og det gjelder for alle elever uansett prestasjonsnivå. Ifølge Opplæringsloven skal skolen gi en opplæring som er tilpasset "evnene og føresetnadene hjå den enkelte eleven [...]" (1998, §1-3). Det blir dermed gjeldende at lærere varierer "arbeidsformer og pedagogiske metoder, bruk av læremidler, organisering, og i arbeid med læringsmiljø, læreplaner og vurdering" gjennom faglig skjønn for å sikre at alle elevene får et læringsutbytte (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 18). Derfor er det viktig at utforskende og undersøkende arbeid kan tilpasses nivå og behov innenfor det enkelte klasserom. I tillegg anses feil som en del av læringsprosessen, og ideer respekteres og aksepteres med støtte i logisk tenkning og bevis (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 11).

Jo Boaler (2015) har i flere år forsket på og utviklet IBL i matematikklasserom. I 2015 publiserte hun boken *Mathematical Mindsets* hvor hun presenterte hva som skjer i hjernen når vi gjør feil, og hvordan denne kunnskapen kan endre elevers tankesett om matematikk og læring. Hun skriver at det å gjøre feil er verdifullt av to grunner. For det første gir det elevene en mulighet til å rette opp i feilen, og altså lære av det de gjorde galt. For det andre dannes det synapsen i hjernen hver gang elever gjør feil, uavhengig om de er klar over feilen eller ikke (Boaler, 2015, s. 11-12). Disse synapsene oppstår fordi hjernen blir utfordret, og det betyr at hjernen vokser hver gang elever gjør feil. Boaler presenterer denne kunnskapen og forteller hvordan det har endret måten elever tenker på, noe som igjen fører til at elever lærer mer (Boaler, 2015, s. 12).

Ønsket utbytte av den utforskende pedagogikken er for det første utvikling av et utforskende sinn som både kan tenke kritisk og kreativt, deretter forberedelse på livslang læring og en usikker fremtid, og forståelse av naturfagets og matematikkens natur (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 8). Kritisk tenkning handler om at elevene skal stille spørsmål og vurdere en læringsaktivitet eller egne løsningsstrategier (Kunnskapsdepartementet, 2019). Å tenke kreativt blir koblet tett opp mot skaperglede og ideer (Kunnskapsdepartementet, 2019), og nyere forskning har vist at kreativt tenkende elever har en større sjanse for å lykkes i skolefaget matematikk (Bicer et al., 2020, s. 569). Andre ønskede utbytter fra IBL er at elevene stiller spørsmål, samarbeider, utforsker og undersøker, der de to sistnevnte knyttes til fasene i 5E-modellen; engasjere (engage), utforske (explore), forklare (explain), utvide (elaborate) og vurdere (evaluate) (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 8; Bybee et al., 2006).

Engasjement i 5E-modellen er spesielt viktig innenfor IBL, fordi det henger sammen med elevenes læringsprosess (Valenta, 2016). Det er som nevnt den første fasen i 5E-modellen,

men i tillegg er engasjement en av fem hovedkomponenter innenfor matematisk kompetanse (Kilpatrick et al., 2001 i Valenta, 2016, s. 20). Ifølge Valenta kan engasjement deles inn i tre deler, der det enten handler om 1) at man anser matematikk som "fornuftig, nyttig og verdifullt", 2) at man tror man kan bli god i matematikk, og 3) at man tror man lærer av å streve, og gir ikke opp når man møter utfordringer (2016, s. 24). Elevers engasjement påvirker derfor deres forutsetning for å utvikle forståelse for begreper i matematikk, samt for utviklingen av resonnering, logisk tenkning og beregning. Hvorvidt og i hvilken grad elevene utvikler disse komponentene påvirker igjen deres engasjement (Valenta, 2016, s. 24). Det er med andre ord viktig at elevene blir engasjerte og begynner å undre seg i matematikkundervisningen, slik at de kan tilegne seg kunnskap og utvikle de evnene som rustet dem for en usikker fremtid og livslang læring. Først og fremst handler det om å skape en interesse hos elevene. Dersom elevene skal opptre som forskere og matematikere som finner løsninger og undrer seg over et problem, må de ha engasjement og nysgjerrighet for å være som forskere og matematikere (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013).

Læringsmiljøet innenfor IBL skal preges av at klassen deler en følelse av eierskap til oppgaver, og at utforskningen gir mening for dem (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 8). Læringsmiljøet defineres som "de samlede kulturelle, relasjonelle og fysiske forholdene på skolen som har betydning for elevenes læring, helse og trivsel" (Utdanningsdirektoratet, 2021). Læreren og elevene skaper læringsmiljøet sammen, men det blir påvirket av faktorer utenfor klasserommet, slik som relasjonen mellom lærere og elever på tvers av klasser og trinn, skolekulturen, hvordan skolen er organisert, og hvorvidt elevene får tilstrekkelig utfordring (Utdanningsdirektoratet, 2021). En god relasjon mellom lærer og elev påvirker elevenes kunnskapsutvikling, og det spiller en stor rolle at læreren er personlig støttende og veileder elevene faglig (Bø & Hovdenak, 2011, s. 81). Gjennom støtte og veiledning kan læreren oppmuntre elevene til å ta ansvar for egen læring (Harlen, 2013, s. 23). Harlen presenterer hvor viktig formativ vurdering er for læringen på bakgrunn av tidligere forskning og undersøkelser. Leahy og William konkluderte med at formativ vurdering kan forbedre læringsutbyttet med 50 til 100% (2012, s. 52, i Harlen, 2013, s. 24)

Innenfor IBL skal klasserommet ha en støttende atmosfære, som skal komme både fra læreren og elevene (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013 s. 11). Det er viktig med dialog mellom elevene, der de diskuterer innfallsvinkler og løsningsforslag, og samarbeider for å komme frem til logiske løsninger på åpne oppgaver (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 13). Eierskap til oppgavene er viktig, og derfor må oppgavene gi mening for elevene og være utfordrende nok (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 8). I tillegg er det viktig at elevene får mulighet til å vurdere eget og medelevers arbeid, slik at de blir mer involvert i læringsprosessen, og i beste fall kan elevene ta mer ansvar for egen læring (Harlen, 2013; Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 13). Læringsmiljøet generelt består av gode relasjoner, samhold og tilhørighet, som fører til en opplevelse av aktiv deltakelse (Nilsen, 2019, s. 84-85). Det vil si at det er nødvendig med gode relasjoner mellom lærer og elev, mellom medelevene, men også mellom lærere og kolleger, foreldre og andre aktører i skolen (Nilsen, 2019, s. 85).

2.2 Læring

Lyngsnes og Rismark skriver at undervisning ikke har en hensikt dersom den ikke knyttes til noe bestemt man skal lære, og at læring er et "sammensatt fenomen" (2014, s. 52). I dette delkapittelet skal vi se nærmere på hva læring er, og for å få en bedre forståelse kan man se nærmere på ulike læringsteorier. Teorier om læring presenterer ulike perspektiver på skole,

læring og undervisning, og det bygges opp av ulike pedagogiske og didaktiske retninger (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 39). Med andre ord kan læringsteorier forme læreres eller skolers pedagogiske praksis. Gjennom historien har det blitt utviklet en rekke læringsteorier, og vi vil se nærmere på læring innenfor tre av dem; behaviorisme, kognitiv læringsteori og sosiokulturell læringsteori.

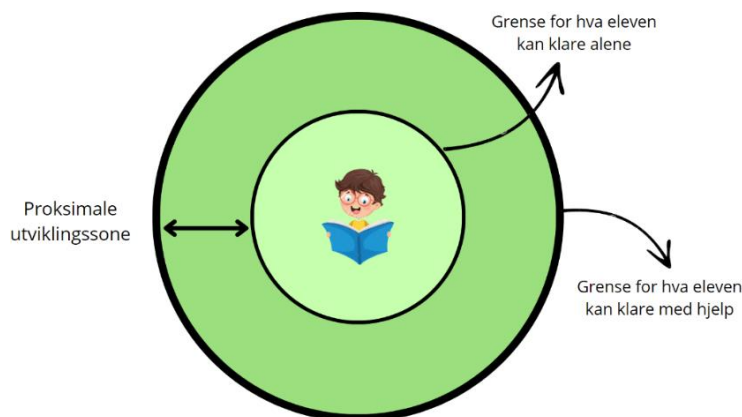
Burrhus F. Skinner (1904-1990) var grunnleggeren av behaviorismen på 1930-tallet, som handler om at man kan observere læring, siden atferdsendring er et resultat av læring (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 53). Et behavioristisk syn går ut på at man bare har noen få medfødte reflekser, og at man ellers starter livet med "tabula rasa", som er latinsk for blanke ark, og man tilegner seg resten etter hvert som man erfarer livet (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 53). Teorien forklarer at et individs atferd ligger i dets omgivelser, og at atferden til individet kan endres dersom en handling følges av en forsterkning (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 53-54). Forsterkningen kan være positiv, som ros eller oppmuntring fra læreren, eller negativ, som irettesettelse, og kan føre til mer av den ønskede eller uønskede atferden (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 54-55).

Læring innenfor kognitiv læringsteori forstås ut fra menneskers tankeprosesser, og vesentlige bidrag til teorien kom fra Jean Piaget (1896-1980) rundt 1970-tallet (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 61-62). Teorien går ut på at mennesker organiserer tanker, kunnskap og erfaringer i kognitive strukturer som kalles for *skjema*, som fungerer som byggesteiner i menneskers tenkning (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 62). Det handler om at man setter ny informasjon inn i en struktur sammen med det man allerede vet (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 62). Å tolke ny informasjon ut fra skjemaene man har, kalles assimilasjon, og dersom informasjonen ikke passer inn i eksisterende skjema utvider man dem, som kalles akkomodasjon (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 63). Med andre ord oppstår det en ulikevekt dersom ny informasjon ikke passer inn i eksisterende skjema. Gjenopprettingen av likevekt er det som kalles akkomodasjon, og skjer når ny informasjon får en egen plass i skjemaene (Haack, 2011, i Boaler, 2015, s. 18). I noen tilfeller kan den nye informasjonen være for fjern til at man kan akkomodere, og man kan risikere at man ikke lærer noe nytt. Derfor er det viktig å utvikle kunnskap gradvis (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 64).

En tredje teori om læring har vi hentet fra sosiokulturell læringsteori som ble grunnlagt av Lev S. Vygotsky (1896-1934). Samhandling og språk anses som sentrale faktorer i læringsprosessen (Lyngsnes & Rismark, 2014; Vygotsky, 1978). Grunntanken i læringsteorien er at kunnskap og verdier utvikles i samhandling med andre, og at språket fungerer som et redskap for å både uttrykke ideer, og å utvikle egen tenkning (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 67). Kompetansen, kunnskapen og evnene man har her og nå, utgjør det som kalles for *det faktiske utviklingsnivået*, og innenfor nivået kan man løse oppgaver og problemer på egenhånd (Vygotsky, 1978). Det kan for eksempel være oppgaver man vet hvordan man skal løse. *Den proksimale utviklingssonen* (se figur 2) ligger utenfor det faktiske utviklingsnivået, og kan nås med hjelp og veiledning fra andre (Vygotsky, 1978). Det kan være læreren, andre voksne, eller medelever som ligger på et høyere utviklingsnivå enn en selv (Vygotsky, 1978).

Vi vil nå gi et eksempel som beskriver grensen mellom det faktiske utviklingsnivået og den proksimale utviklingssonen. La oss si at en elev kan addere og subtrahere med negative tall, men eleven vet ikke hva den skal gjøre i oppgaver med negative tall og multiplikasjon. Addisjon og subtraksjon er innenfor elevenes faktiske utviklingsnivå, mens multiplikasjon er

utenfor. Eleven vet ikke hva den skal gjøre, og oppgaven forblir utenfor elevens rekkevidde. For at eleven skal kunne utvikle kunnskapen videre, og lære multiplikasjon med negative tall, trenger eleven veiledning fra læreren. Læreren knytter elevens forkunnskaper om negative tall opp mot multiplikasjon, og stiller spørsmål og gir hint underveis for å hjelpe eleven i læringsprosessen. Det er viktig at læreren ikke alltid gir svaret direkte, og hvis eleven gjør feil, kan læreren støtte eleven uten å fortelle nøyaktig hva eleven skal gjøre videre. Det kalles *støttende læringsstillas*, som billedlig beskriver støtten elevene trenger for å lære noe nytt (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 70). På den måten dytter læreren eleven ut i den proksimale utviklingssonen, og eleven kan lære noe nytt.



Figur 2: Modell av den proksimale utviklingssonen

Etter innblikket i ulike læringsteorier vil vi trekke frem tre perspektiver på læring som er hentet fra en litteraturstudie av begrepene *læring og læringspotensial*. Olsen (2019) trekker frem Woolfolk som i 2007 skrev at læring ses på som erfaringer som fører til relativt varige "endringer i individers kunnskap eller atferd" (s. 12). Det er et behavioristisk perspektiv, at læring vises i atferdsendring. Elevenes endring i atferd kan komme til uttrykk gjennom handling og holdning, i tillegg er læring endringer i kunnskap.

Et annet perspektiv som presenteres er Illeris som i 2012 skrev at læring er "en prosess som skjer gjennom samspill og tilegnelse" (Olsen, 2019, s. 12). Definisjonen samsvarer med Vygotsky sitt perspektiv på læring, at man lærer av samspill med andre. I samspillet kan elever øve på å formidle egen og lytte til andres kunnskap og erfaring, og benytter språket for videre læring. Et tredje perspektiv på læring er hentet fra Wæge og Nosrati som i 2018 skrev at de evnene og ferdighetene man har er dynamiske, og de utvikles basert på innsats, erfaringer og med påvirkning fra omgivelsene (Olsen, 2019, s. 13). Her påpekes det at elevenes egen innsats har en innvirkning på læringen, samt deres tidligere erfaringer. Det nevnes også at påvirkning fra omgivelser spiller en rolle, og det kan knyttes til læringsmiljø i den enkelte klassen.

2.3 Mestringsforventning

Motivasjon fremmer læring, både direkte og på en indirekte måte gjennom elevenes innsats, konsentrasjon, utholdenhet og tilstrekkelige læringsstrategier (Skaalvik & Skaalvik, 2015). Det er nødvendig med motivasjon for å starte på en aktivitet, og for å vedlikeholde aktiviteten (Skaalvik & Skaalvik, 2015). Det finnes mange ulike teorier om motivasjon, som dekker ulike spørsmål som elevene stiller seg selv i lærings situasjoner (Skaalvik & Skaalvik, 2015). En av teoriene om motivasjon handler om mestringsforventning, og ble utviklet av den amerikanske

psykologen og professoren Albert Bandura (1925-2021), som er mest kjent for sin teori innenfor sosial-kognitivismen (Olaussen, 2013, s. 209). Han brukte begrepene "self-efficacy" og "mastery expectations", og i skolesammenheng handler det om hvilke forventninger elevene har til å utføre en spesifikk oppgave (Bandura 1997; Skaalvik & Skaalvik, 2015). Elevenes forventninger henger sammen med hvilken oppgave de skal gjøre, hvor lang tid de får på å gjøre oppgaven, hvilke hjelpemidler de får benytte og andre arbeidsforhold, som for eksempel arbeid alene, i par eller med flere (Skaalvik & Skaalvik, 2015).

Kilder til mestringsforventning er inndelt i fire faktorer; 1) tidligere erfaring med mestring av lignende oppgaver, 2) vikarierende erfaring, 3) verbal oppmuntring, og 4) fysiologiske reaksjoner (Bandura, 1997, s. 79; Skaalvik & Skaalvik, 2015 s. 20). Bandura (1997) kaller tidligere erfaringer med mestring for *aktiv mestringsforventning*, og er den største kilden til mestringsforventning ettersom det er det mest autentiske beviset for om man kan mestre en oppgave (s. 80). Vikarierende erfaring handler om at elevene observerer andres suksess, og får en forventning om at de selv kan mestre den samme oppgaven (Bandura, 1997, s. 86-87). Verbal oppmuntring handler om at elevene får positive tilbakemeldinger fra signifikante andre. I skolen kan det være læreren, som styrker elevenes tro på at de har kapasitet til å mestre det som ligger foran dem (Bandura, 1997, s. 101). For at elevene skal være mottakelige for oppmuntringen, må de allerede ha en viss tro på seg selv (Bandura, 1997, s. 101). Fysiologiske reaksjoner handler om at elevene har tidligere erfaringer som opplevdes ubehagelig, og at en lignende oppgave vekker minnene av den erfaringen (Bandura, 1997, s. 106). Det kan føre til at kroppen reagerer fysiologisk, med kaldsvette, hjerteklapp eller prikking i huden, og viser at man ikke behersker situasjonen (Bandura, 1997, s. 107; Skaalvik & Skaalvik, 2015, s. 24).

2.4 Spill i undervisning

Prensky (2001) har skrevet om hvorfor data- og videospill er engasjerende. Han beskriver 12 elementer som sammen, eller i variasjoner, kan være årsaken til at digitale spill er engasjerende. Noen av elementene kan overføres til ikke-digitale spill, og vi vil vektlegge åtte av elementene. De to første elementene handler om at spill er en form for moro og lek, som både kan gi glede og fornøyelse, og et intenst og lidenskapelig engasjement (Prensky, 2001). Å spille sammen med andre er ofte mer moro, enn å spille alene. I tillegg har spill elementer som regler og mål, som gir struktur og motivasjon og er interaktivt, noe som gir spilleren aktivitet (Prensky, 2001). Andre elementer som gjør spill engasjerende er at man har noe å vinne, som tilfredsstillende spillerens ego, det inneholder konflikter, konkurranser, utfordringer eller en annen form for motstand som gir adrenalin, og det inneholder problemløsning som er med på å vekke liv i kreativiteten til spilleren (Prensky, 2001).

2.5 Negative tall og likhet

Negative tall ble ikke akseptert i Europa før på 1800-tallet, 2000 år etter at disse tallene dukket opp for første gang (Rogers, 2008). Den eldste kjente bruken av negative tall er fra Kina i år 200 f.Kr., der handelsmenn brukte et tallsystem bestående av røde og svarte pinner for å regne ut betalinger (Rogers, 2008). De røde pinnene representerte positive tall og de svarte pinnene representerte negative tall. Da algebra gjorde sitt inntog i Europa, fulgte de negative tallene med (Kilhamn, 2011, s. 19). Brahmagupta, den indiske matematikeren som levde i år 800, var en av de første til å beskrive regler for regning med negative tall (Rogers, 2008). Negative tall ble akseptert i både Kina og India lenge før det samme skjedde i Europa

(Kilhamn, 2011, s. 20). I Europa regnes Cardano og Descartes for å være tidlig ute med å bruke de omstridte tallene, til tross for at det var mange hundre år etter andre, som for eksempel Brahmagupta. Cardano brukte negative tall i løsningene sine på likningsproblem på 1500-tallet (Burton, 2007, s. 323), og Descartes utviklet det som ble starten på koordinatsystemet på 1600-tallet (Burton, 2007, s. 370), som i dag består av positive og negative tall. Likevel var det noen som så på negative tall som ikke-eksisterende så sent som på 1700-tallet, blant disse var Francis Maseres og William Friend (Rogers, 2008).

I dag lærer elever om negative tall ved at de bruker tallinjer og ser på realistiske oppgaver og problemstillinger. Det kommer til uttrykk i kompetansemålene etter 7. trinn, der det står at elevene skal "utforske negative tall i praktiske situasjoner" og "bruke tallinje i regning med positive og negative tall" (Kunnskapsdepartementet, 2019). Negative tall nevnes ikke i kompetansemålene før 7. trinn, og elever i norsk skole blir dermed ikke presentert for det matematiske konseptet før elevene er 11-12 år. Det antyder at negative tall kan være vanskelig å forstå, og henger sammen med forskning som viser at mennesker prosesserer negative tall mindre automatisk enn positive tall (Fischer & Rottmann, 2005). Med andre ord kreves det mer av elever å regne med negative tall, enn med positive tall. Forskningen til Fischer og Rottmann (2005) gir mening i lys av at de historiske matematikerne brukte mange hundre år på å anerkjenne negative tall som reelle. Dermed kan det være naturlig at det tar tid for elever i barne- og ungdomsskolen å få en forståelse for negative tall.

Likhet har blitt bruk i tusener av år, og i begynnelsen beskrev matematikerne likhet ved hjelp av ord, istedenfor å bruke symboler. Da Euklid skulle beskrive to like geometriske figurer, gjorde han det med ord og ikke ved hjelp av symboler, som vi kan lese i Euklids Elementer (Burton, 2007, s. 146-147). Al-Kwharizmi (ca. 780-850) var en av de første til å presentere likninger der han tok i bruk likevekt på begge sider (Burton, 2007, s. 240-241). Likevel brukte heller ikke han et symbol for likhet. Det var engelskmannen Robert Recorde som introduserte likhetstegnet i sitt verk *The Whetstone of Witte* fra 1557 (Burton, 2007, s. 316-317). Likhetstegnet og tanken om likhet er et av de første konseptene elever skal lære når de begynner sin matematikkutdanning. Det er ikke spesifisert i læreplanen at elever skal kunne bruke likhetstegnet, men det er innforstått. Likhetstegnet er sentralt i nesten alle matematiske operasjoner helt fra 1. trinn. Ta for eksempel addisjon; elever på første trinn lærer å telle, samtidig som de lærer å skrive svaret med følgende notasjon: $1+1=2$.

2.6 Tidligere forskning

Hattie publiserte i 2009 en metastudie hvor han blant annet analyserte 205 studier og metastudier om IBL. Metastudien er ikke entydig i sine resultat, og har blitt kritisert for å ha inkludert mange studier som ikke så på effekten av tiltak (Lervåg & Melby-Lervåg, 2015). Studiene undersøkte ikke hvordan de ulike tiltakene påvirket elevene og læringen, men så heller på sammenhenger mellom forholdene. Selv om Hattie (2009) sin studie er kritisert fra flere hold, viser den at det er tydelige sammenhenger mellom ulike former for IBL og positive effekter, som for eksempel at elever som fikk IBL-undervisning viste forbedrede holdninger til faget (Hattie, 2009, s. 209-210). Et annet eksempel er at flere studier viste at elever som brukte utforskende metoder i undervisningen hadde høyere målpoenngåelse. Kritisk tenkning var også et viktig resultat i Hatties metastudie. Det viste seg at de elevene som hadde størst utbytte av IBL, var de som intellektuelt hadde evne til å tenke kritisk, men som ikke tidligere hadde blitt oppmuntret til å ta i bruk kritisk tenkning (Hattie, 2009, s. 209-210).

Artigue og Blomhøj skriver i sin studie om inquiry-based mathematics education (IBME) at "the terrain for inquiry in IBME is broader than that of IBSE [inquiry-based science education]" (2013, s. 808). Ettersom matematikk er en gren som inngår i store deler av faglig og hverdagslig liv, er det mye som kan utforskes i matematikken. Alt fra hverdagslige hendelser og situasjoner til matematiske objekter kan utforskes. Hvis elever skal opptre som forskere og utforske for eksempel tall, går de i fotsporene til de som har gjort dette siden historiens begynnelse. Utforsking i matematikk er et stort og rikt felt, og Artigue og Blomhøj konkluderte med at denne måten å lære på både kan og bør inkluderes i matematikkundervisning fra tidlig alder (2013, s. 808).

I en etnografisk studie der IBL ble sammenlignet med tradisjonell klasseromsundervisning, fant Boaler at elever som fikk utforskende undervisning hadde like god eller bedre kunnskap som elever som fikk tradisjonell undervisning (Boaler, 1998, s. 59-60). I den sistnevnte gruppen fikk elevene en lærerorientert undervisning, mens elevene som hadde utforskende undervisning hadde en elevorientert undervisning. Elevene som fikk utforskende undervisning, viste høyere resultat på prøver og i problemløsnings situasjoner. I tillegg viste forskningen at IBL-elevene hadde mer positive holdninger til matematikk enn elevene i kontrollgruppen (Boaler, 1998, s. 59-60). Boaler har siden den tid utført flere studier, og har blant annet funnet at elever som inntar en passiv rolle i klasserommet blir frakoblet og uengasjerte som et resultat av å ta denne rollen (2016, s. 173).

For ungdomsskoleelever med lærevansker har Scruggs et al. funnet at elevene hadde betydelig større læringsutbytte av IBL enn av tradisjonell lærebokundervisning (Scruggs et al., 1993). Elevene lærte mer, de husket mer av det de hadde lært, og de uttrykte at det var mer motiverende å lære på den måten. I en annen studie fra 2007 forsket Klauer og Leutner på hvordan studenter lærte på utforskende måter med og uten veiledning. De fant at når læreren veiledet studentene til å oppdage og utforske en bestemt regel, lærte studentene dette med mer suksess enn når de ble satt til å oppdage og utforske problemet uten veiledning (Bruder & Prescott, 2013, s. 817). Læreren utgjør på den måten en viktig rolle i studentenes læring, samtidig som undervisningen ikke har en lærerorientert form. Studentene og elevene står i sentrum, og det er utforskingen deres, i samhandling med veiledning fra lærer, som fører til læring.

Anjani et al. (2018) utførte en studie i Indonesia hvor de så på elevers samarbeidsevner i en utforskende naturfagsøkt. De fant at samarbeidsevnene ble styrket via de utforskende læringsprosessene som oppstod i klasserommet gjennom IBL-modulen de hadde valgt. Ved å sammenligne med en kontrollgruppe som ikke mottok utforskende undervisning, konkluderte de med at IBL styrker samarbeidsevner (Anjani et al., 2018, s. 177).

I rapporten som ble publisert i etterkant av PRIMAS-prosjektet, ble det presentert seks funn i form av tilbakemeldinger fra lærere (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 76-82). Tilbakemeldingene er en blanding av ros og kritikk, hvor noen av de utfordrende sidene ved IBL kommer fram. Sammen med tilbakemeldingene ble det presentert mulige løsninger på utfordringene. Tilbakemeldingene gir et realistisk bilde av hvordan IBL kan se ut:

- 1) *IBL gir en mye mer spennende og morsom læringsopplevelse for elevene.* Mange lærere opplevde at elevene syntes det var morsomt å lære i en IBL-undervisning. En lærer kommenterte at hun også syntes det var morsommere å planlegge undervisning på denne måten (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 76).

- 2) *Utforskende undervisning tar for lang tid å gjennomføre.* En vanlig innvending mot IBL er at det er ineffektivt, og at det tar for mye tid slik at læreren ikke rekker å undervise alt fagstoffet elevene skal lære seg på et semester. Mange lærere opplevde at det gikk tregt i starten, og at det tok litt tid å komme inn i en ny måte å undervise på for læreren, og å lære på for elevene. Det betyr ikke at det ikke vil gi god avkastning over tid (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 77).
- 3) *Utforskende undervisning krever mye tid av læreren til planlegging.* En lærer påpekte at det tok mer tid å planlegge undervisningen, men sa at det var verdt det fordi elevene satt igjen med så mye mer, sammenlignet med tradisjonell undervisning (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 78). Erfaringen til de mange lærerne som deltok var at det tok mye tid i starten, men at det ble lettere med tiden.
- 4) *IBL forbereder ikke elevene mine godt nok til eksamen.* I flere land blir ikke problemløsning og utforskning verdsatt på eksamener. Det kan være naturlig å ha denne innvendingen mot IBL hvis målet er å score høyt på tester fremfor å tilegne seg kunnskap og lære på veien. En av lærerne i prosjektet kunne likevel fortelle at elevenes selvtillit hadde vokst som et resultat av IBL, og at dette påvirket resultatene positivt fra en test til den neste (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 79).
- 5) *Foreldre og andre vil ikke forstå IBL.* Ettersom elevene skal finne ut av en del ting selv når de jobber utforskende, er det ikke rart om foreldre eller lærere kan ha innvendinger mot det. Flere av lærerne i prosjektet opplevde at de ikke hadde noen problemer med foreldre, så lenge de forklarte hva de gjorde og elevene lærte matematikk (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 80).
- 6) *Elevene mine kommer ikke til å like IBL.* Elever er ikke vant til denne måten å lære på, og det vil ta tid for dem. De elevene som har lært godt i tradisjonell undervisning, vil sannsynligvis stille spørsmål til hvorfor det må endres. De vil kanskje også syns det er vanskelig, unødvendig eller problematisk å ikke bli fortalt hvordan noe skal gjøres. Når IBL implementeres slik at elevene blir mer selvstendige og kritisk-tenkende, vil elevene som først stilte seg imot kunne se resultatene av denne måten å arbeide på (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 80-82).

2.7 Teoretisk rammeverk

Bybee et al. (2006) sin 5E-modell, også kalt the BSCS 5E instructional model, utgjør det teoretiske rammeverket i vår analyse. Modellen består av fem faser som til sammen er ment å fasilitere læringsprosesser der elevene utvikler forståelse av et konsept innenfor naturfag eller matematikk (Bybee et al., 2006, s. 41). BSCS er en forkortelse for *biological science curriculum study*, og som navnet tilsier ble modellen i utgangspunktet utviklet for naturfagundervisning. Selv om den ble utviklet for naturfag, er modellen som en helhet overførbart til matematikk på flere områder. Artigue og Blomhøj (2013) har i sin analyse sett på inquiry-based education (IBE) og dens opphav fra Dewey og frem til utforskende undervisning i matematikk på 2010-tallet. De konkluderte med at matematikken gagnar av å møtes med en utforskende tilnærming, på bakgrunn av at matematikk er et rikt felt som består av mange konsepter og ideer som kan og bør utforskes (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 808). En begrunnelse for å bruke IBL innenfor matematikk, er at problemløsning og realistiske kontekster er sentrale elementer både i matematikk og IBL generelt (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 802). Artigue og Blomhøj påstår at lærere må legge opp til utforskende undervisning, i

tillegg til å utvikle en utforskende tilnærming til egen undervisning (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 807-808).

Gjennom 1900-tallet hadde pedagoger utviklet ulike instruktive modeller for læring og læringsprosesser for å forstå og forbedre læring. Flere filosofer hadde også ønsket å forstå hva som ligger til grunnlag for læring, som for eksempel Herbert og Dewey (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 798). Herberts modell er en av de første systematiske tilnærminger vi har til læring (Bybee et al., 2006, s. 5). Modellen består av fire faser i denne rekkefølgen: preparation, presentation, generalization and application, og den har blitt brukt av lærere i over hundre år (Bybee et al., 2006, s. 5). Herbert presenterte denne modellen i 1901, og ble etterfylt av Dewey som kom med en ny instruktiv modell for læring. Han var naturfagslærer selv, og modellen hans bestod av seks faser, som ble et utgangspunkt for en læringsprosess på fire faser utviklet av Heiss, Obourn og Hoffman i 1950 (Bybee et al., 2006, s. 6). På denne tiden ble det presentert mange ulike former for instruktive modeller til læring. Atkin og Karplus presenterte på 1960-tallet Atkin-Karplus-læringsprosessen, som bestod av tre faser: exploration, invention og discovery (Bybee et al., 2006, s. 7-8). Det er denne modellen, som også refereres til som SCST-modellen, som Bybee et al. (2006) tok utgangspunkt i da de utviklet 5E-modellen. Det er flere likheter mellom modellene, siden 5E-modellen har videreutviklet de tre fasene, slik at fase 1 forblir exploration, fase 2 gikk fra invention til explanation, og fase 3 gikk fra discovery til elaboration. I tillegg la de til to faser, engagement og evaluation. Under vil vi presentere de fem fasene i 5E-modellen. Modellen er en instruktiv modell, og fungerer som en veiledning for lærere i utvikling og planlegging av utforskende og undersøkende undervisning:

1. Engasjement (engagement)

I denne fasen er målet at elevene skal bli engasjert i læringsaktiviteten, at de skal undre seg og bli motivert til å løse et problem. Det viser seg både i språk og kroppsspråk. Elevene kan også uttrykke engasjement ut fra hvordan de fysisk arbeider med en oppgave, som å flytte på konkrete eller skrive ned tanker, altså gjennom handling (Bybee et al., 2006, s. 9). Engasjementet kan også vises i hvilke løsningsstrategier elevene bruker (Bybee et al., 2006, s. 9). En måte å engasjere elevene på er å hente frem elevenes tidligere kunnskap for å engasjere dem i et nytt tema eller konsept (Bybee et al., 2006, s. 2). Det kan læreren gjøre gjennom en plenumsaktivitet som vekker elevenes nysgjerrighet, som for eksempel en samtale som henter frem elevenes forkunnskaper (Bybee et al., 2006, s. 2). På den måten blir oppstarten av utforskingssyklusen viktig, og om fasen resulterer i suksess avhenger av hvordan læreren introduserer temaet, konseptet eller oppgaven.

2. Utforsking (exploration)

Etter at elevene har blitt dratt inn i en aktivitet ved at de undrer seg og er motiverte til å løse oppgaven (fase 1), så kommer de til selve utforskingssyklusen. Her har det oppstått en ulikevekt; et skille mellom hva elevene kjenner til fra før og hva de trenger å lære. Målet med denne fasen er at elevene skal gå inn i en prosess som etter hvert fører til likevekt, altså at de utvikler en forståelse av konseptet som i begynnelsen førte til ulikevekt. I denne fasen får elevene arbeide selvstendig og utforskende, de får prøve og feile. Læreren bidrar med veiledning, men det er elevene sin utprøving og strategier som står i sentrum (Bybee et al., 2006, s. 9).

3. Forklaring (explanation)

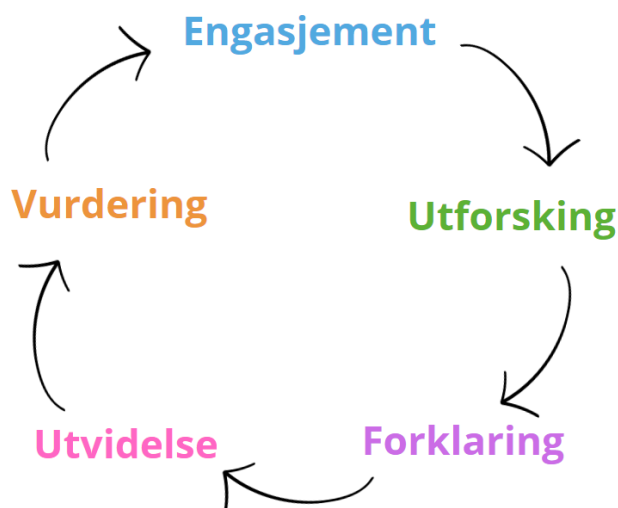
Videre går elevene fra engasjement- og utforskningsfasen og inn i forklaringsfasen. Her forklarer elevene det de har utforsket, eller prøver å forstå hva andre har gjort (Bybee et al., 2006). Målet med fasen er at elevene skal vise forståelse, og dersom elevene kan forklare et konsept eller en strategi er målet nådd (Bybee et al., 2006, s. 9). Kjennetegn for elevene i denne fasen er at de forklarer mulige løsninger, stiller spørsmål og lytter til andre (Bybee et al., 2006, s. 33). Kjennetegn på læreren i denne fasen er at den oppfordrer elevene til å forklare med egne ord, og bruker elevenes tidligere erfaringer som grunnlag for å forklare begreper (Bybee et al., 2006, s. 34). Læreren ber også elevene begrunne strategier og løsninger, og vurderer elevenes forståelse, samt benytter matematisk språk (Bybee et al., 2006, s. 34).

4. Utvidelse (elaboration)

I den fjerde fasen skal elevene ta det de har lært, og bruke det i nye situasjoner. Det kan være i nye oppgaver, kontekster eller bare en ny formulering. Målet med fasen er at elevene skal utvide forståelsen de har for konseptet eller prosessen som de arbeider med. Samarbeid kan være en viktig faktor i alle fasene, men blir spesielt viktig i utvidelsesfasen ettersom elevene får diskutert med andre elever. Ulike elever tenker forskjellig, og de har kanskje gjort seg opp ulike tanker. Elevene blir på den måten utfordret til å forklare hva de har tenkt, og får også høre medelevenes strategier. Dermed kan de sammen komme frem til en tydeligere definisjon på et konsept eller en strategi (Bybee et al., 2006, s. 10).

5. Vurdering (evaluation)

Vurderingsfasen består av at elevene får vist hva de kan og hva de har lært. I denne fasen kan læreren velge å dele ut en ny aktivitet som kan utgjøre grunnlaget for en summativ vurdering. Det er noe som gir en god mulighet for elevene til å bruke det de har lært i en ny oppgave, hvor de i tillegg kan få tilbakemelding på det de har gjort. Samtidig har denne fasen fokus på at elevene skal vurdere seg selv og reflektere over egen læring. Ved å tenke gjennom hva de har gjort og lært, blir de mer bevisst på egen læring og får mulighet til å vurdere egen matematikkforståelse (Bybee et al., 2006, s. 10-11).



Figur 3: Illustrasjon av 5E-modellen

3.0 Metode

I dette kapitlet vil vi først presentere det vitenskapelige paradigmet i kapittel 3.1. Så vil vi beskrive forskningsmetoden som ligger til grunn for studien vår i kapittel 3.2. Deretter vil vi beskrive datamaterialet i kapittel 3.3, før vi vil gjøre rede for metoden for analysen av datamaterialet i kapittel 3.4. Videre vil vi ta en gjennomgang av studiens troverdighet i kapittel 3.5, og deretter presenterer vi etiske refleksjoner i kapittel 3.6. Til slutt vil vi avrunde hele metodekapitlet i kapittel 3.7.

3.1 Vitenskapelig paradigme

Et vitenskapelig paradigme, eller filosofisk verdenssyn, beskrives som de perspektivene som danner forskerens syn på verden, og er nødt til å identifiseres siden det påvirker forskerens praksis (Creswell, 2014, s. 5-6). Det finnes flere vitenskapelige paradigmer, som positivistisk- eller postpositivistisk, fortolkende, transformativt og pragmatisk paradigme, og hver type egner seg til ulike forskningsmetoder (Creswell, 2014; Fuyane, 2021). Vår studie bygger på et fortolkende paradigme, som også refereres til som konstruktivistisk paradigme, og henger sammen med kvalitative studier (Creswell, 2014, s. 8; Fuyane, 2021).

Hensikten med en fortolkende tilnærming til forskning er å forstå verden gjennom menneskelig erfaring, som viser til at virkeligheten er sosialt konstruert (Mackenzie & Knipe, 2006). Siden forskeren ser verden som sosialt konstruert, er det mennesket som skaper og tolker virkeligheten ut fra erfaringer (Fuyane, 2021). Styrkene ved det fortolkende paradigmet knyttes til aksepten for flere virkeligheter og muligheten til nettopp det å se verden gjennom forskningsdeltakernes erfaringer (Fuyane, 2021). Ulempene er knyttet til hvordan deltakerne representeres, hvorvidt fortolkningen kan legitimeres og avstanden mellom forskning (teori) og praksis (Fuyane, 2021, s. 33-34).

En annen hensikt med en fortolkende tilnærming til forskning er å forsøke å skape en grundig forståelse av det man forsker på, slik at ny forståelse blir et bidrag til kunnskap (Fuyane, 2021). For å forstå menneskers beslutninger, må man ta kultur, tekst, teori, begrep og atferd i betraktning (Fuyane, 2021). Som forsker med fortolkende verdenssyn, er det viktig å anerkjenne påvirkningen ens egen bakgrunn og erfaring har på forskningen (Mackenzie & Knipe, 2006). Mennesker kan ikke skilles fra sine erfaringer og kunnskaper, og på samme måten kan ikke forskeren skilles fra det som forskes på (Fuyane, 2021).

3.2 Forskningsmetode

Ordet metode betyr "veien til et bestemt mål" på gresk, og beskriver hvordan man samler inn og analyserer datamateriale (Gleiss & Sæther, 2021, s. 29). Man skiller ofte mellom to tilnærminger til forskningsmetode, kvalitativ og kvantitativ metode, som har ulike forhåndsstruktureringer av datamaterialet (Gleiss & Sæther, 2021, s. 29-30). Eksempler på forhåndsstrukturering kan være strukturerte intervjuguider og spørreskjema på den ene siden, og ustrukturerte intervjuguider og observasjonsskjema med bestemte tema på den andre siden. Kvalitativ metode brukes når man for eksempel vil studere noen få læreres eller elevers forståelse, meninger eller erfaringer, og knyttes gjerne til sosiale eller menneskelige problemer (Creswell, 2014, s. 4). Datainnsamlingen er gjerne i form av intervjuer, observasjoner og/eller tekst (Gleiss & Sæther, 2021, s. 30; Creswell & Creswell, 2018, s. 41). Metoden tillater forskeren å undersøke interessante perspektiver, meninger eller erfaringer som kommer frem under datainnsamlingen (Gleiss & Sæther, 2021, s. 30; Creswell & Creswell,

2018, s. 41). På grunn av den fleksibiliteten kan forskeren justere studien underveis, og metoden blir på den måten mer utforskende (Gleiss & Sæther, 2021, s. 30).

Kvantitativ metode brukes når man vil studere et større utvalg, som for eksempel elever på et helt trinn eller alle matematikklærerne i en kommune (Gleiss & Sæther, 2021, s. 30). Metoden for datainnsamling er ofte strukturerte spørreundersøkelser med svaralternativer, som man kan gjøre en statistisk analyse av, der man kan se på sammenhenger mellom ulike variabler fra datamaterialet (Gleiss & Sæther, 2021, s. 30). Det er også mulig å kombinere de to tilnærmingene, kalt *mixed metode*, som tillater forskeren å bruke det beste fra hver metode (Gleiss & Sæther, 2021, s. 32). Forskeren kan for eksempel samle inn kvantitative data gjennom en spørreundersøkelse av et stort utvalg, og følge opp funn fra analysen med et kvalitativt intervju med et mindre utvalg (Gleiss & Sæther, 2021, s. 32). Man kan også velge å gjøre det i motsatt rekkefølge. Hvilken metode man velger baseres på hvilken kunnskap man ønsker å utvikle (Gleiss & Sæther, 2021, s. 31).

Kvalitativ metode har noen typiske kjennetegn, og et av dem er å forske på deltakerne i deres naturlige omgivelser eller i en nøytral setting (Creswell & Creswell, 2018, s. 181). Grunnen til det er at forskeren kan observere og samhandle med deltakerne i deres naturlige setting, for eksempel i klasserommet på en vanlig mandag. Det er en god mulighet til å hente informasjon om hvordan elevene er og ter seg i sin kontekst. Et annet typisk kjennetegn på kvalitativ metode er å samle inn flere former for datamateriale (Creswell & Creswell, 2018, s. 181). I stedet for å bruke kun intervju, eller kun observasjon, vil en kvalitativ forsker gjerne ta i bruk begge deler, og kanskje også enda flere kilder, som for eksempel elevens skriftlige svar på oppgaver. Et tredje kjennetegn på kvalitativ metode er fokuset på deltakernes opplevelse og meninger (Creswell & Creswell, 2018, s. 182). Den kvalitative prosessen retter søkelyset mot å forstå hva deltakerne mener og gjør, heller enn på hva forskeren ønsker å finne.

Det som egner seg for vår studie er den kvalitative metoden, ettersom vi vil studere hvordan elever på 7. trinn arbeider utforskende og undersøkende i et kortspill med negative tall. Siden datainnsamlingen foregikk på elevenes hjemmebane, er den nøytrale settingen ivaretatt til en viss grad. Noe som gir kvalitativ informasjon om hvordan elevene oppfører seg og arbeider med oppgavene de får utdelt. I tillegg har vi tatt utgangspunkt i flere kilder, blant annet planleggingsdokument, lydopptak fra elevenes arbeid, observasjonsnotater, elevens notater og lydopptak fra forskningsteamets refleksjon. På den måten har vi fått en dypere innsikt i selve forskningstimen, samt innsikt i hvordan elevene tenkte og arbeidet. Fokuset i forskningen er å gå i dybden på hvordan elevene arbeider i forskningstimen, og derfor har vi valgt den kvalitative metoden.

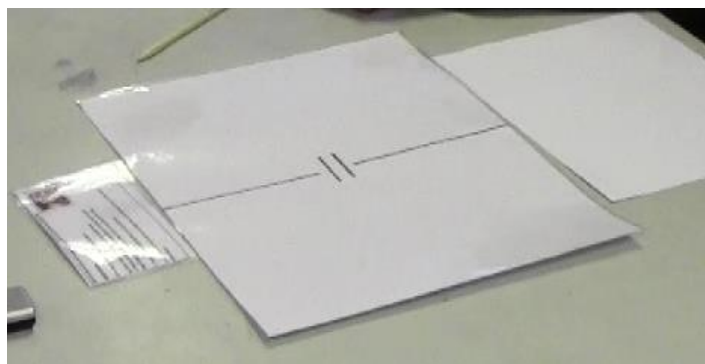
Studiens forskningsdesign er en casestudie. En casestudie er et forskningsdesign innenfor kvalitative studier og innebærer at en eller flere caser skal beskrives og analyseres (Creswell & Poth, 2016). Det kan altså være en enkelt og avgrenset case som studeres, eller det kan være flere caser som studeres over tid. Casen(e) kan være en spesifikk enhet, som for eksempel en enkeltperson, en liten gruppe, en organisasjon eller et samarbeid (Creswell & Poth, 2016). Det kan også være mindre konkret, og gjelde for et fellesskap, et forhold, en beslutningsprosess eller et prosjekt (Creswell & Poth, 2016). Uansett om det er en eller flere caser, er de avgrenset og skal beskrives innenfor de rammene som gjelder i den tiden som casen blir studert i (Creswell & Poth, 2016). Casen i vår studie er en planlagt forskningstime rundt et kortspill om negative tall, som gjennomføres to ganger med ulike elevgrupper. Gode casestudier kjennetegnes ved at de presenterer en dybdeforståelse for casen, og måten

forskere oppnår dette på er å samle inn kvalitativ data i mange ulike former (Creswell & Poth, 2016). I vårt tilfelle består empirien av ulike dokumenter og lydopptak, samt noen videoopptak. Det har gjort at vi har hatt mulighet til å gå i dybden på undervisningstimen og se hvordan elevene utforsker og undersøker kortspillet.

3.3 Data

Datamaterialet er hentet fra et prosjekt om faglig literacy i skole og lærerutdanning innenfor realfag ved NTNU. I samarbeid med to barneskoler i Trøndelag har prosjektet fulgt elever fra 1.-7. trinn i matematikk og naturfag. Materialet er hentet fra en forskningstime i to klasser på 7. trinn fra en av de to skolene, og består av planleggingsdokument, video- og lydopptak, observasjonsnotater, elevenes notater og lydopptak av to refleksjonssamtaler mellom forskningsteamet. Teamet bestod av fem forskerne fra NTNU, i tillegg til fire lærere som kjente elevene. Forskningsmetoden for NTNU-prosjektet var lesson study, som går ut på å forbedre praksis og utvikle kunnskap i fellesskap (Munthe et al., 2015). "Kenkyuu jugyou", eller lesson study, kommer fra japansk undervisningstradisjon og består av en syklus der man først planlegger en forskningstime knyttet til og basert på litteratur og erfaringer (Munthe et al., 2015). I en slik gjennomføring skal en av lærerne fra forskningsteamet undervise timen, mens de andre observerer. I en påfølgende refleksjonssamtale drøfter forskningsteamet elevenes læring og vurderer hvorvidt endringer må gjøres slik at neste forskningstime kan forbedres. Videre skal forskningsteamet kjøre den reviderte undervisningstimen med en ny elevgruppe, og reflektere rundt endringene de gjorde, og hva som fungerte og ikke fungerte (Munthe et al., 2015). Man gjennomfører altså forskningstimen to ganger, og reflekterer over timen mellom og i etterkant (Munthe et al., 2015).

I undervisningstimen, eller forskningstimen, var det som nevnt elever på 7. trinn som skulle spille et kortspill kalt likhetskabalen. Det var elever fra to klasser, der det var 12 elever i den ene gruppen og 15 elever i den andre. Kompetansemålene for forskningstimen var hentet fra læreplanen LK20, som går ut på at elevene skal kunne "utforske negative tall i praktiske situasjoner" og å kunne "bruke tallinje i regning med positive og negative tall" (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 11). Elevenes læringsmål var at de skulle forstå positive og negative tall, og kunne regne med dem i additive situasjoner. Forskningsteamet hadde også definert tegn på måloppnåelse, som var at elevene kunne reflektere rundt oppgaven, begrunne sine meninger og argumentere for sine løsninger. Elevene arbeidet i par eller i grupper på tre, og fikk utdelt en kortstokk uten billedkort og et spillbrett (se Figur 4). Spillbrettet var et A3-ark som var delt på midten og hadde et likhetstegn. Kortstokken besto av positive og negative tall, der de svarte kortene var positive tall, og de røde kortene var negative tall. Kortenes verdi gikk fra en til 10, eller fra -1 til -10. I tillegg fikk elevene utdelt en oppgavelapp (se Figur 5) og blanke ark til å notere på.



Figur 4: Spillbrettet

I oppstarten av forskningstimen hadde læreren en dialog om negative tall, introduserte likhetstegnet og kortstokken, og tok en gjennomgang av hvordan kortspillet fungerte. I første runde skulle elevene trekke to kort fra kortstokken og plassere dem valgfritt på spillbrettet. De skulle fortsette å trekke to nye kort, og plassere dem på spillbrettet til summen ble lik på begge sidene av likhetstegnet. I andre runde fikk elevene tilbud om å øke vanskelighetsgraden, der en terning bestemte hvor mange kort de skulle trekke. I tredje runde fikk elevene tilbud om å øke vanskelighetsgraden med å legge til billedkort i kortstokken, slik at verdien på kortene var fra en til 13 og -1 til -13 . I begge gjennomføringene av forskningstimen var det elevgrupper som trengte ytterligere utfordringer, og læreren tilpasset oppgaven med å legge til to nye vanskelighetsgrader. Den ene var at elevene skulle kaste dobbel terning, og den andre var at elevene fikk utdelt jokere som de kunne bestemme verdien av selv.

LIKHETSKABAL

Få lik sum på begge sidene av likhetstegnet. Før dere starter må dere ta ut alle bildekortene.

1. Trekk to kort. Legg de ned på spillbrettet. Du velger selv om du vil legge begge på samme side, eller om du vil ha et kort på hver side.
2. Trekk to nye kort og legg disse ned på spillbrettet.
3. Fortsett med å trekke to kort, og legg dem ned til dere har lik sum på hver side av likhetstegnet.

Figur 5: Instruksjoner til likhetskabalen

Datamaterialet besto av lydopptak fra seks elevgrupper, der to av dem også ble tatt videoopptak av. Til å begynne med kalte vi deltakerne for "Elev" og "nummer", men lagde etter hvert fiktive navn. Tabell 1 viser en oversikt over alle elevgruppene, og Figur 7 viser tidlige transkripsjoner før vi hadde navngitt guttene på gruppe 1. Gruppene 1-3 var fra den første gjennomføring av forskningstimen, og gruppene 4-6 var fra den andre gjennomføringen. Utover elevgruppene som ble tatt lydopptak av, var det flere elevgrupper som deltok i forskningstimene. Disse gruppene ble nevnt i refleksjonssamtalene og det var egne observasjonsnotater til hver av gruppene. Basert på det som ga best utgangspunkt for analysen vår, valgte vi å se bort fra disse, og heller bruke datamaterialet fra de seks elevgruppene som hadde tilhørende lydopptak.

	Gruppe	Fiktive navn
Første gjennomføring	1	Arne og Pål
	2	Kasper og Mia
	3	Elin og Maja
Andre gjennomføring	4	Jon og Sol
	5	Ole og Per
	6	Trond og Anine

Tabell 1: Elevgrupper med fiktive navn

Som nevnt ble alle elevgruppene observert, og det var en eller flere fra forskningsteamet som var observatør på hver gruppe. Observasjon som datainnsamling egner seg for å få kunnskap om menneskers handling og samhandling til en gruppe mennesker, og man kan få tilgang til klasseromssituasjoner via observasjon (Gleiss & Sæther, 2021, s. 31, 101). Observasjonsnotatene og refleksjonssamtalen var en stor fordel for oss, ettersom vi ikke var fysisk til stede i settingen. Gjennom observasjonsskjemaene fikk vi innsikt i hvordan elevene arbeidet. Fokusområdene i observasjonsskjemaene (se Vedlegg 1) var hovedsakelig *engasjement* og *tegn for forståelse*. Hoveddelen av timen hadde i tillegg to fokusområder; *strategier under arbeidet* og *strategier for samarbeid*. Selve dokumentet var utformet slik at oppstart, hoveddel og oppsummering ble observert kronologisk, og observatørene kunne notere på fokusområdene innen hver bolk. I tillegg til å observere fokusområdene, skrev observatørene også ned faktisk tidsbruk for hver av de tre bolkene.

V:1 H:5
 V:-6 H:-2
 V:9 H:-8
 V:6 H:0
~~V:3~~
 V:7 H:8
 H:336
 V:4

V:-67 H:10
 V:-2 H:-3
 V:6 H:-9
 H:0
~~V:10 H:11~~
 J:11 K:13
 J:11 K:13 D:13

Figur 6: Utdrag fra elevenes arbeidsnotater fra gruppe 6

Refleksjonssamtalene etter begge gjennomføringene av forskningstimen handlet om av hvordan undervisningen fungerte opp mot målene som var satt. Forskningsteamet reflekterte over hvordan oppstarten fungerte, og hvorvidt elevene deltok aktivt og om de ble engasjerte. Videre snakket forskningsteamet om observasjoner fra hver elevgruppe, der fokuset i hovedsak var på engasjement, samarbeidet mellom elevene, og løsningsstrategiene deres. Til slutt diskuterte forskningsteamet hvordan oppsummeringen fungerte, og om elevene fortsatt hadde engasjement i slutten av timen. Studien vår legger størst vekt på lydopptak fra de seks gruppene og begge refleksjonssamtalene, men vi har også brukt elevenes notater,

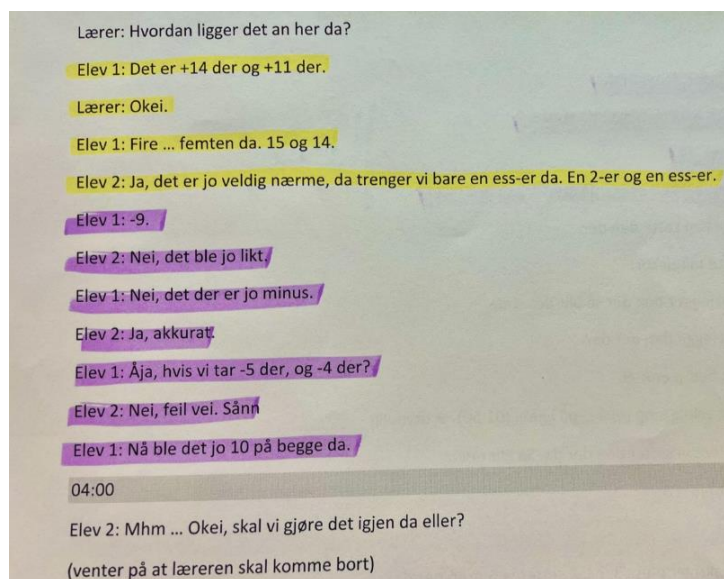
planleggingsdokument, videoopptak og observasjonsnotater til å skape et fullstendig bilde av begge gjennomføringene av forskningstimen.

3.4 Metode for analyse

Vi har utført en deduktiv analyse, der vi har tatt utgangspunkt i rammeverket til Bybee et al. (2006). En deduktiv tilnærming til analyse går ut på at man benytter et eksisterende rammeverk for å analysere datamaterialet, og bruker det som en linse for å se om dataene støtter teorien (Kennedy & Thornberg, 2018). Fordelen med deduktiv analyse innenfor kvalitativ forskning, er at teorien hjelper forskeren å ivareta aspekter ved datamaterialet som ellers kan overses (Kennedy & Thornberg, 2018). Ulempen er at man kun benytter aspektene innenfor rammeverket, i tillegg til at det er en risiko for å overtolke data (Kennedy & Thornberg, 2018). Vi har vært observante på de to fallgruvene underveis, og forsøkt å ikke plassere aspekter fra datamaterialet som ikke passer inn, i kategoriene. Basert på rammeverket har vi tatt inspirasjon fra tematisk analyse, som hovedsakelig brukes "for identifisering, analysing and reporting patterns (themes) within data" (Braun & Clarke, 2006, i Vasrimoradi et al. 2013).

Første steg mot analysen var å transkribere datamaterialet. Vi fordelte lydopptakene mellom oss, og transkriberte lydopptaket fra tre elevgrupper hver, og ett lydopptak hver av forskningsteamets refleksjonssamtaler. I løpet av dette arbeidet fikk vi for første gang fullstendig innsikt i hva elevene gjorde i forskningstimen, og hvordan gruppene arbeidet sammen. Transkripsjonsarbeidet førte til at vi grundig studerte hva elevene sa under gruppearbeidet. Dette gjorde vi for å overføre tale til tekst helt nøyaktig.

Gjennom transkriberingen ble vi oppmerksomme på stemmeleie, engasjement og innlevelse. Det var viktig fordi informasjonen ga et tydeligere bilde på hvordan undervisningen var. For å sikre kvalitet i transkripsjonsarbeidet har vi hørt og lest over hverandres arbeid, og rettet opp i feil. Underveis anonymiserte vi alle navnene, der elevene fikk fiktive navn, og forskningsteamet ble tildelt ulike bokstaver og navngitt "mann X" og "dame X". Læreren som underviste, og som har den mest involverte rollen i forskningstimen, har vi referert til som "Lærer". Etter at vi hadde lydopptakene i skriftlig form, gikk vi videre til å kode datamaterialet.



Figur 7: Eksempel på koding fra transkripsjonene av gruppe 1

I kodearbeidet tok vi utgangspunkt i de fem E-ene: Engasjement, utforsking, forklaring, utvidelse og vurdering. Vi leste nøye over beskrivelsene av fasene i Bybee et al. (2006), og gjennomførte kodingen i to omganger. Først skrev vi ut transkripsjonene, og den første kodingen besto av markering av ord, setninger eller episoder i transkripsjonene hver for oss. På den måten kunne vi fysisk markere det vi mente passet innenfor den enkelte kategori. Samtidig som vi markerte transkripsjonene, hørte vi på lydopptakene, for å lytte til elevenes stemmebruk og tonefall. Figur 7 viser et utdrag fra transkripsjonene til gruppe 1, der gul markering står for kategorien forklaring, og lilla markering står for kategorien engasjement. Etter vi hadde markert alle transkripsjonene, sammenlignet vi kodene med hverandre. Vi leste opp utdragene, og forklarte hvorfor vi mente det passet i kategorien. Deretter lagde vi en tabell for hver kategori digitalt, slik at vi kunne få overblikk over kodene. På den måten ble det lettere å holde oversikt over de ulike kodene, og vi kunne merke de kodene vi synes var interessante, kodene vi var uenige om og kodene som var plassert feil. Tabell 2 gir et eksempel på hvordan vi kodet datamaterialet i første runde, og utdragene er både hentet fra elevgruppene og refleksjonssamtalene.

Kategori	Definisjon	Eksempelkoder
Engasjement	Elevene utvikler engasjement for oppgaven. De undrer seg og blir underveis motiverte til å få likevekt på begge sider av likhetstegnet.	Gruppe 4 Ole: Jo, jo, jo. Vi klarte det! Hvis vi legger til den her, så blir det minus 3. Og så legger vi den der, og det blir minus 3 der også.
Utforsking	Elevene kommer til skillet mellom hva de kjenner til fra før og hva de trenger å lære. Her går de inn i en utforskningsprosess som skal føre til forståelse for negative tall.	Refleksjonssamtale 2 Mann N: Men det som var mer vanlig var det at de slet med å trekke fra et allerede negativt tall. Så 17 minus 3 ble minus 14. Og minus 12 minus 8 ble minus 4.
Forklaring	Elevene utvikler forståelsen for negative tall, og er i stand til å forklare negative tall.	Gruppe 1 Arne: (trekker kort) Oi, bare minuskort. Pål: -16, ok vi må fordele litt tror jeg. Hvis tar -10 der, og -12, nei 13 der da. -10 og minus ... Det kan jo være like negative også. Arne: (utydelig) Hæ? Pål: Det kan være like negative. Arne: Ja, ja.

Utvidelse	Elevene utvider forståelsen for negative tall gjennom at oppgaven utvides og utfordrer elevene videre.	Gruppe 4 Lærer: Så bra. Da er vi snart ferdige her, og. Men dere rekker en runde til, jeg tror. Elin: Med det samme, eller har dere en ny utfordring? Lærer: Jeg har en ny utfordring til, da. Elin: Gjerne prøv.
Evaluering	Elevene evaluerer seg selv underveis, samtidig som de får tilbakemelding fra lærer. De evaluerer også egen læring i avslutningen.	Refleksjonssamtale 2 Mann Ø: "Så snakket de hele tiden om hvordan de skulle holde orden på ting. Og hvordan de kunne gjøre det bedre, enn det de.. Få bedre oversikt og få det til å funke bedre enn som de hadde det allerede."

Tabell 2: Eksempler på koding

I den andre kodingen tok vi utgangspunkt i utdragene vi hadde plassert i de fem tabellene, og gikk tilbake til datamaterialet for å se etter lignende eksempler. Vi hadde fått et tydelig bilde av hva hver kategori inneholdt, og vi ønsket å sjekke om vi hadde oversett noe. Det ga oss mulighet til å sammenligne gruppene, og se på forskjeller og likheter i hvordan de arbeidet. For eksempel hadde vi i første runde kodet utsagnet "Det er jo faktisk ganske gøy" fra gruppe 4 i kategorien engasjement. Derfor gikk vi tilbake til transkripsjonene og så etter lignende utsagn, for å se om andre elever også viste engasjement gjennom språk og eventuelt hvordan de uttrykte det. På samme måte tok vi mønster som vi fant i den første kodingen, og brukte det til å lete etter eksempler på hva elevene oppdaget i utforskningsfasen, hvordan de forklarte konsepter med spillet eller oppdagelsene, hvor mange utvidelser elevene tok, og hvordan de vurderte seg selv og eget arbeid. I tillegg lyttet vi i noen tilfeller på lydopptakene på nytt, for å høre hvordan elevene brukte stemmen når de viste engasjement, eller for å forstå konteksten rundt et utdrag i tabellen. Samtidig tok vi en sitatsjekk på utdragene vi hadde valgt å analysere.

Analyseprosessen bidro til at vi fikk en bedre forståelse av hvordan begge gjennomføringene av forskningstimen utfoldet seg. Ved å transkribere lydopptakene fikk vi innsikt i arbeidet til hver enkelt elevgruppe, og fikk blant annet inntrykk av hva elevene syntes om forskningstimen. Refleksjonssamtalene i etterkant av øktene, ga oss informasjon utover det vi fikk fra elevene. Alt i alt skapte analyseprosessen et godt grunnlag for diskusjonen. Flere runder med koding var svært nyttig, spesielt siden vi hadde et smalere fokus i den andre runden, som førte til en mer nøyaktig analyse.

3.5 Studiens troverdighet

I kvalitative studier må forskere vise til at de har gjort et grundig arbeid ved å være konsekvente i tilnærmingen sin og at funnene er til å stole på (Creswell & Creswell, 2018). I dette kapittelet vil vi vurdere studiens validitet og reliabilitet. Validitet i kvalitative studier innebærer å vurdere hvorvidt funnene i en studie er nøyaktige og troverdige. I arbeidet med denne studien har vi valgt å bruke ulike strategier for å styrke studiens validitet, og vi har

tatt utgangspunkt i strategiene som presenteres av Creswell og Creswell (2018). For det første har vi benyttet ulike kilder til datamaterialet. Det vil si at vi ikke har basert studien kun på én bestemt innsamlingsmetode, men brukt ulike kilder som planleggingsdokument, lyd- og videoopptak av elevarbeid og refleksjon fra forskningsteamet, elevenes notater og observasjonsnotater. Ved å bruke ulike kilder på denne måten, får vi et mer helhetlig bilde av casen, og det kan bidra til at funnene i større grad er troverdige. For det andre har vi valgt å presentere funnene fra datamaterialet med rike og tykke beskrivelser. Ved å beskrive forskningstimen, samt samarbeidet og diskusjoner mellom elevene i detalj, blir funnene mer realistiske. Det realistiske elementet kan bidra til å styrke studiens validitet.

Som forskere og masterstudenter er det viktig å være objektive og nøytrale i samhandling med data. I starten av studien vår var vi åpne for å finne det som kom frem i datamaterialet, uten forutinntatte antakelser eller fordommer. Vi har gjennom hele prosessen hatt et ønske om å være objektive forskere, som gjør et troverdig arbeid. Likevel er vi klar over at vi har inntatt en rolle som IBL-positivister. Tidligere forskning og læreplanen, samt NTNU-prosjektet som vi har fått datamaterialet fra, peker på at utforskende og undersøkende undervisning bør benyttes innenfor undervisning i matematikk. For å utfordre dette synet, og styrke vår egen forskning, har vi også presentert kritikk til IBL.

Det har vært viktig for oss å ha et realistisk bilde av dagens situasjon, og vi har derfor blant annet sett på Nilssen (2012) sin forskning på niendeklassingers prestasjoner i begrunnelser i matematikk. I tillegg har vi ønsket å presentere nøyaktig informasjon og funn, og vi har fått god hjelp av våre medstudenter, og selvfølgelig hverandre, til å snakke om de ulike elementene som kom frem i forskningen for å sikre nøyaktighet. Vi er klar over at funnene ikke er overførbare til all matematikkundervisning, men de belyser noen av faktorene som gjør IBL både gjennomførbart og til en god undervisningsmetode innenfor matematikk.

Reliabilitet i kvalitativ forskning handler om at forskernes tilnærming må være konsekvent når det kommer til god forskningspraksis (Creswell & Creswell, 2018). En reliabel studie er en studie som presenterer troverdige funn basert på at metoden er troverdig. Vi har tatt i bruk ulike tilnærminger for å sikre reliabiliteten i forskningen vår, igjen hentet fra Creswell og Creswell (2018). Ettersom vi ikke har samlet inn data selv, baserer vi forskningen vår på data som er samlet inn av andre. Det vil si at dokumenteringsprosessen for vår del startet med ferdiginnsamlet data. Første tilnærming for å sikre reliabilitet i studien, var derfor å dokumentere prosedyrene i hele studieprosessen i detalj, noe vi har redegjort for tidligere i dette kapittelet. Den andre tilnærmingen vi har benyttet, er å dobbeltsjekke transkripsjonene. For å forsikre at vi ikke hadde feil i transkripsjonene, har vi transkribert hver våre deler av lydopptakene fra forskningstimen og refleksjonssamtalene, og deretter lest over hverandres arbeid. Feil i transkribering kan i verste fall føre til at utsagn og funn tolkes på en måte som ikke er sanne.

En tredje tilnærming for å sikre reliabiliteten i studien, har vært å sammenligne koder i analysearbeidet. Før vi gikk i gang med kodearbeidet definerte vi kategoriene. Deretter fordelte vi datamaterialet mellom oss og kodet hver for oss. Gjennom analyseprosessen hadde vi jevnlig sammenligning av koder, for å forsikre at det ikke var en *drift* i kodene, altså at kodenenes meningsinnhold ble endret underveis i prosessen. Det var en interessant prosess, siden det ble tydelig hvilke koder vi hadde kategorisert likt og hvilke vi hadde kategorisert forskjellig. Det har vært verdifullt å arbeide på denne måten, fordi vi har måttet reflektere over og begrunne hvorfor de ulike kodene passet inn i sin kategori. En nøyte sammenligning

av koder har medført at ingen av kodene er unødvendige eller tilfeldig plassert. Ingen av kodene er verdiløse, fordi hver kode er begrunnet i sin kategori. I tillegg til å sammenligne koder har vi også hatt faste møter hver uke, der vi har samkjørt oss og samarbeidet med tanke på retning, analysearbeid og fordeling av skriving. Vi har også lest over hverandres arbeid, og vært nøye med at begge skal stå inne for alt som er skrevet i denne studien.

3.6 Ethiske refleksjoner

I dette kapitlet vil vi redegjøre for hvordan vi har ivarettatt de forskningsetiske retningslinjene i studien. Prosjektet fikk godkjenning fra Sikt (tidligere NSD) før innsamlingen. Det var ingen negative konsekvenser av å delta i prosjektet, og alle elevene i de to klassene deltok i den samme undervisningsøkten, uavhengig av om de ble tatt opptak av eller ikke. De som ikke ble tatt video- eller lydopptak av, ble ikke ekskludert av den grunn, de ble observert og fikk være en del av læringssituasjonen. For å sikre informantenes personvern (elever, lærere og ansatte ved NTNU) har vi anonymisert alle navn. Arbeidet med studien har vi lagret i OneDrive via NTNU-kontoene våre, som er godkjent for lagring av data som klassifiseres som interne og fortrolige data. Datamaterialet har vi lagret på NTNUs servere (NTNU hjemmeområde). Det har vi gjort for å opptre i linje med retningslinjer for lagring av personopplysninger, og for å sikre informasjonssikkerhet.

Ifølge Nilssen (2012) kan ikke forskeren være en nøytral person som ser på forskningskonteksten med et objektivt blikk. I stedet er forskeren "i interaksjon med forskningsdeltakerne og påvirker gjennom det både forskningskonteksten og datamaterialet" (Nilssen, 2012, s. 139). Eksempelvis var det noen av elevene som kommenterte at de ble filmet, og en elev uttrykte at han håpet det kom på kamera når han mestret en oppgave. I tillegg var det flere interaksjoner mellom elevene og observatørene. Nilssen (2012) påpeker at det er ikke et mål i seg selv å unngå slik interaksjon med deltakerne, men understreker at det er viktig å forstå effektene av forskernes påvirkning (s. 140). Man må med andre ord være bevisst ens egen subjektivitet (Nilssen, 2012, s. 140). Etersom vi ikke samlet inn data selv, ha vi ingen direkte påvirkning på innsamlingen av datamaterialet. Vår påvirkning på empirien er gjennom hvordan vi har tolket forskningsdeltakernes eller forskernes utsagn. Det er likevel interessant å reflektere over effekten av å være deltakende forsker som observerer. Enten observatøren velger å si noe til elevene når de stiller spørsmål, eller bare er til stede med kamera og notatblokk, vil det ha en påvirkning på elevene. Vi kan ikke konkludere hva forskningstimens rammer hadde å si for elevenes opplevelse av undervisningstimen. Etersom undervisningssituasjonen var kunstig, og elevene visste de ble tatt opptak av, filmet og observert, påvirker det funnene i denne studien til en viss grad. Selv om elevene har vært vant med å ha forskningstimer hvert år fra de gikk i første klasse, er det uansett en kunstig undervisningssituasjon når det til vanlig gjerne bare er én lærer i klasserommet.

3.7 Oppsummering av metoden

I dette kapitlet har vi redegjort for forskningsmetoden og hvert steg i forskningsprosessen. Med utgangspunkt i det fortolkende paradigmet, har vi gjennomført en kvalitativ casestudie, der vi har sett på to gjennomføringer av en forskningstime innenfor IBL med negative tall. Vi har presentert datamaterialet, som er innsamlet av et team ved NTNU, og gjort rede for analysen av datamaterialet. Hvert steg i analysen er presentert, og vi har vært nøye med å inkludere endringer som ble gjort underveis. Til sist har vi reflektert rundt studiens troverdighet og det etiske rundt forskningen. De forskningsetiske retningslinjene har blitt

ivaretatt i denne forskningen. Alle deltakerne i forskningen er anonyme og kan ikke spores tilbake til seg selv. Alt datamateriale er lagret i tråd med retningslinjene for forskningsetikk, og er nå slettet. Selv om det var elementer i gjennomføringen av undervisningstimen som kan påvirke resultatene, blant annet voksentettheten i klasserommet, er forskningen troverdig i sine funn. Vi har forsøkt å være så transparente som mulig i prosessen og gjort etiske refleksjoner underveis.

4.0 Resultater

I dette kapitlet vil vi presentere funn fra analysen knyttet til hver fase i 5E-modellen. Gjennom arbeidet med datamaterialet kom det frem at elevene beveget seg innom alle fasene. Elevene uttrykte engasjement gjennom muntlig begeistring og handling. I utforskningen gjorde elevene tre oppdagelser i løpet av forskningstimen, hvor de oppdaget at det var lurt å skrive ned summene underveis, at de kunne legge kortene på samme side, og at de kunne ta vekk kort som nullet hverandre ut. Alle gruppene ønsket å utvide oppgaven når de fikk spørsmål om det. Og elevene har vurdert seg selv og hverandre i løpet av øktene. Vi har tatt utgangspunkt i seks elevgrupper i analysen, der det er tre grupper fra hver gjennomføring. Underkapitlene er inndelt etter de fem E-ene, engasjement, utforskning, forklaring, utvidelse, og vurdering, og det gis eksempler til hvert funn. Vi ønsker å påpeke at fasene i 5E-modellen henger sammen, og eksempler som beskriver en fase, kan også passe til å beskrive en annen.

4.1 Engasjement

Engasjement handler om elevenes vilje til og motivasjon for å arbeide med oppgaven. Det var lærerens introduksjon i oppstarten som satte engasjementet i gang, men det ble opprettholdt av elevene selv. Med utgangspunkt i lydopptak fra elevgruppene og refleksjonssamtalene, samt observasjonsnotatene, har vi samlet elevenes tegn på engasjement. Oppsummert uttrykte elevene engasjement gjennom muntlig begeistring og handling.

4.1.1 Muntlig begeistring

Generelt viste lydopptakene at elevene var ivrige i forskningstimen, og de uttrykte engasjement gjennom muntlig begeistring for kortspillet. Den muntlige begeistringen kom eksplisitt til uttrykk ved at elevene sa til samarbeidspartneren eller læreren at likhetskabalen var gøy. For eksempel sa Arne fra gruppe 1 "Det var ganske gøy egentlig," til Pål underveis i arbeidet, og Jon fra gruppe 4 sa "Det her er jo faktisk ganske gøy," til Sol mens de jobbet med oppgaven. I avslutningen av timen spurte læreren hva elevene syntes om forskningstimen, og der var flere enige om at det var gøy. Eksempelvis svarte Trond fra gruppe 6 at det var en artig undervisningstime. I tillegg snakket forskningsteamet om hva elevene syntes om kortspillet i refleksjonssamtalen etter den andre gjennomføringen:

Mann Å: Jeg synes også det var interessant at, når de var spurt om det var morsomt, og at en av dem tallfestet dem med tre ganger så gøy som vanlig.

4.1.2 Handling

Elevenes engasjement ble også uttrykt gjennom handling. Vi har inndelt elevenes handlinger i tre kategorier basert på eksempler fra empirien, og oppsummert henger det sammen med arbeidsinnsats. Engasjement kom til uttrykk ved at 1) elevene hadde høy konsentrasjon, 2) elevene viste utholdenhet ved å fortsette arbeidet når de gjorde feil, og 3) elevene viste et ønske om å løse oppgaven.

Elevene hadde høy konsentrasjon i begge gjennomføringene, som kan være et uttrykk for engasjement. Et eksempel har vi hentet fra lærerens beskrivelser i refleksjonssamtalen om gruppene fra den første gjennomføringen:

Lærer: Men nei, jeg opplevde at ungene var ivrige, og de synes det var artig, og det, og de satt faktisk fokusert i 60 minutter [mumler], det var ingen som var på do, det var ingenting. Og det kan vi jo prøve på oss voksne. Så det var tydelig at det var en oppgave som fenget.

Utdraget gir et innblikk i hvordan læreren opplevde elevenes innsats, og hun fortalte at de tre gruppene i den første gjennomføringen var ivrige, utholdende i oppgaveløsningen, og hadde høy konsentrasjon hele forskningstimen. Lydopptakene og transkripsjonene bekrefter lærerens utsagn. Det er ikke en like eksplisitt beskrivelse av gruppene i den andre gjennomføringen, men observasjonsnotatene og lydopptakene viser at alle gruppene var svært aktive hele timen og holdt konsentrasjonen lenge. De trakk kort, regnet mange regnestykker, noterte, og prøvde å få likhetskabalene til å gå opp. I løpet av hver økt var det noen elever som tok pauser underveis, men det var som regel når de ventet på læreren. Ventingen skyldtes at elevene ville vise resultatet og skulle utvide oppgaven.

Elevene viste utholdenhet ved å fortsette å arbeide til tross for at de gjorde feil, som kan være et annet uttrykk for engasjement. Et eksempel var Pål og Arne fra gruppe 1, som trodde de hadde løst den første oppgaven. Da elevene skulle vise læreren, oppdaget de at det var en differanse på en:

Lærer: Så da har du tatt unna det som ble null her på begge sidene. Så da hadde dere faktisk, hvor mye hadde dere igjen her? Her hadde dere?

Arne: 9

Lærer: 9, og der hadde dere?

Begge elevene: 10

Lærer: 10, ok da må dere fortsette litt til dere, for å få det til å gå opp. Men så dere at det var en måte for å regne ut på?

Pål og Arne måtte fortsette med oppgaven, og gjorde det uten å nøle. Guttene regnet videre med samme engasjement og iver for å løse oppgaven. Etter tre minutter hadde de fått lik sum på begge sidene av likhetstegnet.

Elevene viste at de ønsket å løse oppgaven, som var et tredje uttrykk for engasjement gjennom handling. Ønsket kom til uttrykk siden de skyndet seg for å gjøre oppgaven ferdig før timen var over. Elevene jaget den neste utfordringen og oppmuntret hverandre underveis. Et eksempel som viser ønsket om å løse oppgaven er Pål og Arne fra gruppe 1, som får muligheten til å løse oppgaven en siste gang før timen avsluttes. De hadde bare noen få minutter på seg, og det neste utdraget viser samtalen da guttene startet siste runde:

Arne: Vi må bare få jokeren med en gang.

Pål: Vi tar også ikke regner, og bare trekker. Vi må ha så høye tall, så høye tall som mulig nå. Nå må vi få høye tall på terningen, for vi må få en joker. For jokeren må ligge inni der, med mindre den ligger helt bakerst. Fordi da kan det hende at vi får så høye kort at vi ikke klarer det, men ja kom igjen!

Her ser vi at Pål kom med en ny strategi for å løse oppgaven raskest mulig. Pål snakket så raskt at han måtte trekke pusten etterpå. Før utdraget hadde guttene akkurat løst oppgaven med alle utvidelsene, inkludert jokerne. Læreren sa at det var to minutter igjen av undervisningen, og hadde spurt guttene om de ville prøve en siste gang. Dermed var det et ekstra stressmoment som fikk elevene til å skynde seg. Empirien viste de samme tendensene

i begge gjennomføringene av forskningstimen. Elevene endte med å skynde seg, siden de ville løse oppgaven raskest mulig.

4.2 Utforsking

Forskningstimen var bygd opp slik at elevene fikk mulighet til å utforske, undersøke og gjøre oppdagelser. Samtlige grupper, med ett unntak, gjorde tre oppdagelser: 1) De fikk et behov for å skrive ned summene underveis, 2) de oppdaget at de kunne legge kortene på samme side, og 3) de oppdaget at de kunne ta vekk kort som nullet hverandre ut. I dette kapittelet skal vi presentere hvordan elevene kom frem til disse oppdagelsene, og hvordan disse oppdagelsene var en viktig del av utforskingen og undersøkningen.

4.2.1 Skrev ned summene underveis

En oppdagelse elevene gjorde, var å skrive ned summene underveis i forskningstimen. De fleste elevene fikk behov for det utover i utforskingen. Blanke ark ble delt ut samtidig med kortstokkene og oppgaveinstruksene etter oppstarten, men elevene fikk ingen instruksjoner om å benytte arkene. Det var flere tall elevene måtte holde styr på samtidig, som summen på hver side av likhetstegnet, og mulige summer avhengig av om man ville plassere kort på den ene eller den andre siden. Behovet for å skrive ned summene dukket opp ettersom terningen økte antall kort de skulle trekke. Jo flere kort elevene trakk, desto flere tall måtte de holde styr på. Et eksempel på dette er Sol og Jon på gruppe 4, som tidlig la merke til at de hadde fått et blankt ark, og spurte læreren hva arket skulle brukes til. Læreren svarte at det kunne brukes til å skrive ned tallene underveis, hvis det var ønskelig. Det hadde de ikke lyst til, og fortsatte med å prøve å huske summene i 30 minutter. På den tiden hadde de mestret fire utfordringer og fått utdelt en joker. Utdraget nedenfor viser at gruppe 4 på det tidspunktet innså at det kunne være klokt å skrive ned tallene:

Lærer: Vet dere hva en joker er?

Sol: Kanskje du kan gjøre hva du vil, sånn, med sånn, hvor mange tall for eksempel selv.

Jon: Legg de øverst.

Lærer: (ler)

Sol: Skal vi fortsatt ha dobbelkast?

Jon: Ja, sikkert. Her er jo en dunge da.

Sol: Det er alle femtito (teller kort)

Jon: Det her er jo faktisk ganske gøy. Arne, vi har fått joker! Vi har ikke brukt arket, nesten ikke vi.

Sol: Ok, men da må vi jo faktisk skrive opp med jokerne da.

Jon: Ja, vi kommer til å glemme ting.

Elevene hadde husket summen på hver side av likhetstegnet i 30 minutter. Summene hadde endret seg fortløpende, og det tallet som lå øverst i hver bunke var ikke representativt for summen. Frem til det tidspunktet hadde Sol og Jon hjulpet hverandre med å huske tallene. I tillegg hadde de arbeidet så raskt at de ikke trengte å huske tallene over en lengre periode ettersom summene endret seg fortløpende. Siden elevene på gruppe 4 regnet i et høyt tempo,

og plasserte kortene strategisk, løste de også oppgavene raskt. Vi kan si at det å huske tallene kombinert med regningen opptok alt fokuset.

Oppgaven hadde på det tidspunktet bidratt sterkt til utforsking og undersøking, og til at elevene selv måtte ta rollen som forskere. Det var de som bestemte når de skulle begynne å skrive, og om de overhodet ville skrive. Behovet dukket opp hos alle gruppene, og noen fikk veiledning fra læreren eller en observatør til å se det. Ole og Per på gruppe 5 gjorde denne oppdagelsen på egen hånd. Resonneringen deres ble oppsummert i refleksjonssamtalen:

Mann Å: Det var mange ganger underveis at de på en måte oppdager ting som ikke fungerte helt bra, og som de på en måte forbedrer selv. For eksempel [...] de begynte med å bare legge ut kort og ikke skrive noe som helst. [...] De sa høyt hvilket tall det var på hver side. De fortsatte med det. Også når de hadde fire kort, tror jeg, på hver side, da merket de at dette ble veldig vanskelig. Og da fant de på at "ok, vi skriver ned". Så snakket de om hvordan de skulle skrive ned. De begynte med å skrive ned tallene til alle kortene de hadde lagt ned. Så fant de ut at det ble litt tungvint, og kom opp med at "ok, vi kan bare skrive det tallet som er på hver side".

I likhet med resten av klassen, hadde guttene på gruppe 5 fått frie tøyler når det kom til å benytte arket som et hjelpemiddel. De benyttet arket kun når de følte de fikk bruk for det. I Ole og Per sitt tilfelle er det interessant å se at det var utfordringene som førte til at de endret taktikk. Det ble vanskelig å huske alle tallene, derfor valgte de å skrive ned. En slik innstilling kjennetegner den utforskende forskeren; evnen til å endre taktikk etter behov og dersom utfordringer oppstår.

4.2.2 Kortene kunne legges på samme side

En annen oppdagelse som alle gruppene gjorde, var at de kunne legge kortene på samme side av likhetstegnet. I utgangspunktet var dette en del av oppgaveinstruksjonen, at når elevene trakk flere kort, så kunne de velge selv hvor de skulle legge kortene. Enten kunne de legge alle kortene på samme side, eller fordele kortene på hver sin side. Det viste seg at elevene ikke fikk med seg denne informasjonen, så gruppene trodde at de måtte legge kortene på hver sin side. Med andre ord trodde de at kort 1 måtte legges til høyre eller venstre, og kort 2 måtte legges på motsatt side. Noen av gruppe oppdaget tidlig at det var mulig å legge flere kort på samme side, men disse gruppene ville forsikre seg om at det var mulig og spurte derfor læreren om det var greit. Andre grupper oppdaget dette med hjelp fra læreren, der hun spurte elevene om det var mulig. Siden elevene ikke fikk med seg instruksene fra læreren, eller lest på oppgavelappen, ble det en mulighet for utforsking og undersøking. Spørsmålet om hvor kortene kunne legges, ble en oppdagelse, fordi det oppstod et behov for å kunne legge flere kort på samme side. Et eksempel på denne oppdagelsen ble gjort av Ole og Per på gruppe 5. De hadde trukket to kort, og begynte å stille spørsmål til hvor kortene kunne legges:

Ole: Det har jo ikke så mye å si hva vi gjør nå. Går det an å legge begge kortene på en side?

Mann Å: Dere har et ark dere kan referere.

Ole: Hvis det er står her da. Å! Man kan legge den på begge, nei samme side!

Per: Å! Ja!

Ole: Da gjør vi det da. Da er det, da tar vi, da blir det likt. Sånn, da er det minus 11. Minus 11, minus 11. Da klarte vi det.

Før Ole og Per stilte spørsmål til oppgaven, hadde de en antakelse om at når de trakk kort så måtte de legge kortene på hver sin side av likhetstegnet. Misforståelsen kom nok av at lærerens eksempler på tavla besto av at hun la ett kort på hver side. Mens elevene regnet, oppdaget de behovet for å legge begge kortene på samme side. De så at det var nødvendig for å få summene til å bli like. Oppdagelsen kom som et resultat av utforskning og utprøving av det elevene antok var oppgavens rammer. Dersom elevene hadde godtatt at det ikke var mulig å legge kortene på samme side, ville oppgaven bestått av flere tilfeldigheter, og det ville gjort oppgaven vanskeligere å løse.

Et annet eksempel på oppdagelsen viser hvordan læreren hjalp elevene på gruppe 2. Mia og Kasper hadde regnet i omtrent et kvarter før læreren kom bort. På den tiden hadde de konsekvent lagt ett kort på hver side av likhetstegnet. Til slutt hadde de brukt alle kortene i bunken uten å komme frem til en løsning, og startet på en ny runde. Det var da læreren kom bort for å se hvordan det gikk:

Lærer: Hvordan går det her nå?

Mia: Vi greide det ikke i sted.

Lærer: Kan jeg få lov å spørre om en ting, før du legger på nå. Kan jeg få spørre om en ting? Er det sånn at alle kortene må legges på samme side av likhetstegnet? Eller kan dere legge dem på hver sin side? Går det an å gjøre det?

Kasper: Ja.

Lærer: Ja! Gjør det det vanskeligere eller lettere hvis dere kan legge dem litt der dere vil?

Mia: Lettere.

Lærer: Ja for dere kan legge dem begge på samme side. Hm, har brukt opp en hel gang dere ja. Men enn hvis dere prøver det nå? Og tenker at oi, vi kan jo legge dem litt der vi vil.

Mia og Kasper hadde ikke løst oppgaven frem til læreren kom, og hadde heller ikke begynt å stille spørsmål til hvorfor de ikke hadde løst den. Siden elevene ikke hadde stilt spørsmål til oppgavens antatte rammer, så læreren det nødvendig å hjelpe dem. Læreren kunne unngått misforståelsen ved å annonsere det for hele klassen, men som nevnt ble det for mange grupper en unik mulighet for utforskning og læring.

Et tredje eksempel viser Elin og Maja på gruppe 3 sin opplevelse av oppdagelsen. I refleksjonssamtalen etter første gjennomføring av timen, beskrev læreren sine observasjoner rundt denne oppdagelsen for resten av forskningsteamet:

Lærer: Og så var jeg litt i tvil om jeg skulle si det. Sånn som hun Elin og Maja var veldig tydelig på det, for jeg snakket litt med dem underveis. [...] Det virket som de: "nei det var bra du ikke sa det!". [...] Jeg tror de også synes det var godt etterpå at de faktisk hadde sittet og grublet. For de var irritert på at de satt jo sånn. Så jeg opplevde at det nesten var litt læring i det. For da var det sånn "Å, har vi kunnet bare hatt dem på samme side!" [...] Jeg tror det var en del av prosessen.

Jentene hadde vært irriterte underveis, og læreren hadde vurdert om hun skulle veilede dem. Læreren valgte å unnlate å nevne det, fordi hun så at det var en læringsmulighet. Dermed ble det en eurekaopplevelse, og senere hadde Elin og Maja til og med kommentert at de var glade for at de fikk sjansen til å oppdage det på egen hånd. Istedenfor at elevene visste at de kunne

legge kortene på samme side fra starten av, fikk elevene finne ut selv *hvorfor* det var klokt. De gruppene som gjorde denne oppdagelsen, tenkte kritisk og stilte spørsmål til oppgavens antatte rammer.

4.2.3 Elevene kunne ta vekk kort fra spillbrettet underveis

Fem av seks grupper oppdaget at de kunne ta vekk kort fra spillbrettet underveis, dersom kortene til sammen var lik null. Gruppene gjorde oppdagelsen med hjelp fra lærer eller på egenhånd, og gruppe 2 tok aldri vekk kort på denne måten. At man kan ta vekk to like tall, der det ene kortet er svart og det andre rødt, betyr at elevene trekker fra null på en side av likhetstegnet. Dermed kunne elevene fjerne kort fra spillbrettet. Anine på gruppe 6 la merke til at minus 10 og pluss 10 ble null, og denne kunnskapen hjalp dem videre mot likhet. I første omgang var oppdagelsen med på å skape orden i systemet. Flere av gruppene trakk mange kort, og det ble rotete på spillbrettet, og kortene begynte å flyte rundt i bunker. Vi så dette hos flere av gruppene, for eksempel hos Arne og Pål på gruppe 1. De ble litt satt ut av at det er så mange kort, og fikk veiledning fra lærer:

Pål: Da blir det jo -15. Vent da.

Arne: Det her blir.. hæ? Vi har i hvert fall..

Pål: Ja, det skal gå opp hvert fall, for vi har endt opp med.. Det er veldig mye.

Lærer: Det er mye her ja. Er det en måte når det er mye, og det er litt ekkelt å telle, er det noen måte vi kunne ha lagt det på her nå? Og på en måte tatt unna kort, så det hadde vært lettere å telle det nå?

Arne: Eh

Lærer: Å! Hva gjorde du, hva tenkte du nå?

Arne: Hvis det går an å bare ta bort alt det her, så blir det sånn. Også bare..

Lærer: Ja, men hvis dem du hadde der.. Du, hva var det du tok, og gjorde? Dem der?

Pål: Jeg tok bort en -2 og en +2.

Lærer: Hvorfor gjorde du det?

Pål: For da blir det det samme.

Det var ikke læreren som sa hva de burde gjøre. Pål og Arne oppdaget selv at spillbrettet var veldig rotete, og at det var noenlunde problematisk. Deretter kom læreren inn og spurte om det var noe de kunne gjøre for å rydde opp, og om det for eksempel var noen kort de kunne ta vekk. Her fungerte læreren som en veileder, og ikke som en ekspert som har alle svarene og instruerer elevene. Hun så at elevene hadde et problem, og at det var en situasjon som lett kunne løses. I stedet for å fortelle dem at det var klokt å ta bort alle kort som ble null til sammen, spurte hun elevene hva de trodde. Elevene forsto raskt at de kunne ta vekk to like kort, hvor det ene kortet er svart og det andre er rødt.

4.3 Forklaring

I løpet av forskningstimen gjorde elevene flere oppdagelser, og den neste fasen i 5E-modellen er forklaring. Her fikk elevene sjansen til å sette ord på prosessene og forklare oppdagelsene de hadde gjort. I begge gjennomføringene oppdaget elevene at de kunne plassere flere kort på samme side, og at de kunne ta vekk kort som ble null til sammen. Elevene gjorde oppdagelsene, men kommer de ikke med utdypende forklaringer på hvorfor det var mulig. Vi

vil nå presentere eksempler fra disse oppdagelsene, der elevene blir spurt hvorfor det de gjorde var mulig, og svarene elevene gir. Selv om forklaringene er korte og/eller mangelfulle, kan de være en viktig del i en lengre læringsprosess.

4.3.1 Hvorfor kortene kunne legges på samme side

I datamaterialet er det få eksempler der elevene forklarer hvorfor kortene kunne legges på samme side. Vi har likevel valgt å inkludere to eksempler som viser at elevene var innom forklaringsfasen, til tross for at forklaringene er korte og lite detaljerte, eller rett og slett mangler. Det første eksempelet er Trond og Anine på gruppe 6. Halvveis i forskningstimen stilte Trond spørsmål til hva som skjedde hvis de trakk et odde antall kort:

Trond: Men hva skjer hvis det blir oddetall, så må man ta én mer på den andre da?

Lærer: Ja, er det sagt noe om hvor mange kort dere skal ha på begge sidene? Kan dere legge alle på samme side hver gang?

Trond: Det må ikke vi.

Anine: Ja.

Lærer: Ja, du velger selv hvilken side du skal legge det på.

Anine: Det er jo egentlig litt smart, siden da hvis vi får minus 10 og pluss 10, da er det bare å legge dem her. Så blir det jo ...

I utdraget bekreftet læreren at de ikke trengte å legge like mange kort på hver side av likhetstegnet ved å stille spørsmål; "Ja, er det sagt noe om hvor mange kort dere skal legge på begge sidene? Kan dere legge alle på samme siden hver gang?" Det gikk opp for elevene at dette ikke var en regel i spillet. Anine viser med sin forklaring at hun har forstått hvorfor det var mulig, og hva det har å si for spillet videre. Beviset for at det gikk opp for Anine, er at hun påpeker at det var smart, siden de deretter kunne legge en positiv og en negativ 10-er, som ble null til sammen, på samme side.

Et annet eksempel på at elevene er i forklaringsfasen, er hentet fra Elin og Maja på gruppe 3. Mot slutten av forskningstimen hadde jentene sagt til læreren at det var bra hun ikke fortalte at kortene kunne legges på samme side fra start. Det ble en kontrast til fortvilelsen de uttrykte midt i forskningstimen, da læreren ga dem hint:

Lærer: Når dere får to kort, har jeg sagt noe om at dere må legge dem på, ett på den siden og ett på den siden?

Elin: Lærer, det kan du ikke si nå!

Maja: Vi har jo halve kortstokken oppå der.

Lærer: Ja, men det er jo for at dere skal få litt utfordring da. [...] Har dere kommet til og tenkt annerledes da?

Elin: Ja.

Elevene kom ikke med en forklaring for hvorfor det var mulig. De ble heller ikke spurt om å utdype, men de forsto det likevel. Læreren hadde spurt Elin og Maja om de *måtte* legge kortene på hver sin side. Når elevene forsto at det aldri hadde vært en regel, ble de litt oppgitte. Samtidig viser utsagnet fra refleksjonssamtalen i kapittel 4.2.2 at elevene likevel satt pris på å finne ut av det selv. Det ble en oppdagelse der elevene fikk prøve å løse oppgaven både med og uten «plasseringsregelen».

4.3.2 Hvorfor like kort kunne tas vekk underveis

Forklaring av hvorfor like kort kunne tas vekk underveis var det også få eksempler av. Vi har valgt å inkludere to eksempler. Første eksempel er presentert i det første utdraget i kapittel 4.2.3, der Pål fikk spørsmål fra læreren om hvorfor han kunne ta vekk to kort. Han forklarte det med å si: "For da blir det det samme". Påls begrunnelse var at summen på hver side av likhetstegnet var den samme, uansett om de to kortene var der eller ikke. Han var inne på kjernen i å trekke fra null, altså at det ikke har noe å si for den totale summen siden den ikke endres.

Et annet eksempel er hentet fra Trond på gruppe 6 som forklarte det på en tilnærmet lik måte, ved å si at kortene nuller ut. Han og Anine hadde lagt kortene i uoversiktlige bunker på hver side da læreren kom bort:

Lærer: Går det an å ta unna litt kort, så dere får det litt enklere her da? Mens dere regner nå, at det går an å ta bort noe?

Trond: Ja, kan ta bort åtterne, kan vi ta bort.

Lærer: Fordi at?

Trond: Fordi de nuller ut.

Lærer: Å, så du kan ta bort det som nuller ut på hver side.

Trond: Også var toerne nuller ut.

Lærer: Skjønner du det da, hvis man tar ut litt sånn, så blir det enklere å se.

Trond og Anine kunne ta vekk en rød og en svart åtter fordi $8-8=0$, og som Trond sa, man kunne gjøre det "fordi de nuller ut". Grunnen til at elevene anså det som en god løsning, var at situasjonen ble mer oversiktlig. De hadde allerede begynt å skrive ned summene for å holde oversikt over tallene. Deretter tok de vekk kort som ikke trengte å være på spillbrettet, og fikk en bedre oversikt over hva de hadde. Begrunnelsen for hvorfor det var mulig, hang sammen med at det alltid er mulig å trekke null fra regnestykker. Enten man trekker fra null på begge sider eller bare fra en side. Elevene viste forståelse for dette når de tok bort kort som nuller hverandre ut.

4.4 Utvidelse

Utvidelse handler om at elevene tar det de har lært fra den første oppgaven inn i en ny situasjon. Den opprinnelige situasjonen gikk ut på at elevene skulle få lik sum på begge sidene av likhetstegnet med kortene 1-10 i en kortstokk, der de trakk to kort hver runde. I de nye situasjonene ble oppgaven utvidet med nye elementer i følgende rekkefølge: 1) en terning som bestemmer antall kort som skal trekkes, 2) bildekort legges til i bunken, 3) to terninger bestemmer antall kort som skal trekkes og 4) to jokere legges til i bunken. Utvidelsene henger sammen med elevenes evne til å løse oppgaven. For eksempel får ikke elevene utdelt en terning før de har løst den første oppgaven, og de får ikke bildekortene før de har løst oppgaven med en terning. Datamaterialet viser at alle gruppene ville utvide oppgaven når de fikk muligheten. Vi har laget en oversikt over elevenes progresjon i oppgaven i Tabell 3, der "x" symboliserer at elevene begynte på den gjeldende oppgaven. Videre vil vi gi eksempler på elevenes møte med de ulike utvidelsene.

Gruppe	Første oppgave	Terning	Bildekort	Dobbel terning	Jokere
1	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	
3	x	x	x	x	
4	x	x	x	x	x
5	x	x	x		
6	x	x	x		

Tabell 3: Elevenes progresjon i oppgaven

Som man kan se i tabellen, løste alle gruppene den første oppgaven, og det gjorde de i ulikt tempo. Gruppe 4 og 5 var så raske på den første oppgaven at de startet på en ny runde uten utvidelse. Gruppe 4 gjorde det etter beskjed fra læreren, og gruppe 5 gjorde det på eget initiativ. Elevene på gruppe 5 hadde fullført to runder med den første oppgaven, og var klare for en ny utfordring. Derfor spurte de etter terning på eget initiativ. De resterende gruppene ble spurt av læreren om de ville ha en ny utfordring. Et eksempel er hentet fra Jon og Sol på gruppe 4:

Lærer: Vil dere ha den en gang til, eller vil dere ha enda vanskeligere?

Jon: Enda vanskeligere.

Utfordringen med en terning gikk ut på at terningen bestemte hvor mange kort elevene skulle trekke, og alle gruppene klarte denne utfordringen. Videre kom bildekortutfordringen, som gjorde hoderegningen mer krevende, ettersom det ble flere kort i bunken, og at kortene hadde høyere verdi. Knekten var 11 eller -11, dronningen var 12 eller -12 og kongen var 13 eller -13. Gruppe 1-4 gikk videre til neste utfordring, mens gruppe 5 startet på en ny runde med bildekortene fordi spillbrettet ble for uoversiktlig. Siden de startet på en ny runde, ble de ikke ferdige med bildekortutfordringen. Gruppe 6 rakk heller ikke å løse bildekortutfordringen før timen var over.

Noen av elevene hadde behov for en ekstra utfordring. Derfor kom læreren på idéen med dobbel terning, som opprinnelig ikke var en del av oppgaven. Utfordringen med dobbel terning var at antallet kort økte, noe som førte til mer regning. Gruppe 2 og 3 rakk ikke å løse utfordringen med dobbel terning før timen var over. Gruppe 1 og 4 gjorde det, og fikk en ny utfordring som gikk ut på å legge til to jokere i kortstokken. I hovedsak kunne det gjøre oppgaven lettere å løse, fordi elevene fikk bestemme verdien selv. Grunnen til at læreren valgte å legge til to jokere, var fordi hun så at både bildekort og dobbel terning ble ganske utfordrende. I tillegg ønsket læreren å gi elevene på gruppe 1 og 4 en ny oppgave. De to gruppe var svært raske å løse oppgavene, og de fikk på den måten en videre progresjon. Utdraget nedenfor er hentet fra den første refleksjonssamtalen, der læreren begrunner valget med å legge til to ytterligere utfordringer:

Lærer: Men da måtte jeg jo bare være litt impulsiv "Åh, da tar vi to terninger", og så hadde vi ikke det, men da tar du og kaster to ganger! Og så tenkte jeg at det var litt van[skelig]. Da må vi ta joker, og den diskusjonen de hadde om joker, den synes jeg var kjempeartig. For og bare prøve å finne på underveis, og gjøre litt at det var [vanskelighets]gradene. Og at de plagdes litt, tror jeg er lurt.

Videre vil gi noen eksempler på elevenes tankegang rundt utfordringen med jokere. Pål og Arne på gruppe 1 hadde flere forslag til jokernes verdi, blant annet at verdien kunne være fem, hundre, uendelig eller at de kunne spare den til senere. Etter mange hint fra læreren gikk det opp for Pål at jokeren kunne være den verdien de manglet på spillbrettet, altså en vilkårlig verdi. Han fortalte læreren hvordan jokeren fungerte, selv om Arne ikke hadde forstått jokernes funksjon enda:

Pål: Så kan vi velge etter vi har trukket den hvor mye den er, hvis man tenker på hvor mye som mangler for å få det likt.

...

Arne: Hvorfor trekker du så høye tall? Joker! Ok, hvis vi tar den først, den legger vi der. Også kan vi ta joker 7 da. Ja, så legger vi den der. Der blir det pluss 7. Den kan vi ta der da, på 2-eren, og den, sånn at det blir 5 og -1.

Pål: Eller vent da, vent da, vent da. Hvis vi sparer, vent da. Fordi vi, da vil vi jo vinne hvis vi har jokeren uansett da?

Arne: Eh, ja. Hvis du legger alt der.

Pål: Vi vil jo vinne hvis vi har jokeren uansett.

Lærer: Vil du det, fordi at?

Pål: Ja, vil vinne hver eneste gang.

Lærer: Det spørres jo hvordan ...

Pål: Fordi vi vil alltid mangle et tall, også vil den her alltid være det rette tallet.

Guttene hadde fått -1 som sum på den ene siden, og -2 som sum på den andre siden av likhetstegnet. De trakk inn kort, og det ene kortet var en joker. Arne foreslo at jokeren kunne ha verdien sju, og det viste at han ikke hadde forstått at jokeren kunne være hva som helst. Pål foreslo at de skulle spare jokeren, men kom på at de ville vinne uansett dersom de hadde fått en joker. Basert på de andre kortene de trakk inn samtidig som jokeren, fant de ut at jokeren skulle ha verdien null, for da ville summen være -2 på venstresiden og -2 på høyresiden.

På gruppe 4 fant Sol ut jokerens funksjon med en gang, og sa til læreren at "Kanskje du kan gjøre hva du vil." Dessverre rakk ikke Sol og Jon å løse oppgaven før timen var over, men det er sannsynlig at de hadde løst oppgaven dersom de hadde fått en joker tidligere eller hatt mer tid til å løse oppgaven. Basert på begge eksemplene fikk elevene på gruppe 1 og 4 muligheten til å lage en egen regel i spillet, og begge gruppene kom frem til at det var klokt å la jokeren være et valgfritt tall.

4.5 Vurdering

Vurderingsfasen i 5E-modellen handler om at læreren vurderer elevene og deres arbeid, i tillegg til at elevene vurderer seg selv. Ettersom fokuset vårt er på hvordan elever arbeider utforskende og undersøkende, har vi i denne fasen sett på resultater som viser hvordan elevene vurderte seg selv og hverandre, og sett bort fra hvordan læreren vurderer elevenes arbeid. Her presenterer vi tre funn: 1) at læreren involverte elevene i egenvurdering, 2) at elevene ropte på lærer for å få vurdering, og 3) at elevene vurderte seg selv og hverandre.

4.5.1 Læreren involverte elevene i egenvurdering

Læreren involverte elevene i egenvurdering når hun spurte om de ønsket en ny utfordring. Det var opp til elevene selv å bestemme. Hun spurte elevene på gruppe 1-4 om de ville ha ny utfordring, men ga gruppe 6 en ny utfordring uten å spørre dem. Gruppe 5 gjorde egne vurderinger om å ta nye utfordringer uten oppfordring fra læreren. Elevene gjorde en vurdering hver gang de fikk spørsmålet om å ta en ny utfordring. På spørsmålet "vil dere ha en ny utfordring?", måtte elevene vurdere om de hadde forstått oppgaven godt nok til at de kunne klare en vanskeligere oppgave. Et eksempel på denne vurderingen er hentet fra Arne og Pål som fikk spørsmål om ny utfordring for første gang:

Lærer: Er dere klar for en runde til sånn, eller vil dere øke vanskegraden?

Arne: Du bestemmer.

Pål: Vi kan øke.

Lærer: Vil dere øke vanskelighetsgraden?

Begge: Ja.

Her gjorde Pål en vurdering, mens Arne lot Pål bestemme. Selv om Pål ikke svarte med et stort engasjement, ville han at de skulle øke vanskelighetsgraden, istedenfor å fortsette på samme nivå. Det var den første utfordringen gruppen fikk, og etter hvert vokste også engasjementet i gruppen til at de nesten jaget neste utfordring. I andre tilfeller var elevene lynraske til å si ja. De gruppene som hadde engasjert seg, ønsket nye utfordringer, og uttrykte det med begeistring og kontante svar når læreren spurte om de ville ha det vanskeligere. I et par tilfeller, som eksempelet med Pål og Arne, nølte elevene med å svare, men de aller fleste svarte kjapt og bekreftende på spørsmålet. Oppgaven ga elevene en gnist og et engasjement, de syntes det var gøy å arbeide med oppgaven. Tilbudet om en ny utfordring ble på den måten fristende for mange. Engasjementet bidro dermed til at vurderingen ble enkel, siden elevene visste at de hadde klart den forrige utfordringen og de var klare for en ny.

4.5.2 Elevene ropte på lærer

Elevene ønsket å få vurdering fra læreren, og ba om bekreftelse ved å rope på læreren etter å ha løst likhetskabal. Det var fem av seks grupper som gjorde dette, og et eksempel er Maja og Elin fra gruppe 3 som uttrykte glede da kortene på spillbrettet hadde samme verdi, og de ropte på læreren med en gang:

Maja: Så da blir det tretten her.

Elin: Der ja. Også hvordan tall er det der da?

Maja: Ti pluss tre.

Elin: Da gikk det opp.

Maja: 13. Å!

Elin: Yes! Lærer, det gikk opp!

Maja: Vi fikk det til!

Lærer: Fikk dere det til?

Det samme gjorde de fire andre gruppene; de ropte på læreren og sa "det gikk opp!", "vi greide det!" eller "vi fikk det til!". Det virket naturlig for de fem gruppene å rope på læreren

når de løste oppgavene. Elevene ønsket å vise resultatet sitt til læreren, og få en bekreftelse på at det var riktig. Det ble ikke gitt noen instruksjoner om at læreren måtte se resultatet før de spilte videre, med unntak av Trond og Anine på gruppe 6, som fikk beskjed av en observatør at de skulle få læreren til å se over løsningen deres. Deretter ropte Trond og Anine på læreren etter eget initiativ.

Det var Ole og Per på gruppe 5 som ikke ropte på læreren. De holdt på med den første oppgaven da de begynte å prate med en annen gruppe som kunne fortelle at de hadde fått utdelt terning. Guttene ble overrasket av at de ikke hadde fått terning selv, men forsto at de måtte fullføre den første oppgaven. Deretter prøvde de å løse oppgaven så raskt som mulig, og spurte om terning med en gang de hadde løst den. Det tok for lang tid å vente på læreren, så de endte med å hente terning selv. Videre fortsatte gruppe 5 å starte på nye runder på eget initiativ gjennom hele forskningstimen, både med og uten nye utfordringer. De ropte ikke på læreren en eneste gang. Guttene på gruppe 5 var selvdrevne, og ikke like opptatt av bekreftelse fra læreren. Alle andre grupper ropte på lærer når de løste kabalen.

4.5.3 Elevene vurderte seg selv og samarbeidspartneren

Elevene vurderte seg selv og samarbeidspartneren sin gjennom hele timen. De fleste vurderte hvorvidt de eller den andre hadde regnet riktig, og ved flere anledninger rettet de på hverandre. På den måten ble elevene holdt ansvarlige av noen andre enn seg selv i arbeidet. I tillegg vurderte elevene om de hadde løst oppgaven eller ikke. Frem til de begynte å skrive ned summene, var elevene avhengige av at begge husket hvilken sum som tilhørte sidene av likhetstegnet. Det var spesielt tydelig hos Sol og Jon på gruppe 4, som ikke begynte å skrive ned summene før mot slutten av økten:

Sol: Så har vi 18 her nå.

Jon: Nei

Sol: Jo

Jon: Nei, vi har 9.

Sol: Nei, det der er.. Nei, ja, vi har 9.

Jon: Hvor mye har vi her da? Vi har 13, 17. 17 minus 6, det er 11.

Sol: Da har vi 9 og 11 der da. Vi trenger.. 3.

Ettersom Sol og Jon ikke skrev ned summene var de avhengige av å huske dem. Det fungerte fordi de både samarbeidet om hoderegningen, og om å huske summene på spillbrettet. Da Sol sa at summen var 18 på den ene siden, måtte begge tenke seg godt om før de ble enige om at det var feil, fordi summen var 9. Det samme skjedde i andre tilfeller der Jon var usikker på summen på den ene siden, og stolte på at Sol husket det. De snakket godt sammen, byttet på hvem som pratet og fulgte med på hverandres utregninger. Når Sol sa at "vi trenger.. 3" hadde hun gjort en vurdering om hva som skulle til for at å løse oppgaven. Differansen mellom summene på spillbrettet var tre, og de trengte derfor en treer eller flere kort som til sammen ble tre. De gjorde vurderinger fortløpende om hvor nær de var en løsning, og arbeidet sammen for å komme dit raskest mulig. Elevene vurderte også strategiene sine, ved å se på hvilke strategier som ville få dem nærmest lik verdi på begge sidene av likhetstegnet. Et eksempel på dette er når Ole og Per på gruppe 5 snakker sammen om hvorfor kortene skal legges på de ulike sidene:

Per: Jeg tenker at vi legger begge to på siden her da.

Ole: Hæ, hva blir det? Minus 4 og pluss 8.

Per: Ja

Ole: Ja, men her har vi 3. Ja.

Per: Da får vi pluss 7, pluss 7!

Ole: Så minus, pluss 7? Har du regnet det ut?

Per: Ja.

Ole: Ok, skal vi gjøre det da?

Per: Ja, da blir det pluss 7.

Ole: Nei, det blir bedre om vi legger det på den siden.

Per: Den siden?

Ole: Ja, da blir det pluss 5, tror jeg.

Per: Ja, men da blir det pluss 4. Og den da.

Ole: Ja, men..

Per: Sånn ja!

Ole: Ja, men det blir bedre. Vi blir nærmere, tror jeg. Hvis vi legger ...

Per: Ok, vi har en, en i pluss.

Ole: Da blir det jo minus 3 her. Også.. Da blir det 5 her.

Per: Greit, da gjør vi det.

Fra utdraget ser man at elevene vurderte hvor det var best å plassere kortene. De vurderte hva det ville si å legge hvert av kortene på de ulike sidene. De fant ut at det var bedre å legge begge kortene på den ene siden, og at det førte dem nærmere likhet. Det ble understreket av den ene observatøren i den andre refleksjonssamtalen:

Mann Å: Så snakket [Ole og Per] hele tiden om hvordan de skulle holde orden på ting. Og hvordan de kunne gjøre det bedre, enn det de.. Få bedre oversikt og få det til å funke bedre enn som de hadde det allerede.

Observatøren sa at guttene på gruppe 5 var opptatt av å ha oversikt over kortene på spillbrettet, og de snakket om hvor det var best å plassere kortene de trakk inn. I tillegg nevnte observatøren at elevene diskuterte hvordan de kunne løse oppgaven bedre, og endre strategier dersom det fikk dem nærmere lik sum på begge sider av likhetstegnet. Elevene vurderte altså et forslag opp mot et annet. Det viser at elevene vurderte sitt eget arbeid underveis ved å stille spørsmål til egne løsningsstrategier, og finne ut om oppgaven kunne løses på bedre måter.

4.6 Avrundende refleksjoner

I dette kapitlet har vi presentert funnene fra analysen av elevenes arbeid i forskningstimen. Vi fant at elevene var innom alle fasene i 5E-modellen. De ble engasjerte og viste dette engasjementet gjennom språk og handling. Engasjementet førte videre til at elevene utforsket oppgaven, og i den andre fasen gjorde elevene tre oppdagelser. De oppdaget at det var klokt å skrive ned summene underveis, at de kunne legge flere kort på samme side, og

at de kunne ta vekk kort som ble null til sammen. Oppdagelsene ble i de fleste tilfellene gjort med veiledning fra læreren. Elevene fikk spørsmål om hvorfor de kunne eksempelvis ta vekk kort, og elevene ga korte og lite detaljerte forklaringer som svar. Oppgaven ble utvidet etter hvert som elevene mestret den, og i denne prosessen fikk elevene mulighet til å utvide sin forståelse, ved at de i nye oppgaver måtte ta det de hadde lært og bruke det i den nye oppgaven. Den siste fasen kom til uttrykk på tre ulike måter. Læreren involverte elevene i egenvurdering, og elevene ønsket vurdering fra læreren når de hadde løst likhetskabalene. I tillegg gjorde elevene også vurderinger av seg selv og samarbeidspartneren underveis. De hjalp hverandre til å holde orden på tallene og regningen.

5.0 Diskusjon

For å svare på problemstillingen, hvordan et utvalg elever på 7.trinn arbeider med utforsking og undersøkning i et kortspill med negative tall, vil vi diskutere funnene som ble presentert i resultatkapittelet opp mot forskning og teori. I kapittel 5.1 vil vi diskutere engasjementfasen, og i kapittel 5.2 vil vi diskutere utforsking- og forklaringsfasen sammen, fordi elevene ga forklaringer på det de hadde utforsket. Videre vil vi diskutere utvidelsesfasen i kapittel 5.3, og vurderingsfasen i kapittel 5.4. Deretter vil vi diskutere elevenes arbeid med utforsking og undersøkning opp mot ønsket utbytte av IBL i kapittel 5.5, og presenterer en oppsummering av diskusjonen i kapittel 5.6 til slutt.

5.1 Engasjement

Engasjement er et viktig aspekt innenfor IBL (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 8). Engasjementfasen er startpunktet i utforskingssyklusen, og her skal elevene engasjeres og motiveres i, samt bli nysgjerrige på, læringsaktiviteten (Bybee et al., 2006, s. 9). Det skjer gjerne i oppstarten av undervisningen, og her gjelder det for læreren å aktivisere elevene og vekke interesse for oppgaven (Bybee et al., 2006, s. 8). Ettersom elevene ble engasjerte og motivert for likhetskabalens i forskningstimen, var det en vellykket engasjementfase (Bybee et al., 2006, s. 9). I resultatkapittelet presenterte vi hvordan elevene uttrykte engasjementet i forskningstimene, og det gjorde de både med muntlig begeistring og gjennom handling.

5.1.1 Engasjement gjennom muntlig begeistring

I de to øktene ble elevenes engasjement synlig når de viste en begeistring for kortspillet. Flere elever sa at kortspillet var morsomt eller gøy, og én elev sa at det var tre ganger som gøy som vanlig. Det samsvarer med tidligere funn innenfor forskning på IBL, for i etterkant av PRIMAS-prosjektet ble det rapportert at elevene opplevde utforskende undervisning som spennende og morsomme læringsopplevelser (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 76). Elever som er engasjerte og opplever undervisningen som morsom eller gøy, vil være mer positivt innstilt til å delta i læringsaktiviteter. Funnene peker på tre faktorer som kan ha bidratt til å skape muntlig begeistring og engasjement i forskningstimen. Vi vil nå diskutere disse faktorene opp mot tidligere forskning.

Oppstarten er den første faktoren som kan ha bidratt til at elevene ble engasjerte i læringsaktiviteten. Bybee et al. (2006) skriver at man kan engasjere elevene ved å stille spørsmål eller definere et problem i oppstarten av utforskingssyklusen (s. 8). På starten av hver gjennomføring presenterte læreren problemet på en oversiktlig måte, samtidig som hun aktiviserte elevene. Læreren hadde tegnet opp et rektangel med et likhetstegn i midten, og startet med å spørre elevene hva tegnet betydde. Alle elevene var enige om at det betydde "er lik", så læreren fortsatte med å spørre hva hun kunne skrive på venstre og høyre side av likhetstegnet. I første gjennomføring foreslo en elev at læreren kunne skrive 25 på venstresiden, og da sa en annen elev at læreren kunne skrive 25 på høyresiden. I den andre gjennomføringen foreslo en elev at læreren kunne skrive tallet tre på venstresiden, og da sa en annen elev at læreren kunne skrive to pluss en på høyresiden. Her brukte læreren elevenes forkunnskaper om likhet til å vise noe av oppgavens innhold og rammer. Deretter introduserte hun kortstokken, og elevene ble presentert for problemet; hvordan kan de oppnå likhet før de har brukt opp hele kortstokken? Ved å gi elevene en utfordring, eller et problem, settes

det i gang en prosess hvor elevene får utforske og undersøke (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 798-799).

I begge gjennomføringene viste læreren ett eksempel, og ba elevene vise et annet eksempel på tavla. Under oppstarten klarte læreren å holde elevenes oppmerksomhet. Ved å engasjere elevene i selve oppstarten, fikk de en aktiv rolle i egen læring. Faren med at elevene ikke engasjeres er at de kan tro at rollen deres i klasserommet består av å passivt motta læring, som kan føre til at mange blir frakoblet og uengasjerte (Boaler, 2016, s. 173). Det unngikk læreren med sin fremtoning i oppstarten. De seks elevgruppene begynte på oppgaven straks oppstarten var over, og det viser at de var motiverte for å løse likhetskabelen. Den tydelige og engasjerende introduksjon av kortspillet gjorde at elevene ble forberedt på arbeidet, og elevene fikk dermed et godt grunnlag for å utforske oppgaven.

Kortspillet i seg selv er den andre faktoren som kan ha bidratt til at elevene ble engasjerte i læringsaktiviteten. Prensky (2001) har beskrevet 12 engasjerende elementer som inngår i digitale spill, og flere av elementene kan også gjelde for ikke-digitale spill. For eksempel er spill en form for moro og lek, det er interaktivt, og det har regler, mål, utfordringer og problemløsning. De ulike elementene gir elevene glede, involvering, aktivitet, struktur, motivasjon, adrenalin og kreativitet (Prensky, 2001). Spillet ble laget med den hensikt at elevene skulle arbeide utforskende og undersøkende, og det hadde flere vanskelighetsgrader, så det var en naturlig progresjon i spillet. I tillegg besto det av kjente elementer, som kortstokk, addisjon, hoderegning, likhet og negative tall. Likhetskabelen bygget på og nyttiggjorde elevenes forkunnskaper. I møtet mellom tidligere kunnskaper og nye situasjoner, fikk elevene brukt forkunnskapene og evnene sine på en ny måte (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 11; Artigue & Blomhøj, 2013, s. 789-799).

Andre aspekter ved likhetskabelen som kan ha vært engasjerende, var tilfeldighetene og strategisk tenkning. Det tilfeldige aspektet handlet om hvilke kort elevene trakk inn hver runde, i tillegg til hvor mange kort de måtte trekke inn når de trillet terningen(e). Den strategiske tenkningen gikk ut på at elevene måtte legge kortene på den siden som fikk de to summene nærmest likhet. Prensky (2001) nevner ikke tilfeldigheter og strategisk tenkning som elementer som gjør digitale spill engasjerende, men det kan tolkes som en del av problemløsningen. Elevene måtte være kreative for å oppdage strategier for å løse oppgaven raskere, og det kunne kompensere for tilfeldighetene i kortspillet (Prensky, 2001). I den første oppgaven gikk elevenes strategi i hovedsak ut på å plassere kortene på hver sin side, og la kortene slik at summene ble mest mulig like. Etter hvert oppdaget elevene at de kunne legge kortene på samme side, og at de kunne ta vekk kort som til sammen ble null. Etter den oppdagelsen løste elevene oppgavene mye raskere, som viser at den strategiske tenkingen var en del av problemløsningen.

En tredje faktor som kan ha bidratt til at elevene ble engasjert i læringsaktiviteten, er at elevene skulle arbeide sammen i par. Samarbeid er et av kjennetegnene på elevenes rolle innenfor IBL, og handler blant annet om at elevene skal utforske, undersøke, diskutere og komme til en logisk løsning sammen med andre (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 13). Det kan også knyttes til det sosiale aspektet ved spill, som tilsier at å spille sammen med andre er mer gøy enn å spille alene (Prensky, 2001). Siden elevene måtte løse oppgaven gjennom samarbeid, fikk de også øvd på å kommunisere. Innenfor matematikk handler kommunikasjon om å skape mening ut fra samtale med andre, "samt å formidle egne ideer, og drøfte matematiske problemer, strategier og løsninger" (Kunnskapsdepartementet, 2019,

s. 4). Elevene fikk mulighet til å skape mening i samtaler når de samarbeidet i kortspillet. I de fleste gruppene lyttet elevene til hverandres forslag, og de diskuterte hvor det var best å legge kortene. På den måten la oppgaven opp til at elevene fikk brukt matematisk språk når de snakket om mulige løsninger, som kan ha bidratt til deres utvikling av matematiske evner (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 3).

5.1.2 Engasjement gjennom handling

En måte engasjementet kom til uttrykk gjennom handling var at elevene hadde høy konsentrasjon. Læreren sa i refleksjonssamtalen at alle gruppene under den første gjennomføringen var fokuserte i 60 minutter. Elevene holdt altså konsentrasjonen hele forskningstimen. Læreren understrekte det med at ingen av elevene hadde behov for å ta en pause. Basert på det, konkluderte læreren med at det var en fengende oppgave. Gruppene i den andre gjennomføringen var også svært konsentrerte, selv om det ikke ble nevnt eksplisitt i refleksjonssamtalen. Likevel vet vi ut fra datamaterialet at gruppene tok noen pauser underveis, og at det som regel var i sammenheng med venting på læreren og en ny utfordring.

Høy konsentrasjonen kan skyldes motivasjon hos elevene, som indirekte henger sammen med innsats, konsentrasjon, utholdenhet og varierte læringsstrategier (Skaalvik & Skaalvik, 2015, s. 13). Elever med lav motivasjon vil yte mindre innsats, og motsatt vil elever yte større innsats dersom de har høy motivasjon (Skaalvik & Skaalvik, 2015, s. 13). I tillegg kan elevenes motivasjon påvirke hvor engasjerte og utholdende de er i utfordrende oppgaver (Skaalvik & Skaalvik, 2015, s. 13). Syvendeklassingene viste en motivasjon for å løse likhetskabelen. Det var et spill uten fysisk belønning, og elevene ville vinne spillet. Dermed kan det ha vært en indre motivasjon, som handler om at lærestoffet eller læringsaktiviteten er interessant i seg selv, og at deltakelse i seg selv gjør elevene glade og tilfreds (Skaalvik & Skaalvik, 2015, s. 66). Årsaken til høy konsentrasjon kan også skyldes at de ulike vanskelighetsgradene minnet om ulike nivå i den digitale spillverdenen (Prensky, 2001). Et engasjerende element med spill er mål, som gir spilleren motivasjon for å spille (Prensky, 2001). Målet i likhetskabelen var å få summen til å bli lik på begge sider av likhetstegnet, og hver gang elevene løste en oppgave, fikk de en ny og mer utfordrende oppgave. Utfordringene med ulik vanskelighetsgrad kan også være en kilde til adrenalin, som er med på å gjøre kortspillet mer engasjerende (Prensky, 2001).

En annen måte engasjementet kom til uttrykk gjennom handling på, var elevenes utholdenhet. Som nevnt påvirkes elevens motivasjon av hvor engasjerte og utholdende de er, og empirien viser at elevene fortsatte å arbeide til tross for at de gjorde feil og strevde med oppgaven (Skaalvik & Skaalvik, 2015, s. 13). I kompetansemålene i læreplanen, fra 2. til 10. trinn, står det at elevene "skal få muligheten til å prøve og feile" (Kunnskapsdepartementet, 2019), som understreker at feil regnes som del av læringsprosessen og verdsettes i den norske skolen. Å verdsette feil er også et viktig aspekt innenfor IBL, fordi feil kan få frem nye løsninger eller bidra i utvikling av forståelse (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013).

Et eksempel hentet vi fra gruppe 1, som på et tidspunkt trodde de hadde fått lik sum på begge sidene av likhetstegnet, men oppdaget at de hadde regnet feil. Det samme skjedde for flere grupper, og elevenes respons i situasjonen var at de fortsatte arbeidet og mistet ikke motivasjonen. Boaler skriver i boken *Mathematical Mindsets* om hvordan man som lærere ønsker at elevene skal gjøre feil, fordi det er det som fører til læring (2015, s. 12-13). Når elever gjør feil, får de en mulighet til å rette den opp, og feilen i seg selv fører til at hjernen

vokser (Boaler, 2015, s. 12). Det er med andre ord viktig å havne i situasjoner der man har mulighet til å gjøre feil, fordi det ligger muligheter for læring.

I de to klassene på 7. trinn, ble ikke feil sett på som et nederlag, og det gikk ikke ut over elevenes forventninger om å mestre oppgaven. Selv om de regnet feil, var de likevel engasjerte og ville løse oppgaven. Ifølge Valenta (2016) er en viktig komponent innen engasjement at elevene har tro på at de lærer av å streve, og at de ikke gir opp når de møter utfordringer (s. 24). Denne holdningen bidrar til at elevene fortsetter å arbeide når de gjør feil, og elevene viste engasjement når de valgte å fortsette, til tross for at de satt seg fast eller gjorde feil.

5.2 Utforsking og forklaring

I dette kapitlet vil vi diskutere utforskningsfasen og forklaringsfasen. Vi har valgt å sammenslå de to fasene, fordi forklaringene henger tett sammen med utforskingen og de tre oppdagelsene som elevene gjorde. Ifølge Bybee et al. (2006) skal det i denne fasen oppstå en ulikevekt, altså et skille mellom hva elevene kjenner til fra før og hva de trenger å lære. Målet er å få en likevekt, og elevene vil også kjenne på at de ønsker å gjenopprette likevekten. I utforskningsfasen er det elevenes utforsking og undersøkning som står i sentrum. Her skal elevene prøve seg frem, opptre som forskere og finne løsninger.

Forklaringsfasen er den fasen elevene går inn i når de begynner å gi mening til konseptene de lærer om. Her er målet at det matematiske konseptet skal gå fra å være ukjent eller uforståelig til det motsatte. Når elevene har forstått et konsept vil de også være i stand til å forklare det til en medelev eller læreren. Vi har ikke funn fra datamaterialet som viser hvorvidt elevene har forstått det matematiske konseptet negative tall. Det vi vil diskutere i stedet er elevenes forklaringer på to av oppdagelsene; hvorfor de kunne legge flere kort på samme side, og hvorfor de kunne ta vekk kort som var lik null.

5.2.1 Skrev ned summene underveis

Den første oppdagelsen førte til at elevene begynte å notere summene som de hadde på spillbrettet, og skriveingen hjalp dem med å holde oversikt. At elevene oppdaget behovet for å skrive ned summene på spillbrettet, henger sammen med at de trengte et hjelpemiddel for "å utvikle egne tanker" (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 4). Det holdt ikke bare å tenke høyt, men det ble viktig å visualisere hvilke verdier som lå på spillbrettet. Oppdagelsen skjedde i starten, underveis eller på slutten av forskningstimen, og det var flere elever som gjorde oppdagelsen etter den første utvidelsen med terning. Idet terningen ble introdusert, gikk elevene fra å trekke to kort hver runde til å trekke opptil seks kort.

Det ble vanskeligere å både huske hvor mye man hadde fra før, regne ut med de nye kortene og samtidig vurdere hvor det var best å legge kortene. Selv om noen av gruppene fikk oppmuntring av læreren til å skrive ned summene, var det mange som noterte på eget initiativ. Elevene som tok eget initiativ til å notere, gjorde det ut fra et behov, og arkene var utdelt for at elevene kunne benytte dem ved behov. Det er verdt å nevne at Jon og Sol på gruppe 4 skilte seg ut, siden de ikke noterte noe før den siste utvidelsen. De hadde fått jokere, og de oppdaget at det ble vanskeligere å holde oversikten. Dermed ble de enige om at de måtte notere, for å unngå å glemme summene hele tiden. Noteringen ble med andre ord brukt for å huske.

5.2.2 Kortene kunne legges på samme side

Videre fant elevene ut at de kunne legge flere kort på samme side. Noen grupper fikk veiledning, mens andre oppdaget det selv. Til å begynne med trodde elevene at de måtte legge kortene på hver sin side. Det henger sammen med at læreren viste flere eksempler på tavla der hun la et kort på venstre og et på høyre side. Det samme gjorde elevene da de fikk prøve seg på noen eksempler på tavla. Elevene oppfattet det kanskje som en regel, og det til tross for at hver gruppe hadde oppgaveteksten på bordet sitt, der det sto at kortene kunne plasseres fritt. Læreren hadde også sagt i den første gjennomføringen at de kunne velge fritt hvilken side de ville legge kortene på, men elevene oppfattet ikke beskjeden. På grunn av det, oppsto det en mulighet for læring.

Guttene på gruppe 5 spurte etter hvert om kortene de trakk inn *måtte* legges på hver sin side. Her ser man et eksempel på at elevene brukte kritisk tenkning og stilte spørsmål til spilllets antatte rammer. Kritisk tenkning handler om å stille spørsmål og vurdere oppgaven eller egne løsningsstrategier (Kunnskapsdepartementet, 2019). Ole og Per stilte spørsmål til om oppgaven kunne løses på en annen måte, fordi de så at å legge ett kort på hver side ikke var gunstig. Å stille spørsmål til de antatte rammene ble en viktig del av å ta rollen som forsker (Artigue & Blomhøj, 2013, s. 797). Elevene fikk utnyttet egen nysgjerrighet og utforskertrang i arbeidet med å løse oppgaven (Kunnskapsdepartementet, 2017). De viste at de hadde tatt på seg rollen som forskere, og gjorde det som skulle til for å finne gode løsninger. De andre gruppene fikk veiledning og hint fra læreren underveis, som blant annet stilte ulike spørsmål, som for eksempel «kan dere legge kortene hvor dere vil?», eller fortalte at det ikke var bestemt hvor de måtte legge kortene.

Funnene våre samsvarer med Klauer og Leutner sine funn fra 2007, som viser at lærerens rolle som veileder spiller en viktig rolle i elevenes utforsking og undersøkning (Bruder & Prescott, 2013, s. 817). For at elevene skal utforske og lære det de er ment å lære, så gjør de det med større suksess dersom de har veiledning, sammenlignet med ingen veiledning, ifølge Klauer og Leutner (Bruder & Prescott, 2013, s. 817). Ut fra våre funn ser vi at læreren spilte en viktig rolle i elevenes utforsking og oppdagelser. Læreren fortalte ikke elevene hva de skulle gjøre, men fungerte som en veileder, som støttet og hjalp dem der det var behov. Oppdagelsen med å legge kortene på samme side ble viktig for elevene, ettersom kabalen fikk mer fleksible rammer. Elevene fikk på den måten flere muligheter til å komme nærmere likhet. Læreren hjalp elevene ut i det Vygotsky (1978) kaller den proksimale utviklingssonen. Hvis elevene får arbeidet i den proksimale utviklingssonen, arbeider de mellom grensen for hva de kan få til alene, og grensen for hva de kan få til med veiledning fra andre. Det er i denne sonen at elevene lærer nye ting, og gjennom lærerens veiledning gjorde alle elevene oppdagelsen med å legge kortene på samme side (Vygotsky, 1978).

5.2.3 Elevene kunne ta vekk kort underveis

Den tredje oppdagelsen var at elevene kunne ta vekk kortene som nullet hverandre ut. Noen gjorde denne oppdagelsen med veiledning, og noen uten. Elevene så at dersom det var to kort som til sammen ble null, enten på venstre eller høyre side, kunne de ta vekk kortene. Spillbrettet ble mer oversiktlig når elevene tok vekk kort, og oppgaven ble på grunn av det lettere å løse. Det var tilfeller der elevene tok vekk så mange kort som nullet hverandre ut, at de sto igjen med bare ett kort på hver side. I en elevorientert undervisning er det opp til elevene selv hvordan de vil løse oppgavene. Ved at de fikk velge selv hvordan de organiserte

regnestykkene, kortene på spillbrettet og eventuell skriving, var det de som styrte læringen. Boaler gjorde en studie hvor hun fant at elevorientert undervisning bidro til at elevene hadde høyere resultat på prøver og i problemløsnings situasjoner, sammenlignet med elever som fikk lærerorientert undervisning (1998, s. 59-60). En elevorientert undervisning går ut på at elevene skal utforske og undersøke i timene. Boalers (1998) funn viser at elevorientert undervisning har stor påvirkning på elevenes læring. Vi kan trekke linjer fra hennes funn til de to øktene i vår studie, hvor elevenes utforsking stod i sentrum, og øktene inngår i kategorien elevorientert. Det var elevene som bestemte hvordan de skulle løse likhetskabalene, og læreren fungerte som en veileder, og ikke som en ekspert.

Trond og Anine forklarte oppdagelsen med at kortene som kan tas vekk, "nuller ut." Trond forsto hvorfor det var mulig, og i den korte og enkle forklaringen delte han sin forståelse med læreren. Det matematiske konseptet som denne oppdagelsen henger sammen med, er regneoperasjoner med null. Hver gang elevene setter ord på hvorfor de kan manipulere spillbrettet på denne måten, viser de at de har forståelse av konseptet. Å sette ord på matematiske konsepter ved å bruke fagbegreper, bidrar til elevenes læringsprosess (Vygotsky, 1978). Trond fikk øvd seg på å formidle egen forståelse da han forklarte til læreren, og det kan også ha hjulpet Anine med å forstå det matematiske konseptet. Situasjonen viser et eksempel på at læring skjer i samspill med andre, og at kommunikasjon spiller en sentral rolle i prosessen (Vygotsky, 1978).

5.3 Utvidelse

Utvidelsesfasen kjennetegnes ved at elevene bruker det de har lært tidligere, for eksempel det de lærte i utforskningsfasen for hver oppgave, til å utvide egen forståelse av nye situasjoner, kontekster, prosesser eller formuleringer (Bybee et al., 2006, s. 10). Utvidelsesfasen knytter dermed sammen utforsking og forklaring i møte med en ny situasjon. En ny situasjon kan være en ny oppgave eller den samme oppgaven med økt vanskelighetsgrad (Bybee et al., 2006, s. 10). For elevene i denne studien gjaldt det å bruke tidligere kunnskaper om likhet og negative tall, samt det de hadde lært underveis i arbeidet, til å forstå oppgaven som stadig økte i vanskelighetsgrad. Det var fem vanskelighetsgrader totalt, der oppgaveteksten hadde tre oppgaver og læreren la til to oppgaver underveis i forskningstimen. Siden vi ikke har data som eksplisitt viser at elevene har utvidet sin forståelse, vil vi rette fokus mot hvilke faktorer som kan ha bidratt til at elevene utvidet oppgavene.

Funnet vi presenterte i resultatkapittelet var at alle elevene tok nye utvidelser når de fikk tilbud om det. Elevene fulgte progresjonen i oppgaven, og fikk prøve seg på det samme problemet flere ganger, med ulike vanskelighetsgrader. Man kan stille spørsmål til hva det var som fikk elevene til å takke ja til tilbudene om utvidelser. Det kan henge sammen med elevenes mestringsforventning, altså at elevene hadde en forventning om å løse oppgaven (Bandura, 1997; Skaalvik & Skaalvik, 2015, s. 17). Det er vanskelig å svare på hvor forventningene kom fra, men det kan henge sammen med fire faktorer, der to av faktorene handler om elevenes tidligere erfaringer med lignende oppgaver, erfaring med mestring eller feiling (Bandura 1997; Skaalvik & Skaalvik, 2015). Erfaring med mestring kan øke forventningen om å mestre lignende oppgaver, mens feiling kan resultere i fysiologiske og emosjonelle reaksjoner, som for eksempel kaldsvette og hjerteklapp, som kan svekke forventning om mestring (Bandura, 1997; Skaalvik & Skaalvik, 2015). Ut fra datamaterialet virket det som elevene hadde en klar forventning til mestring, siden de sa ja til nye utfordringer hver gang. Likevel kan det ha vært et tegn til svakere mestringsforventning hos

Arne på gruppe 1. Etter at han og Pål hadde løst den første oppgaven spurte læreren om de ville fortsette med samme oppgave eller øke vanskelighetsgraden. Da sa Arne at Pål skulle bestemme, og Pål svarte at de kunne øke. Læreren oppfattet at en av guttene var mer tvilende, og spurte på nytt for å dobbeltsjekke. Begge guttene svarte ja, og fikk deretter utdelt terning.

En tredje faktor til elevenes mestringsforventning, er vikarierende erfaring, som vil si at elevene observerer andres suksess (Bandura, 1997). Et eksempel er Ole og Per på gruppe 5 som hadde løst den første oppgaven, og snakket med en annen gruppe som hadde fått terning. Oles respons var "Terning? Vi har ikke fått terning", og når de fikk høre at de måtte trekke opptil seks kort, uttrykte Per en liten fortvilelse. Etter at de hadde løst den første oppgaven for andre gang, ble de enige om å spørre etter terning, til tross for at de visste at de måtte trekke inn flere kort. De observerte en annen gruppe løse oppgaven, som kan tyde på at Ole og Per anså seg selv lik den andre gruppen (Bandura, 1997; Skaalvik & Skaalvik, 2015). Siden den andre gruppen hadde klart utvidelsen med terning, fikk guttene en forventning om at de også kunne mestre den samme oppgaven.

Verbal oppmuntring fra signifikante andre er en fjerde faktor til elevens mestringsforventning (Bandura, 1997). Signifikante andre er gjerne lærere eller foreldre, og oppmuntringen kan styrke elevenes tro på seg selv, som igjen kan føre til at elevene øker innsatsen i den spesifikke arbeidsoppgaven (Bandura, 1997; Skaalvik & Skaalvik, 2015). I begge gjennomføringene av forskningstimen kan lærerens oppmuntring og tillit til elevene ha påvirket deres mestringsforventning. Hun la ikke press på at elevene måtte utvide oppgaven, men lot dem velge mellom å fortsette som tidligere eller å ta neste utvidelse. Oppmuntring fra samarbeidspartneren kan også ha påvirket elevenes mestringsforventning. Selv om samarbeidspartnere ikke går under definisjonen "signifikante andre", ser vi at samarbeidspartnere hadde den samme funksjonen. For eksempel sa elevene ofte "kom igjen", "vi klarer det" og "dette her får vi til" til hverandre. Denne typen oppmuntring kan ha vært med på å gi elevene forventning om mestring.

Vi har diskutert hvordan elevenes mestringsforventning kan være grunnen til at elevene takket ja til nye utfordringer. En annen årsak til at elevene gikk videre til neste utvidelse av oppgaven kan også henge sammen med engasjement. På den ene siden kan utvidelsene ha bidratt til å opprettholde elevenes engasjement. Hver gang oppgaven startet på nytt, ble engasjementet også vekket på nytt. For eksempel tok læreren frem en terning og spurte den ene gruppen hva de trodde de skulle bruke den til. Hun forsøkte å engasjere elevene hver gang hun introduserte de nye elementene i likhetskabalene (Bybee et al., 2006). Samtidig kan elevenes engasjement ha bidratt til at elevene ville utvide oppgaven. Funnene våre viser at elevene var tydelig engasjerte, og de viste det gjennom begeistring for oppgaven, konsentrasjon og utholdenhet. Elevene hadde allerede et vekket engasjement og var aktivt motivert for læringsaktiviteten fra oppstarten av forskningstimen (Bybee et al., 2006). Derfor er det en sammensatt kobling mellom utvidelsene og elevenes engasjement.

En fordel med tilgangen til flere utvidelser er at arbeidet i forskningstimen ble tilpasset elevenes nivå. I begge gjennomføringene fikk elevene mulighet til å arbeide på nivå som var tilpasset hvert elevpar. På grunn av tilpasningen, fikk elevene, på ulike nivå, mulighet til å oppleve mestring i samme undervisningsøkt. Det samsvarer med §1-3 i Opplæringsloven (1998), der det står at opplæringen skal tilpasses forutsetningene til den enkelte elev. En utdypning av hvordan lærere skal tilpasse undervisningen står i overordnet del av læreplanen,

der det står at tilpasningen skal skje gjennom variasjon og tilpasninger innenfor fellesskapet (Kunnskapsdepartementet, 2017). Likhetskabalen la opp til variasjoner innenfor én undervisningstime, og de ulike nivåene var tilpasset elevenes nivå. I tillegg påpeker Maaß og Reitz-Koncebovski i sin beskrivelse av IBL at oppgaver skal ha autentiske spørsmål som er tilpasset elevenes nivå (2013, s. 11). Elevene fikk spørsmål som var tilpasset deres nivå, både når det gjaldt veiledning til oppdagelser og når de ble spurt om de ville ha nye utfordringer. Utvidelsene ga elevene mulighet til å utvide sin forståelse, og bidro til at alle elevene fikk undervisning som var tilpasset deres nivå.

5.4 Vurdering

Vurderingsfasen er den siste fasen i utforskingssyklusen. I denne fasen av øktene fikk elevene vurdering fra læreren, i tillegg til at de vurderte egen og den andres arbeid. Ved å involvere elevene i egenvurdering, blir de oppmuntret til å ta ansvar for egen læring (Harlen, 2013, s. 23). Vi presenterte tre funn i resultatkapittelet: For det første involverte læreren elevene i egenvurdering ved å spørre dem om de ønsket å utvide oppgaven, for eksempel spurte hun "vil dere ha enda vanskeligere?". Det andre funnet var et gjennomgående trekk i begge øktene der elevene ropte på lærer når de hadde løst oppgaven. De hadde et ønske om å få lærerens vurdering og bekreftelse. For det tredje samarbeidet elevgruppene hele timen. De holdt hverandre ansvarlige, hjalp hverandre og vurderte eget og partnerens arbeid fortløpende.

Ved å spørre elevene om de ønsket en ny utfordring, inviterte læreren til vurdering av egen forståelse og læring. På den måten oppmuntret hun dem til å ta ansvar for egen læring (Harlen, 2013, s. 23). Når elevene fikk mulighet til å ta dette valget selv, kunne læreren samtidig få et lite innblikk i elevenes motivasjon for oppgaven. Det var én interessant situasjon som oppsto hver gang læreren skulle gi en ny utfordring. Læreren spurte om elevene ville fortsette en runde til, eller om de ville ha en ny utfordring. På grunn av lærerens spørsmål, tok elevene en vurdering av egne evner, og valgte å utvide oppgaven basert på den vurderingen. Det er tydelig at elevene hadde troen på seg selv og samarbeidspartneren sin. Derfor kan vurderingen knyttes til diskusjonen i forrige kapittel (5.3 Utvidelse) om elevenes mestringsforventning.

Elevene spurte etter lærerens bekreftelse de gangene de hadde løst kabalen. De ropte lærerens navn, etterfulgt av "det gikk opp", "vi greide det" eller "vi fikk det til". Det indikerer at elevene ønsket både anerkjennelse og bekreftelse fra læreren. De ville vise frem hva de hadde klart, og de ville vite om de hadde gjort oppgaven riktig. Lærerens rolle som veileder viser seg igjen å være viktig for elevene, ikke bare fordi læreren hjelper elevene i læringsprosessene, men også som en trygg voksen som barna ønsker bekreftelse fra. Bø og Hovdenak skriver at en god relasjon mellom lærer og elev spiller en fundamental rolle i elevenes kunnskapsutvikling (2011, s. 81). Denne rollen handler ikke bare om å være en faglig veileder, for utfra studien til Bø og Hovdenaks (2011) studie var personlig støtte også et viktig kjennetegn i en god relasjon. Læreren fra forskningstimen regnet ikke over elevenes arbeid. Hun spurte elevene hva de hadde gjort, og ga elevene en ny utfordring eller stilte dem veiledende spørsmål. Uten å gi en muntlig vurdering av arbeidet, anerkjente hun at elevene hadde klart oppgaven, og den personlige støtten var verdifull for elevene.

Elevene samarbeidet med sin partner hele timen, og vurderte både den andre og seg selv fortløpende. For det første hjalp de hverandre med å holde orden på tallene. Når den ene

glemte en sum, husket den andre den. For det andre holdt de hverandre ansvarlige ved å rette på hverandre underveis, i tillegg til å rette på seg selv. På den måten vurderte de arbeidet sitt underveis i hele økten. Vurderingen var i noen tilfeller det som resulterte i en eller flere oppdagelser. Læreren var ikke direkte involvert i denne formen for vurdering, men elevene selv tok altså ansvaret med å gi hverandre formativ vurdering mens de arbeidet. Når formativ vurdering spiller en viktig rolle i læringsaktivitetene, bidrar det også til fremgang i læringen (Harlen, 2013, s. 24). Ved at elevene vurderte seg selv og strategiene de benyttet, bidro det til at de gjorde noen av de viktige oppdagelsene, som for eksempel det å legge kortene på samme side.

5.5 Ønsket utbytte av IBL

I dette kapittelet vil vi diskutere elevenes utforskning og undersøkning opp mot ønsket utbytte av IBL, slik Maaß og Reitz-Koncebovski (2013) presenterte det blant kjennetegnene til IBL. Vi vil se nærmere på hva som er målet med utforskende og undersøkende metoder i undervisningen, og diskutere hvilken effekt det har på elevene og deres læring.

Ifølge Maaß og Reitz-Koncebovski er et av de ønskede utbyttene av IBL at elevene skal utvikle utforskende sinn som er kritiske og kreative (2013, s. 8). Det vil si at elevene skal tilegne seg en måte å tenke på som er utforskende, kritisk og kreativ. Dette henger sammen med Artigue og Blomhøj sin definisjon av IBL som en tilnærming der elevene opptrer som forskere og matematikere (2013, s. 797). Elever som har utviklet et utforskende sinn, vil møte oppgaver og utfordringer med kritiske spørsmål og kreative løsninger, akkurat som en forsker. Det er et av målene med IBL, og fremgangsmetoden for å nå målet er etterligning. Hvis elevene etterligner forskeres tilnærming til utforskning og undersøkning, må de være kritiske og kreative, og de kan på den måten utvikle sitt utforskende sinn. Det er denne øvingen som bidrar til utviklingen av det utforskende sinnet. Vi fant flere eksempler i datamaterialet, blant annet i prosessen med å oppdage at det var lurt å skrive ned summene underveis. Det skjedde som et resultat av at elevene stilte spørsmål til hvordan de kunne løse oppgaven på best mulig måte. De var med andre ord kritiske. Denne oppdagelsen handlet om at elevene ønsket å løse oppgaven raskest mulig. Å skrive ned underveis ble et hjelpemiddel for å løse oppgaven, siden de kunne konsentrere seg om regnestykkene fremfor å huske tall. Elevene hadde et utforskende sinn når de stilte seg kritiske til fremgangsmetodene sine, og på grunn av det kom med alternative tilnærminger til å løse oppgaven på en bedre måte.

I tillegg til et utforskende sinn, er et ønsket utbytte at IBL skal forberede elevene på en usikker fremtid og livslang læring (Maaß & Reitz-Koncebovski, 2013, s. 8). Det handler med andre ord om å forme unge sinn, slik at de blir godt rustet til å møte de uunngåelige utfordringene som ligger i fremtiden. Det henger tett sammen med formålet med opplæringen, hvor det står at elevene skal *«utvikle kunnskap, dugleik og holdningar for å kunne meistre liva sine og for å kunne delta i arbeid og fellesskap i samfunnet. Dei skal få utfalde skaparglede, engasjement og utforskartrong»* (Kunnskapsdepartementet, 2017).

Elin og Maja uttrykte på slutten av timen at de var glade for at de måtte finne ut selv at de kunne legge kortene på samme side. Det var en kontrast til da de gjorde oppdagelsen og ble oppgitte for at læreren ikke hadde sagt noe. Senere innså de fordelene med å finne løsningen selv, og derfor ble de glade for at læreren ikke sa noe. Tilfellet var at både læreren og oppgavelappen hadde presisert at kortene kunne legges valgfritt på spillbrettet. Elevene fikk ikke med seg denne detaljen, og det ble istedenfor en mulighet for utforskning og en mulighet

til å streve med oppgaven. Å engasjere utforskertrangen på denne måten kan gi elevene en større forståelse for hvorfor en metode fungerer.

Ved å presentere elevene for situasjoner der ikke alle svarene er gitt på forhånd, vil de gjøre feil på et tidspunkt. De vil med andre ord møte usikkerhet og muligheter for læring. Ifølge Boaler er det nettopp det man ønsker, at elevene skal gjøre feil siden det kan bidra til elevenes læring (2015, s. 12). Dersom IBL skal forberede elevene på livslang læring, må de møte usikkerhet og utfordringer også i klasserommet, og ikke bare på andre arenaer i livet. I tillegg til å gjøre feil, vil elevene komme i situasjoner der de setter seg fast. Ifølge Piaget er det i disse situasjonene at ulikevekten oppstår, og når elevene setter seg fast er de akkurat der de skal være. Ulikevekten må oppstå for at elevene kan gjenopprette likevekt, en prosess som er helt essensiell for læring (Haack, 2011, i Boaler, 2015, s. 18), og et viktig element i 5E-modellen (Bybee et al., 2006, s. 9).

Når elevene får mulighet til å møte usikkerhet i trygge omgivelser, kan det bidra til å forberede dem på usikkerhet i fremtiden. De må lære seg at det er mulig å finne løsninger på vanskelige problemer, og å streve i møtet med motstand betyr ikke at spillet er over og de har tapt. Vi kan ikke forutse hvilke utfordringer samfunnet står ovenfor om 20, 40 eller 60 år. Men i tråd med formålet med opplæringen, skal vi gjøre en innsats for at elevene våre tilegner seg kunnskap, ferdigheter og holdninger som vil bære dem gjennom livet (Kunnskapsdepartementet, 2017). Basert på øvelse og utfordringer kan elevene utvikle løsningsorienterte tankesett, slik at de ser på feil og ulikevekt som noe verdifullt. Samtlige grupper oppdaget på et tidspunkt at de måtte rydde opp i systemet sitt hvis de skulle greie å løse oppgaven. Denne oppdagelsen er ikke i seg selv en løsning på problemet, men det er et hjelpemiddel for å finne en løsning.

Ut fra etterligning, øvelse og utforskning har elevene i forskningstimene vist tegn på et utforskende sinn. I tillegg har øktene gitt elevene muligheter for å gjøre feil, streve og sette seg fast, noe som kan føre til at elevene lærer mer. Disse elementene har bidratt til at elevene gjennom forskningstimene har startet, eller fortsatt på, en prosess hvor de utviklet et utforskende sinn og kan på den måten ha blitt forberedt til en usikker fremtid.

5.6 Oppsummering av diskusjonen

Vi har stilt spørsmål om hvordan et utvalg elever på 7. trinn arbeidet med utforskning og undersøking i et kortspill med negative tall, og det er med utgangspunkt i 5E-modellen, der fasene er engasjement, utforskning, forklaring, utvidelse og vurdering. Engasjement viste elevene gjennom muntlig begeistring og handling. Vi har diskutert hva som kan ha bidratt til at elevene uttrykte muntlig begeistring for kortspillet, og det var oppstarten, kortspillet i seg selv og samarbeid. I oppstarten ble elevene engasjert, aktivisert og motivert for læringsaktiviteten. Kortspillet hadde engasjerende elementer som at det var en form for moro og lek, var interaktivt, hadde regler, mål, utfordringer og problemløsning, og besto av tilfeldigheter og strategisk tenkning. Samarbeidet bidro til engasjement siden elevene fikk utforske, undersøke og diskutere strategier sammen med andre. Vi har også diskutert hva som kan ha bidratt til at elevene uttrykte engasjement gjennom handling, som kom til uttrykk som høy konsentrasjon og utholdenhet. Den høye konsentrasjonen kan skyldes elevenes indre motivasjon for å løse likhetskabalene og de ulike vanskelighetsgradene i spillet. Utholdenheten kan skyldes at elevene så på feil som en del av læringsprosessen.

Diskusjonen rundt utforsking- og forklaringsfasen ble sammenslått, siden de to fasene hang tett sammen. Undervisningen var elevorientert, og elevene fikk velge strategier selv. Elevenes utforsking og undersøkning endte med tre oppdagelser i løpet av undervisningstimen, der to av dem var koblet til strategi og den ene var koblet til et matematisk konsept. Oppdagelsene knyttet til strategi var å skrive ned summer og å legge kort på samme side av likhetstegnet, og det matematiske konseptet var at et negativt og et positivt kort med samme tall blir null til sammen. Elevenes utforsking hang tett sammen med deres evne til å stille kritiske spørsmål og vurdering av egne strategier. Læreren spilte en viktig rolle for mange av elevgruppene, siden hun veiledet og hjalp elevene i utforskingen. Forklaringene bidro til læringsprosessen, siden de fikk satt ord på ulike matematiske prosesser, men det var få forklaringer i empirien.

Utvidelsesfasen besto av å utvide oppgaven og forståelsen, og vi diskuterte hva som bidro til at elevene tok nye utfordringer hver gang de hadde muligheten. Det kan knyttes til mestringsforventning, basert på tidligere erfaringer, vikarierende erfaringer og verbal oppmuntring. I tillegg kan utvidelsene henge sammen med engasjement, siden elevene var engasjerte hele forskningstimen. Enten kan engasjementet ha ført til nye utfordringer, eller så kan de nye utfordringene ha ført til videre engasjement. Det kan også være en blanding mellom begge. Videre diskuterte vi hvilken fordel det var å ha flere utvidelser, siden forskningstimen ble mer tilpasset den enkelte elevens nivå.

Diskusjonene rundt vurderingsfasen viste at læreren la opp til egenvurdering. Elevene fikk muligheten til å ta ansvar for egen læring, som kan bidra positivt i læringssituasjonen, og som kan knyttes til elevenes mestringsforventning. I tillegg ønsket elevene å få bekreftelse fra læreren, som viste at lærerens rolle var viktig i vurderingen, men også i utforskingssyklusen generelt. Relasjonen mellom læreren og elevene påvirket elevenes utforsking og undersøkning. Deretter diskuterte vi elevenes vurdering av seg selv og samarbeidspartneren sin. Det ble en form for formativ vurdering, og det bidro til elevenes læring og progresjon i oppgaven. Til slutt diskuterte vi ønsket utbytte av IBL, der vi så hvorvidt elevene viste tegn på et utforskende sinn. Det gjorde de ut fra etterligning, øvelse og utforsking, der noen elever hadde funnet kreative løsninger til problemet og stilte kritiske spørsmål underveis. Elevene fikk også muligheten til å gjøre feil og streve, som kan ha ført til mer læring.

6.0 Avslutning

I dette kapitlet vil vi oppsummere studien kapittel 6.1, reflektere over kvaliteten på studien i kapittel 6.2 og presentere forslag til videre forskning i kapittel 6.3.

6.1 Oppsummering

I denne kvalitative casestudien har vi brukt 5E-modellen til å se på hvordan et utvalg elever på 7. trinn arbeider med utforskning og undersøkning i kortspill med negative tall. Studien vår viser at elevene i to gjennomføringer av forskningstimen gikk innom alle de fem fasene i 5E-modellen; engasjement, utforskning, forklaring, utvidelse og vurdering. Med andre ord legger likhetskabalen som undervisningsaktivitet opp til utforskning og undersøkning, og inneholder de viktigste elementene for å tilrettelegge for læring gjennom utforskning, ifølge Bybee et al. (2006) sin definisjon av utforskning. Gjennom en deduktiv og tematisk inspirert analyse fant vi at engasjementet var det som drev elevene fremover i arbeidet, og at det hang tett sammen med utforskning-, forklaring- og utvidelsesfasene. De tre fasene i midten av 5E-modellen overlappet hverandre ettersom elevene hoppet mellom utvidelse av oppgaven og utforskning og undersøkning av den nye utvidelsen, og forklaring av egne strategier eller om hvordan spillet endret seg underveis.

I studien fant vi også at flere av de ønskede utbyttene ved IBL ble utviklet eller utfordret av likhetskabalen. Elevene viste tendenser til et utforskende sinn gjennom etterligning av forskere og øving på kritisk tenkning og kreative løsninger. Elevene havnet i situasjoner hvor de ble nødt til å tenke kritisk, komme med kreative løsninger og prøve flere metoder, og de fikk øvd på å bruke og utviklet et utforskende sinn. I tillegg kan øvingen og prøvingen ha bidratt til å forberede elevene på en usikker fremtid, hvor det vil være nødvendig at elevene finner løsninger på vanskelige problemer.

6.2 Kvalitet på studien

Vi har gjennomført en kvalitativ casestudie hvor empirien er hentet fra en forskningstime utført i to ulike klasser. Ettersom vi benyttet data fra tre elevgrupper fra hver klasse, kan vi ikke generalisere funnene eller konkludere med noe utenfor den gitte situasjonen. Samtidig belyser funnene hvordan utforskende undervisning på 7. trinn kan gjennomføres. Det vil kunne være til inspirasjon for andre matematikklærere som ønsker å bruke mer utforskning og undersøkning i undervisningen sin. Spesielt med tanke på at utforskning har fått en større plass i læreplanen etter LK20 ble fastsatt.

Ettersom vi ikke har samlet inn datamaterialet selv, står vi i en situasjon der vi baserer forskningen på data som var innsamlet av noen andre. Siden vi ikke har deltatt i innsamlingen, kan vi ha et mer objektivt blikk på empirien. Vi har basert store deler av forskningen på lydopptakene fra undervisningen, og har gjennom dem fått god innsikt i elevenes muntlige aktivitet. Det betyr at vi ikke kjenner elevene, og settingen deres. Vi har informasjon om de mer abstrakte påvirkningsfaktorene, slik som stemningen i klasserommet, og hvordan elevene ble påvirket av at hele forskningsteamet var til stedet. I tillegg kan diktafonene og kameraene ha påvirket elevene.

En annen faktor som kan ha påvirket analysen vår, er at vi ikke har noe kjennskap til elevene fra før. Vi har utført analysen fra et objektivt ståsted der vi ikke hadde noen fordommer eller antakelser om elevene, og informasjonen vi har er kun hentet fra lydopptak i klasserommet,

observasjonsnotater, elevers notater og lydopptak fra forskningsteamets refleksjonssamtaler. Selv om vi ikke var fysisk til stedet, har video- og lydopptakene gitt oss muligheten til å høre og se forskningstimen gjentatte ganger, og vi har kunnet gå tilbake for å sjekke opp i ting som var utydelige underveis.

Utvalget av elever har naturligvis påvirket resultatene. Forskningsteamet tok ta lydopptak av seks elevpar, der to av parene også ble tatt videoopptak av. Dersom de hadde valgt andre elevgrupper, hadde resultatene blitt annerledes, siden elevene er unike individ. Fra de gruppene som det ikke ble gjort lydopptak av, har vi hatt tilgang på elevenes arbeidsnotater, i tillegg til at forskningsteamet snakket om dem i refleksjonssamtalene, og vi har hatt tilgang til observasjonsnotatene. Vi har valgt å se bort fra dette datamaterialet, men det kunne vært interessant å sett mer på disse gruppene.

Elevene hadde god konsentrasjon og viste utholdenhet gjennom hele øktene, som kan ha en sammenheng med at elevene fra utvalget hadde hatt forskningstimer hvert år siden de gikk på 1. trinn, og det kan ha vært med på å bygge opp både positive forventninger og engasjement i forkant av forskningstimen. Det er også nevneverdig at det var flere lærere og forskere til stede, og de observerte elevene, i tillegg til at noen grupper hadde interaksjoner med observatørene. Det er sannsynlig at elevene var bevisste på at de ble filmet eller tatt lydopptak av, og det kan ha påvirket deres konsentrasjon. Dersom elevene ikke var fokuserte, ville det fanges opp på lydopptaket og lærerne kunne høre det etter timen. For selv om elevene ikke virket veldig observante på det, kan det likevel ha vært en del av underbevissthets deres. Dermed kan elevenes engasjement ha blitt forsterket av at det var en forskningstime, og ikke vanlig undervisning, og at de ble observert og tatt lydopptak av.

6.3 Videre forskning

I denne studien har vi sett på hvordan syvendeklassinger arbeider utforskende og undersøkende i et kortspill med negative tall. Vi fant at engasjementet spilte en stor rolle i elevenes læring, utholdenhet og ønske om å bli utfordret mer. Det vi ikke har sett på er hvordan IBL på et overordnet nivå bidrar til engasjement i klasserom generelt. Dersom IBL bidrar til at engasjement og interessen for matematikkfaget generelt øker, hadde det vært et spennende funn. Det kunne derfor vært interessant å gjøre en metastudie på hvordan elevene engasjeres i forskjellige IBL-undervisninger på flere skoler og klassetrinn. En slik studie vil naturligvis være av en større skala enn vår studie, og ville krevd flere ressurser. Samtidig hadde det vist effekten av IBL, og hvis vi skal ta den dalende interessen for matematikkfaget på alvor, vil det være gode grunner til å gjennomføre en slik studie. I tillegg til at utforskning har fått større plass i norske læreplaner de siste årene, vil effekten sannsynligvis kunne vise seg om noen år. Kanskje er det engasjementet som vil være mest utslagsgivende i en slik studie, eller kanskje er det noe helt annet som er resultatet.

En annen interessant studie kunne vært å se på hva lærere i norske klasserom gjør for å legge til rette for gode IBL-økter. Hva gjør lærere for å at IBL-økter blir en suksess? I en slik studie ville det vært interessant å intervjuer lærere som bevisst har valgt å fokusere på IBL i sine klasserom, og som har drevet med det i noen år. Hvilke elementer er det som er viktige for å få en slik økt til å engasjere elevene og for at elevene skal lære? Hva er det som skal til fra lærerens side for å legge til rette for gode økter? Her er det lærernes erfaringer som forskes på og står i fokus. I tillegg kunne det vært interessant å se på lærerens funksjon som veileder, og hvordan det bidrar til elevenes utforskning og undersøkning. Hva er det med

veiledningen som bidrar til elevenes læring, og hvordan gjør disse lærerne det? Det kunne ha vært elementer i en kvalitativ studie på IBL-lærere.

En tredje mulighet til videre forskning kunne vært å sammenligne denne forskningstimen med en annen type forskningstime fra samme klasse. Hva er forskjellene og likhetene mellom de ulike forskningstimene? Hvilke forskjeller og likheter er det mellom engasjement og utforsking i de to timene? Ettersom de to klassene fra datamaterialet har hatt forskningstimer over flere år, kunne det vært interessant å se på progresjonen mellom trinnene. Enten ved å sammenligne to ulike forskningstimer med noen år mellom, eller å sammenligne alle forskningstimene som ble utført i den samme klassen. Gjennom en slik studie kan det komme frem hvordan utforskende undervisning har påvirket denne klassen spesifikt, og hvordan det kan slå ut på ulike alderstrinn. Det er altså mange muligheter med datamaterialet som er samlet inn, som fortsatt kan gi oss et dypere innblikk i hvordan utforskende og undersøkende undervisning fungerer i norske klasserom. I tillegg vil det være spennende å se om IBL får større plass i norske klasserom i fremtiden, og hva som eventuelt vil være effekten av det.

Referanseliste

- Anjani, D., Maridi, M. & Suciati, S. (2018). Inquiry Based Learning Module to Empower Cooperation Skills. *Journal of Education and Learning* DOI: <https://doi.org/10.11591/edulearn.v12i2.8268>
- Artigue, M. & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM Mathematics Education* 45, 797–810 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0506-6>
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. Freeman.
- Bicer, A., Chamberlin, S. & Perihan, C. (2020). A Meta-Analysis of the Relationship between Mathematics Achievement and Creativity. *Journal of Creative Behavior* 55(3), s. 569-590. <https://doi.org/10.1002/jocb.474>
- Boaler, J. (1998). Open and Closed Mathematics: Student Experiences and Understandings. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(1), s. 41–62. <https://doi.org/10.2307/749717>
- Boaler, J. (2015). *Mathematical mindsets. Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching*. Wiley.
- Boaler, J. (2016). Designing mathematics classes to promote equity and engagement. *The Journal of Mathematical Behavior*, 41, s. 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2015.01.002>.
- Bruder, R. & Prescott, A. (2013). Research evidence on the benefits of IBL. *ZDM Mathematics Education*, 45(6), s. 811–822. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0542-2>
- Burton, D.M. (2007). *The History of Mathematics: An Introduction* (6. utg.). McGraw-Hill.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Office of Science Education National Institutes of Health, s. 1-80.
- Bø, A.K. & Hovdenak, S.S. (2011). Faglig og personlig støtte: Om betydningen av en god relasjon mellom lærer og elev sett fra elevens ståsted. *Tidsskrift for ungdomsforskning*, 11(1). (69-85).
- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches* (4.utg). Sage.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.

- Fischer, M.H. & Rottmann, J. (2005). Do negative numbers have a place on the mental number line. *Psychology Science, Volume 47* (1), s. 22–32.
- Fuyane, N. (2021). Research Methodology Choice Dilemma: A Conceptual Note to Emerging Researchers. *International Journal of Business & Management Studies*, 2(2) (s. 29-43). ISSN: 2694-1449. <https://ijbms.net/assets/files/1615146577.pdf>
- Gleiss, M. S. & Sæther, E. (2021). *Forskningsmetode for lærerstudenter. Å utvikle ny kunnskap i forskning og praksis*. Cappelen Damm Akademisk.
- Harlen, W. (2013). Inquiry-based learning in science and mathematics. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 7(2), s. 9–33. <https://doi.org/10.26220/REV.2042>
- Hattie, J. A. C. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Kennedy, B. L. & Thornberg, R. (2018). Deduction, Induction, and Abduction. I U. Flick (red.), *The SAGE Handbook of Qualitative Data Collection* (s. 49-64). SAGE Publications Ltd.
- Kilhamn, C. (2011). Making Sense of Negative Numbers. University of Gothenburg. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1575.0649>
- Kunnskapsdepartementet (2017). *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen*. Fastsatt som forskrift ved kongelig resolusjon. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020.
- Kunnskapsdepartementet (2019). *Læreplan i matematikk 1.-10 trinn (MAT01-05)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020.
- Lervåg, A. & Melby-Lervåg, M. (2015). John Hatties Visible Learning: Ingen "hellig gral" for undervisningen. *Bedre skole*, 1/2014. <https://utdanningsforskning.no/artikler/2014/john-hatties-visible-learning-ingen-hellig-gral-for-undervisningen/>
- Lyngsnes, K. & Rismark, M. (2014). *Didaktisk arbeid*. Gyldendal.
- Mackenzie, N. & Knipe, S. (2006). Research dilemmas: Paradigms, methods and methodology. *Educational Research*, 16(2), (s. 193-205).
- Munthe, E., Helgevold, N. & Bjuland, R. (2015). *Lesson study: i utdanning og praksis*. Cappelen Damm akademisk.
- Maaß, K. & Reitz-Koncebovski, K. (red.) (2013). *Inquiry-based learning in maths and science classes*. Pädagogische Hochschule Freiburg. https://primas-project.eu/wp-content/uploads/sites/323/2017/11/primas_final_publication.pdf

- Nilsen, S. (2019). Lærerens kompetanse og elevenes læring i et inkluderende læringsmiljø. I M. H. Olsen & K. Skogen, K. (red.), *Læringspotensial* (s. 62-93). Cappelen Damm akademisk.
- Nilssen, V. (2012). *Analyse i kvalitative studier: Den skrivende forskeren*. Universitetsforlaget.
- Olaussen, B. S. (2013). Sosial kognitiv teori, i K. Ragnheidur & I. D. Hybertsen (red.), *Læring, utvikling, læringsmiljø: En innføring i pedagogisk psykologi* (s. 209-229). Fagbokforlaget.
- Olsen, M. H. (2019). Læringspotensial. I M. H. Olsen & K. Skogen, K (red.), *Læringspotensial* (s. 11-26). Cappelen Damm akademisk.
- Opplæringslova (1998). *Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa* (LOV-1998-07-17-61). Lovdata. <https://lovdata.no/lov/1998-07-17-61>
- Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. MacGraw Hill. <https://marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Game-Based%20Learning-Ch5.pdf>
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo V. (2007). *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Commission. Directorate-General for Research, Science, Economy and Society.
- Rogers, L. (2008). The History of Negative Numbers. *Nrich*. <https://nrich.maths.org/5961>
- Scruggs, T. E., Mastropieri, M. A., Bakken, J. P., & Brigham, F. J. (1993). Reading versus doing: The relative effects of textbook-based and inquiry-oriented approaches to science learning in special education classrooms. *The Journal of Special Education*, 27(1), s. 1-15.
- Skaalvik, E. M. & Skaalvik, S. (2015). *Motivasjon for læring. Teori og praksis*. Universitetsforlaget.
- Utdanningsdirektoratet (2021, 11. januar). Veilederen Spesialundervisning. <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/spesialpedagogikk/spesialundervisning/Spesialundervisning/Tilpasset-opplaring/1.3/>
- Vasrimoradi, M., Bondas, T. & Turunen, H. (2013). *Content Analysis and Thematic Analysis: Implications for Conducting a Qualitative Descriptive Study*. *Journal of Nursing & Health Sciences*, 15, s. 398-405. <https://doi.org/10.1111/nhs.12048>
- Valenta, A. (2016). Tallforståelse - anvendelse og engasjement. *Tangenten*, 4, s. 20-26.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*.
Harvard University Press.

Vedlegg 1

Dato:	Klokkeslett:	Klasse:	Antall elever:	Lærer:
Observatør:				
Tema: Matematikk. Negative tall				
Mål for timen a) Kompetansemål: utforske negative tal i praktiske situasjoner; bruke tallinje i rekning med positive og negative tal b) Elevmål: Forstå positive og negative tall og kunne regne med dem i additive situasjoner. c) Tegn på måloppnåelse: Elevene kan reflektere rundt oppgaven. Elevene kan begrunne sine meninger. Elevene kan argumentere for sine løsninger.				
Fokusområde			Observasjon	
Oppstart i lyttekrok (10 min)			Faktisk tidsbruk (klokkeslett):	
Engasjement: - I hvilken grad følger elevene med? Lytter? Svarer? - Hvilke fagbegrep bruker elevene her? (positive tall, negative tall, regneuttrykk, likhet, likninger) Tegn for forståelse: - Forstår elevene hva målet med oppgaven er? (likhet mellom verdiene på begge sider av likhetstegnet, regne med positive og negative tall)				
Gruppearbeid (30 min) – Spill i tre stadier (uten/med billedkort og terning) Faktisk tidsbruk (klokkeslett):				
Strategier under arbeidet: - Hvilke(n) strategi(er) velger de for å skape likhet? Hvordan holder de oversikt over verdiene på hver side? - Hvordan regner de? Strategier for samarbeid: - Hvordan er samarbeidet i gruppen? - Diskuterer de? Hvordan? Hva? - Stiller de hverandre oppklaringsspørsmål? - Lytter de til hverandre? Forsøker de å bli enige? Tegn for forståelse: - Skjøpper de at svarte og røde kort avgjør om tallet er negativt eller positivt? Klarer de å regne? Klarer de å holde oversikt? Bruker elevene fagspråk? Mestrer de overgangen til terninger og til billedkort? - Annet? Engasjement: - Hvor lenge klarer elevene å holde fokus på aktiviteten? Annet?				
Oppsummering (10 min) - Diskutere strategier Faktisk tidsbruk (klokkeslett):				
Engasjement: - Deltar elever aktivt i oppsummeringen? Og i refleksjoner? Tegn for forståelse: Kan de delta aktivt i diskusjon om ulike strategier? Kan de snakke om positive og negative tall?				

Frie notater:

