

Juni Loennechen Magnussen

«Et stort bang skjedde og universet ble til»

En kvalitativ studie om elevers forståelse av big bang-teorien

Masteroppgave i Lektorutdanning i realfag
Veileder: Torunn Smevik
Medveileder: Arne Stormo
Juni 2023

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



Kunnskap for en bedre verden

SAMMENDRAG

Som følge av den nye læreplanen (LK20) er ikke universet lenger en del av naturfagundervisningen på ungdomsskolen. Selv om big bang-teorien nå har blitt en del av naturfagundervisningen på Vg1, finnes det ingen andre kompetansemål som eksplisitt dreier seg om å kunne beskrive universet. Dette betyr følgelig at elevene møter big bang-teorien uten noen formelle forkunnskaper om universet. Dette kan være utfordrende, spesielt fordi big bang-teorien er et såpass abstrakt og krevende tema. Denne masteroppgaven har derfor som formål å undersøke hvilken forståelse norske Vg1-elever har av big bang-teorien.

Det har blitt brukt et fleksibelt kvalitativt forskningsdesign i dette masterprosjektet. Oppgavens problemstilling har hovedsakelig blitt besvart gjennom en skriftlig spørreundersøkelse med åpne kunnskapsspørsmål om big bang-teorien. Spørreskjemaet ble utformet på bakgrunn av tidligere forskning, og ble pilotert og revidert før den endelige spørreundersøkelsen, som ble gjennomført i to naturfagklasser på en videregående skole i Trøndelag. Det ble også gjennomført et gruppeintervju med elevenes lærere i forkant av spørreundersøkelsen. Datamaterialet fra spørreundersøkelsen ble analysert tematisk.

Basert på resultatene fra spørreundersøkelsen virker det som at elevene har en relativt god forståelse av hvordan universet ble til og utvikler seg, slik big bang-teorien beskriver det. Resultatene viser også at majoriteten av elevene klarte å referere til en eller flere observasjoner som støtter big bang-teorien. Generelt viste elevene en god forståelse for utvidelsen av universet, en av observasjonene som støtter big bang-teorien. De viste imidlertid mindre forståelse for de to andre observasjonene (grunnstoffordelingen og bakgrunnsstrålingen), da elevene ikke klarte å beskrive disse. En grunn til dette kan være at elevene har manglende kunnskaper i kjemi fra ungdomsskolen, samt at de ikke hadde fått undervisning i bølge- og strålingsfysikk før big bang-teorien ble undervist. Basert på resultatene fra spørreundersøkelsen virker det også som at flere elever har lite forkunnskaper om universet, da de forveksler begreper, som «galakser» og «planeter». Det var også to utbredte forestillinger blant elevene; 1) at big bang var en eksplosjon; 2) og at universet har et sentrum som er «der big bang skjedde».

ABSTRACT

As a consequence of the new curriculum (LK20), the universe is no longer a part of the natural science instruction in lower secondary school. Even though the big bang theory now has become a part of the natural science instruction in upper secondary school, there are no other competence aims explicitly about describing the universe. This can be difficult, especially because the big bang theory is a quite abstract and challenging subject. The purpose of this master thesis is therefore to examine upper secondary students' understanding of the big bang theory.

In this master thesis a flexible qualitative research design has been used. The thesis statement has mainly been answered through a questionnaire survey with open factual questions about the big bang theory. The questionnaire was designed on the basis of previous research, and was piloted and revised before the final survey. The final survey was carried out in two natural science classes in an upper secondary school in Trøndelag. Afterwards, the data from the survey was analyzed thematically.

Based on the results of the survey it seems that the students have a relatively good understanding of how the universe was created and how it develops, as described by the big bang theory. The results also show that the majority of the students were able to refer to one or more observations which support the big bang-theory. Generally the students showed a good understanding of the expansion of the universe, one of the observations that support the big bang theory. However, they showed less understanding of the other two observations (the abundance of the chemical elements and the cosmic background radiation), as the students were unable to describe these. This may be because the students have a lack of knowledge in chemistry from lower secondary school, and because they had not been taught wave and radiation physics before instruction in the big bang theory. Based on the results from the survey it also seems that several students have little prior knowledge about the universe as they confuse terms such as galaxies and planets. There were also two common misconceptions among the students; 1) that the big bang was an explosion; 2) and that the universe has a center which is where the big bang happened.

FORORD

Med denne masteroppgaven fullfører jeg min femårige lektorutdanning i fysikk og matematikk ved NTNU. Min interesse for universet begynte allerede i barnehagen, med boken *Min første faktabok om stjerner*. Det var denne fascinasjonen som fikk meg til å velge fysikk på videregående og, noen år senere, en utdanning innenfor fysikk. Jeg er derfor veldig takknemlig for at jeg fikk muligheten til å avslutte denne lektorutdanningen med en masteroppgave som kombinerer mitt kall for undervisning med min interesse for universet.

Jeg vil takke mine tålmodige og morsomme veiledere, Torunn Smevik og Arne Stormo, for gode og konkrete tilbakemeldinger, samt lærerike og, ikke minst, hyggelige veiledningsmøter. Videre vil jeg takke studentene som deltok i pilotarbeidet, lærerne som stilte opp som intervjupersoner og med lån av klasser, og elevene som deltok i spørreundersøkelsen. Jeg vil også takke de gode vennene jeg har fått i Trondheim - både medstudenter og roomies. En spesiell takk til min medstudent og roomie, Johanna, for å ha vært en så god støttespiller og venn det siste året. Til slutt vil jeg takke mamma, pappa, Hedda og Omar, som har støttet meg hele veien.

Nå som denne masteroppgaven er ferdig, kan jeg endelig begynne med det jeg har gledet meg til de siste fem årene - å inspirere og utdanne neste generasjon!

Trondheim, juni 2023
Juni Loennechen Magnussen

INNHALDSFORTEGNELSE

1 INNLEDNING.....	11
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	11
1.2 Begrepsavklaring.....	12
1.3 Problemstilling.....	13
1.4 Oppgavens oppbygging.....	14
2 KOSMOLOGI.....	15
2.1 Kosmologiens historie.....	15
2.1.1 De første observasjonene av galaksers hastigheter og avstander.....	16
2.1.2 Relativistiske universmodeller.....	17
2.1.3 Big bang-teorien.....	18
2.1.4 Oppdagelsen av den kosmiske bakgrunnsstrålingen.....	20
2.2 Dagens kosmologiske modell.....	21
2.2.1 Big bang.....	21
2.2.2 Utvidelsen av universet.....	22
2.2.3 Grunnstoffordelingen i universet.....	24
2.2.4 Den kosmiske bakgrunnsstrålingen.....	26
3 BIG BANG-TEORIEN I LÆREPLANEN OG LÆREBØKER.....	29
3.1 Big bang-teorien i læreplanen.....	29
3.2 Big bang-teorien i lærebøker.....	29
3.2.1 Naturfag SF.....	30
3.2.2 Kosmos SF.....	32
3.2.3 Senit SF.....	32
4 TIDLIGERE FORSKNING.....	35
4.1 Størrelser og avstander i universet.....	35
4.2 Elevers og studenters forestillinger i kosmologi.....	36
4.1.1 Trouille et al. (2013).....	36
4.1.2 Prather et al. (2002).....	38
4.1.3 Wallace et al. (2012).....	39
4.1.4 Bailey et al. (2012).....	39
4.1.5 Aretz et al. (2016).....	40
4.3 Oppsummering av tidligere forskning.....	40
5 PERSPEKTIVER PÅ LÆRING.....	43
5.1 Kognitiv konstruktivisme.....	43
5.2 Forestillinger elever tar med inn i undervisningen.....	45
5.3 Begrepsforståelse.....	47
6 METODE.....	49
6.1 Metodisk tilnærming.....	49
6.2 Utvalg.....	50
6.3 Intervju som metode.....	51

6.3.1	Gruppeintervju.....	52
6.3.2	Utforming av intervjuguide.....	53
6.3.3	Gjennomføringen av intervjuet.....	53
6.4	Spørreundersøkelse som metode.....	54
6.4.1	Definisjon av validitet.....	54
6.4.2	Utforming av spørreskjema.....	55
6.4.3	Pilotering av spørreskjema.....	59
6.4.4	Revidering av spørreskjemaet.....	60
6.4.5	Gjennomførelse av spørreundersøkelsen.....	64
6.5	Forskningens kvalitet.....	65
6.6	Etiske betraktninger.....	67
6.7	Analyse.....	68
6.7.1	Tematisk analyse.....	69
6.7.2	Digitalisering og systematisering av datamaterialet.....	69
6.7.3	Koding.....	71
6.7.4	Kodegruppering og tematisering.....	73
6.7.5	Oversikt over endelige hovedtemaer og tilhørende kodegrupper.....	74
6.7.6	Datatriangulering.....	76
7	RESULTATER.....	77
7.1	Kvantitativ oversikt.....	77
7.1.1	Big bang-teorien er teorien om hvordan universet ble dannet.....	77
7.1.2	Observasjonene som støtter big bang-teorien.....	78
7.2	Elevers forståelse av hva som var før big bang.....	79
7.2.1	Vi har ingen kunnskap om hva som var før big bang.....	80
7.2.2	Det var ingenting før big bang.....	81
7.2.3	Noe eksisterte før big bang.....	83
7.3	Forestillinger om big bang-teorien.....	85
7.3.1	Forestillingen om at big bang var en eksplosjon.....	86
7.3.2	Forestillingen om at universet må ha et sentrum som er «der big bang skjedde».....	88
7.4	Elevers forståelse av universets utvidelse.....	89
7.4.1	Utvidelsen av universet betyr at universet blir større.....	90
7.4.2	Utvidelsen av universet betyr at rommet utvider seg.....	90
7.4.3	Utvidelsen av universet betyr at planeter beveger seg vekk fra hverandre.....	91
7.4.4	Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en bolledeig til heving eller en ballong som blåses opp.....	93
7.4.5	Hubbles lov nevnes i forbindelse med utvidelsen av universet.....	94
7.4.6	Universet har hatt uendelig tetthet.....	96
7.4.7	Utvidelsen av universet betyr at vi oppdager mer av universet.....	96
7.5	Manglende forkunnskaper i naturfag.....	97
7.5.1	Manglende forkunnskaper i kjemi.....	97
7.5.2	Manglende forkunnskaper i bølge- og strålingsfysikk.....	100
7.5.3	Manglende forkunnskaper om universet.....	102
8	DISKUSJON.....	105
8.1	Elevers forståelse av big bang.....	105
8.2	Elevers forestillinger om big bang-teorien.....	107
8.2.1	Forestillingen om at big bang var en eksplosjon.....	107

8.2.2 Forestillingen om at universet har et sentrum som er «der big bang skjedde».....	108
8.3 Elevers forståelse av observasjonene som støtter big bang-teorien.....	109
8.3.1 Elevenes forståelse av bakgrunnsstrålingen.....	110
8.3.2 Elevenes forståelse av grunnstoffordelingen.....	111
8.3.3 Elevenes forståelse av utvidelsen av universet.....	111
8.4 Hvordan elevenes forkunnskaper i naturfag påvirker deres forståelse av big bang-teorien.....	113
8.4.1 Elevenes forkunnskaper i kjemi.....	113
8.4.2 Elevenes manglende forkunnskaper i bølge- og strålingsfysikk.....	114
8.4.3 Elevenes forkunnskaper om universet.....	115
8.5 Konsistens i tankegangen.....	115
8.6 Implikasjoner.....	116
8.6.1 Forslag til læreplanen.....	116
8.6.2 Forslag til lærebøker.....	117
8.6.3 Forslag til undervisning av big bang-teorien.....	117
8.6.4 Forslag til videre forskning.....	119
9 KONKLUSJON.....	121
LITTERATURLISTE.....	123
VEDLEGG.....	129
Vedlegg A: førsteutkast av spørreskjema.....	130
Vedlegg B: ferdigstilt spørreskjema.....	133
Vedlegg C: samtykkeerklæring til intervju.....	135

1 INNLEDNING

I dette kapitlet blir masteroppgaven introdusert. Bakgrunnen for oppgaven presenteres i kapittel 1.1. Videre blir en begrepsavklaring av *forestillinger* gitt i kapittel 1.2. I kapittel 1.3 blir oppgavens problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål presentert, og avslutningsvis presenteres oppgavens oppbygging i kapittel 1.4.

1.1 Bakgrunn for oppgaven

På grunn av stadig nye observasjoner og oppdagelser er astronomi, astrofysikk og kosmologi grener av fysikken i rask utvikling (Angell et al., 2019). Dette er også områder fysikkelevne synes er mest interessante, og mest relevante for hverdagen (Angell et al., 2004). Tidligere bestod deler av naturfagundervisningen på ungdomsskolen av læren om universet, gjennom følgende kompetansemål:

K1: «beskrive universet og ulike teorier for hvordan det har utviklet seg»

K2: «undersøke et emne fra utforskningen av verdensrommet, og sammenstille og presentere informasjon fra ulike kilder»

(Kunnskapsdepartementet, 2013). Som følge av fagfornyelsen ble det sistnevnte kompetansemålet (K2) imidlertid fjernet, i tillegg til at K1 ble endret og flyttet til naturfagundervisningen på Vg1. I læreplanen i naturfag etter Vg1 studieforbereende utdanningsprogram står det nå at elevene skal kunne

«beskrive big bang-teorien om hvordan universet har oppstått og utviklet seg, og gjøre rede for observasjoner som støtter denne teorien»

(Kunnskapsdepartementet, 2019). Dette kompetansemålet er mer omfattende enn K1 fra LK06, fordi elevene nå ikke bare skal kunne beskrive hvordan universet har utviklet seg, men også hvordan det har oppstått - slik big bang-teorien beskriver det. Her står det også at elevene skal kunne gjøre rede for observasjonene som støtter big bang-teorien

(Kunnskapsdepartementet, 2019). På bakgrunn av fagfornyelsen er også bølge- og strålingsfysikken, som tidligere var pensum i fysikk 1, nå en del av naturfagundervisningen på Vg1. Bølge- og strålingsfysikken som undervises på Vg1 kan kobles til to av observasjonene som støtter big bang-teorien (utvidelsen av universet og bakgrunnsstrålingen), og dette betyr følgelig at kompetansemålet som dreier seg om hvordan universet har oppstått og utviklet seg har blitt mer utfordrende etter LK20. I tillegg ble den delen av kompetansemålet som dreier seg om at elevene skal kunne «beskrive universet» fjernet, det vil si at Vg1-elever nå skal kunne beskrive big bang-teorien uten noen forkunnskaper om universet og dets bestanddeler. Big bang-teorien, og kosmologi generelt, er allerede en svært avansert gren av fysikken fordi det er så mye vi fortsatt ikke vet om universet, og som vi kanskje heller aldri kommer til å finne ut av. Dette kan følgelig medføre at big bang-teorien blir ekstra utfordrende for elever, spesielt fordi de kommer inn i klasserommet uten noen tidligere undervisning om universet. Selv om det finnes utenlandske studier av elevers og studenters forståelse av kosmologi (for eksempel Aretz et al., 2018; Bailey et al., 2012; Prather et al., 2002; Trouille et al., 2013; Wallace et al., 2012), har jeg ikke funnet noen tidligere studier om norske elevers forståelse av big bang-teorien. Som fremtidig lærer ønsker jeg derfor å undersøke hvilken forståelse norske elever har av big bang-teorien, for å kunne gi fremtidens elever et best mulig utgangspunkt for å forstå denne teorien. Jeg har valgt å undersøke elevenes forståelse i sammenheng med Piagets teori om kognitive skjemaer. I tillegg ønsket jeg å undersøke elevenes begrepsforståelse, da det er mange naturvitenskapelige begreper som brukes i forbindelse med big bang-teorien. På bakgrunn av dette har jeg kommet frem til problemstillingen og de tilhørende forskningsspørsmålene som presenteres i kapittel 1.3.

Resultatene fra de tidligere utenlandske studiene nevnt i forrige kapittel viser blant annet at det finnes noen utbredte *forestillinger* i kosmologi. Deler av denne masteroppgaven kommer derfor til å dreie seg om hvilke forestillinger norske elever har om big bang-teorien. Før oppgavens problemstilling blir presentert, kommer jeg derfor til å gi en begrepsavklaring, for å tydeliggjøre hva som menes med forestillinger i denne oppgaven.

1.2 Begrepsavklaring

Det er ikke uvanlig at elever har idéer som i varierende grad avviker fra dagens vitenskapelige teorier. I litteraturen blir disse idéene omtalt med en rekke forskjellige begreper (Angell et al., 2019). I Norge snakker vi blant annet om *hverdagsforestillinger*, *alternative forestillinger* og *misoppfatninger* (Angell et al., 2019; Haugan & Holand, 2021), og på engelsk blir begreper som *preconceptions*, *misconceptions*, *alternative framework*, *alternative conceptions*, *intuitive physics* og *student ideas* (Angell et al., 2019; Aretz et al., 2018; Bailey et al., 2012; Prather et al., 2002; Trouille et al., 2013; Wallace et al., 2012) ofte tatt i bruk. Disse begrepene har noe varierende definisjoner i litteraturen, og det er heller ikke alltid et tydelig skille mellom de ulike begrepene. Da formålet med denne oppgaven *ikke* er å bestemme en universell definisjon for de respektive begrepene (den oppgaven overlater jeg til noen andre), har jeg valgt å bruke *forestillinger* som en fellesbetegnelse for *alle* oppfatninger som ikke stemmer overens med den rådende vitenskapelige forståelse, og som har blitt utviklet gjennom formelle og/eller uformelle læringsprosesser. Dette begrepet inkluderer både forestillinger som elever har utviklet fra dagligspråket og hverdagslige erfaringer, og forestillinger som blir konstruert i løpet av undervisningen.

1.3 Problemstilling

På bakgrunn av temaet som ble valgt for dette prosjektet, ble følgende problemstilling formulert:

Hvilken forståelse har Vgl-elever av big bang-teorien?

Problemstillingen ble deretter brutt ned i fire forskningsspørsmål:

- 1) *Hvilken forståelse har elever av big bang?*
- 2) *Hvilke forestillinger har elever om big bang-teorien?*
- 3) *Hvilken forståelse har elever av observasjonene som støtter big bang-teorien?*
- 4) *Hvordan påvirker elevenes forkunnskaper i naturfag deres forståelse av big bang-teorien?*

De fire forskningsspørsmålene har blitt besvart på bakgrunn av en kvalitativ forskningsmetode, som hovedsakelig bestod av en skriftlig spørreundersøkelse med åpne kunnskapsspørsmål om big bang-teorien, som ble gjennomført i to naturfagklasser på en videregående skole i Trøndelag, et halvt år etter at elevene hadde fått undervisning om big bang-teorien.

1.4 Oppgavens oppbygging

I kapittel 1 har bakgrunnen for oppgaven, og oppgavens problemstilling blitt presentert. Videre, i kapittel 2 presenteres den faglige teorien i denne oppgaven, først med en skildring av de største oppdagelsene i kosmologiens historie, og deretter med en presentasjon av dagens kosmologiske modell. I kapittel 3 betraktes kompetansemålet som omhandler big bang-teorien. Dette kapitlet tar også for seg hvordan big bang-teorien blir presentert i tre lærebøker i naturfag for Vg1. I kapittel 4 presenteres tidligere forskning på elevers kunnskap om objektene i universet, og elevers og studenters forestillinger i kosmologi. Kapittel 5 tar for seg læringsperspektivene som har blitt benyttet i denne oppgaven, med fokus på begrepsforståelse og Piagets skjemateori. I kapittel 6 presenteres metoden for datainnsamling og analyse, og i kapittel 7 blir resultatene fra analysearbeidet presentert. Disse resultatene diskuteres opp mot tidligere forskning og teori i kapittel 8. Avslutningsvis blir det gitt en konklusjon som besvarer oppgavens problemstilling i kapittel 9.

2 KOSMOLOGI

Kosmologi er læren om universet som en helhet; hvordan det ble til og hvordan det utvikler seg (Elgarøy et al., 2022). Dagens kosmologiske modell bygger på big bang-teorien, som kort fortalt går ut på at universet for omtrent 13,8 milliarder år siden begynte å utvide seg fra en tilstand med ekstrem høy tetthet og temperatur (Elgarøy et al., 2022). I norske lærebøker i naturfag legges det særlig vekt på tre observasjoner som støtter big bang-teorien; utvidelsen av universet, grunnstoffordelingen i universet og den kosmiske bakgrunnsstrålingen. I dette kapitlet kommer jeg til å presentere de mest fundamentale prinsippene innenfor moderne kosmologi, med vekt på big bang-teorien og observasjonene som støtter denne teorien. Kapitlet innledes, i kapittel 2.1, med en presentasjon av noen av de største oppdagelsene innenfor kosmologiens historie, i et forsøk på å sette utviklingen av moderne kosmologi i et historisk perspektiv. Videre betraktes dagens kosmologiske modell i kapittel 2.2. Det er viktig å påpeke at det fortsatt er mange uløste problemer om universet og dets opprinnelse, og at big bang-teorien kun er den *beste* teorien vi har for universets utvikling (Angell et al., 2019). Som den anerkjente kosmologen Alan Guth presiserte i en av hans forelesninger på MIT (Massachusetts Institute of Technology):

«Almost everything in cosmology is controversial»

(MIT OpenCourseWare, 2014a, 1:05:05). Og med den påstanden hopper vi tilbake til 1912, året som markerer begynnelsen på den første kosmologiske revolusjonen.

2.1 Kosmologiens historie

I dette delkapitlet presenteres noen av de største oppdagelsene innenfor kosmologiens historie. Delkapitlet innledes med en presentasjon av de første observasjonene av galaksers hastigheter og avstander (2.1.1). Deretter presenteres noen relativistiske universmodeller som ble utviklet som følge av Einsteins relativitetsteori (2.1.2). Videre presenteres utviklingen av big bang-teorien, samt opprinnelsen av uttrykket *big bang* (2.1.3). Avslutningsvis betraktes

opdagelsen av den kosmiske bakgrunnsstrålingen, observasjonen som endelig «bekreftet» big bang-teorien (2.1.4).

2.1.1 De første observasjonene av galaksers hastigheter og avstander

På begynnelsen av 1900-tallet var det stor enighet blant vitenskapsmenn om at universet var statisk og evigvarende, samt begrenset til Melkeveien, galaksen vi befinner oss i (Elizalde, 2021). Det vi i dag vet er andre galakser, ble på den tiden derfor kalt stjernetaker (spiralgalakser ble kalt spiraltåker) fordi de så tåkete ut i teleskopene, og disse så ut til å være en del av Melkeveien (Hammerstrøm & Evans, 2022). I 1912 prøvde den amerikanske astronomen Vesto Slipher å finne den radielle hastigheten til spiralgalaksen Andromeda - på den tiden kalt Andromedataken - ved hjelp av dopplereffekten (Elizalde, 2021). Etter en rekke observasjoner konkluderte Slipher med at lyset fra Andromeda var blåforskjøvet (Slipher, 1912). Denne spiraltåken var, med andre ord, på vei mot oss, med en hastighet på 300 km/s ifølge Sliphers kalkulasjoner. Innen 1917 hadde Slipher beregnet de radielle hastighetene til 25 spiraltåker, og oppdaget at de aller fleste beveger seg vekk fra oss, med en gjennomsnittshastighet på 570 km/s (Slipher, 1917). Slipher konkluderte med å skrive at disse spiraltåkene trolig var analoge med vår egen galakse, som følgelig også måtte være i bevegelse. Med hans egne ord:

«It has for a long time been suggested that the spiral nebulae are stellar systems seen at great distances. This is the so-called "island universe" theory, which regards our stellar system and the Milky Way as a great spiral nebula which we see from within. This theory, it seems to me, gains favor in the present observations»

(Slipher, 1917, s. 409). Denne konklusjonen ble gjort flere år før Edwin Hubble oppdaget den berømte kefeiden i Andromedataken, som endelig bekreftet eksistensen av andre galakser utenfor Melkeveien (Elizalde, 2021).

Kefeider er en type pulserende stjerner som trekker seg sammen og ekspanderer, forholdsvis regelmessig (Evans, 2023). I 1912, samme år som Slipher først observerte galaktiske rødforskyvninger, oppdaget Henrietta Leavitt en sammenheng mellom den pulserende

perioden og lysstyrken til disse stjernene (Leavitt & Pickering, 1912). Denne sammenhengen er i dag kjent som Leavitt-loven, og ble brukt av den amerikanske astronomen Edwin Hubble i 1924 da han beregnet avstanden til Andromeda ved hjelp av en kefeide han observerte i spiralarmen på denne spiraltåken (Elizalde, 2021). Hubble oppdaget at den beregnede avstanden var mye større enn forventet, og bekreftet dermed at det man fram til da hadde kalt Andromedatåken i virkeligheten er en galakse som befinner seg utenfor Melkeveien (Elizalde, 2021). Han fastslo videre at det finnes flere slike galakser, og innen slutten av 1920-tallet hadde han oppdaget at disse galaksene fjerner seg fra oss med en hastighet som er proporsjonal med avstanden (Hubble, 1929). Men før vi ser nærmere på denne oppdagelsen, skal vi hoppe tilbake til 1915, da Albert Einstein publiserte en teori som revolusjonerte den vitenskapelige verden, og som danner grunnlaget for all moderne kosmologi; den generelle relativitetsteorien (Elizalde, 2021).

2.1.2 Relativistiske universmodeller

Den generelle relativitetsteorien kan, svært grovt, brytes ned i to deler. Den første delen er det generelle relativitetsprinsippet, som sier at fysikkens lover er universelle, og den andre delen relaterer den krumme romtiden til universets bestanddeler, dvs masse og energi (Dodelson & Schmidt, 2020). I 1917 prøvde Einstein å anvende den generelle relativitetsteorien til å konstruere en modell av universet (Elizalde, 2021). På denne tiden var han fortsatt overbevist om at universet måtte være statisk, men på grunn av tiltrekkende gravitasjon mellom masser ville en modell av et statisk univers etter hvert kollapse. Han innførte dermed en kosmologisk konstant som ville fungere som en slags *antigravitasjon*, og dermed forhindre en slik kollaps (Elizalde, 2021). Einstein innrømmet senere at innføringen av den kosmologiske konstanten var hans aller største tabbe, men i nyere tid har det imidlertid vist seg at denne konstanten kan være ekvivalent med mørk energi, og dermed forklare akselerasjonen av universets ekspansjon (Dodelson & Schmidt, 2020).

I 1922 og 1924 konstruerte den sovjetiske fysikeren Aleksander Friedmann relativistiske modeller av et ekspanderende univers med en begynnelse i en endelig fortid, og med en uendelig romlig utstrekning (Grøn & Stabell, 2023). En av disse modellene beskriver et homogent og isotropisk univers, med opphav i en singularitet, men hverken Friedmann eller noen andre påsto at denne løsningen var noe annet enn en matematisk nysgjerrighet (Bowler

& Morus, 2020). Noen år senere, i 1927, publiserte den belgiske kosmologen Georges Lemaître en fransk artikkel som på norsk oversettes til «Et homogent univers med konstant masse og økende radius som forklaring på de radielle hastighetene til tåker utenfor vår galakse» (Grøn & Stabell, 2023; Lemaître, 1927). I denne artikkelen presenterte Lemaître en revolusjonerende idé som han hadde utledet fra den generelle relativitetsteorien; universet var ekspanderende (Lemaître, 1927). Lemaître tolket rødforskyvningen av lyset fra fjerne galakser, *ikke* som en følge av at galaksene beveger seg gjennom et statisk rom, men som en følge av at selve rommet ekspanderer. I tillegg viste han at avstandene til galaksene som beveger seg fra oss er proporsjonale med hastighetene (Lemaître, 1927). Lemaîtres oppdagelser fikk imidlertid lite respons, trolig som en følge av at han valgte å publisere artikkelen i et lite kjent belgisk tidsskrift (Kragh, 2018). Dette kan ha bidratt til at det var Hubble som fikk æren for proposjonalitetsloven da han selv utledet den i 1929, to år etter Lemaître (Elizalde, 2021). Selv om Hubble aldri klarte å akseptere idéen om et ekspanderende univers, ble loven kalt Hubbles lov, og det var ikke før i 2018 at *Den internasjonale astronomiske union* endelig bestemte seg for å endre navnet til Hubble-Lemaîtres lov (Evans & Grøn, 2020).

2.1.3 Big bang-teorien

I 1931 introduserte Lemaître en ny modell, denne gangen av et ekspanderende univers med en endelig begynnelse (Lemaître, 1931a). Han argumenterte for at universet måtte ha utvidet seg fra en opprinnelig tilstand der all materie og energi var konsentrert i et enkelt atom, et *primordialt atom* eller *uratom* med ekstrem høy tetthet (Lemaître, 1931b). Lemaître mente at dette svært ustabile atomet måtte ha delt seg i mindre og mindre atomer i en slags *superradioaktiv prosess*. Dette er den aller første versjonen av big bang-teorien, og Georges Lemaître omtales derfor ofte som big bang-teoriens far (Kragh, 2018).

Lemaîtres idé om et *primordialt atom* ble imidlertid møtt med skepsis fra hans vitenskapelige kollegaer, spesielt fra kjernefysikere som George Gamow og Fred Hoyle (Elizalde, 2021). På grunn av de høye temperaturene i det tidlige universet, kunne tyngre atomer enn hydrogen, helium og litium umulig ha eksistert, og det var derfor utenkelig at alt innholdet i dagens univers opprinnelig hadde vært konsentrert i et slikt *primordialt atom*. På slutten av 1940-tallet rekonstruerte Gamow Lemaîtres modell, slik at den fikk en mer presis fysisk

mening i samsvar med datidens kunnskap om kjernefysikk (Kragh, 2013). I samarbeid med Ralph Alpher og Hans Bethe foreslo han at universet opprinnelig hadde bestått av en svært komprimert nøytrongass (Alpher et al., 1948). De argumenterte for at en hurtig ekspansjon av nøytrongassen hadde ført til at trykket og temperaturen i gassen falt, slik at nøytronene begynte å henfalle til protoner og elektroner (Alpher et al., 1948). De gjenværende nøytronene kolliderte med nydannede protoner og dannet deuteriumkjerner, og påfølgende nøytroninnfanginger resulterte i oppbyggingen av tyngre og tyngre atomkjerner (Alpher et al., 1948).

Det var ikke alle som godtok idéen om at universet måtte ha en opprinnelse, og på slutten av 1940-tallet begynte den rivaliserende steady-state-teorien å vokse frem. Denne teorien ble grunnlagt av Fred Hoyle, Hermann Bondi og Thomas Gold, og gikk ut på at universet i stor skala er likt overalt og til alle tider (Hammerstrøm & Evans, 2018). I en radiosending på BBC fra 1949 kritiserte Hoyle idéen om et univers med en endelig begynnelse, som han mente ikke var vitenskapelig:

«These theories were based on the hypothesis that all matter in the universe was created in one big bang at a particular time in the remote past»

(Kragh, 2013, s. 2.28). Fred Hoyle var ikke den første som snakket om *big bang*. Elizalde (2021) hevder blant annet at *bang* og *big bang* var vanlige uttrykk på Cambridge blant astronomer og kosmologer som forsøkte å finne drivkraften bak ekspansjonen av universet. Sir Arthur Eddington, som var spesielt fremtredende på Cambridge, hadde i 1928 allerede fastslått at han ikke trodde at denne ekspansjonen skyldtes en eksplosjon:

«As a scientist I simply do not believe that the present order of things started off with a bang»

(Eddington, 1928, s. 85). Til tross for at det ikke var Fred Hoyle som oppfant uttrykket *big bang*, var det imidlertid han som gjorde det berømt (Elizalde, 2021). Det er nokså ironisk at *big bang*-teorien ble «navngitt» av en av teoriens aller største motstandere, i et forsøk på å gjøre narr av idéen om et univers med en endelig begynnelse. Det tok derimot flere tiår før *big bang* ble et vanlig uttrykk i det vitenskapelige miljøet. (Kragh, 2013). Til tross for at *big bang* er et nokså misvisende navn, fordi den antyder at universet oppstod i en slags høylytt

eksplosjon, har dette navnet blitt værende. Det var oppdagelsen av den kosmiske bakgrunnsstrålingen i 1965 som endelig førte til at big bang-teorien ble anerkjent som den dominerende teorien for utviklingen av universet.

2.1.4 Oppdagelsen av den kosmiske bakgrunnsstrålingen

På slutten av 1940-tallet forutså Gamow, Alpher og Herman den kosmiske bakgrunnsstrålingen (Gamow, 1948a; Gamow, 1948b; Alpher & Herman, 1949). De mente at dersom det tidlige universet hadde hatt høy tetthet og varme, burde vi i dag kunne observere stråling fra denne epoken, som ifølge deres beregninger måtte ha en nåværende temperatur på omtrent 5 K. Det tok imidlertid mange år før den kosmiske bakgrunnsstrålingen faktisk ble oppdaget. I 1963 prøvde radioastronomene Arno Penzias og Robert Wilson å observere nærværet av hydrogen ved hjelp av en radioantenne (Wilson, 1978). Etter en rekke målinger utført over flere måneder var de ute av stand til å eliminere en veldig svak, men vedvarende støy som, oversatt til temperatur, var ekvivalent med 3 K, og som var lik i alle retninger, og til alle tider. Penzias og Wilson utelukket årsaker som menneskeskapt støy og stråling fra Melkeveien (Wilson, 1978). En kjent anekdote som ofte nevnes i lærebøker er at de en dag oppdaget at noen duer hadde bygget et rede i antennen, og at denne i tillegg var full av duebæsj. De spekulerte på om dette kunne ha forstyrret signalet, men etter å ha fjernet redet og rensset antennen, innså de at støyen vedvarte.

Omtrent samtidig undersøkte Robert Dicke, James Peebles og David Wilkinson fra Princeton University de forventede egenskapene til mikrobølgestrålingen fra et muligens pulserende univers som opprinnelig hadde svært høy tetthet og temperatur (Wilson, 1978). De mente at man burde kunne observere strålingen fra denne perioden, og at universet derfor måtte være fylt av svartlegemestråling med en minimumstemperatur på 10 K, ifølge deres beregninger. Princeton-gruppen besøkte Penzias og Wilson, og etter å ha sammenlignet observasjoner og teorier, fastslo de at bakgrunnsstøyen Penzias og Wilson hadde oppdaget måtte være bakgrunnsstråling fra det tidlige universet.

2.2 Dagens kosmologiske modell

I dette delkapittelet kommer jeg til å presentere dagens kosmologiske modell, som bygger big bang-teorien. For å gjøre delkapittelet mest mulig relevant for denne masteroppgaven, kommer jeg til å ha et hovedfokus på big bang (2.2.1) og tre observasjoner som støtter big bang-teorien; utvidelsen av universet (2.2.2); grunnstoffordelingen i universet (2.2.3); og den kosmiske bakgrunnsstrålingen (2.2.4). Årsaken til at jeg har valgt å presentere disse tre observasjonene er fordi det er disse som beskrives i lærebøker i naturfag. Den faglige teorien er hentet fra de to lærebøkene *Modern Cosmology* (Dodelson & Schmidt, 2020) og *An Introduction to Modern Cosmology* (Liddle, 2003). Jeg har i tillegg hentet noen norske oversettelser og definisjoner fra Store Norske Leksikon.

2.2.1 Big bang

Big bang, eller *det store smellet* som det kalles på norsk, er hendelsen da vårt univers begynte å utvide seg fra en tilstand av ekstrem tetthet og temperatur (Grøn & Elgarøy, 2021). Ifølge våre beste modeller skjedde dette for rundt 13,8 milliarder år siden. Big bang-teorien handler om hvordan universet har utviklet seg siden big bang, men denne teorien er imidlertid ikke i stand til å si noe om hvordan universet var - eller om det i det hele tatt eksisterte - før big bang (Grøn & Elgarøy, 2021). For å sitere Alan Guth:

«The scientific version of the Big Bang Theory is not really a theory of a bang.
It's really the theory of the aftermath of a bang»

(MIT OpenCourseWare, 2014, 9:18). Ved hjelp av de store partikkelakseleratorene vi har i dag (blant annet *Large Hadron Collider* i CERN) er det mulig å simulere forholdene som eksisterte tidlig i universets historie, så tidlig som 10^{-12} sekunder etter big bang (Grøn, 2023). På denne tiden bestod universet av en kosmisk opphetet plasma av elektroner, positroner, nøytrinoer, fotoner og kvarker. Før det hadde gått ett sekund, hadde temperaturen falt nok til at kvarkene kunne danne protoner og nøytroner, og i løpet av de første minuttene begynte protoner og nøytroner å slå seg sammen til lette atomkjerner. Denne perioden kalles den kosmiske nukleosyntesen, og varte i omtrent et kvarter. Etter 380 000 år hadde temperaturen i universet sunket til 3000 K, og de første nøytrale atomene ble endelig dannet. På dette tidspunktet ble universet gjennomsiktig for fotoner, og strålingen vi fanger opp når vi

observerer den kosmiske bakgrunnsstrålingen, kommer derfra fra denne tiden. Fotonene vi observerer i dag er altså budbringere fra tidlige øyeblikk i universets historie.

2.2.2 Utvidelsen av universet

Utvidelsen, eller *ekspansjonen*, av universet er en av observasjonene som støtter big bang-teorien. Fra hverdagen er vi kjent med at objekter som ekspanderer, som en forstuet ankel, Romerriket eller en bombe, blir større ved å utvide seg i rommet rundt. Ankler, imperier og bomber har sentre og kanter, og utenfor kantene finnes det rom de kan utvide seg i. Universet har imidlertid ikke et sentrum, kanter eller «noe utenfor» (Universitetet i Oslo, 2014). Da universet begynte å ekspandere, var det selve rommet som begynte å utvide seg. Big bang var altså ikke en hendelse i et spesifikt punkt, men i *alle* punkt, altså overalt.

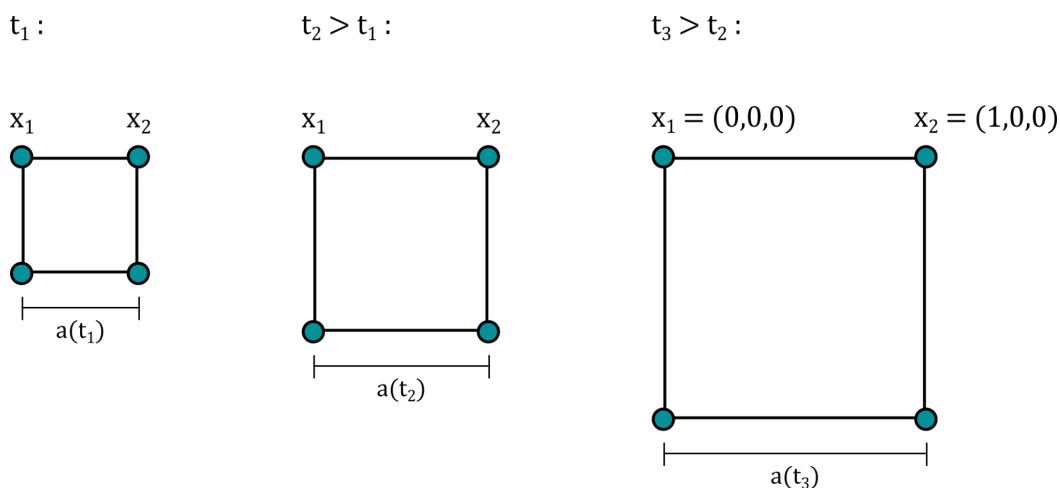
Ekspansjonen av universet kan beskrives ved hjelp av en skalafaktor, a , med en nåverdi som av praktiske årsaker settes lik 1. Vi kan se for oss at vi plasserer et rutenett i rommet, som ekspanderer uniformt med tiden, se Figur 2-1 på neste side. Punktene på rutenettet tilsvarer observatører i ro, og har de samme koordinatene under hele ekspansjonen, slik at differansen mellom koordinatene forblir konstant. Dodelson og Schmidt (2019) forklarer dette på følgende måte: «the *comoving distance* between two points - which just measures the difference between coordinates [...] remains constant.» (s. 1-2). Den fysiske avstanden mellom punktene er imidlertid proporsjonal med skalafaktoren, og vil derfor utvikle seg med tiden.

En konsekvens av universets ekspansjon er at bølgelengden λ til lys fra fjerne objekter strekkes proporsjonalt med skalafaktoren, slik at bølgelengden er større hos observatøren enn hos lyskilden. Dette omtales som den kosmiske rødforskyvningen z :

$$1 + z = \frac{\lambda_{\text{obs}}}{\lambda_{\text{emit}}} = \frac{a_{\text{obs}}}{a_{\text{emit}}} = \frac{1}{a_{\text{emit}}}.$$

Hubble-parameteren angir ekspansjonsraten til universet:

$$H(t) \equiv \frac{1}{a} \frac{da}{dt}.$$



Figur 2-1: Utvidelsen av universet. Avstanden (*comoving distance*) mellom punktene x_1 og x_2 vil alltid være lik 1. Den fysiske distansen mellom x_1 og x_2 er proporsjonal med skalafaktoren, a , så den fysiske distansen øker med tiden. Basert på figuren i Dodson & Schmidt (2019, s. 2).

H_0 angir dagens verdi av Hubble-parameteren, og defineres slik:

$$H_0 = 100 h \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} = 2.13 \times 10^{-33} \frac{\text{eV}}{\hbar} h$$

der h er et dimensjonsløst tall som ikke har noe å gjøre med Plancks konstant, og parsec er en astronomisk lengdeenhet, der en parsec er lik $3,0856 \times 10^{16}$ m. Nåværende målinger gir $h \approx 0,7$, med 5 % feilmargin.

I et ekspanderende univers er den fysiske avstanden d mellom to galakser gitt ved $d = ax$, der x er «*the comoving distance*» mellom koordinatene til de to galaksene, som forblir konstant under hele ekspansjonen. Dette medfører følgelig at $dx/dt = 0$. Den relative hastigheten v er derfor lik

$$v = \frac{d}{dt}(ax) = \frac{da}{dt} x = \frac{1}{a} \frac{da}{dt} d = H_0 d \quad (v \ll c)$$

Dette er loven som ble presentert av Lemaître og Hubble på slutten av 1920-tallet, og som i dag er kjent som Hubble-Lemaîtres lov.

2.2.3 Grunnstofffordelingen i universet

En annen observasjon som støtter big bang-teorien er grunnstoffordelingen i universet. Denne fordelingen stammer fra kjerneprosessene som foregikk i det første kvarteret av universets historie, da de letteste grunnstoffene ble dannet (Grøn, 2023). Disse kjerneprosessene betegnes som *den kosmiske nukleosyntesen*. Med kunnskapen vi har om forholdene i universet på denne tiden kan vi bruke kjernefysikk til å beskrive hvilke kjernereaksjoner som fant sted og hvilke grunnstoffer som ble dannet, samt gjøre beregninger for å finne den forventede grunnstoffordelingen i universet. Nøyaktige beregninger viser at det ble dannet rundt 77 % hydrogenkjerner (protoner), 23 % heliumkjerner og små mengder av andre lette grunnstoffer, som deuterium og litium (Grøn & Elgarøy, 2021). I dette delkapittelet kommer vi til å gjøre to forenklinger i beregningen av mengden heliumkjerner som ble produsert i den kosmiske nukleosyntesen. Vi kommer imidlertid til å se at disse forenklingene ikke fører til store avvik fra mer nøyaktige beregninger.

Før den kosmiske nukleosyntesen var temperaturen i universet for høy til at stabile atomkjerner kunne dannes; nukleonene eksisterte som frie partikler. Vi ønsker å finne forholdet mellom tettheten av nøytroner og protoner før temperaturen hadde sunket nok til at disse partiklene begynte å binde seg sammen til lette atomkjerner. Vi gjør derfor vår første forenkling ved å anta at det ikke eksisterte noen atomkjerner for temperaturer over $k_B T \approx 0,1$ MeV, med andre ord at nukleonene eksisterte som frie partikler med tettheter gitt ved Maxwell-Boltzmanns fordelingslov:

$$N \propto m^{3/2} \exp\left(-\frac{mc^2}{k_B T}\right).$$

Forholdet mellom tettheten av nøytroner og protoner som eksisterte på denne tiden, N_n/N_p blir følgende

$$\frac{N_n}{N_p} = \left(\frac{m_n}{m_p}\right)^{3/2} \exp\left[-\frac{(m_n - m_m)c^2}{k_B T}\right]$$

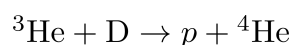
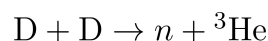
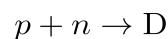
Protoner og nøytroner har omtrent samme masse, så koeffisienten i denne likningen blir tilnærmet lik 1. Så lenge temperaturen $k_B T$ overskrider differansen mellom masseenergien til protoner og nøytroner $(m_p - m_n) c^2 = 1,3 \text{ MeV}$, går den eksponentielle faktoren også mot 1. For høye temperaturer var det med andre ord omtrent like mange protoner og nøytroner i universet. De eksisterte i termisk likevekt, og reagerte via svake interaksjoner. Så lenge disse reaksjonene foregikk hurtig nok, forble nøytronene og protonene i termisk likevekt. Men da temperaturen i universet hadde sunket til $k_B T \approx 0,8 \text{ MeV}$ ble interaksjonsfrekvensen mye større enn universets alder, og forholdet mellom tettheten av nøytroner og protoner ble da

$$\frac{N_n}{N_p} \simeq \exp\left(-\frac{1.3 \text{ MeV}}{0.8 \text{ MeV}}\right) \simeq \frac{1}{5}$$

Frie nøytroner har en halveringstid på $t_{\text{halv}} = 614 \text{ s}$, og henfaller i protoner. Nøytroner som er bundet til kjerner, kan likevel være stabile dersom det ikke er nok energi til at de kan henfalle. Fra antakelsen vår tidligere, ble ingen atomkjerner dannet før temperaturen i universet hadde falt til $k_B T \approx 0,1 \text{ MeV}$. Vi må derfor finne ut hvor mange nøytroner som henfalt til protoner i perioden mellom $k_B T \approx 0,8 \text{ MeV}$ og $k_B T \approx 0,1 \text{ MeV}$. På denne tiden var universets alder $t \approx 400 \text{ s}$. Henfallet av nøytroner i denne perioden reduserte nøytrontettheten med $\exp[-\ln 2 \times t/t_{\text{halv}}]$, som gir

$$\frac{N_n}{N_p} \simeq \frac{1}{5} \times \exp\left(-\frac{400 \text{ s} \times \ln 2}{614 \text{ s}}\right) \simeq \frac{1}{8}$$

Da $k_B T \approx 0,1 \text{ MeV}$ begynte dannelsen av de letteste atomkjernene via følgende kjernereaksjoner:



De eneste isotopene som ble produsert i betydelig overflod var hydrogen, fordi det var flere protoner enn nøytroner, og at det derfor ble mange protoner til overs, og helium-4, fordi dette er det mest stabile av de lette atomkjernene. Vi gjør vår andre forenkling ved å anta at det kun var hydrogen og helium-4 som ble produsert i den kosmiske nukleosyntesen. Siden hver heliumkjerne inneholder to nøytroner, og hydrogenkjernen ikke inneholder noen, var derfor alle nøytronene innbundet i heliumkjerne, og tettheten av helium-4 ble følgelig $N_{\text{He-4}} = N_n/2$. Fordi $m_p \approx m_n$ har hver heliumkjerne omtrent fire ganger så stor masse som protonmassen, så brøken av den totale massen av helium-4 i universet, kjent som Y_4 er:

$$Y_4 \equiv \frac{2N_n}{N_n + N_p} = \frac{2}{1 + N_p/N_n} \simeq 0.22$$

Med andre ord gir disse beregningene at 22 % av den totale massen i universet er heliumkjerne. Som nevnt tidligere gir mer nøyaktige beregninger 23 %.

Målinger som har blitt gjort av grunnstoffordelingen i universet stemmer godt overens med de forventede verdiene fra den kosmiske nukleosyntesen. Spesielt stemmer big bang-modellens forutsigelser for helium-3 og helium-4 godt, men det finnes imidlertid betydelig avvik mellom teori og observasjoner for litium-7. Dette avviket kan skyldes at modellene for litiumproduksjon ikke er gode nok.

2.2.4 Den kosmiske bakgrunnsstrålingen

Den kosmiske bakgrunnsstrålingen er en tredje observasjon som støtter big bang-teorien, og som nevnt tidligere, var det observasjonen av den kosmiske bakgrunnsstrålingen som endelig «bekreftet» denne teorien. Etter den kosmiske nukleosyntesen bestod den vanlige materien i universet av protoner, elektroner, fotoner, heliumkjerne og små mengder tyngre atomkjerne. På denne tiden var temperaturen fortsatt altfor høy til at nøytrale atomer kunne eksistere. Vi sier at universet var ugjennomsiktig for elektromagnetisk stråling, fordi fotonene ikke kunne bevege seg langt før de kolliderte med de frie elektronene, en fysisk prosess som er kjent som Thomson-spredning. 380 000 år etter big bang hadde temperaturen i universet sunket til omtrent 3000 K, og temperaturen var nå lav nok til at nøytrale hydrogen- og heliumatomer kunne dannes. Denne perioden kalles *rekombinasjonen* (merk at prefikset *-re* er svært

misvisende fordi dette var første gang i universets historie at det ble dannet nøytrale atomer). Rekombinasjonen førte til at tettheten av frie elektroner sank drastisk, og at fotonene nå kunne reise uhindret gjennom universet. Det er disse fotonene som utgjør den kosmiske bakgrunnsstrålingen vi observerer i dag. Den kosmiske bakgrunnsstrålingen gir oss, med andre ord, informasjon om hvordan universet var 380 000 år etter big bang. Strålingen har en nåværende temperatur på $T_0 = 2,726 \pm 0,001$ K, med bølgelengder i millimeter- og centimeterområdet, dvs. i mikrobølgeområdet. Den kosmiske bakgrunnsstrålingen tilsvarer strålingen fra et perfekt svart legeme, og kan derfor beskrives ved Plancks strålingslov:

$$I(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left[\frac{hc}{\lambda k_B T}\right] - 1}$$

Her angir utstrålingsintensiteten I utstrålt effekt per areal per bølgelengdeintervall.

På starten av 1900-tallet oppdaget vi ørsmå temperaturforskjeller i bakgrunnsstrålingen. Disse ujevnheter gir informasjon om tetthetsvariasjonene i det tidlige universet, og hvordan disse variasjonene over tid utviklet seg til strukturer som galakser og galaksehoper.

3 BIG BANG-TEORIEN I LÆREPLANEN OG LÆREBØKER

Big bang-teorien omtales i ett av kompetansemålene i naturfag, etter Vg1 studieforbereende utdanningsprogram. Dette kompetansemålet betraktet i kapittel 3.1. Videre presenterer kapittel 3.2 en oppsummering av hvordan tre lærebøker i naturfag har behandlet dette kompetansemålet.

3.1 Big bang-teorien i læreplanen

I læreplanen i naturfag står det at elevene etter VG1 studieforbereende utdanningsprogram skal kunne

«beskrive big bang-teorien om hvordan universet har oppstått og utviklet seg, og gjøre rede for observasjoner som støtter denne teorien»

(Kunnskapsdepartementet, 2019). Kunnskapsdepartementet (2018) definerer verbet *beskrive* som «å skildre eller gjengi en opplevelse, situasjon, arbeidsprosess eller et faglig emne muntlig, skriftlig eller digitalt. Å beskrive noe kan også være å bruke relevante fagbegreper for å systematisere kunnskap om emnet». Videre defineres det å *gjøre rede for* som «å gi en faglig begrunnet forklaring av et saksforhold, en problemstilling eller noe vi skal undersøke eller gjennomføre» (Kunnskapsdepartementet, 2018). Det nevnte kompetansemålet dreier seg altså om at elevene skal kunne skildre eller gjengi big bang-teorien, blant annet ved å bruke relevante fagbegreper, og at de skal kunne gi en faglig begrunnet forklaring på observasjonene som støtter denne teorien.

3.2 Big bang-teorien i lærebøker

Dette delkapittelet presenterer hvordan de tre lærebøkene Naturfag SF (Brandt et al., 2020) (3.2.1), Kosmos SF (Heskestad et al., 2020) (3.2.2) og Senit SF (Svendsen et al., 2020)

(3.2.3) har behandlet kompetansemålet som dreier seg om big bang-teorien. Disse tre lærebøkene er utvalgt fordi jeg vet at alle disse brukes i norsk skole. Da respondentene i dette prosjektet brukte læreboka Naturfag SF (Brandt et al., 2020) i undervisningen, er det denne boka som får den mest omfattende gjennomgangen i dette kapittelet.

3.2.1 Naturfag SF

Læreboka Naturfag SF tar for seg big bang-teorien i det første kapittelet i boka; «Universet og naturvitenskapen», i delkapittelet «Hvor kommer vi fra - fra big bang til naturfagklasserommet» (Brandt et al., 2020). Denne læreboka beskriver big bang-teorien som den beste teorien vi har om universets utvikling, og defineres slik:

«Big bang-teorien er teorien om hvordan universet ble til og hvordan det har utviklet seg frem til idag».

(Brandt et al., 2020, s. 14-15). I læreboka står det at vi *ikke* kan beskrive big bang, fordi vi ikke har noen observasjoner eller fysiske teorier som kan brukes på en slik hendelse. Læreboka skriver imidlertid at de fleste forskere mener at både tiden, materien og rommet ble til i big bang, og at det derfor meningsløst å snakke om tiden *før* big bang.

I Naturfag SF står det at det var George Lemaître som først foreslo at universet ble til i et stort smell - det såkalte big bang (Brandt et al., 2020). Senere i delkapittelet står det at det blir «meningsløst å snakke om big bang som en eksplosjon der materien ble slynget ut i et tomt rom, ettersom både materien og selve rommet ble til i big bang» (Brandt et al., 2020, s. 19). Selv om læreboka ikke eksplisitt beskriver big bang som en eksplosjon, brukes ord som *smell* og *eksplosjon* i forbindelse med big bang. På grunn av denne tvetydigheten er det derfor mulig at elever som leser læreboka kan begynne å assosiere big bang med en eksplosiv hendelse. Det kan også hende at læreboka av samme grunn forsterker allerede eksisterende forestillinger om at big bang var en eksplosjon.

Naturfag SF tar for seg de tre viktigste observasjonene som støtter big bang-teorien; 1) galakser beveger seg fra oss; 2) bakgrunnsstrålingen; og 3) fordelingen av grunnstoffer i universet (Brandt et al., 2020). Det er imidlertid verdt å påpeke at den førstnevnte

observasjonen får en mye mer omfattende forklaring enn de to andre. Eksempelvis blir Hubble-Lemaître's lov (her kalt Hubbles lov) både presentert og tolket og læreboka fortsetter forklaringen av utvidelsen av universet slik:

«Det er ikke slik at de fjerne galaksene beveger seg bort fra oss gjennom et statisk rom. I stedet er det slik at det er selve rommet som utvider seg og tar galaksene med seg. [...] Galaksene ligger i ro i forhold til rommet omkring, men selve rommet ekspanderer»

(Brandt et al., 2020, s. 16). Læreboka bruker også den nokså kjente «bolledeig-analogien» i forbindelse med utvidelsen av universet. I denne analogien blir universet sammenlignet med en bolledeig med rosiner, der rosineene forestiller galakser, og selve deigen forestiller rommet mellom galaksene. Når deigen hever vil avstandene mellom rosineene øke, selv om rosineene forblir i ro, omtrent på samme måte som når rommet mellom galakser ekspanderer. Naturfag SF fremhever denne analogien med en figur av en bolledeig med rosiner i (Brandt et al., 2020, s. 16). Læreboka avslutter seksjonen om universets utvidelse med å skrive at dersom rommet utvider seg, må tettheten av den kosmiske materien ha vært større før, og at antakelsen om at universet alltid har utviklet seg følgelig må medføre at universet en gang har hatt uendelig stor tetthet.

Den neste observasjonen som blir presentert er den kosmiske bakgrunnsstrålingen. Læreboka skriver at bakgrunnsstrålingen er *varmestråling* som fyller hele universet, samt at elevene kommer til å lære mer om denne typen stråling i et senere kapittel, men at det foreløpig holder å vite at den observerte strålingen forteller oss noe om temperaturen til det vi observerer (Brandt et al., 2020, s. 17). I denne seksjonen står det ikke noe om når bakgrunnsstrålingen kommer fra, og det er derfor ikke urimelig å anta at elever som leser læreboka derfor trekker slutningen om at strålingen kommer fra big bang, spesielt fordi det står at bakgrunnsstrålingen er stråling fra universets begynnelse. I slutten av delkapittelet om big bang-teorien finnes imidlertid en slags tidslinje av universets historie, som begynner 10^{-43} sekunder etter big bang, og inneholder «de største hendelsene» i det tidlige universet, blant annet da bakgrunnsstrålingen ble dannet, 380 000 år etter big bang.

Naturfag SF tar kort for seg grunnstoffordelingen i universet (Brandt et al., 2020, s. 18-19). I hovedsak presenteres den prosentvise massefordelingen i universet, med en setning om at

denne massefordelingen stammer fra tiden rundt 30 minutter etter big bang. I den nevnte «tidslinjen» nevnes derimot enkelte «hendelser», som dannelsen av de første deuteriumkjernene, ett sekund etter big bang og da temperaturen var lav nok til at tyngre atomkjerner som helium, litium og beryllium, kunne dannes, tre minutter etter big bang. I det påfølgende kapittelet, «Kjemiske bindinger», får elevene en grundigere gjennomgang av blant annet atomer og grunnstoffer.

3.2.2 Kosmos SF

I læreboka Kosmos SF blir big bang-teorien gjennomgått i slutten av kapittel 7, «Stråling» (Heskestad et al., 2020). I denne boka blir både bølger og kjemiske bindinger behandlet i tidligere kapitler. I likhet med Naturfag SF, står det i Kosmos SF at det er umulig å vite helt sikkert om noe eksisterte før big bang, men at den mest utbredte oppfatningen blant forskere er at materie, tid og selve rommet oppsto under big bang, som her omtales som det store smellet (Heskestad et al., 2020). De tre observasjonene som støtter big bang-teorien omtales her som rødforskyvning, grunnstoffene universet består av og kosmisk bakgrunnsstråling.

I motsetning til Naturfag SF, bruker Kosmos SF begrepene *rødforskyvning* og *dopplereffekten* (som blir behandlet i kapittel 2) i forbindelse med utvidelsen av universet (Heskestad et al., 2020). Denne læreboka gir også en grundigere gjennomgang av grunnstoffordelingen, da det gis en tydelig forklaring på hvorfor den observerte mengden grunnstoffer i universet stemmer med big bang-teorien. Eksempelvis skriver læreboka at det må være mer hydrogen enn helium i universet fordi hydrogen kun har ett proton i kjernen, og at det derfor er det enkleste atomet å danne (Heskestad et al., 2020). Den kosmiske bakgrunnsstrålingen får også en grundigere forklaring, da læreboka bruker relevante begreper elevene allerede har kjennskap til (dersom boka følges i kronologisk rekkefølge).

3.2.3 Senit SF

I likhet med Kosmos SF, presenterer Senit SF big bang-teorien etter kapittelet om kjemiske bindinger, i slutten av kapittelet som dreier seg om bølger og stråling (Svendsen et al., 2020). Denne læreboka skriver at big bang var dannelsen av universet, og big bang blir også sammenlignet med en «vanlig eksplosjon». I denne boka er det også utvidelsen av universet

som får den mest omfattende forklaringen, og her brukes også begrepene *rød- og blåforskyvning* og *dopplereffekten*. Senit SF spesifiserer at det er avstandene mellom galaksene som blir større, og at stjernene innenfor de enkelte galaksene har noenlunde samme avstand fordi tyngdekraften holder dem på plass (Svendsen et al., 2020). Læreboka sammenligner også utvidelsen av universet med en ballong som blåses opp, en annen analogi som ofte brukes i undervisning. I denne analogien ligger all masse i universet på overflaten av ballongen. Dersom en tegner prikker på ballongen, som her skal forestille galakser, ser en at avstandene mellom prikkene (galaksene) øker når ballongen blåses opp. Senit SF påpeker imidlertid at denne analogien er noe upresis, da de tegnede prikkene også vil utvides når ballongen blåses opp, men at galaksene i universet ikke utvides med rommet (Svendsen et al., 2020). Læreboka presenterer derfor videre det de kaller en «bedre modell», der universet blir sammenlignet med en globus (som blåses opp) med båter (galakser) som flyter i vann på overflaten, og som er festet med hvert sitt anker.

Senit SF (Svendsen et al., 2020) forklarer grunnstoffordelingen på en nokså lignende (og lite detaljert) måte som Naturfag SF (Brandt et al., 2020). Den kosmiske bakgrunnsstrålingen får imidlertid en svært grundig forklaring i denne boka. Læreboka forklarer blant annet både *hvorfor* og *hvordan* denne strålingen ble dannet. Sammenhengen mellom temperatur og bølgelengde (eller *type* EM-stråling) blir også presentert, og læreboka skriver i tillegg at strålingen har en lavere temperatur (og lengre bølgelengde) i dag, fordi utvidelsen av universet førte til at bølgene i strålingen ble strukket, og lengre bølgelengder tilsvarer mindre energi og lavere temperatur.

4 TIDLIGERE FORSKNING

Det finnes tidligere studier av elevers og studenters forståelse av temaer som astronomi, astrofysikk og kosmologi. I dette kapittelet presenteres de studiene som betraktes som mest relevante for forskningen som ble gjort i dette masterprosjektet. Studiene er valgt på bakgrunn av hvilke metoder som har blitt brukt for datainnsamling og hvilke forskningsspørsmål som har blitt forsøkt besvart. I kapittel 4.1 presenteres en studie som omhandler hvilken kunnskap norske ungdomsskoleelever har om astronomiske objekters størrelser og avstander. Videre, i kapittel 4.2, presenteres resultater fra fem utenlandske studier som dreier seg om forestillinger innenfor kosmologi blant elever og studenter. Avslutningsvis gis en kort oppsummering av de viktigste resultatene fra studiene som har blitt presentert i kapittel 4.3.

4.1 Størrelser og avstander i universet

Rajpaul et al. (2018) undersøkte hvilken kunnskap norske ungdomsskoleelever og lærerstudenter har om størrelsene og avstandene på objektene i universet. Utvalget i denne studien bestod av 922 elever fra åtte forskjellige ungdomsskoler i Oslo-området, samt lærerstudenter (5.-10. trinn) fra Høgskolen i Oslo og Akershus. Det er kun resultatene som omhandler elevene som kommer til å bli presentert i denne oppgaven, da disse anses som mest relevante.

535 av de 922 elevene som deltok i studien var 8. klassinger som enda ikke hatt astronomiundervisning på ungdomsskolen, hvorimot de resterende var 10. klassinger som hadde hatt astronomiundervisning i forkant av studien. Resultatene viser imidlertid små forskjeller i elevenes kunnskapsnivå før og etter undervisning. Eksempelvis trodde mer enn 40 % av elevene på både 8. og 10. trinn at planeter er større enn stjerner, og mellom 15 % og 20 % hevdet at solsystemer er større enn galakser. Videre klarte mer enn to tredjedeler av elevene å gi en korrekt definisjon av universet, og litt over halvparten ga også en riktig definisjon av solsystemet. Det var betydelig færre elever som klarte å gi en riktig definisjon av begrepene *galakse*, *stjerne* og *planet*. Resultatene viser også at jo bedre kjennskap elevene

hadde til de forskjellige objektene, jo bedre presterte de da disse objektene skulle rangeres etter størrelse.

4.2 Elevers og studenters forestillinger i kosmologi

Det har blitt gjort flere utenlandske studier som undersøker elevers og studenters forestillinger i kosmologi (f.eks. Aretz et al., 2016; Bailey et al., 2012; Prather et al., 2002; Trouille et al., 2013; Wallace et al., 2012). Flesteparten av disse fokuserer på hvilke forestillinger respondentene har *i forkant av* relevant undervisning. Studiene ble stort sett gjennomført på amerikanske høyskoler eller universiteter, i introduksjonsemner i astronomi som vanligvis ikke blir tatt av realfagstudenter. Slike emner omtales ofte som «ASTRO 101», og kommer til å omtales på samme måte i denne oppgaven.

I dette delkapittelet presenteres fem av studiene som undersøker forestillinger i kosmologi. Delkapittelet innledes i kapittel 4.1.1 med en studie av Trouille et al. (2013), som undersøkte ASTRO 101-studenters forestillinger i kosmologi før og etter undervisning. Denne studien vektlegges mer enn de etterfølgende, da de etterfølgende kun undersøkte respondentenes forestillinger i forkant av undervisning. I kapittel 4.1.2 presenteres resultatene fra Prather et al. (2002), som undersøkte forestillingene blant ungdomsskoleelever, videregåendelever og studenter. Videre presenteres resultatene fra de omfattende studiene til Wallace et al. (2012) i kapittel 4.1.3, og Bailey et al. (2012) i kapittel 4.1.4. Delkapittelet avsluttes i kapittel 4.1.5 med resultatene fra Aretz et al. (2012), som undersøkte hvilke forestillinger tyske videregåendelever hadde i forkant av undervisning.

4.1.1 Trouille et al. (2013)

Trouille et al. (2013) undersøkte ASTRO 101-studenters forestillinger i kosmologi, både før og etter undervisning. Studien ble gjennomført over fem semestre, og emnet bestod både av forelesninger og laboratoriearbeid. Datamaterialet omfattet innleveringer fra 15 studenter som ble gjort ved semesterstart (forfatterne omtaler dette som «pre-course homework essays»), tre midtsemesterprøver, én avsluttende eksamen og 15 individuelle intervjuer. I den respektive artikkelen behandles kun datamaterialet fra én av midtsemesterprøvene. Både

midtsemesterprøven og den avsluttende eksamenen ble gjennomført i etterkant av undervisningen som omhandlet big bang-teorien.

77 % av studentene som nevnte big bang-teorien i innleveringen som ble gjort ved semesterstart mente at den beskriver dannelsen av universet, mens 8 % hevdet at den beskriver dannelsen av solsystemet. På midtsemesterprøven og den avsluttende eksamenen hevdet henholdsvis kun 2 % og 4 % av studentene at big bang-teorien beskriver dannelsen av solsystemet. Trouille et al. (2013) hevder at en av årsakene til at enkelte elever skrev at big bang-teorien beskriver dannelsen av solsystemet er deres feilaktige bruk av begrepene *solsystem*, *galakse* og *univers*, samt at de ikke har noen klar formening om hvordan disse begrepene er relatert. Forfatterne viser også til Simonelli og Pilachowski (2003), som skriver at det sannsynligvis ville vært færre studenter som knyttet solsystemet direkte til big bang-teorien dersom de hadde en bedre forståelse av «den kosmiske tidslinjen», eksempelvis at big bang skjedde for 13,8 milliarder år siden, og at solsystemet ble dannet 9 milliarder år senere.

En tredjedel av studentene som nevnte big bang i innleveringen, refererte til en eksplosjon. På midtsemesterprøven ble studentene gitt påstanden «Universet begynte med en gigantisk eksplosjon, omtrent som en bombe», og 96 % svarte at denne påstanden ikke var sann. Videre var det ingen av studentene på midtsemesterprøven og kun 4 % av studentene på den avsluttende eksamenen som indikerte at big bang var en eksplosjon på det åpne spørsmålet der de ble bedt om å beskrive big bang-teorien. Trouille et al. (2013) påpeker imidlertid at forestillingen om at big bang var en eksplosjon virker å være mer utfordrende å gi slipp på enn disse resultatene tilsier, basert på intervjuene som ble gjennomført i etterkant av undervisningen om big bang-teorien. Det var ingen studenter som diskuterte hvorvidt universet har et sentrum i innleveringen som ble gjort ved semesterstart. På midtsemesterprøven svarte derimot 96 % riktig på flervalgsoppgaven som dreide seg om universets sentrum, se Tabell 4-1 på neste side.

Q: According to modern ideas and observations, what can be said about the location of the center of our expanding universe?

- a. The earth is at the center
- b. The Sun is at the center
- c. The Milky Way Galaxy is at the center
- d. The universe does not have a center**

A	B	C	D
2 %	0 %	2 %	96 %

Tabell 4-1: Midtsemesterprøve. Flervalgsoppgave. Samlet resultat, N = 44. Basert på tabellen i Trouille et al. (2013), <https://doi.org/10.3847/AER2013016>.

Observasjonene som støtter big bang-teorien ble heller ikke diskutert i noen av innleveringene som ble gjort ved semesterstart. Av de fem studentene som ble intervjuet i forkant av undervisningen, svarte tre at de ikke visste om noen observasjoner, mens de to andre nevnte utvidelsen av universet og grunnstoffordelingen. Utvidelsen av universet var også den observasjonen som ble nevnt av flest studenter på det åpne spørsmålet som ble gitt på midtsemesterprøven, samt i intervjuene som ble gjennomført etter undervisning. Selv om utvidelsen av universet og bakgrunnsstrålingen ble nevnt av like mange studenter på den avsluttende eksamenen, påpeker Trouille et al. (2013) at det kun var én student som faktisk ga en riktig beskrivelse av bakgrunnsstrålingen.

4.1.2 Prather et al. (2002)

Prather et al. (2002) forsket også på forestillinger i kosmologi. Denne studien involverte 607 ungdomsskoleelever, 177 videregående elever med fysikk som programfag og 177 collegestudenter som hverken studerte realfag eller hadde hatt undervisning i kosmologi på universitetet i forkant av studien. Forfatterne er imidlertid ikke tydelige på om elevene som deltok i studien hadde hatt undervisning om big bang-teorien på skolen, og det er derfor vanskelig å si noe om forkunnskapene til disse respondentene. Resultatene fra denne studien viser at 37 % av ungdomsskoleelevene som hadde hørt om big bang-teorien hevdet at den beskriver dannelsen av universet, mens litt over en fjerdedel mente at den beskriver dannelsen av solsystemer. Videre vises det at prosentandelen av respondentene som hevdet at big bang-teorien beskriver dannelsen av universet økte med høyere klassetrinn, samt at

forestillingen om at denne teorien beskriver dannelsen av solsystemer var mindre vanlig blant videregåendeelever og collestudenter. Mer presist hevdet henholdsvis 48 % og 54 % av videregåendeelevne og collestudentene som hadde hørt om big bang-teorien at denne teorien beskriver dannelsen av universet, mens henholdsvis 28 % og 25 % mente at den beskriver dannelsen av solsystemet.

Studien inkluderte også et annet utvalg med 133 collestudenter, som heller ikke studerte realfag eller hadde hatt undervisning om kosmologi på universitetet. To tredjedeler av disse studentene indikerte at materie eksisterte før big bang, og vanlige tilleggsforklaringer var atomer, molekyler eller gasspartikler som eksisterte i et ellers tomt rom, eller eksistensen av større objekter som stjerner og planeter. Videre svarte 28 % av studentene at det ikke eksisterte noe før big bang.

4.1.3 Wallace et al. (2012)

Mer enn 2300 studenter deltok i den omfattende forskningsstudien til Wallace et al. (2012). Også denne studien ble gjennomført i et Astro 101-emne, her over tre forskjellige semestre, men datainnsamlingen foregikk i forkant av undervisning. Mer enn en fjerdedel av studentene svarte eksplisitt at universet blir større da de ble bedt om å forklare hva som menes med utvidelsen av universet. I tillegg hevdet 23 % at utvidelsen av universet betyr at vi får mer kunnskap om universet basert på nye oppdagelser. 43 % av studentene hevdet at big bang var dannelsen av universet, mens 18 % hevdet at det var dannelsen av mindre objekter, som jorda eller solsystemet. Ifølge Wallace et al. (2012) impliserte en stor andel - kanskje til og med majoriteten - av disse studentene at big bang var en eksplosjon av allerede eksisterende materie i et ellers tomt rom, på bakgrunn av antall studenter som hevdet at big bang var en eksplosjon og antall studenter som skrev at materie eksisterte før big bang. Avslutningsvis er det verdt å nevne at nokså mange studenter delte forestillingen om at universet må ha et sentrum, og at det følgelig må være der big bang skjedde.

4.1.4 Bailey et al. (2012)

I likhet med andre studier undersøkte Bailey et al. (2012) ASTRO 101-studenters forestillinger i kosmologi i forkant av undervisning. Utvalget bestod av 1270 studenter, der

over 60 % svarte at de ikke hadde hatt noe form for kosmologiundervisning tidligere. Resultatene fra denne studien viser at studentene produserte feilaktige definisjoner av begrepene *solsystem*, *galakse* og *univers*, samt at disse begrepene ofte ble forvekslet. Forestillingen om at big bang var en eksplosjon av allerede eksisterende materie var også utbredt blant halvparten av studentene som deltok i denne studien. Av observasjonene som støtter big bang-teorien ble utvidelsen av universet nevnt av flest, mens kun 1 % av studentene nevnte bakgrunnsstrålingen, og ingen nevnte grunnstoffordelingen.

4.1.5 Aretz et al. (2016)

Aretz et al. (2016) undersøkte forestillinger i kosmologi blant tyske elever på 11. og 12. trinn, i forkant av undervisning. I likhet med tidligere studier delte en stor andel (30 %) av elevene forestillingen om at big bang var en eksplosjon av allerede eksisterende materie, i tillegg til at 22 % hevdet at det var en kollisjon mellom allerede eksisterende partikler eller objekter. Utvidelsen av universet var også den observasjonen som ble nevnt av flest, mens ingen nevnte grunnstoffordelingen. På spørsmålet som dreide seg om hva som menes med utvidelsen av universet, svarte nesten halvparten av elevene at det stadig blir større, mens 13 % hevdet at det betyr nye oppdagelser og mer kunnskap. I tillegg hevdet halvparten av elevene at universet har et sentrum, mens 17 % mente det ikke finnes noe sentrum.

4.3 Oppsummering av tidligere forskning

Tidligere forskning tyder på at forestillingen om at big bang var en eksplosjon (av allerede eksisterende materie) er nokså utbredt, både blant elever og studenter. I tillegg viser det seg at enkelte har en tendens til å forveksle begreper som galakse og solsystem, eller planet og stjerne, og at dette kan føre til manglende forståelse av big bang-teorien. Utvidelsen av universet er det som oftest blir nevnt i forbindelse med observasjonene som støtter big bang-teorien, men denne forklares imidlertid ofte som at universet blir større eller at vi oppdager mer og får mer kunnskap om universet. Basert på tidligere forskning er det også svært få elever og studenter uten forkunnskaper i kosmologi som nevner bakgrunnsstrålingen, og enda færre (ofte ingen) som nevner grunnstoffordelingen. Det er viktig å påpeke at selv om flesteparten av de nevnte studiene undersøkte hvilke forestillinger respondentene hadde i forkant av undervisning, kan resultatene fra disse studiene fortsatt sammenlignes med

resultatene fra dette prosjektet. Elevene som deltok i dette prosjektet hadde nemlig kun hatt én uke med undervisning om big bang-teorien, og i tillegg hadde denne undervisningen foregått et halvt år før spørreundersøkelsen ble gjennomført. Det er også verdt å nevne at selv om studentene i studien til Trouille et al. (2013) viste mye «fremgang» i løpet av semesteret, hadde de tross alt hatt et helt semester med undervisning.

5 PERSPEKTIVER PÅ LÆRING

I dette kapitlet presenteres det didaktiske perspektivet som brukes i denne oppgaven. I kapittel 5.1 presenteres kognitiv konstruktivisme, med et fokus på skjemateorien til Jean Piaget. Kapittel 5.2 betrakter hvordan forutsetningene, forkunnskapene og forestillingene elevene tar med seg inn i undervisningen påvirker deres læring, samt hvordan elever kan utvikle forestillinger om big bang-teorien før undervisning. Avslutningsvis tar kapittel 5.3 for seg begrepsforståelse.

5.1 Kognitiv konstruktivisme

Det konstruktivistiske perspektivet dreier seg om at kunnskap ikke er noe som passivt blir overført fra lærer til elev, men noe som aktivt konstrueres av eleven (Driver et al., 1994). Innenfor læringsteori er det vanlig å skille mellom *kognitiv* (eller *individuell*) *konstruktivisme* og *sosialkonstruktivisme*. Mens kognitiv konstruktivisme har fokus på hvordan individet konstruerer kunnskap i samspill med omgivelsene, erkjenner sosialkonstruktivismen at læring foregår i en sosial kontekst (Driver et al., 1994).

Den sveitsiske psykologen og filosofen Jean Piaget (1896-1980) har hatt spesielt stor innflytelse innenfor kognitiv konstruktivisme. Piaget betraktet kunnskap som noe som hverken er medfødt eller et entydig resultat av ytre påvirkning, og som utdannet biolog sammenlignet han kognitiv utvikling med fenomenet om tilpasning mellom individ og miljø (Sjøberg, 1981). Piaget mente at læring kan forstås som en tilpasningsprosess (eller *adaptasjonsprosess*) mellom eleven og omgivelsene, der eleven tilpasses omgivelsene bedre ettersom hun lærer mer om dem (Driver, 1983; Sjøberg, 1981).

Piaget postulerte eksistensen av *kognitive skjemaer*. Han definerte slike skjemaer som «strukturer eller organiseringer av handlinger slik at de kan generaliseres av repetisjoner i lignende eller analoge omstendigheter» (Piaget & Inhelder, 1969, s. 4, egen oversettelse). Skjemaer betraktes som de grunnleggende byggsteinene for intelligent atferd; de er en måte å organisere kunnskap på. Det er imidlertid viktig å påpeke at skjemaer ikke er objektive

kopier, men *fortolkninger* av virkeligheten, da eksisterende skjemaer brukes til å tolke og forstå ny og ukjent informasjon (Skaalvik & Skaalvik, 2005). Skjemaene utvikles som et resultat av adaptasjonsprosesser, der eksisterende skjemaer endres og utvides etter behov slik at nye skjemaer dannes (Driver et al., 1994). Denne adaptasjonen blir gjort gjennom *assimilasjon* og *akkomodasjon*.

Assimilasjon foregår når eleven forsøker å tilpasse ny informasjon til allerede eksisterende skjemaer. Eleven bruker altså eksisterende skjemaer til å forstå og tolke nye og ukjente situasjoner og fenomener (Imsen, 2014). Denne prosessen styrker elevens eksisterende forståelse av virkeligheten, men bidrar derimot ikke til ny læring, da assimilasjon kun er en «anvendelse» av eksisterende skjemaer. Ifølge Sjøberg (1981) omtales assimilasjon av den grunn som en konservativ prosess. Det kan derimot hende at eleven *ikke* får den nye informasjonen til å stemme overens med eksisterende skjemaer, og at hun derfor må endre eller utvide disse skjemaene slik at de samsvarer bedre med den nye informasjonen. Dette omtales som akkomodasjon. Fordi det her er eleven som må tilpasse seg de nye erfaringene, fører akkomodasjon til at elevens forståelse av virkeligheten blir endret og utviklet (Sjøberg, 1981; Skaalvik & Skaalvik, 2005). Sjøberg (1981) omtaler derfor akkomodasjon som en progressiv prosess.

Likevekt er den tilstanden der elevens eksisterende skjemaer er i balanse med omgivelsene, når elevens forventninger, basert på tidligere kunnskap, samsvarer med nye erfaringer (Skaalvik & Skaalvik, 2005). Dersom eleven imidlertid opplever at de nye erfaringene ikke samsvarer med eksisterende skjemaer, vil det oppstå en slags *ubalanse*. Eleven blir derfor nødt til å tilpasse sine eksisterende skjemaer slik at de passer bedre med de nye erfaringene, og dette fører til at balansen eller likevekten blir gjenopprettet (Sjøberg, 2004). Gjennom denne selvregulerende prosessen av ubalanse og påfølgende likevekt blir nye skjemaer dannet og utvidet fra tidligere skjemaer (Driver, 1983). Det er denne prosessen Piaget betrakter som læring, og det er trangen til å gjenopprette likevekt han mener er drivkraften i den kognitive utviklingen (Driver, 1983; Sjøberg, 2004). Et slikt syn på læring setter eleven i en aktiv rolle, og Driver (1983) hevder at eleven derfor kan bli sett på som «arkitekten» av sin egen kunnskap.

5.2 Forestillinger elever tar med inn i undervisningen

Innenfor kognitiv konstruktivisme betraktes læring som samspillet mellom eksisterende idéer og nye erfaringer, da eleven prøver å tilpasse de nye erfaringene til allerede eksisterende skjemaer. Dette konseptet kommer frem i det nokså kjente sitatet:

«The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly»

(Ausubel, 1968, s. vi). Driver (1983) illustrerer dette prinsippet med følgende eksempel: Se for deg at du skal få besøk av en kollega. Dersom kollegaen ringer deg og forteller at han har gått seg vill på veien, vil din første reaksjon antakeligvis være å spørre hvor han er. Du vil tross alt ikke være i stand til å kunne gi en fornuftig veibeskrivelse dersom du ikke vet hvor kollegaen din befinner seg (s. 3). Tilsvarende er det nødvendig å utforme læreplaner og undervisningsopplegg der elevenes forutsetninger og forestillinger tas i betraktning, slik at læreren vet «hvor elevene befinner seg» i læreprosessen (Driver, 1983). Elevene kommer tross alt ikke inn i klasserommet som blanke ark, og det er derfor viktig at læreren har kjennskap til hvilke erfaringer og kunnskaper som må bygges videre på (Sjøberg, 2004). Det er også viktig at læreren er klar over at elevene kommer inn i klasserommet med *ulike* forutsetninger, forkunnskaper og forestillinger (Angell et al., 2019). Fordi det nye lærestoffet adapteres til elevenes eksisterende skjemaer, vil hver elev følgelig konstruere sin egen versjon av konseptet som undervises (Allen, 2020). Dette muliggjør eksistensen av et stort antall ulike forestillinger av det underviste konseptet i slutten av timen. Det er likevel viktig å påpeke at det i praksis kun er et lite antall spesifikke forestillinger som blir utviklet, fordi disse forestillingene ofte blir konstruert på samme måte.

I undervisningen av et nytt konsept vil elevene, ubevisst og automatisk, søke etter eksisterende skjemaer som samsvarer med det nye konseptet, og dette vil være en «enklere» oppgave dersom læreren har kjennskap til elevenes «utgangspunkt» eller «startsted» (Allen, 2020). Elevene vil nemlig få en mindre forståelse av det nye konseptet dersom de ikke klarer å lage egne koblinger mellom det som blir undervist og det de allerede vet (Duckworth, 1987). I slike situasjoner vil det nye konseptet hovedsakelig bli memorert og reproduisert ordrett av elevene, da de ikke klarer å koble det nye lærestoffet til eksisterende skjemaer. Ifølge Ausubel (1968) vil memorering og pugging (det han på engelsk kaller *rote learning*)

resultere i at det nye lærestoffet blir isolerte enheter, og det vil av den grunn være større fare for at de nye konseptene glemmes av elevene. Fordi disse konseptene blir isolerte enheter, vil de i tillegg hovedsakelig påvirkes av lignende konsepter som har blitt pugget på omtrent samme tidspunkt (Ausubel, 1968).

Forestillingene elevene tar med seg inn i undervisningen stammer ofte fra dagligspråket eller hverdagslige erfaringer; disse forestillingene beskriver virkeligheten slik den fremstår utenfor klasserommet (Angell et al., 2019; Sjøberg, 2004). Eksempelvis oppdaget Viennot (1979) at et betydelig antall elever har en slags intuitiv «bevegelseslov» som går ut på at kraft og hastighet er proporsjonale størrelser, det vil si at et legeme vil bevege seg i den retningen kraften virker. Denne forestillingen kan bli støttet av erfaringer fra dagliglivet. Blant annet «vet de fleste» at det kreves en større motorkraft for å øke hastigheten på en bil (Sjøberg, 2004, s. 281). En annen utbredt forestilling, som nevnes i Angell et al. (2019), og som ble støttet opp av masterprosjektet til Sanner (2019), er at energi er et stoff som kan «brukes opp». Til tross for at denne forestillingen ikke samsvarer med energibevaringsloven, hevder Angell et al. (2019) likevel at den kan være nyttig i hverdagslivet. Det å påstå at energien «blir brukt opp» istedenfor å si at den går over til en mindre tilgjengelig form vil tross alt ikke føre til noen betydelige konsekvenser i hverdagen.

Kosmologi befinner seg imidlertid «lenger unna» hverdagslivet enn andre grener av fysikken, som mekanikk, varmelære og elektronikk. Eksempelvis har de to forestillingene som ble nevnt i forrige avsnitt blitt utviklet og forsterket gjennom hverdagslige erfaringer, og disse beskriver virkeligheten til elevene, slik de oppfatter den. Big bang-teorien er derimot ikke en naturlig del av hverdagen, og det er heller ingen som har opplevd big bang. Forestillingene som elevene tar med seg inn i kosmologiundervisningen kan derfor ikke ha blitt utviklet som en følge av hverdagslige erfaringer på samme måte som de to nevnt i forrige avsnitt. Disse forestillingene kan derimot komme fra populærvitenskap, underholdning, medier eller andre mennesker. Eksempelvis har science fiction vært populært i mange år, og flere av filmene og TV-seriene som er satt i verdensrommet avviker, i ulik grad, fra de vitenskapelige teoriene. Det finnes også en betydelig mengde populærvitenskap som omhandler universet og kosmologiske fenomener. Davoust (1995) hevder imidlertid at en slik popularisering kan føre til et forvrengt bilde av fagfeltet, da det fort kan bli et «utstillingsvindu» av vitenskap fremfor deling av informasjon. Han begrunner dette med at forskere fortrinnsvis velger å vise frem vakre bilder og uforklarlige og uleselige formler eller imponerende instrumenter uten å

forklare vitenskapen bak, fordi de hevder at «publikum uansett ikke vil forstå». På den andre siden skriver han at hvem som helst kan sette pris på de vakre bildene som blir tatt av universet. Eksempelvis ble romteleskopet James Webb sendt ut i rommet julen 2021, og siden den gang har de fleste, om ikke alle, norske medier publisert noen av de fantastiske bildene som har blitt tatt med dette teleskopet. Forestillingene elevene tar med seg inn i kosmologiundervisningen kan også komme fra dagligtalen. For eksempel hevder Kragh (2012) at uttrykket *big bang* delvis oppfordrer til bilder av en urbegivenhet i form av en gigantisk eksplosjon, og at det derfor er stor enighet om at dette uttrykket er misvisende, og skaper mer forvirring enn klarhet.

5.3 Begrepsforståelse

Ifølge Wellington og Osborne (2001) kan det *naturvitenskapelige språket* være den største utfordringen elevene møter i naturfagundervisningen. Mange av begrepene som benyttes i naturfag er nemlig ukjente for elevene, både før og etter undervisning, og dette fører blant annet til at enkelte elever besvarer spørsmål i naturfag uten å ha en fullstendig forståelse av hva de prøver å formidle. En av de største utfordringene med å lære seg de naturfaglige begrepene er at mange av dem er abstrakte og ikke kan sees med det blotte øye (Mork & Erlie, 2014). *Big bang*, *rødforskyvning* og *kosmisk bakgrunnsstråling* er eksempler på slike begreper.

Bravo et al. (2006) hevder at begrepskunnskap kan spenne over et kontinuum som strekker seg fra *ingen begrepskontroll* til *passiv begrepskontroll*, og videre til mer *aktiv begrepskontroll*. Disse kontrollnivåene var utgangspunktet for rammeverket som senere ble utviklet av Haug og Ødegaard (2014). I dette rammeverket inkluderes også *lav begrepskontroll*. En elev med ingen kontroll på et begrep har hverken sett eller hørt begrepet før, hvorimot en elev med lav kontroll kan kjenne igjen begrepet, både skriftlig og muntlig (Bravo et al., 2006; Haug & Ødegaard, 2014). Passiv kontroll på et begrep betyr at eleven kan gi et synonym eller en enkel definisjon av begrepet, uten å ha en fullverdig forståelse av begrepets betydning. En elev med en aktiv begrepskontroll behersker derimot å definere begrepet, sette det i sammenheng med andre begreper og vite hvordan begrepet skal anvendes (Bravo et al., 2006; Haug & Ødegaard, 2014). Eksempelvis vil en elev med en passiv kontroll på rødforskyvningen være i stand til å definere begrepet og knytte det til bølger. Dersom

eleven imidlertid klarer å koble det til andre naturvitenskapelige begreper, som dopplereffekten og bølgelengde, og klarer å anvende begrepet, eksempelvis i sammenheng med utvidelsen av universet, vil hun ha en aktiv begrepskontroll.

6 METODE

I dette kapitlet presenteres hvilke metoder som har blitt brukt for å undersøke elevers forståelse av big bang-teorien. I kapittel 6.1 presenteres den metodiske tilnærmingen som har blitt brukt i dette masterprosjektet. Videre blir utvalget presentert i kapittel 6.2. I kapittel 6.3 betraktes intervju som metode. Det primære datamaterialet ble samlet inn gjennom en skriftlig spørreundersøkelse, og utformingen og gjennomførelsen av spørreundersøkelsen blir presentert i kapittel 6.4. I kapittel 6.5 diskuteres forskningens kvalitet, og de etiske betraktningene som har blitt gjort presenteres i kapittel 6.6. Avslutningsvis blir analyseprosessen av datamaterialet presentert i kapittel 6.7.

6.1 Metodisk tilnærming

I dette masterprosjektet ble det brukt et fleksibelt kvalitativt forskningsdesign. Ifølge Robson og McCartan (2016) begynner prosjekter med slike forskningsdesign ofte med en enkel idé eller et problem som forskeren søker å forstå. I dette tilfellet ønsket jeg å undersøke elevers forståelse av big bang-teorien. Det ble tidlig bestemt at det primære datamaterialet skulle bli samlet inn gjennom en skriftlig spørreundersøkelse med åpne kunnskapsspørsmål om big bang-teorien. Jeg ønsket nemlig å inkludere så mange respondenter som mulig i dette prosjektet, for å få et tydeligere bilde av elevers forståelse av big bang-teorien. I tillegg dreide et av forskningsspørsmålene seg om hvilke forestillinger elever har innenfor kosmologi, og et større utvalg muliggjorde naturligvis flere ulike forestillinger. Med den begrensede tidsrammen i dette prosjektet, ble det derfor naturlig å velge en skriftlig spørreundersøkelse som metode for datainnsamling, da skriftlige spørreundersøkelser er en effektiv metode for innsamling av større mengder data (Robson & McCartan, 2016).

Underveis i prosjektet, før spørreundersøkelsen ble gjennomført, innså jeg at det i tillegg ville være hensiktsmessig med et lærerperspektiv. Jeg ønsket å undersøke den faglige bakgrunnen til respondentenes lærere, deres egen forståelse av big bang-teorien, og hvordan undervisningen av dette temaet hadde foregått, da dette er faktorer som naturligvis kan ha påvirket elevenes forståelse av big bang-teorien. Jeg ønsket også å få en innsikt i hvilke

inntrykk lærerne hadde av elevenes forståelse, samt om de hadde oppdaget noen forestillinger elevene hadde innenfor kosmologi. Den skriftlige spørreundersøkelsen ble utført i to naturfagklasser på en videregående skole i Trøndelag, og i forkant av denne ble det derfor gjennomført et gruppeintervju med lærerne i de to klassene.

I dette prosjektet ble det brukt kvalitative metoder for datainnsamling, da både datamaterialet fra gruppeintervjuet og spørreundersøkelsen ble analysert kvalitativt. Ontologi er et begrep som ofte nevnes i forbindelse med kvalitativ forskning. Postholm (2010) skriver at ontologi dreier seg om hva som er og dermed kan bli kjent for mennesket, og at det ontologiske spørsmålet retter søkelyset mot virkeligheten, og hvordan den er. I kvalitative forskningsprosjekter er det deltakerne i prosjektet som konstruerer virkeligheten. Forskeren ønsker å forstå deltakernes tolkninger av virkeligheten, som stadig er under utvikling, i en bestemt kontekst og på et valgt tidspunkt (Postholm, 2010). I kvalitativ forskning er det også stor sammenheng mellom forskerens teoretiske ståsted og hennes valg av metode for datainnsamling og analyse. Forskeren vil i stor grad påvirke studien, og det er derfor viktig at hun presenterer sitt eget synspunkt, slik at leseren er klar over hvordan forskeren kan ha påvirket forskningsprosjektet (Postholm, 2010).

6.2 Utvalg

Utvalget bestod av to naturfagklasser på en videregående skole i Trøndelag og lærerne i disse to klassene. Begge lærerne var menn, med høy utdanning innenfor realfag og flere års erfaring i skolen. En av lærerne hadde bakgrunn i biologi, og blir i denne oppgaven kalt Bilbo. Den andre læreren hadde bakgrunn i fysikk, og kalles her Frodo. Kosmologi er et fagfelt innenfor fysikk, og jeg var derfor nysgjerrig på om klassen til Frodo hadde en bedre forståelse av big bang-teorien på grunn av hans bakgrunn innenfor fysikk. For å skille mellom de to naturfagklassene, kaller vi derfor Bilbos klasse B og Frodos klasse F. Alle respondentene hadde naturfag for studieforbereende studieprogram; B-klassen bestod av elever med idrettsfag, og F-klassen bestod av elever på studiespesialisering. Det var totalt 56 elever gjennomførte spørreundersøkelsen, med 26 respondenter i B, og 30 respondenter i F. Begge klassene hadde hatt undervisning i big bang-teorien på starten av skoleåret, omtrent et halvt år før spørreundersøkelsen ble gjennomført. Denne undervisningen hadde foregått i omtrent en uke, og lærerne hadde tatt utgangspunkt i elevenes lærebok, Naturfag SF (Brandt

et al., 2020) i undervisningen. Big bang-teorien hadde også vært et av temaene på en prøve som ble gitt i etterkant av undervisningen. I forkant av spørreundersøkelsen hadde elevene i B-klassen hatt undervisning om bølger og stråling, mens F-klassen ikke hadde kommet til dette kapittelet da spørreundersøkelsen ble gjennomført.

Det var et bevisst valg å gjennomføre spørreundersøkelsen i naturfagklasser på Vg1, og ikke i fysikklasser på Vg2 eller Vg3. Selv om big bang-teorien er en del av fysikken, undervises dette temaet i naturfag på Vg1. Angell et al. (2019) skriver at det kun er 11-12 % av hvert årskull som velger Fysikk 1 som programfag, og enda færre (6-8 %) som velger fysikk 2. Hadde jeg gjennomført undersøkelsen i en fysikkklasse, hadde resultatene derfor ikke vært like representative. Formålet med dette masterprosjektet var tross alt å få kjennskap til elevers forståelse av big bang-teorien slik at fremtidig undervisning av dette temaet kan gjennomføres på en best mulig måte for å øke elevers forståelse og motarbeide eventuelle forestillinger. Et mer representativt utvalg ville følgelig produsere mer valide resultater.

Elevene som deltok i spørreundersøkelsen ble ikke trukket tilfeldig, da de tilhørte samme skole, som ble valgt gjennom kontakter. Vi kan, med andre ord, si at det ble brukt et bekvemmelighetsutvalg i dette prosjektet. Robson og McCartan (2016) skriver at bekvemmelighetsutvalg kan være en «billig» og «uærlig» måte å velge ut representanter, og at forskere som benytter seg av slike utvalg ikke kan vite om funnene er representative (s. 281). Siden dette masterprosjektet er et såpass lite prosjekt med en nokså kort tidsramme, hadde jeg imidlertid ikke muligheten til å velge et større og mer representativt utvalg.

6.3 Intervju som metode

I forkant av spørreundersøkelsen ønsket jeg å få en innsikt i hvordan undervisningen av big bang-teorien hadde blitt gjennomført i de to klassene, samt undersøke hvilke inntrykk lærerne hadde av elevenes forståelse av temaet. Dette var blant annet fordi jeg ønsket muligheten til å gjøre eventuelle endringer av spørreskjemaet dersom dette var nødvendig, før undersøkelsen ble utført. I tillegg førte intervjuet til datatriangulering, som defineres som det å ta i bruk flere metoder for datainnsamling (Robson & McCartan, 2016). Jeg valgte derfor å gjennomføre et gruppeintervju med elevenes lærere da intervju er en effektiv og fleksibel måte å finne ut av ting på (Robson og McCartan, 2016). Kvale og Brinkmann (2015) skriver at «i et kvalitativt

forskningsintervju produseres kunnskap sosialt, det vil si gjennom interaksjon mellom intervjuer og intervjuperson» (s. 83). Kvaliteten på dataene som produseres i intervjuet avhenger følgelig av intervjuerens ferdigheter, personlige egenskaper og erfaringer. Eksempelvis er det nødvendig at intervjueren har god kunnskap om intervjuets tema slik at hun er i stand til å stille gode oppfølgingsspørsmål (Kvale & Brinkmann, 2015). I forkant av intervjuet hadde jeg derfor satt meg godt inn i den faglige teorien, samt hvordan læreboken som ble brukt i de to naturfagklassene behandlet big bang-teorien. Da jeg ikke hadde noe erfaring med intervju som forskningsmetode i forkant av dette prosjektet, forsøkte jeg derfor å følge Robson og McCartans (2016) råd om hvordan intervjueren skal oppføre seg under intervjuet. Det første de nevner er at intervjueren skal lytte mer enn hun snakker, da et intervju ikke skal være en plattform for intervjuerens personlige erfaringer og meninger. De skriver også at spørsmålene må formuleres på en enkel, tydelig og ikke-truende måte, fordi intervjueren ikke vil få den informasjonen hun søker etter dersom informantene blir forvirret eller defensive. Fordi informantene var kollegaer, som var eldre enn meg og hadde mye erfaring med undervisning, var jeg imidlertid nokså sikker på at jeg informantene ikke ville føle seg «truet» av meg.

6.3.1 Gruppeintervju

Postholm (2010) beskriver gruppeintervjuet som en «kvalitativ datainnsamlingsteknikk som baserer seg på en utspørring av flere individer enten hver for seg eller samtidig i en formell eller uformell setting» (s. 72). I dette prosjektet ble det valgt at intervjuet av de to lærerne skulle foregå samtidig. På denne måten kunne informantene støtte seg på hverandre når de skulle beskrive hendelser eller erfaringer de hadde til felles (Postholm, 2010). Ifølge Postholm (2010) kan slike typer gruppeintervjuer redusere forskerens kontroll på situasjonen, eksempelvis dersom spørsmålene som blir stilt fører til lange diskusjoner mellom informantene. Hun hevder imidlertid at dette kan være hensiktsmessig dersom dialogen mellom informantene er naturlig, da dette kan gi intervjueren nyttig informasjon (Postholm, 2010). Fordi lærerne var kollegaer, antok jeg at dialogen mellom disse to ville flyte mer naturlig enn om de ikke kjente hverandre. Jeg så det derfor som gunstig å gjennomføre intervjuet av de to lærerne samtidig, fordi lærerne trolig kunne støtte seg på hverandre og utdype hverandres uttalelser.

6.3.2 Utforming av intervjuguide

Intervjuer kan gjennomføres med ulik grad av struktur (Postholm, 2010; Robson & McCartan, 2016). I dette prosjektet ble intervjuet gjennomført som et semistrukturert intervju. Slike intervjuer kjennetegnes ved at intervjueren har utviklet en intervjuguide som fungerer som en slags sjekklister over temaer som skal bli dekket i løpet av intervjuet (Robson & McCartan, 2016). Intervjuguiden inneholder ofte en forhåndsbestemt liste med spørsmål, men formuleringen og rekkefølgen på disse spørsmålene kan tilpasses etter behov, i løpet av intervjuet. I tillegg blir det ofte stilt uplanlagte spørsmål for å følge opp informantens uttalelser (Robson & McCartan, 2016). Semistrukturerte intervjuer gir derfor intervjueren en stor grad frihet, fordi hun kan gjøre endringer mens intervjuet foregår. På grunn av fleksibiliteten ved semistrukturerte intervjuer, valgte jeg en slik type intervju i masterprosjektet. Jeg antok nemlig at lærerne ville ta opp temaer jeg ikke hadde tenkt ut på forhånd, og ved å benytte meg av et semistrukturert intervju hadde jeg muligheten til å stille oppfølgingsspørsmål og gjøre endringer underveis basert på informantens uttalelser. Intervjuguiden ble utformet i forkant av intervjuet, og inneholdt noen forhåndsbestemte temaer jeg mente var nødvendig å inkludere, som lærernes faglige bakgrunn og hvordan undervisningen av big bang-teorien hadde blitt gjennomført i de to klassene. Intervjuguiden var imidlertid også «skjelettaktig» da den ikke inneholdt konkrete spørsmål, men temaer jeg ville gjennomgå i løpet av intervjuet.

6.3.3 Gjennomføringen av intervjuet

Intervjuet ble av praktiske årsaker gjennomført på skolen informantene underviser på, i en uformell setting på lærerværelset. Kvale og Brinkmann (2015) skriver at de første minuttene av et intervju er avgjørende fordi informantene gjerne vil ha en tydelig oppfatning av hvem de blir intervjuet av, før de begynner å svare på personlige spørsmål foran en fremmed (s. 160). Intervjuet ble derfor innledet med kjeks og småprat før intervjuguiden ble tatt frem og lydopptakeren ble slått på. Jeg valgte å ta lydopptak av intervjuet slik at jeg kunne ha fullt fokus på hva som ble sagt og stille oppfølgingsspørsmål etter behov. Intervjuet varte i omtrent en halvtime. I løpet av denne tiden ble intervjuguiden gjennomgått, i tillegg til at lærerne viste frem prøven de hadde hatt i kapitlet om big bang-teorien, og noen av elevenes besvarelser. Dialogen hadde en fin flyt, og jeg oppfattet blant annet at lærerne støttet seg på

hverandre og utdypet hverandres uttalelser. I etterkant ble lydopptaket av intervjuet transkribert.

6.4 Spørreundersøkelse som metode

Som nevnt tidligere ble det primære datamaterialet samlet inn gjennom en skriftlig spørreundersøkelse. Spørreskjemaet bestod av åtte spørsmål; syv kunnskapsspørsmål om big bang-teorien, samt ett spørsmål som undersøket elevenes interesse innenfor kosmologi. Spørreskjemaet ble utformet på egen hånd, og hadde som formål å undersøke elevers forståelse av big bang-teorien. Murray (1999) skriver at utformingen av et spørreskjema er en tidkrevende og kompleks prosess, fordi det ferdigutviklede spørreskjemaet i stor grad vil påvirke kvaliteten på de innsamlede dataene. Det er ikke vanskelig å skrive ned en liste med spørsmål om et bestemt tema; utfordringen er å utvikle et spørreskjema som produserer valide resultater (Boynton & Greenhalgh, 2004). Det vil derfor være fordelaktig å innlede denne prosessen med et grundig litteratursøk. Robson og McCartan (2016) understreker betydningen av å ha et teoretisk rammeverk i utformingen av et spørreskjema, for å unngå at spørreskjemaet ender opp med å inneholde spørsmål som kun er lagt til fordi «det virket som en god idé på den tiden» (s. 257, egen oversettelse). Utformingen av spørreskjemaet begynte derfor med et litteratursøk høsten 2022, i forbindelse med emnet RFEL3100 Forskningsmetoder i matematikk- og realfagsdidaktikk. I dette emnet ble også et førsteutkast av spørreskjemaet utviklet og pilotert (Vedlegg A).

6.4.1 Definisjon av validitet

I kapittel 6.6 betraktes forskningens kvalitet, der blir reliabiliteten, validiteten og generaliserbarheten til prosjektet blir diskutert. Jeg kommer derimot til å diskutere validiteten til enkelte spørsmål fortløpende, og gir derfor en definisjon av disse to begrepene i dette delkapittelet. Validitet handler om i hvilken grad resultatene fra forskningen faktisk svarer på det vi ønsker å finne ut av (Tjora, 2018). Her kan en også sette spørsmålsteget ved om den valgte tilnærmingen er den beste for å utforske det man ønsker å få svar på (Tjora, 2018).

6.4.2 Utforming av spørreskjema

Per dags dato har jeg ikke funnet forskning på norske elevers forståelse av big bang-teorien. I kapittel 4.2 så vi at det imidlertid finnes flere utenlandske studier som dreier seg om elevers og studenters forestillinger i kosmologi. Et fellestrekk ved disse studiene er at (det primære) datamaterialet ble samlet inn gjennom skriftlige spørreundersøkelser med åpne kunnskapsspørsmål. Selv om størrelsen på disse studiene varierte, inneholdt spørreskjemaene i de ulike studiene mange av de samme spørsmålene. Boynton og Greenhalgh (2004) understreker at det er fordelaktig å bruke allerede validerte spørreskjemaer dersom dette er mulig. Jeg tok derfor utgangspunkt i noen av de mest brukte spørsmålene fra de utenlandske studiene som ble betraktet i kapittel 4.2 i utformingen av spørreundersøkelsen, fordi disse spørsmålet hadde produsert valide resultater tidligere. Spørsmålene ble naturligvis oversatt til norsk, og ordlyden ble også endret etter behov. Jeg måtte for eksempel ta hensyn til at respondentene som skulle gjennomføre spørreundersøkelsen var yngre enn respondentene i flere av de tidligere studiene.

Jeg valgte å utforme et spørreskjema som kun bestod av åpne spørsmål. I motsetning til lukkede spørsmål, blir ikke åpne spørsmål etterfulgt av noen svaralternativer, og respondentene får derfor muligheten til å besvare spørsmålene med egne ord (Oppenheim, 1992). Formålet med åpne spørsmål er å fange opp informasjon som ikke er mulig å få tak i gjennom lukkede spørsmål (Popping, 2015). Bruken av åpne spørsmål muliggjør følgelig et stort mangfold av responser. Oppenheim (1992) skriver at hovedfordelen med slike spørsmål er at de gir mer frihet til respondentene. Etter å ha lest gjennom og forstått formålet med et spørsmål, kan respondentene svare spontant uten å bli begrenset av et sett med forhåndsbestemte svaralternativer. Som sagt tidligere bestod utvalget i dette prosjektet av 56 elever. Et lukket spørsmål med fire svaralternativer ville følgelig produsert maksimalt fire ulike svar (de fire svaralternativene), hvorimot bruken av åpne spørsmål muliggjorde 56 forskjellige responser per spørsmål. Lukkede spørsmål kan også utgjøre en trussel mot validiteten i prosjektet. Slike spørsmål kan nemlig føre til feilaktige data dersom respondentene ikke er enige med noen av de forhåndsbestemte svaralternativene, og enten velger å svare blankt (som fører til tap av informasjon) eller velger det alternativet som passer best, men som ikke nødvendigvis stemmer helt. Eksempelvis handlet et av spørsmålene som ble brukt i studien til Trouille et al. (2013) om hvorvidt universet har et sentrum. Dette spørsmålet hadde fire svaralternativer; tre svaralternativer for at universet har et sentrum

(med ulike lokasjoner for dette senteret), og ett svaralternativ for at universet *ikke* har et sentrum, se Figur 4-1 i kapittel 4.2.1. Respondentene som mente at universet har et sentrum kunne derfor ikke skrive selv hvor de mente universets sentrum er, men måtte velge mellom tre forskjellige lokasjoner i universet.

Krosnick (2018) hevder at det er fordelaktig å benytte seg av åpne spørsmål i tilfeller der det er utfordrende å forutsi alle tenkelige responser. Åpne spørsmål blir av denne grunnen ofte brukt i pilotundersøkelser (Popping, 2015). Oppenheim (1992) hevder at lukkede spørsmål alltid burde starte som åpne spørsmål, og bruken av åpne spørsmål i en pilotundersøkelse kan derfor gi forskeren en oversikt over hvilke mulige svaralternativer som kan brukes i eventuelle spørreskjemaer med lukkede spørsmål (Popping, 2015). Jeg valgte imidlertid å ikke omgjøre de åpne spørsmålene i pilotundersøkelsen til lukkede spørsmål. Dette var først og fremst fordi jeg ikke ønsket at elevene skulle bli begrenset av et sett med forhåndsbestemte svaralternativer. Jeg var nemlig bekymret for at elevene i større grad ville gjette på det alternativet de mente passet best dersom de fikk presentert mulige svar. Jeg utelukket naturligvis ikke at elevene ville gjette på de åpne spørsmålene, men fordi åpne spørsmål må besvares med egne ord, forventet jeg å få en bedre innsikt i elevenes forståelse, uavhengig om de gjettet eller ikke. Hadde jeg benyttet meg av lukkede spørsmål, ville jeg ikke fått en innsikt i respondentenes tankegang. To elever kunne krysset av på samme svaralternativ, med helt forskjellige begrunnelser på hvorfor de valgte det spesifikke alternativet. Et spørreskjema med lukkede spørsmål kunne derfor ført til en statistisk oversikt over hvor mange elever som valgte riktig svaralternativ på hvert spørsmål, enten fordi de husket det de hadde lært seks måneder tidligere eller fordi de gjettet riktig på spørsmålet. Dette ville følgelig ført til at validiteten i prosjektet ikke ble ivaretatt, fordi datamaterialet fra spørreskjemaet ikke ville gitt nok informasjon om elevenes forståelse av big bang-teorien.

Oppenheim (1992) skriver at plassmengden eller antall linjer som blir gitt etter et åpent spørsmål kan påvirke lengden på respondentenes svar. Dersom det er gitt for lite plass vil ikke respondentene ha muligheten til å skrive alt de ønsker, og dette kan føre til at noe av informasjonen de ønsker å formidle går tapt. Det er viktig å nevne at åpne spørsmål tar mer tid å besvare enn lukkede spørsmål fordi respondentene først må tenke ut hva de ønsker å svare, og deretter skrive svaret ned på papiret. Slike spørsmål krever derfor også mer innsats fra respondentene. Et av formålene med pilotundersøkelsen var derfor å undersøke om det

hadde blitt gitt passelig med plass etter hvert spørsmål, samt om spørreskjemaet hadde et gunstig antall spørsmål.

Robson og McCartan (2016) nevner tre egenskaper de mener kjennetegner et godt utformet spørreskjema (s. 259). For det første vil et slikt spørreskjema gi valide svar på forskningsspørsmålene. Spørreskjemaet er også velformulert, slik at respondentene både forstår hensikten med spørsmålene, og i tillegg ønsker å samarbeide med forskeren. Den tredje egenskapen som nevnes er at et godt utformet spørreskjema fremkaller korrekt informasjon. Formuleringen av spørsmålene vil følgelig påvirke kvaliteten på spørreskjemaet, og Oppenheim (1992) nevner noen retningslinjer som burde følges i utformingen av spørsmålene. Lignende retningslinjer blir nevnt av andre forfattere, blant annet av Burgess (2003) og Robson og McCartan (2016). Samtidig som jeg forsøkte å beholde essensen i spørsmålene som hadde blitt brukt i tidligere studier, prøvde jeg derfor også å følge Oppenheims retningslinjer i utformingen av spørreskjemaet.

Den første retningslinjen som nevnes er at spørsmålene ikke burde være for lange, og at det derfor er fordelaktig å stykke opp lengre setninger i flere korte setninger (Oppenheim, 1992). Oppenheim (1992) skriver videre at spørsmål med dobbelt innhold («double-barrelled questions» på engelsk) burde unngås, fordi det kan være krevende for respondentene å vite hvordan de skal svare på flere spørsmål samtidig. «Double-barrelled questions» kan være en trussel mot validiteten dersom respondentene kun svarer på en del av spørsmålet. Flere av de tidligere studiene hadde benyttet seg av slike spørsmål, eksempelvis «Describe what existed or occurred just before the Big Bang». Et slikt spørsmål kunne føre til forvirring, fordi respondentene kunne bli usikre på om de burde svare på hva som *eksisterte* eller hva som *skjedde* før big bang. Dette spørsmålet hadde imidlertid ikke ført til problemer i tidligere forskning, og jeg valgte derfor å inkludere en oversettelse av dette spørsmålet i spørreskjemaet. Jeg var svært oppmerksom på at et slikt spørsmål kunne true validiteten, og etter pilotundersøkelsen gikk jeg derfor grundig gjennom respondentenes besvarelser av dette spørsmålet. Ledende spørsmål er også problematiske, fordi de kan indikere forskerens eget ståsted, samt oppmuntre til enkelte svar (Oppenheim, 1992). Det kan være vanskelig å bedømme om respondentenes besvarelser har blitt påvirket av spørsmålet, og dette vil naturligvis påvirke spørsmålets validitet. Jeg forsøkte derfor å formulere så nøytrale spørsmål som mulig slik at ordlyden på spørsmålet ikke påvirket respondentenes, eksempelvis «Har universet et sentrum? Begrunn svaret ditt».

Oppenheim (1992) understreker også at det er viktig å bruke et enkelt språk i spørreskjemaet. Dersom et spørsmål inneholder avanserte ord eller uttrykk, kan respondentene streve med å forstå hensikten med spørsmålet. Dette kan føre til at respondentene gjetter eller later som de forstår spørsmålets betydning. Spørsmålets validitet kan følgelig bli svekket fordi respondentene ikke nødvendigvis besvarer forskerens spørsmål. Det er på den andre siden viktig at spørsmålene ikke er formulert med et så enkelt språk at de fremstår som nedlatende (Robson & McCartan, 2016). Jeg har forsøkt å bruke et enkelt språk i spørreskjemaet, og unngått å bruke fagbegreper elevene kan ha glemt. Eksempelvis er spørsmålet «Hvordan kan vi finne ut hvor gammelt universet er?» nokså enkelt å forstå, men likevel ikke nedlatende. Robson og McCartan (2016) understreker også at det er viktig å bruke et presist språk for å unngå tvetydighet. En ulempe ved skriftlige spørreundersøkelser er at forskeren ikke har mulighet til å stille oppfølgingsspørsmål. I et intervju kan eksempelvis intervjueren stille et oppfølgingsspørsmål dersom informantens svar er utydelig, eller ikke besvarer intervjuerens spørsmål. Dette er naturligvis ikke mulig i undersøkelser med skriftlige spørreskjemaer, og det er derfor essensielt at hvert spørsmål er formulert så presist som mulig, slik at respondentene får et best mulig utgangspunkt til å forstå spørsmålets betydning. Dersom spørsmålene i en spørreundersøkelse er uforståelige eller utydelige, vil spørreundersøkelsen være bortkastet (Robson & McCartan, 2016). Dette er et problem ved validiteten, fordi vi ikke får tak i valid informasjon gjennom spørreundersøkelsen. Et av formålene med pilotarbeidet var følgelig å undersøke om noen av spørsmålene på spørreskjemaet var tvetydige.

Formålet med masterprosjektet var, som sagt, å undersøke elevers forståelse av big bang-teorien. Spørreskjemaet bestod av syv kunnskapsspørsmål om big bang-teorien, samt ett spørsmål der elevene ble spurt om hva de synes om kosmologi. I spørreundersøkelser bestående av kunnskapsspørsmål vil det ikke være fordelaktig å anta at respondentene sitter på den informasjonen vi er på utkikk etter (Oppenheim, 1992). Respondentene kan være motvillige til å innrømme at de ikke vet svaret på et kunnskapsspørsmål, og Oppenheim (1992) understreker at vi derfor må unngå å gi dem inntrykk av at det er forventet at de svarer riktig. Da førsteutkastet av spørreskjemaet ble laget, hadde jeg enda ikke fått tak i respondenter som kunne delta i masterprosjektet. Jeg visste av den grunn ikke om respondentene hadde hatt undervisning i big bang-teorien i forkant av spørreundersøkelsen. Jeg prøvde derfor å inkludere uttrykk som «tror du» i noen av spørsmålene, eksempelvis «Tror du at universet endrer seg over tid? Begrunn svaret ditt». Selv om det ikke var mulig å

unngå typiske «prøvespørsmål» i spørreundersøkelsen, hadde slike spørsmål likevel ført til valide resultater i tidligere studier.

6.4.3 Pilotering av spørreskjema

Det er stor enighet blant forskere om at et spørreskjema alltid må piloteres før det blir brukt i «den virkelige verden» (Robson & McCartan, 2016; Oppenheim, 1992). Det kan nemlig være farlig å anta hvordan respondentene kommer til å reagere når de gjennomfører spørreundersøkelsen, og hvordan de tolker de ulike spørsmålene (Oppenheim, 1992). Spørsmål som lånes fra andre studier må også piloteres. Dette er spesielt viktig når spørsmålene må oversettes fra andre språk, som ble gjort i dette prosjektet. Det er også viktig å nevne at selv om de lånte spørsmålene hadde produsert valide resultater i tidligere undersøkelser, bestod utvalget i masterprosjektet av yngre elever fra en annen del av verden. Det er ikke urimelig å anta at ulike kulturer og annen grunnskoleutdanning kan ha resultert i ulike resultater.

Pilotundersøkelsen ble gjennomført høsten 2022 i emnet RFEL3100 Forskningsmetoder i matematikk- og realfagsdidaktikk. Det ble brukt et ikke-sannsynlighetsutvalg som, ifølge Robson og McCartan (2016), er vanlig i pilotarbeid. En kan også påpeke at det ble brukt et bekvemmelighetsutvalg, da respondentene som deltok i undersøkelsen var studenter ved institutt for lærerutdanning på NTNU. Studentene var fremtidige naturfaglærere, og hadde derfor trolig en bedre naturvitenskapelig forståelse enn Vg1-elever. Respondentene hadde imidlertid ikke hatt undervisning i big bang-teorien på universitetet, og det var derfor vanskelig å si noe om respondentenes kunnskaper innenfor dette temaet i forkant av piloten. Det er også viktig å påpeke at respondentene i pilotundersøkelsen trolig var flinkere til å både formulere seg skriftlig og trekke konklusjoner, basert på deres høyere alder og utdanning, samt flere erfaringer.

Formålet med piloten var å undersøke om spørsmålene på spørreskjemaet produserte valide resultater. I etterkant av pilotundersøkelsen gikk jeg derfor grundig gjennom respondentenes besvarelser på hvert enkelt spørsmål. Dette var nødvendig for å undersøke om det enkelte spørsmålet produserte informasjonen jeg var på utkikk etter (Oppenheim, 1992). Oppenheim (1992) skriver at spørsmål som produserer lite mangfoldige responser er såkalte «dårlige

spørsmål». Det samme gjelder spørsmål som blir misforstått av deler av utvalg, ledende spørsmål og spørsmål som er for vage. Dersom et spørsmål er dårlig, vil det ikke produsere valide resultater, og det må derfor revideres, erstattes eller fjernes. Spørreskjemaet ble revidert på bakgrunn av resultatene fra pilotarbeidet, samt gruppeintervjuet med elevenes lærere. Fordi prosjektoppgaven i RFEL3100 hadde en ordbegrensning, ble datamaterialet fra kun fire av spørsmålene i pilotundersøkelsen gjennomgått og analysert i dette emnet. Datamaterialet fra de resterende spørsmålene ble gjennomgått i etterkant.

Det må nevnes at pilotarbeid er en tidkrevende prosess (Oppenheim, 1992). Spørreundersøkelser burde piloteres og revideres flere ganger for å sikre at det endelige spørreskjemaet produserer valide resultater. På grunn av tidsbegrensningen i denne oppgaven ble spørreskjemaet kun pilotert én gang før det ble testet ut i «den virkelige verden». Det er derfor rimelig å anta at flere piloteringer ville gitt mer valide resultater.

6.4.4 Revidering av spørreskjemaet

Spørreskjemaet ble pilotert i forbindelse med emnet RFEL3100 høsten 2022. Pilotundersøkelsen ble derfor gjennomført før jeg hadde rukket å finne respondenter som kunne delta i masterprosjektet. Som nevnt tidligere visste jeg av den grunn ikke om respondentene som skulle gjennomføre masterundersøkelsen hadde hatt undervisning i big bang-teorien eller ikke i forkant av undersøkelsen. Spørsmålene i spørreskjemaet ble derfor formulert basert på antakelsen om at de *ikke* hadde hatt undervisning i dette temaet. Det viste seg imidlertid at elevene hadde hatt undervisning i big bang-teorien på starten av skoleåret. Dette førte til at flere av spørsmålene på spørreskjemaet ble revidert, selv om de hadde produsert valide resultater i pilotundersøkelsen.

Det første spørsmålet («Har du hørt om big bang-teorien? Isåfall, forklar den med dine egne ord.») var direkte oversatt fra engelsk, og hadde blitt brukt i flesteparten av de tidligere studiene. Resultatene fra pilotundersøkelsen samsvarte med resultater fra tidligere studier, og ga en god oversikt over respondentenes forståelse av big bang-teorien (Magnussen, 2022). Elevene som deltok i masterprosjektet hadde imidlertid hatt undervisning om big bang-teorien, og selv om jeg ikke forventet at de husket alt de hadde lært et halvt år tidligere, antok jeg at de ikke hadde glemt uttrykket *big bang*. Jeg anså det derfor som overfladisk å

spørre elevene om de hadde hørt om big bang-teorien, spesielt med tanke på at samtlige respondenter i pilotundersøkelsen hadde svart ja på dette spørsmålet. I gruppeintervjuet med elevenes lærere hadde jeg blitt fortalt at mange av elevene hadde brukt omtrent samme definisjon som læreboka da de ble bedt om å beskrive big bang-teorien på prøven de hadde hatt innenfor dette temaet. Fordi jeg ikke var interessert i å undersøke om elevene husket lærebokas definisjon, men om de faktisk forsto hva big bang-teorien dreier seg om, endret jeg derfor spørsmålet til «Tegn big bang-teorien, og beskriv den med dine egne ord». Ordet «forklar» ble erstattet med «beskriv» fordi kompetansemålet i naturfag sier at elevene skal kunne beskrive big bang-teorien. I tillegg ønsket jeg at elevene også skulle illustrere big bang-teorien. Dersom elevenes tegninger ikke samsvarte med beskrivelsen, kunne dette nemlig indikere at de ikke hadde forstått teorien. Det kunne for eksempel hende at de hadde husket og gjengitt (deler av) lærebokas definisjon av big bang-teorien, uten å helt forstå hva denne definisjonen betydde. I analyseprosessen viste det seg at jeg fikk nok data utenom elevenes tegninger, og disse ble av den grunn ikke analysert.

Spørsmål 2 («Beskriv hvilke bevis du tror støtter big bang-teorien.») ble endret til «Beskriv hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien». Dette spørsmålet hadde også blitt oversatt direkte fra tidligere studier, og produserte et stort mangfold av responser i piloten. På engelsk inneholdt spørsmålet ordet «evidence», som jeg hadde oversatt til «bevis». Etter pilotundersøkelsen og et grundigere dypdykk i de ulike lærebøkene som brukes i naturfag, innså jeg at «bevis» burde erstattes med «observasjoner» da hverken kompetansemålet eller noen av lærebøkene bruker ordet «bevis» i forbindelse med big bang-teorien. Jeg valgte også å fjerne «du tror» fordi elevene hadde hatt undervisning i big bang-teorien. I gruppeintervjuet med elevenes lærere ble jeg fortalt at siden kompetansemålet som dreier seg om big bang-teorien er såpass konkret, hadde lærerne hatt fokus på definisjonen av big bang-teorien og de tre observasjonene i undervisningen. Jeg anså det derfor som unødvendig å bruke ordet «tror».

De to første spørsmålene på spørreskjemaet ble altså revidert slik at de var direkte knyttet opp mot kompetansemålet som omhandler big bang-teorien. Utenom tegneoppgaven i spørsmål 1, testet ikke disse to spørsmålene nødvendigvis elevenes forståelse av big bang-teorien, fordi dette var typiske «puggespørsmål». De ble likevel inkludert i spørreskjemaet, slik at elevenes besvarelser på disse spørsmålene kunne sammenlignes med hvordan de besvarte de andre spørsmålene.

«Beskriv hva som eksisterte eller hva som skjedde rett før big bang.» var et spørsmål jeg hadde vært spesielt oppmerksom på i analysen av pilotundersøkelsen, fordi dette var et spørsmål med dobbelt innhold. Ordet «eller» kunne indikere at respondentene fikk valget mellom å svare på hva som eksisterte eller hva som skjedde før big bang, og de fleste av respondentene svarte kun på hva som eksisterte før big bang (Magnussen, 2022). Det var imidlertid ikke vanskelig å vite hvilken del av spørsmålet respondentene svarte på, og jeg anså det derfor ikke som et problematisk spørsmål. Et interessant og overraskende funn var at flere av responsene inneholdt motsigende utsagn (Magnussen, 2022). Eksempelvis hevder responsen nedenfor både at *ingenting* eksisterte før big bang, og at det fantes *gasser og partikler*.

Ingenting eksisterte. Det var et stort mørkt rom med gasser og partikler som svermet rundt i rommet.

En slik respons indikerer også at respondenten har en manglende forståelse av big bang-teorien, fordi hen her skriver at big bang var hendelse i rommet. Dette spørsmålet produserte mye informasjon om respondentenes forståelse av big bang-teorien, og jeg valgte derfor å ta med spørsmålet videre.

«Tror du at universet endrer seg over tid? Begrunn svaret ditt.» viste seg imidlertid å være et problematisk spørsmål. Utvidelsen av universet er en av observasjonene som støtter big bang-teorien, og den som både blir nevnt først og får mest plass i lærebøker. Formålet med dette spørsmålet var følgelig å undersøke om elevene forsto hva som menes med at universet utvider seg. I pilotundersøkelsen svarte de aller fleste respondentene at de trodde at universet endret seg over tid, og flesteparten begrunnet dette med endringer i små skalaer eller fordi «alt annet endrer seg» (Magnussen, 2022). Eksempler på slike responser var:

Ja, gjennom hvordan dyr, mennesker, teknologi endrer seg og hvordan jorda blir brukt.

Ja, det vil hele tiden være kollisjoner ute i verdensrommet.

Slike begrunnelser er ikke nødvendigvis feil, men det var imidlertid ikke slike responser jeg var på utkikk etter. Dette spørsmålet produserte, med andre ord, ikke valide resultater. Fra gruppeintervjuet med de to lærerne fikk jeg et inntrykk av at utvidelsen av universet var den observasjonen de fleste elevene husket og «godtok». Fordi jeg ønsket å undersøke om de faktisk forsto hva denne observasjonen betydde, endret jeg derfor spørsmålet til «Forklar hva som menes med at universet utvider seg».

Spørsmålet «Tror du at universet har eksistert i evig tid, eller har det en bestemt alder? Isåfall, hva er alderen til universet?» var et av spørsmålene som ga mest interessante resultater i pilotundersøkelsen, da over halvparten av respondentene hevdet at universet har alltid eksistert, med ulike begrunnelser. I norske lærebøker står det imidlertid svært tydelig at universet oppstod for 13,8 milliarder år siden, ifølge big bang-teorien, og jeg antok derfor at de fleste elevene ville svare at universet har en bestemt alder. Elevenes forståelse av big bang-teorien har lite sammenheng med om de husket nøyaktig hvor lenge universet har eksistert. Jeg valgte likevel å inkludere spørsmålet «Hva er alderen til universet» fordi det ikke krevde mye av elevene.

«Beskriv hvor og hvordan grunnstoffene ble dannet.» var et spørsmål som produserte valide resultater i pilotundersøkelsen. Hensikten med dette spørsmålet var å undersøke om respondentenes forsto hvorfor grunnstoffordelingen i universet regnes som en av observasjonene som støtter big bang-teorien. Dette var også et «double-barrelled question», fordi respondentene både ble spurt om *hvor* og *hvordan* grunnstoffene ble dannet. I gjennomgangen av datamaterialet fra dette spørsmålet la jeg merke til at de aller færreste hadde svart på «begge» spørsmålene. De fleste responsene dreide seg om hvordan grunnstoffene ble dannet, og jeg endret derfor spørsmålet til «Beskriv hvordan grunnstoffene ble dannet».

Spørsmålet «Har universet et sentrum? Begrunn svaret ditt.» produserte et stort mangfold av responser i pilotundersøkelsen. Dette var også et spørsmål som undersøkte respondentenes forståelse av big bang-teorien. Lærebøker sier imidlertid ikke noe om hvorvidt universet har et sentrum, og jeg ville derfor ikke gi elevene et inntrykk av at de burde vite svaret på dette spørsmålet. Jeg valgte derfor å endre spørsmålet til «Tror du at universet har et sentrum? Begrunn svaret ditt».

Tre av spørsmålene på spørreskjemaet ble fjernet etter piloten. Disse spørsmålene var nokså omfattende og krevde mye av respondentene. Dette kan ha ført til at respondentene i pilotundersøkelsen følte seg overveldet, for mange av respondentene svarte nokså kortfattet på disse spørsmålene. En årsak til dette kan ha vært at disse spørsmålene kom nokså sent i spørreundersøkelsen, altså at respondentene allerede hadde sittet med spørreundersøkelsen en god stund før de kom til disse spørsmålene. Dette kan ha ført til at respondentene var slitne eller lei av å svare på spørsmål, og derfor svarte så kortfattet som mulig. Det ene spørsmålet som ble fjernet ba respondentene beskrive begrepene *galakse*, *stjernebilde*, *solsystem* og *univers*. I det etterfølgende spørsmålet ble de bedt om å beskrive sammenhengene mellom disse begrepene. Det siste spørsmålet som ble fjernet ba respondentene beskrive hva som finnes i universet i dag, samt deres størrelser og avstandene mellom dem. Disse spørsmålene hadde blitt lånt fra tidligere studier, men jeg innså i ettertid at de ikke var like relevante i forhold til kompetansemålet som andre spørsmål på spørreskjemaet. Dette var altså spørsmål som hadde blitt lagt til kun fordi «det virket som en god idé på den tiden», uten at jeg visste helt hva som var hensikten med disse spørsmålene.

Jeg valgte også å inkludere spørsmålet «Hva synes du om kosmologi?» på slutten av spørreskjemaet fordi jeg ønsket å undersøke om elever som generelt var mer interessert i kosmologi hadde en bedre forståelse av big bang-teorien. Fordi de syv første spørsmålene på spørreundersøkelsen resulterte i såpass mye data, ble ikke dette spørsmålet en del av analyseprosessen.

6.4.5 Gjennomførelse av spørreundersøkelsen

Spørreundersøkelsen (Vedlegg B) ble gjennomført i naturfagstimene til de to klassene. Robson og McCartan (2016) skriver at skriftlige spørreundersøkelser ofte har en lav responsrate. Dette gjelder spesielt for internettbaserte spørreundersøkelser. For å få en høyere responsrate ble det derfor bestemt at spørreundersøkelsen skulle gjøres fysisk, med penn og papir.

Selv om elevene hadde fått beskjed om at det var frivillig å delta, valgte de aller fleste å gjennomføre spørreundersøkelsen. En forklaring på dette kan ha vært at elevene så på sin egen deltakelse som betydningsfull fordi jeg hadde forklart hvorfor akkurat de hadde blitt

valgt ut til å delta i undersøkelsen (Oppenheim, 1992). Terskelen for å delta kan også ha blitt senket som følge av at undersøkelsen var helt anonym og det ikke ble spurt om noen personopplysninger (Oppenheim, 1992). Det kan også hende at sjokoladen jeg hadde tatt med var intensiv nok til å delta. Spørreundersøkelsen ble imidlertid gjennomført i en naturfagstime med læreren til stede, og det kan derfor hende at noen av respondentene valgte å delta fordi de følte at de «måtte» eller fordi de ikke ville at læreren skulle få et dårlig inntrykk av dem.

Det må nevnes at flere elever prøvde å samarbeide, selv om de hadde fått beskjed om at spørreundersøkelsen skulle gjennomføres individuelt. Dette kan ha vært fordi de syntes at spørreundersøkelsen var utfordrende, og de ikke visste hvordan de skulle besvare spørsmålene. Samarbeid ville imidlertid ikke nødvendigvis påvirke resultatene i så stor grad. Det at en elev har kopiert en annen elevs besvarelse fører kun til to identiske besvarelser. Dette vil fortsatt gi et innblikk i elevenes forståelse av big bang-teorien, fordi den ene eleven tross alt har formulert besvarelsen med egne ord. Samarbeid vil derimot true validiteten på grunn av frekvensen av kodene som ble utviklet i analyseprosessen.

6.5 Forskningens kvalitet

Kvaliteten på kvalitative forskningsprosjekter indikeres av forskningens *pålitelighet*, *validitet* og *generaliserbarhet* (Robson & McCartan, 2016; Tjora, 2018). I kapittel 6.4.1 ble begrepet validitet definert, og i de etterfølgende kapitlene kommenterte jeg hvordan prosjektets validitet kan ha blitt påvirket av de enkelte spørsmålene på spørreskjemaet. Som nevnt tidligere ble det gjennomført et gruppeintervju i forkant av spørreundersøkelsen, som blant annet hadde som hensikt å støtte resultatene fra spørreundersøkelsen. Ifølge Robson og McCartan (2016) kan denne datatriangleringen ha bidratt til å øke validiteten til prosjektet. Pilotarbeidet som ble gjort i RFEI3100 kan også ha bidratt til å generere mer valide resultater, da resultatene fra piloten ga informasjon om spørsmålene på spørreskjemaet ga svar på det jeg ønsket å finne ut av, eller om (deler av) spørreskjemaet måtte revideres. Oppenheim (1992) hevder at spørreskjemaer må piloteres *så mange ganger som mulig*, men på grunn av studiets omfang fikk jeg derfor ikke gjennomført en pilot av det ferdigstilte spørreskjemaet. Dette kan følgelig ha truet studiets validitet, da jeg ikke fikk testet om de reviderte spørsmålene genererte valide resultater.

Pålitelighet dreier seg om hvorvidt resultatene er konsistente, med andre ord om det er en «intern logikk eller sammenheng gjennom hele forskningsprosjektet» (Tjora, 2018). Tjora (2018) skriver at absolutt nøytralitet ikke kan eksistere innenfor kvalitativ forskning. Forskerens engasjement i tematikken som forskes på kan derfor både betraktes som støy, fordi dette kan påvirke resultatene, og som en ressurs, fordi forskerens interesse ofte medfører et ønske om utvikling. Eksempelvis kan min kunnskap om big bang-teorien, og elevens og studenters forståelse av dette temaet, ha vært en fordel, da dette kan ha bidratt til mer presise spørsmål på spørreskjemaet (Tjora, 2018). Denne kunnskapen kan derimot også ha vært en ulempe, da dette kan ha ført til at jeg tok med meg forutinntattheter. Mitt eget perspektiv kan for eksempel trolig ha påvirket resultatene, da spørreundersøkelsen genererte kvalitative data som måtte tolkes i analysearbeidet. Ved å reflektere og redegjøre over hvordan mine egne erfaringer og kunnskaper kan ha påvirket forskningsarbeidet, kan prosjektets pålitelighet styrkes. I resultatkapittelet (kapittel 7) har jeg derfor redegjort for hvilken informasjon som kom direkte fra datamaterialet, og hva som er mine egne analyser (Tjora, 2018). Dette har blitt gjort ved å bruke sitater fra gruppeintervjuet og spørreskjemaene.

Tjora (2018) hevder i tillegg at *transparens* er et av de viktigste kravene innenfor presentasjon av forskning. I metodekapittelet har jeg derfor prøvd å gi tydelige forklaringer av prosjektets hendelsesforløp, blant annet hvordan gruppeintervjuet og spørreundersøkelsen ble gjennomført og hvilke valg som har blitt tatt i utviklingen av spørreskjemaet og i analysearbeidet. Dette har blitt gjort slik at leseren skal kunne få et såpass godt innblikk i forskningen at han selv kan bedømme forskningens kvalitet (Tjora, 2018).

Generaliserbarhet handler om hvorvidt resultatene fra forskningen er relevante for en større populasjon (Tjora, 2018). Utvalget i dette prosjektet bestod kun av to naturfagklasser, som tilsvarer en svært liten prosentandel av alle elever på Vg1 studieforberedende utdanningsprogram. Dette utvalget kan likevel være representativt, da utvalget bestod av nokså «vanlige» elever. Elevene tilhørte nemlig en «vanlig» videregående skole i Trøndelag, som her betyr en skole som hverken er veldig stor eller veldig liten, og som hverken krever et spesielt høyt eller lavt karaktersnitt for å få skoleplass. I tillegg kommer elevene på denne skolen fra et nokså stort område, samt at elevene som deltok i masterprosjektet tilhørte to forskjellige utdanningsprogrammer. Sannsynligheten for at disse 56 elevene skiller seg helt ut fra resten av Norges Vg1-elever, er derfor svært liten. Selv om resultatene fra denne studien

ikke kan *generaliseres formelt*, kan disse derimot være sentrale og nyttige for lærere og andre som ønsker et innblikk i Vg1-elevers forståelse av big bang-teorien, og i videre forskning (Flyvbjerg, 2006). Ifølge Flyvbjerg (2006) er «eksempelets kraft» undervurdert i et slikt prosjekt, og eksempelvis vil forestillinger disse elevene har om big bang-teorien trolig deles av andre elever.

6.6 Etske betraktninger

Ifølge Postholm (2010) innebærer kvalitativ forskning «å utforske menneskelige prosesser eller problemer i deres naturlige setting» (s. 142), og det er derfor viktig at forskeren sørger for at deltakerne i forskningsprosjektet blir verdsatt, både før, under og etter datainnsamlingen. Postholm skriver videre at etiske prinsipper ikke er et sett med regler som skal følges, men de kan være en støtte ved ulike valg som forskeren tar i forskningsprosessen. Det finnes imidlertid regler en man må følge når en driver med forskning som inkluderer personopplysninger, som gjør at man melde forskningsprosjekt til Norsk senter for forskningsdata (NSD), blant annet når man bruker lydopptaker under et intervju. I forkant av gruppeintervjuet med de to lærerne, hadde prosjektet blitt behandlet og godkjent av NSD. Lærerne hadde også blitt informert om formålet med intervjuet og deres egen rolle i forskningsprosjektet før intervjuet fant sted. Dette ble gjort slik at deltakerne visste hva som skulle foregå, og dermed hva de samtykket til (Postholm, 2010). Ved oppmøte fikk informantene hver sin samtykkeerklæring (Vedlegg C). Samtykkeerklæringen beskrev blant annet forskningens formål, og det stod at det var frivillig å delta, at informantene kunne trekke seg når som helst og at det ble gjort lydopptak av intervjuet. Det stod også tydelig at datamaterialet skulle anonymiseres og slettes etter at prosjektet var avsluttet. Begge lærerne samtykket til at det ble gjort lydopptak av intervjuet.

Fordi ingen personopplysninger ble behandlet i forbindelse med spørreundersøkelsen, var det heller ikke nødvendig å melde inn denne delen av prosjektet til NSD. Elevene som deltok fikk derimot grundig informasjon om prosjektet i forkant av spørreundersøkelsen. Innledningsvis presenterte jeg meg selv som en masterstudent som ønsket å undersøke elevens forståelse av big bang-teorien. Jeg understreket at det var helt frivillig å delta, og at spørreundersøkelsen var anonym, med andre ord at elevene ikke skulle skrive navn på spørreskjemaene. Det ble også poengtert at undersøkelsen *ikke* var en prøve, og at den på

ingen måte ville påvirke karakteren deres i naturfag, da det kun var jeg som skulle lese gjennom elevenes besvarelser. Jeg presiserte i tillegg at jeg ikke forventet at de husket alt de hadde lært om big bang-teorien seks måneder tidligere, men at jeg ønsket at de prøvde å svare så godt de kunne. Dette ble gjort i et forsøk på å fjerne eventuelle ubehag ved en prøvesituasjon om et tema de hadde hatt et halvt år i forveien, og som de ikke hadde forberedt seg til i forkant av spørreundersøkelsen. Jeg mente tross alt at det ikke var etisk å gi elevene en rekke vanskelige spørsmål med en forventning om at de klarte å besvare alle uten noen forberedelser.

Selv om spørreundersøkelsen ikke tok mer enn en halvtime, ble elevenes tid okkupert, og prosjektet medførte at de fikk mindre tid til undervisning. Det var derfor viktig å understreke at elevene ga betydningsfulle data til forskning, og at elevenes bidrag kom til å bidra. Jeg tok også med sjokolade til elevene som valgte å delta, slik at de følte de fikk *noe* ut av å delta. Selv om jeg understreket at det var helt frivillig å delta, kan det hende elevene følte seg presset til å delta fordi læreren var til stede. Det var imidlertid ikke alle som valgte å levere spørreskjemaet, noe som tyder på at i hvert fall ikke *alle* elevene følte seg presset til å delta.

Da datamaterialet fra spørreundersøkelsen ble digitalisert i etterkant, ble skrivefeil fjernet, da jeg ikke ville legge vekt på elevenes grammatiske feil, men heller undersøke hva de hadde forstått av big bang-teorien.

6.7 Analyse

I dette delkapittelet presenteres hvordan det innsamlede datamaterialet har blitt analysert. Delkapittelet innledes med en kort beskrivelse av tematisk analyse (6.7.1). Videre presenteres digitaliseringen og systematiseringen av datamaterialet (6.7.2), og deretter presenteres kodearbeidet (6.7.3). Videre betraktes kodegrupperingen og tematiseringen (6.7.4), og en oversikt over de endelige hovedtemaene med tilhørende kodegrupper (6.7.5). Avslutningsvis gis en kort kommentar om datatrianguleringen (6.7.6).

6.7.1 Tematisk analyse

Datamaterialet fra spørreundersøkelsen ble analysert kvalitativt, ved tematisk analyse. Tjora (2018) skriver at kvalitativ analyse i korte trekk dreier seg om å utvikle gode innsikter, refleksjoner, konsepter og teorier med utgangspunkt i empirisk materiale. Formålet med analysearbeidet er at analysen skal resultere i kunnskap i en mer generisk form enn det som representeres i datamaterialet. Tematisk analyse er en metode for å identifisere, analysere og rapportere mønstre (eller temaer) i data, og Braun og Clarke (2006) skriver at det er et fleksibelt og nyttig verktøy som muliggjør en rik og detaljert beskrivelse av datamaterialet. Forfatterne skriver videre at selv om denne metoden blir mye brukt, er det ingen klar overensstemmelse om hva tematisk analyse er, eller hvordan det gjøres. Det finnes med andre ord ingen tydelig fasit på tematisk analyse, og selv om denne metoden anses som godt egnet for «nybegynnere» i kvalitativ forskning, kan metodens fleksibilitet derfor føre til det Braun og Clarke (2022) omtaler som «analytisk lammelse» (s. 261). Flere forfattere, som Tjora (2018) og Braun og Clarke (2006) angir imidlertid *retningslinjer* som kan brukes i tematisk analyse. Til tross for at samtlige typer kvalitative datamaterialer kan analyseres tematisk, er retningslinjene disse forfatterne foreslår, og de etterfølgende eksemplene, hovedsakelig rettet mot intervjuer og lignende datainnsamlingsmetoder. Som følge av at jeg ikke har funnet noe litteratur om tematisk analyse av spørreskjemaer med åpne faktabaserte spørsmål, eller spørreskjemaer generelt, har jeg derfor tatt *utgangspunkt* i retningslinjene til Tjora (2018) og Braun og Clarke (2006) i analyseprosessen i denne oppgaven.

6.7.2 Digitalisering og systematisering av datamaterialet

Braun og Clarke (2006) beskriver tematisk analyse som en prosess bestående av seks steg. De påpeker imidlertid at dette ikke er en utelukkende lineær prosess, da det ofte er nødvendig å hoppe frem og tilbake mellom de ulike stegene. Som følge av at jeg var relativt ny i forskerrollen og hadde lite erfaring med tematisk analyse i forkant av analyseprosessen, ble det å hoppe frem og tilbake mellom de ulike stegene derfor uunngåelig. Braun og Clarke (2006) skriver at prosessen innledes med å gjøre seg kjent med datamaterialet, slik at idéer og identifisering av mulige temaer allerede kan begynne å dannes. Spørreundersøkelsen ble gjennomført med penn og papir, og i etterkant ble de innsamlede dataene organisert i et Excel-dokument. Ved å digitalisere datamaterialet fra spørreundersøkelsen fikk jeg dermed en generell oversikt over dataene som skulle analyseres fordi jeg selv fylte inn elevenes svar.

Svarene ble organisert i en 56×8 matrise, der hver rad representerte en av de 56 elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen, og hver kolonne representerte et av de åtte spørsmålene på spørreskjemaet. Tabell 6-1 nedenfor viser et lite utdrag av denne matrisen, for tre av elevene og de tre første spørsmålene på spørreskjemaet.

	1) Tegn big bang-teorien og beskriv den med dine egne ord.	2) Beskriv hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien.	3) Beskriv hva som eksisterte eller hva som skjedde rett før big bang.
B1	Ingen har sett big bang, så ingen vet hvordan det så ut...	1. Bakgrunnsstråling 2. Verdensrommet blir større (utvider seg) 3. Grunnstoffene i universet.	Det var ikke tid eller rom før big bang.
B2	Tomrom → Ulike partikler → Ulike partikler som reagerer → Gass → Eksplosjon → Ekspandering og dannelse av universet [med tegning]	Universet utvider seg Fordelingen av grunnstoffer Bakgrunnsstråling	Ingenting, fantes ikke tid eller rom.
B3	Big bang skjedde for ca. 13,8 milliarder år siden og den lagde universet. Det skjedde med et stort smell.	Observasjonene er bakgrunnsstråler.	Det er ingen som vet hva som var før big bang.

Tabell 6-1: Et utdrag av matrisen av dataene fra spørreundersøkelsen. Hver kolonne representerer et av spørsmålene på spørreskjemaet, og hver rad representerer en av elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen. Elevene er identifisert med bokstaven B (tilhører B-klassen) og et nummer (1-3).

Av hensyn til personvern ble spørreundersøkelsen gjennomført anonymt. Da datamaterialet ble digitalisert i etterkant av spørreundersøkelsen fikk elevene derfor tildelt hver sin identifikasjon, eksempelvis B3 eller F28. Identifikasjonen bestod av en bokstav (B eller F, avhengig av klasse) og et nummer fra 1 til 30, og kan ikke spores tilbake til den faktiske eleven, da identifikasjonene ble produsert i etterkant av datainnsamlingen. Jeg valgte å gi elevene hver sin identifikasjon fordi jeg ville beholde muligheten til å sammenligne hva en elev hadde svart på ulike spørsmål, blant annet for å undersøke om elevens svar var motsigende eller konsekvente. Jeg markerte også hvilken klasse elevene tilhørte, da elevenes lærere hadde forskjellig bakgrunn, og jeg ønsket å undersøke om det var merkbare ulikheter i besvarelsene til elevene i de to klassene. Elevenes svar ble i tillegg sortert etter spørsmål, og dette ble gjort for å tydeliggjøre konteksten ved lite utfyllende svar. Eksempelvis ville det være nødvendig å vite hvilket spørsmål en av elevene besvarte med utsagnet «Ingen teori

om», for å vite hva eleven mener det ikke finnes teori om. Siden alle svarene som tilhørte samme spørsmål ble systematisert i én kolonne, fikk jeg i tillegg en bedre oversikt over svar med høy frekvens ved de ulike spørsmålene, samt mer sjeldne svar. Etter at de skriftlige spørreskjemaene hadde blitt digitalisert i matrisen, leste jeg gjennom alle dataene én gang til, for å bli enda bedre kjent med datamaterialet som skulle analyseres.

6.7.3 Koding

Det andre steget i prosessen til Braun og Clarke (2006) dreier seg om å produsere initielle koder fra datamaterialet. Tjora (2018) skriver at dette kodearbeidet består i å arbeide seg gjennom datamaterialet som skal analyseres og opprette koder, som kan være alt fra et ord eller en frase til lengre setninger eller hele avsnitt. Fordi datamaterialet i dette prosjektet bestod av nesten 448 (56 elever multiplisert med 8 spørsmål) *usammenhengende* svar, valgte jeg derfor å først å lage empirinære koder til hvert enkelt svar. Jeg bruker ordet *usammenhengende* i den forstand at elevene skulle svare på et sett med forhåndslagde spørsmål, og at det derfor ikke ble en *naturlig flyt* i datamaterialet, slik det i mye større grad blir i intervjuer, lydopptak av samtaler og lignende metoder. Tjora (2018) skriver at empirinær koding av analysedata kan være en utfordring for studenter og forskere som tar med seg variabeltenkning fra kvantitativ forskning. Dette hadde vært en utfordring i pilotprosjektet, der jeg i større grad hadde forsøkt å analysere det kvalitative datamaterialet kvantitativt. Kodeprosessen ble derfor gjort svært grundig, med et hovedfokus på å lage så empirinære koder som mulig. Noen svar fikk flere koder, andre kun én. Eksempelvis ble svaret «Ingenting eksisterte før big bang. Uendelig tetthet.» på spørsmålet om hva som eksisterte eller skjedde rett før big bang kodet som «Ingenting eksisterte før big bang» og «Før big bang var det uendelig tetthet», mens svaret «Ingenting eksisterte før big bang» på samme spørsmål ble kodet som «Ingenting eksisterte før big bang». Vi ser at kodene i disse eksemplene var helt eller i stor grad identiske med hele eller deler av elevenes svar. De opprettede kodene ivaretok med andre ord det helt spesifikke innholdet i datamaterialet, og dette ble gjort for å unngå å miste viktig informasjon i denne fasen av analyseprosessen. Det ble med andre ord brukt en induktiv tilnærming i opprettelsen av de empirinære kodene, da disse kodene var tett knyttet til dataene, og ikke ble forsøkt plassert innenfor en forhåndslagt koderamme basert på teori og tidligere forskning. Selv om det ikke var mulig å frigjøre seg

fullstendig fra teori og tidligere forskning, bidro det empirinære kodearbeidet til at analyseprosessen ble innledet med en så induktiv tilnærming som mulig.

De empirinære kodene ble fylt inn i et eget Excel-dokument, der hver kode ble merket med spørsmål og elevidentifikasjon, eller elevidentifikasjoner dersom svar fra flere elever ble kodet likt, som i eksempelet i forrige avsnitt. Den empirinære kodeprosessen medførte at flere av de opprettede kodene var svært like, men ikke helt identiske. Et eksempel på dette vises i Tabell 6-2 nedenfor, der vi ser fem koder som, med litt ulike formuleringer, dreier seg om at big bang var et «stort smell». Jeg valgte imidlertid å beholde slike koder separat istedenfor å slå dem sammen slik at elevenes egne forklaringer ble ivaretatt. Dette ble gjort fordi spørsmålene på spørreskjemaet var såpass konkrete, noe som medførte at elevenes egne formuleringer på de ulike spørsmålene kunne gi viktig informasjon om elevenes forståelse.

Blanke svar fikk ingen koder, men ble notert slik at jeg fikk en statistisk oversikt over antall blanke svar per spørsmål i tilfelle dette skulle være av betydning. Det samme gjaldt for svar som «Jeg vet ikke» og «Jeg husker ikke». Elevenes svar på spørsmålet om hva de syntes om kosmologi ble heller ikke kodet. Den induktive empirinære kodeprosessen resulterte i et kodesett med 434 koder, i tillegg til analysedata, altså de instansene i datamaterialene som kodene var knyttet til (Tjora, 2018). Fordi både kodene og de tilhørende svarene var merket med elevidentifikasjon og spørsmål, fikk vi det Tjora (2018) betegner som en *kodestrukturert empiri* (s. 46). Det er denne som dannet utgangspunktet for neste steg i analyseprosessen.

Big bang-teorien handler om at en dag så smalt alt
Big bang var et stort smell/ eksplosjon
Big bang var et stort smell
Big bang var et stort smell som skjedde etter en kjemisk reaksjon i rommet
Det smalt et sted

Tabell 6-2: Oversikt over fem nokså like (men ikke identiske) koder som dreier seg om at big bang var et «stort smell».

6.7.4 Kodegruppering og tematisering

Det tredje steget i prosessen til Braun og Clarke (2006) innebærer å sortere de initielle kodene i potensielle temaer. Forfatterne skriver at noen av disse kodene kan samles i *hovedtemaer*, mens andre sorteres i mindre *undertemaer*. Tjora (2018) betegner dette som *hovedtemaer* og *kodegrupper*, der kodegruppering defineres som en induktiv prosess som består i å gruppere koder som har en innbyrdes tematisk sammenheng. Dette steget i analyseprosessen ble derfor innledet med å sortere lignende koder for seg, slik at jeg kunne få en bedre oversikt over potensielle kodegrupper. De sorterte kodene ble deretter samlet i slike grupper. I Tabell 6-3 nedenfor ser vi for eksempel at alle kodene som omhandlet bolledeig- eller ballong-analogien i forbindelse med utvidelsen av universet ble samlet i kodegruppen «Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en deig til heving eller en ballong som blåses opp».

Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en deig til heving eller en ballong som blåses opp	Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en deig til heving
	Utvidelsen av universet betyr at stjernene flytter seg, slik som i en «bolledeig»
	Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en ballong som blir blåst opp
	Universet hever seg som en gjærdeig ved at galaksene (rosinene) havner lenger fra hverandre
	Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en bolledeig med rosiner hvor deigen utvides, men rosinerne blir det samme
	Universet ekspanderer som en ballong

Tabell 6-3: Oversikt over kodegruppen «Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en deig til heving eller en ballong som blåses opp». Kolonnen til høyre viser hvilke koder som har blitt samlet i denne kodegruppen.

Selv om kodegrupperingen ble gjort induktivt, kan vi også si at dette steget hadde en *abduktiv* tilnærming da jeg hadde en anelse om hvordan de empirinære kodene kunne grupperes basert på tidligere forskning. Tjora (2018) beskriver dette som en form for kvalifisert gjetning, da det å gruppere koder innebærer å forsøke å sette et navn eller tema på hver gruppe, og at det i denne navngivningen kan oppstå gjetning-justering, som er mindre induktiv enn kodingen. Dette steget kan også oppfattes som deduktivt, da de empirinære kodene ble forsøkt samlet i kodegrupper «der de hørte hjemme» (Tjora, 2018).

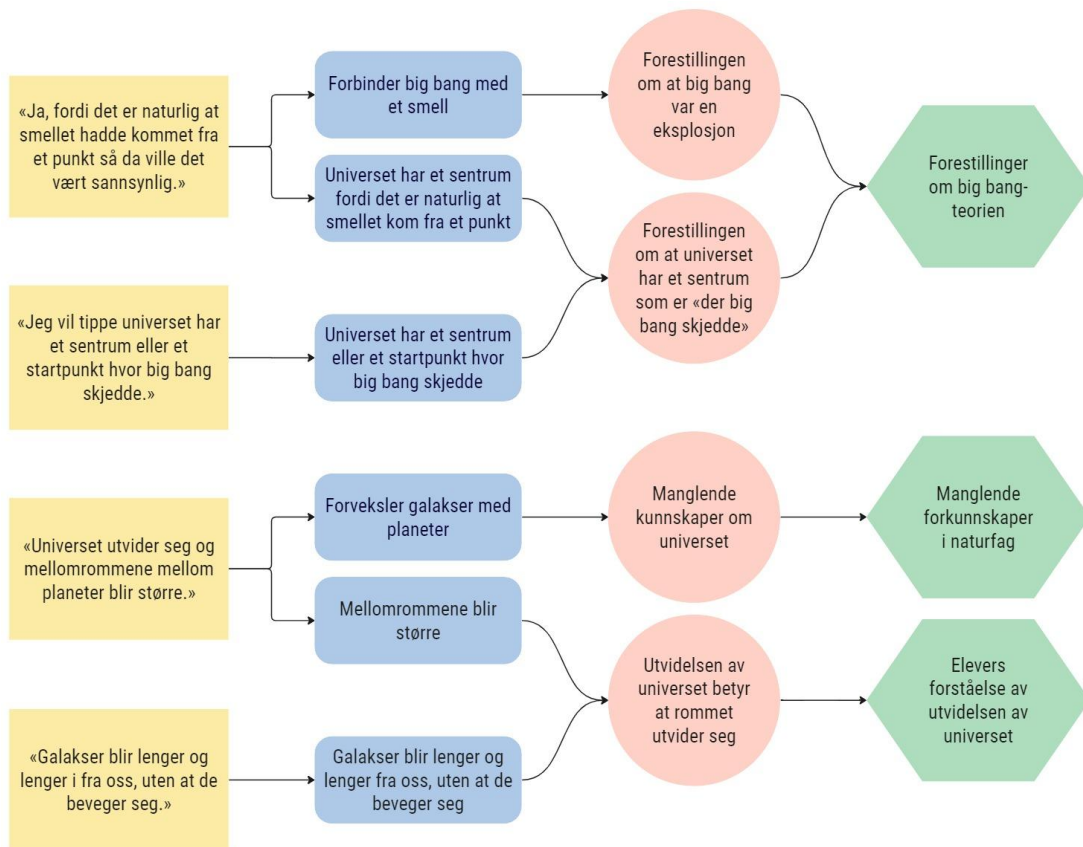
I kodegrupperingen ble i tillegg koder som ble ansett som irrelevante skilt ut (Tjora, 2018). Som følge av at kodingsprosessen hadde vært såpass omfattende og resultert i hele 434 koder, ble et betydelig antall koder utelatt da veien videre i analyseprosessen begynte å bli tydeligere. Eksempelvis ble kodene som dreide seg om universet alder utelatt, da jeg ikke så disse kodene som like relevante for resten av analyseprosessen. Som ny i forskerrollen hadde jeg imidlertid ikke et fullt overblikk over hvilken retning analysen kunne ta, og «usikre» koder ble derfor også gruppert.

Braun og Clarke (2006) skriver at det fjerde steget i analyseprosessen går ut på å bearbeide de tentative temaene. Som sagt er ikke denne prosessen lineær, og bearbeidelsen av kodegrupper og hovedtemaer ble derfor gjort parallelt med resten av analysearbeidet. Eksempelvis ble de tre kodegruppene «Partikler eksisterte før big bang», «Større objekter eksisterte før big bang» og «Jorda eksisterte før big bang» slått sammen til kodegruppen «Noe eksisterte før big bang» etter at de hadde blitt plassert i hovedtemaet «Elevs forståelse av hva som var før big bang».

To av kodegruppene dreide seg om hvorvidt universet har et sentrum; «Universet har et sentrum som er 'der big bang skjedde'» og «Universet har ikke et sentrum fordi det er for stort eller uendelig». Disse to kodegruppene ble opprinnelig samlet i hovedtemaet «Elevs forståelse av hvorvidt universet har et sentrum». I slutten av analysearbeidet ble imidlertid kodegruppen «Universet har ikke et sentrum fordi det er for stort eller uendelig» fjernet, da den ikke ble ansett som like relevant for masteroppgaven. Videre fikk kodegruppen «Universet har et sentrum som er 'der big bang skjedde'» det nye navnet «Forestillingen om at universet har et sentrum som er 'der big bang skjedde'», og ble plassert i hovedtemaet «Forestillinger om big bang-teorien» sammen med kodegruppen «Forestillingen om at big bang var en eksplosjon»

6.7.5 Oversikt over endelige hovedtemaer og tilhørende kodegrupper

Figur 6-1 nedenfor visualiserer analyseprosessen av datamaterialet fra spørreundersøkelsen. Denne figuren viser hvordan fire elevsvar har blitt kodet induktivt, der noen svar har fått flere koder, mens andre kun har fått én. Videre ser vi hvordan disse empirinære kodene har blitt sortert i kodegrupper, som ble slått sammen til tre av de endelige hovedtemaene.



Figur 6-1: Oversikt over forløpet i analyseprosessen, for fire elevsvar. Svarene vises i gule firkanter, med tilhørende empirinære koder som vises i de blå avrundede rektanglene. Kodene har blitt sortert i kodegrupper, som her vises i rosa sirkler. Hovedtemaene vises i grønne heksagoner.

En oversikt over de fire hovedtemaene og de tilhørende kodegruppene vises i Tabell 6-4 på neste side. Det første hovedtemaet «Elevers forståelse av hva som var før big bang» består av de tre kodegruppene «Vi har ingen kunnskap om hva som var før big bang», «Det var ingenting/ tomrom før big bang» og «Noe eksisterte før big bang». Videre består hovedtemaet «Forestillinger om big bang-teorien» av de to kodegruppene «Forestillingen om at big bang var en eksplosjon» og «Forestillingen om at universet har et sentrum som er ‘der big bang skjedde’». Hovedtemaet «Elevers forståelse av utvidelsen av universet» består av syv kodegrupper; «Utvidelsen av universet betyr at det blir større», «Utvidelsen av universet betyr at rommet utvider seg», «Utvidelsen av universet betyr at planeter beveger seg fra hverandre», «Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en deig til heving eller en ballong som blåses opp», «Hubbles lov nevnes i forbindelse med utvidelsen av universet», «Universet har en gang hatt uendelig tetthet» og «Utvidelsen av universet betyr at vi oppdager mer av universet». Den siste hovedtemaet, «Manglende forkunnskaper i naturfag»,

består av de tre kodegruppene «Manglende forkunnskaper i kjemi», «Manglende forkunnskaper i bølge- og strålingsfysikk» og «Manglende forkunnskaper om universet».

6.7.6 Datatriangulering

Gruppeintervjuet som ble gjennomført i forkant av spørreundersøkelsen ble blant annet brukt for å gjøre eventuelle endringer av spørreskjemaet. Det ble også brukt for å støtte resultatene fra analysen av spørreundersøkelsen. Lærernes utsagn fra gruppeintervjuet ble brukt for å underbygge elevenes forståelse av big bang-teorien, slik den vises gjennom spørreundersøkelsen.

Hovedtema	Kodegruppe
Elevers forståelse av hva som var før big bang	Vi har ingen kunnskap om hva som var før big bang
	Det var ingenting/ tomrom før big bang
	Noe eksisterte før big bang
Elevers forestillinger om big bang-teorien	Forestillingen om at big bang var en eksplosjon
	Forestillingen om at universet har et sentrum som er «der big bang skjedde»
Elevers forståelse av universets utvidelse	Utvidelsen av universet betyr at det blir større
	Utvidelsen av universet betyr at rommet utvider seg
	Utvidelsen av universet betyr at planeter beveger seg fra hverandre
	Utvidelsen av universet kan sammenliknes med en deig til heving eller en ballong som blåses opp
	Hubbles lov nevnes i forbindelse med utvidelsen av universet
	Universet har en gang hatt uendelig tetthet
	Utvidelsen av universet betyr at vi oppdager mer av universet
Manglende forkunnskaper i naturfag	Manglende forkunnskaper i kjemi
	Manglende forkunnskaper i bølge- og strålingsfysikk
	Manglende forkunnskaper om universet

Tabell 6-4: Oversikt over resultatene fra analysearbeidet. Kolonnen til venstre viser de endelige hovedtemaene, og kolonnen til høyre viser de tilhørende kodegruppene.

7 RESULTATER

I dette kapitlet presenteres resultatene fra analysearbeidet. Innledningsvis, i kapittel 7.1, gis en kvantitativ oversikt fra to av spørsmålene på spørreskjemaet. Videre presenteres de fire hovedtemaene som ble utviklet i analyseprosessen, med tilhørende kodegrupper. I kapittel 7.2 presenteres elevenes forståelse av hva som var før big bang. I kapittel 7.3 betraktes elevenes forestillinger om big bang-teorien. Deretter tar kapittel 7.4 for seg elevenes forståelse av utvidelsen av universet. Avslutningsvis presenteres elevenes manglende forkunnskaper i naturfag i kapittel 7.5. Elevsvarene er presentert med gule sitater, og utsagn fra de to lærerne er presentert med blå sitater. Elevenes svar blir tolket og kommentert fortløpende i dette kapitlet. Resultatene blir imidlertid diskutert opp mot teori og tidligere forskning i neste kapittel (kapittel 8).

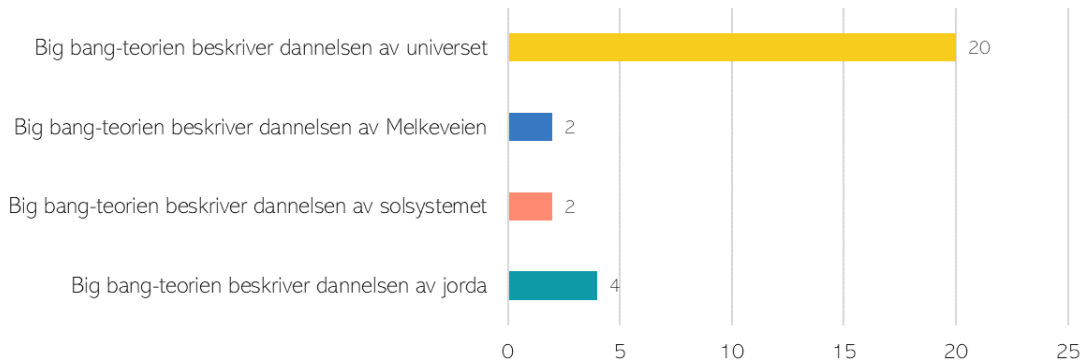
7.1 Kvantitativ oversikt

I dette delkapitlet gis en kvantitativ oversikt fra de to første spørsmålene på spørreskjemaet. Delkapitlet innledes med en oversikt over antall elever som mente at big bang-teorien beskriver dannelsen av universet, eller et område i universet (7.1.1). Videre gis en oversikt over hvor mange elever som refererte og eksplisitt navnga de tre observasjonene som støtter big bang-teorien (7.1.2) på spørsmålet der de ble bedt om å beskrive disse.

7.1.1 Big bang-teorien er teorien om hvordan universet ble dannet

I Naturfag SF står det at «big bang-teorien er teorien om hvordan universet ble til». På spørsmål 1 («Tegn big bang-teorien og beskriv den med dine egne ord.») svarte 28 elever eksplisitt at big bang-teorien beskriver hvordan universet (eller et område i universet) ble *dannet*, se Figur 7-1. 20 av disse skrev at big bang-teorien beskriver dannelsen av universet, mens 2 elever hevdet at den beskriver dannelsen av Melkeveien. 2 og 4 elever skrev at denne teorien beskriver dannelsen av henholdsvis solsystemet og av jorda.

1) Tegn big bang-teorien og beskriv den med dine egne ord.

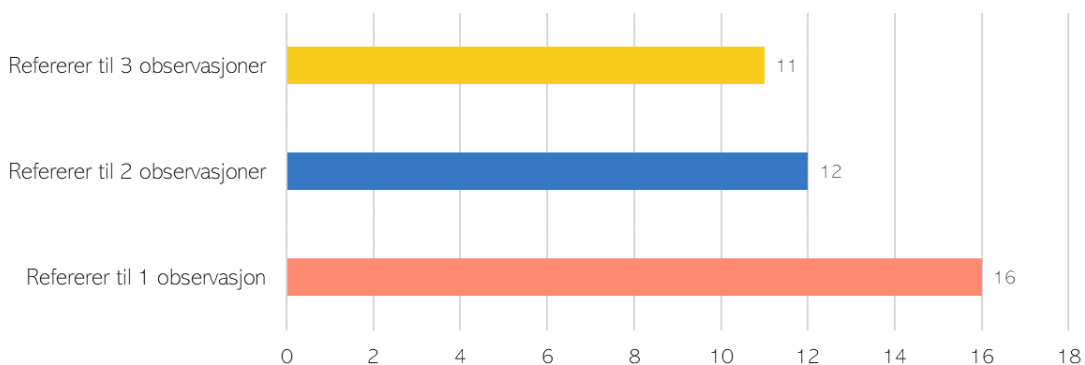


Figur 7-1: Oversikt over antall elever som eksplisitt svarte at big bang-teorien beskriver dannelsen av universet, Melkeveien, solsystemet eller jorda på spørsmål 1.

7.1.2 Observasjonene som støtter big bang-teorien

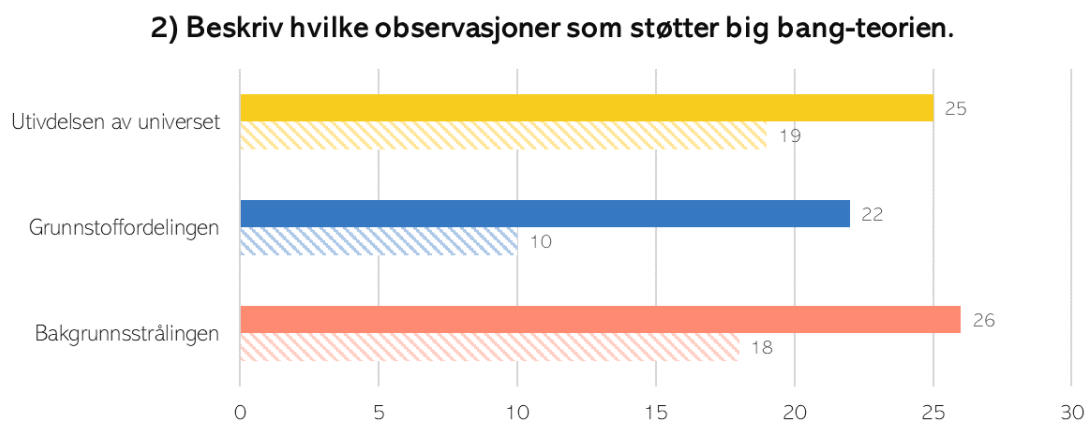
Utvidelsen av universet, grunnstoffordelingen og bakgrunnsstrålingen er tre av observasjonene som støtter big bang-teorien, og det er disse tre som nevnes i naturfagbøker (Brandt et al., 2020; Heskestad et al., 2020; Svendsen et al., 2020). Det var totalt 11 elever som refererte til alle disse observasjonene på spørsmål 2 («Beskriv hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien»). 12 elever refererte til to av observasjonene, og 16 elever refererte til én observasjon. Mer enn to tredjedeler av elevene refererte derfor til én eller flere observasjoner som støtter big bang-teorien på dette spørsmålet. En visualisering av denne statistikken vises i stolpediagrammet i Figur 7-2 nedenfor.

2) Beskriv hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien.



Figur 7-2: Oversikt over antall elever som refererte til henholdsvis én, to eller tre observasjoner på spørsmål 2 («Beskriv hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien»).

Selv om de tre observasjonene ble referert til omtrent like mange ganger, var det imidlertid større forskjeller i hvor mange elever som klarte å «navngi» de ulike observasjonene. Eksempelvis refererte 22 elever til grunnstoffordelingen, men kun ti av disse brukte eksplisitt ord som «fordeling» eller «blanding». Derimot skrev syv elever at det er *dannelsen* av grunnstoffene som støtter big bang-teorien, mens fem elever kun svarte «grunnstoffene». Av de 26 elevene som refererte til bakgrunnsstrålingen, brukte kun to tredjedeler begrepet «bakgrunnsstrålingen». 5 elever brukte ordet stråling, mens 4 elever hevdet at det er observasjonen av lys som støtter big bang-teorien. Av de 25 elevene som refererte til utvidelsen av universet, skrev 19 elever eksplisitt at universet utvider seg eller at galakser beveger seg fra hverandre. 4 elever hevdet at det er planetene som beveger seg fra oss eller hverandre, mens 1 elev skrev at universet beveger seg fra oss. En oversikt over antall elever som refererte og eksplisitt navnga de ulike observasjonene vises i Figur 7-3 nedenfor.



Figur 7-3: Oversikt over antall elever som refererte og navnga de ulike observasjonene på spørsmål 2. Stolpene med heldekkende fyll indikerer antall elever som refererte til den spesifikke observasjonen, mens de stripede stolpene indikerer antall elever som navnga den gitte observasjonen korrekt.

7.2 Elevers forståelse av hva som var før big bang

Big bang-teorien beskriver ikke hvordan universet ble skapt; teorien beskriver hvordan det har utviklet seg, og fortsatt utvikler seg, fra tiden rett etter big bang. Big bang-teorien er av den grunn ikke i stand til å si noe om universet, eller om det i det hele tatt fantes et univers, før big bang (Grøn & Elgarøy, 2021). Mange forskere mener imidlertid at alt som eksisterer ble til i big bang, og dette blir også påpekt i læreboka Naturfag SF (Brandt et al., 2020).

Hovedtemaet «Elevens forståelse av hva som var før big bang» er inndelt i de tre kodegruppene «Vi har ingen kunnskap om hva som var før big bang» (7.1.1), «Det var ingenting før big bang» (7.1.2) og «Noe eksisterte før big bang» (7.1.3).

7.2.1 Vi har ingen kunnskap om hva som var før big bang

Av de 56 elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen, var det 15 elever som svarte at vi ikke har noe kunnskap om hva som var før big bang. Flesteparten av disse svarene er nokså kortfattede og entydige, og varierer mellom utsagnene «Vi vet ikke *noe* om hva som var før big bang» og «Vi er *usikre* på hva som var før big bang». Nedenfor ser vi noen eksempler på slike svar:

Før big bang vet vi ingenting om tid og rom.

Vi kan ikke si noe sikkert om det som fantes før big bang.

Man er usikker på akkurat hva som skjedde før big bang.

Noen av elevene skriver i tillegg hva *de* trodde eksisterte eller skjedde rett før big bang. Eksempelvis skriver en av elevene følgende:

Det er ingen som vet helt sikkert hva som skjedde rett før big bang. Jeg tror det ikke fantes noe, fordi dette var starten på alt.

Basert på dette utsagnet virker det som at denne eleven har en relativt god forståelse av vår kunnskap om hva som var før big bang. Selv om Naturfag SF (Brandt et al., 2020) skriver at de fleste forskere mener at big bang «var starten på alt», så kan vi ikke vite om dette faktisk stemmer, noe eleven også påpeker. En annen elev skriver følgende:

Det er umulig å vite nøyaktig hva som skjedde rett før big bang, men trolig var hele universets masse og energi konsentrert i en singularitet, et uendelig tett punkt.

Denne eleven oppsummerer essensen av big bang-teorien, som dreier seg om at universet for omtrent 13,8 milliarder år siden begynte å utvide seg fra en tilstand med ekstremt høy tetthet. Antagelsen om at universet alltid har utvidet seg medfører følgelig at universet en gang må ha vært konsentrert i en singularitet. Eleven bruker imidlertid ordet *trolig* for å understreke at vi faktisk ikke vet om dette stemmer.

7.2.2 Det var ingenting før big bang

På spørreundersøkelsen hevdet 19 elever at det ikke var noe før big bang. Majoriteten av disse svarene var korte og konsise, uten noen ytterligere begrunnelse, med omtrent samme ord som svarene nedenfor:

Ingenting.

Ingenting eksisterte før big bang.

Det er ingenting som skjedde rett før big bang.

Det er imidlertid nokså utfordrende å vite hva elevene mener med ordet «ingenting». Når forskere snakker om at det ikke var noe før big bang, mener de *absolutt ingenting* - hverken tid, rom eller materie. Dette er vanskelig å se for seg, spesielt fordi vi ikke har noe erfaring med et slikt scenario. Fra hverdagen kan vi for eksempel se for oss «ingenting» som en boks uten noe i. Selv om vi sier at boksen er tom, vil den sannsynligvis inneholde partikler, så det er materie i boksen. I tillegg eksisterer naturligvis rom og tid, både i og utenfor boksen. Det å se for seg «ingenting» som et tomt svart rom, uten stjerner, planeter og andre objekter, blir heller ikke riktig, fordi dette innebærer at *selve rommet* må eksistere. Eksempelvis skriver en av elevene følgende:

Bare verdensrommet, altså ingenting.

Basert på dette svaret virker det nettopp som om denne eleven definerer «ingenting» som rommet uten materie. Denne eleven bruker også begrepet «verdensrommet», som defineres som den delen av universet som ligger utenfor jorda (Evans, 2019). Fra erfaringer fra dagligtalen brukes imidlertid verdensrommet og universet om hverandre, og selv om «verdensrommet» ikke forekommer i elevenes lærebok, er det derfor ikke oppsiktsvekkende at enkelte elever bruker dette begrepet.

En annen elev skriver følgende:

Rett før big bang så var det ingenting.

Den samme eleven svarte på spørsmål 7 («Tror du at universet har et sentrum? Begrunn svaret ditt.») på følgende måte:

Ja, siden alt måtte jo ha startet et sted og utvidet seg etter det rundt sentrum.

Selv om eleven hevder at det ikke fantes noe før big bang, skriver hen også at «alt må ha startet et sted». På samme måte som det ikke finnes noe nord for nordpolen, finnes det heller ikke noe utenfor universet. Det stedet alt startet vil derfor være hele universet, fordi det var hele universet som begynte å utvide seg, og som fortsatt utvider seg.

Enkelte elever hevder at hverken tid eller rom eksisterte før big bang, eksempelvis:

Det var ikke tid eller rom før big bang.

Ingenting, ikke engang tid.

Noen elever begrunner også hvorfor de mener det ikke fantes noe før big bang. Eksempelvis skriver to elever at det ikke var noe før big bang fordi big bang skapte universet. En av elevene formulerer dette slik:

Ingenting, fordi big bang var starten.

Denne eleven beskriver imidlertid big bang-teorien på følgende måte:

To meteoritter som kræsjer, og av sammenstøtet dannes Melkeveien.

Det er vanskelig å vite om eleven mener at big bang var sammenstøtet mellom disse to meteorittene. Isåfall motsier eleven seg selv, fordi hen på den ene siden hevder at det ikke var noe før big bang, og på den andre siden skriver at big bang var en kollisjon mellom to allerede eksisterende meteoritter. Det er imidlertid ikke umulig at eleven tenker at disse meteorittene ble dannet i eller etter big bang, og at de *deretter* kolliderte. Eleven viser likevel en manglende forståelse av big bang-teorien, fordi denne teorien ikke er begrenset til vår galakse (Melkeveien), men dreier seg om hvordan *hele* universet har utviklet seg fra de første øyeblikkene etter big bang. Eleven viser heller ikke en forståelse av relasjonen mellom galakser og meteoritter, da eleven hevder at Melkeveien ble dannet i en kollisjon mellom to meteoritter.

7.2.3 Noe eksisterte før big bang

Til tross for at de fleste elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen enten hevdet at vi ikke har noe kunnskap om tiden før big bang, eller svarte at det ikke var noe før big bang, påstod noen elever at *noe* eksisterte før big bang. Dette *noe* varierer fra hele universet til partikler, slik denne eleven skriver:

Partikler kræsjet inn i hverandre. Tiden ble startet å bli målt etter big bang.

Legg merke til at denne eleven skriver at tiden begynte å bli målt etter big bang. Det kan hende at eleven tenker at tid eksisterte før big bang, men at vi «startet stoppeklokken» etter big bang. Det er også mulig at eleven mener at tid ble skapt i big bang, men dette betyr i så fall at materie eksisterte før tid. En annen elev påstår nettopp dette, for på spørsmål 3 («Beskriv hva som eksisterte eller skjedde rett før big bang.»), skriver eleven:

Planeter uten tid.

En av elevene påstår at verdensrommet (som her tolkes som universet) eksisterte før big bang, men at solsystemet vårt ble dannet av big bang:

Jeg tror verdensrommet eksisterte før big bang, men at big bang endret på hvordan verdensrommet ser ut i dag. F.eks. at det ble dannet solsystemet vårt som ikke var der før big bang.

Den samme eleven beskriver big bang-teorien slik:

Et stort smell skjer etter en kjemisk eksplosjon i rommet. Det sendes ut støv og gasser og grunnstoffer som danner planeter og solsystemet vårt.

En håndfull elever påstår også at jorda eksisterte før big bang:

Før big bang var det ingen levende dyr/ mennesker på jorda.

Ingen liv på jorda. Jorda var bare av vann.

Et fellestrekk ved disse to påstandene er at det ikke eksisterte noen levende dyr eller mennesker på jorda før big bang. En annen elev hevder imidlertid at det var liv på jorda før big bang:

Encellede organismer, andre dyr - som ble utryddet. Jorda eksisterte, men uten mennesker som oss i dag.

Denne samme eleven beskriver big bang-teorien slik:

Små partikler → Blir større, skaper en reaksjon og jorden blir formet.

Vi ser her at eleven svarer på disse to spørsmålene med motsigende utsagn. På den ene siden påstår eleven nemlig at jorda ble formet i en slags reaksjon relatert til big bang, og på den andre siden skriver eleven at jorda - med liv - eksisterte før big bang.

En av elevene skriver skriver at dinosaurer eksisterte før big bang:

Rett før big bang-teorien eksisterte dinosaurer og det som skjedde rett før big bang-teorien var at alt liv på jorda ble borte på grunn av en eksplosjon.

Basert på dette svaret virker det som om denne eleven forveksler big bang med hendelsen da en meteoritt traff jorda og utryddet flesteparten av dinosaurerne.

7.3 Forestillinger om big bang-teorien

Resultatene fra spørreundersøkelsen indikerer at enkelte elever har én eller flere forestillinger om big bang-teorien. Elevenes forestillinger ble også tatt opp på gruppeintervjuet i forkant av spørreundersøkelsen. Her snakket Bilbo om at selv om han hadde lagt merke til enkelte forestillinger, så medførte ikke disse «store feil». Han mente derimot at den største utfordringen var at pensumet var for vanskelig:

Det er mer trøbbel at de ikke får til å akseptere nok forklaringer. At det er for vanskelig for dem til at de skjønner det.

Hovedtemaet «Forestillinger om big bang-teorien» består av de to kodegruppene «Forestillingen om at big bang var en eksplosjon» (7.2.1) og «Forestillingen om at universet har et sentrum som er der ‘der big bang skjedde’» (7.2.2).

7.3.1 Forestillingen om at big bang var en eksplosjon

Et interessant, men ikke veldig overraskende funn er at 31 av de 56 elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen brukte ord som *eksplosjon*, *smell*, *bang* og *pang* i forbindelse med big bang. Utsagn som kun inneholder *big bang* har naturligvis ikke blitt inkludert i denne statistikken, da bruken av dette uttrykket ikke impliserer forestillingen om at universet ble skapt i en eksplosjon. Til tross for at læreboka Naturfag SF skriver at det er «meningsløst å snakke om big bang som en eksplosjon der materien ble slynget ut i et tomt rom, ettersom både materien og selve rommet ble til i big bang» (Brandt et al., 2020, s. 19), påstår ti elever eksplisitt at *noe* eksploderte når de beskriver big bang-teorien. Eksempelvis skriver en av elevene at en «stor klump med energi» eksploderte:

Stor klump med energi som eksploderte. Det var masse energi som lå tett inntil hverandre.

Det er mulig at denne eleven mener at denne «klumpen med energi» utgjør hele universet. En annen elev beskriver big bang-teorien på følgende måte:

1. Varm klump med uendelig masse.
2. Klump eksploderer og noen enkle stoffer blir laget. Tid blir dannet og klumpen har fordoblet seg uendelig mange ganger (inflasjonsfasen).
3. Mange stoffer blir dannet.

Denne «varm klumpen med uendelig masse» kan muligens tolkes som plasma. Det virker som om denne eleven betrakter big bang som eksplosjonen av denne «klumpen», fordi eleven blant annet skriver at tid ble dannet etter eksplosjonen. Eleven viser imidlertid noe forståelse av den kosmiske nukleosyntesen som blir beskrevet i kapittel 2.2.3, fordi hen skriver at det først ble dannet noen enkle stoffer og at det deretter ble dannet flere (mange). Det er

imidlertid vanskelig å vite hva som menes med utsagnet «klumpen har fordoblet seg uendelig mange ganger»; om eleven tror det var *massen* eller *volumet* til klumpen som fordoblet seg.

Flesteparten av elevene som assosierte big bang med en eksplosjon, skrev imidlertid ikke *hva* som eksploderte eller *hvorfor* det eksploderte. En stor del av disse elevene skriver derimot at universet ble dannet i denne eksplosive hendelsen. Nedenfor finner vi tre eksempler på slike svar:

Et stort bang skjedde og universet ble til.

Et stort pang som lagde hele universet og alt levende.

En eksplosjon som startet skapelsen av universet.

Det virker i tillegg som at noen elever ser for seg at denne eksplosjonen skjedde nokså brått. Eksempelvis skriver to elever følgende:

Plutselig oppstod et stort BANG da universet ble til.

En dag så smalt alt og vi kan støtte at dette skjedde ved at det finnes observasjoner som støtter big bang-teorien.

Selv om big bang oversettes til «det store smellet» på norsk, brukes ikke dette uttrykket særlig mye, hverken i dagligtalen eller skolen. Læreboka Naturfag SF skriver imidlertid følgende: «Tanken om at universet ble til i et stort smell - det såkalte big bang - ble framsatt av den belgiske astronomen og teologen Georges Lemaître (1894-1966) i 1926» (Brandt, Hushovd & Tellefsen, 2020, s. 17). Forfatterne skriver ikke mer om Lemaîtres teori, og leseren av denne læreboka har derfor ikke noe grunnlag til å vite at denne teorien ikke var fullstendig korrekt. I gruppeintervjuet med elevenes lærere, la Bilbo vekt på at elevene blant

annet sliter med å forstå begrensningene ved naturvitenskapelige teorier, og at de tror på ordene de leser i læreboka:

De tror på boka, og står det at det er en teori, så tror det at det har vært sånn.

Flere av elevene bruker nemlig uttrykket «stort smell» når de beskriver big bang-teorien med sine egne ord. Eksempelvis skriver en av elevene følgende:

Det skjer et stort smell hvor universet som vi ser det i dag ble lagd. Mye av endringene skjedde på et millisekund, mens andre utviklet seg over tid.

Denne eleven hevder at universet ble dannet i et stort smell, men skriver ikke noe om hva som forårsaket smellet, eller om det var noe som smalt. En annen elev skriver at det var en eksplosjon som forårsaket dette smellet:

Et stort smell skjer etter en kjemisk eksplosjon i rommet. Det sendes ut støv og gasser og grunnstoffer som danner planeter og solsystemet vårt.

7.3.2 Forestillingen om at universet må ha et sentrum som er «der big bang skjedde»

Som nevnt tidligere skjedde ikke big bang et bestemt sted i rommet, da det var selve rommet som begynte å utvide seg (Grøn & Elgarøy, 2021). 13 av de 56 elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen skrev imidlertid de trodde universet har et sentrum og at det følgelig måtte være «der alt startet» eller «der big bang skjedde». Eksempelvis svarer tre elever følgende på spørsmål 7 («Tror du at universet har et sentrum? Begrunn svaret ditt.»):

Jeg vil tippe universet har et sentrum eller et startpunkt hvor big bang skjedde.

Universet bør vel kanskje ha et sentrum som er hvor the big bang skjedde.

Ja, hvor big bang oppstod.

En av elevene hevder at universet må ha et sentrum dersom big bang var en eksplosjon:

Kanskje, hvis det var en eksplosjon som skjedde en bestemt plass, vil det være et sentrum.

En annen elev legger vekt på at big bang-teorien kun er en teori, men skriver at universet må ha et sentrum dersom teorien stemmer:

Dersom big bang-TEORIEN stemmer må universet ha et startpunkt derav et sentrum.

Av elevene som refererte til big bang som en eksplosjon, var det noen som hevdet at universets sentrum var der eksplosjonen skjedde. Eksempelvis skriver en av elevene til og med at det er «sjokkbølgene fra eksplosjonen» som utvider universet.

7.4 Elevers forståelse av universets utvidelse

Utvidelsen av universet er en av observasjonene som støtter big bang-teorien, og den som har den mest omfattende forklaringen i læreboka Naturfag SF (Brandt et al., 2020). I gruppeintervjuet med elevenes lærere i forkant av spørreundersøkelsen snakket Frodo om at han hadde et inntrykk av at flesteparten av elevene i hans klasse syntes at utvidelsen av universet var den observasjonen som var enklest å forstå. Med hans egne ord:

Når det gjelder universets utvidelse og Hubbles lov og sånn - det tror jeg de skjønner ganske greit.

Som nevnt tidligere refererte 25 elever til utvidelsen av universet på spørsmål 2. Fordi et av spørsmålene på spørreskjemaet faktisk dreide seg om hva som menes med denne observasjonen, resulterte spørreundersøkelsen i mye mer data om elevenes forståelse av

universets utvidelse enn elevenes forståelse av de to andre observasjonene. Denne observasjonen fikk derfor «sitt eget hovedtema».

Hovedtemaet «Elevers forståelse av universets utvidelse» er inndelt i de syv kodegruppene «Utvidelsen av universet betyr at universet blir større» (7.4.1), «Utvidelsen av universet betyr at rommet utvider seg» (7.4.2), «Utvidelsen av universet betyr at planeter beveger seg fra hverandre» (7.4.3), «Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en bolledeig til heving eller en ballong som blåses opp» (7.4.4), «Hubbles lov nevnes i forbindelse med utvidelsen av universet» (7.4.5), «Universet har hatt uendelig tetthet» (7.4.6) og «Utvidelsen av universet betyr at vi oppdager mer av universet».

7.4.1 Utvidelsen av universet betyr at universet blir større

På spørsmål 4 («Forklar hva som menes med at universet utvider seg.») svarte 17 elever at det betyr at universet blir større. Majoriteten av disse svarene var tilnærmet identiske med svarene på neste side:

Universet blir større og større.

Universet blir hele tiden større.

Det blir større.

7.4.2 Utvidelsen av universet betyr at rommet utvider seg

I Naturfag SF står det tydelig at utvidelsen av universet betyr at det er selve rommet som utvider seg (Brandt et al., 2020, s. 16). Syv elever forklarer utvidelsen av universet på lignende måte, med varierende grad av tydelighet. Eksempelvis skriver en elev følgende:

Galakser blir lenger og lenger fra oss, uten at de beveger seg.

En annen elev hevder at det ikke er ytterkanten av universet som utvider seg, men rommet mellom:

Det er ikke selve ytterkanten av universet som utvider seg, men rommet mellom.

Universet har imidlertid ikke noen ytterkant, men dette står ikke skrevet i elevenes lærebok, og vi kan derfor ikke forvente at en naturfagelev skal ha nok forståelse av universets geometri til å komme frem til dette på egen hånd. Dersom vi derimot ser for oss at universet har en ytterkant, slik denne eleven påstår, vil universets volum være begrenset av denne ytterkanten. Men hvis ytterkanten ikke utvider seg, kan heller ikke rommet på innsiden utvide seg, slik denne eleven skriver.

7.4.3 Utvidelsen av universet betyr at planeter beveger seg vekk fra hverandre

12 elever begrunnet utvidelsen av universet med at planeter beveger seg fra hverandre. Selv om noen av disse elevene har fått med seg at det er selve rommet som utvider seg, skriver de at det er *rommet mellom planetene* som utvider seg. Eksempelvis skriver en elev at mellomrommene mellom planetene blir større:

Universet utvider seg og mellomrommene mellom planeter blir større.

En annen elev påpeker at utvidelsen av universet ikke fører til at planetene fysisk blir større (utvider seg), men at de kun flytter på seg fordi det er rommet som utvides:

Det er fortsatt utvidelsen av universet, men planetene vil utvide seg med det og ikke endre størrelse. Kun rommet utvider seg.

Galakser består blant annet av stjerner og planeter, men på grunn av de sterke gravitasjonskreftene vil ikke avstandene mellom planetene i en galakse øke - det er kun avstandene mellom galakser som øker når rommet utvides. Gravitasjon undervises imidlertid

ikke før i Fysikk 2, og en kan derfor ikke forvente at naturfagelever på Vg1 har en forståelse av dette konseptet. I Naturfag SF står det derimot svært tydelig at det er avstandene mellom galaksene som blir større; ordet «planeter» finnes faktisk ikke i delkapittelet som omhandler big bang-teorien (Brandt et al., 2020).

Det kan i tillegg være vanskelig å vite om elevene tror planetene beveger seg fra hverandre fordi rommet mellom planetene utvider seg, eller om de tror at planetene «selv» beveger seg fra hverandre, i likhet med to biler som kjører i motsatt retning. Eksempelvis beskriver tre forskjellige elever utvidelsen av universet på omtrent samme måte, men med litt forskjellige ord:

Planeter driver fra hverandre og det blir større avstander.

Det betyr at universet stadig blir større, og at planeter, stjerner etc. blir dratt lenger og lenger unna oss.

Planetene trekker seg lenger og lenger unna hverandre fordi universet blir større.

Vi ser at disse elevene bruker ulike verb når de forklarer at planetene beveger seg fra hverandre. Eksempelvis hevder den første eleven at «planeter *driver* fra hverandre», et uttrykk som også kan brukes om båter på sjøen. Det er mulig at eleven som skriver dette ser for seg at utvidelsen av rommet mellom planetene oppfører seg litt som bølger på sjøen - at rommet *dytter* eller *skyver* planetene fra hverandre når det utvider seg. En annen elev skriver at «planeter og stjerner *blir dratt* lenger og lenger unna oss», og det virker derfor som at denne eleven heller ikke mener at planetene selv som beveger seg fra oss. Den tredje eleven skriver at «planetene *trekker seg* lenger og lenger unna hverandre». Å trekke seg unna noe høres mer selvbestemt ut enn å for eksempel bli dratt vekk fra noe, og basert på denne påstanden virker det derfor som at denne eleven, i større grad enn de to forrige, mener at planetene selv beveger seg fra hverandre. En annen elev skriver at planetene *drar* fra hverandre:

Planeter drar lenger og lenger fra hverandre. Vises med rødt lys.

Denne eleven skriver også at det «vises med rødt lys». Det kan hende at denne eleven refererer til rødforskyvningen, som ikke nevnes i delkapittelet om big bang-teorien, men som elevene i B-klassen (som denne eleven går i) har lært i etterkant. Dette var imidlertid den eneste eleven som refererte til rødforskyvningen.

7.4.4 Utvidelsen av universet kan sammenlignes med en bolledeig til heving eller en ballong som blåses opp

Utvidelsen av universet blir ofte sammenlignet med en bolledeig til heving. Rosinene i deigen forestiller galakser, og bolledeigen forestiller rommet mellom galaksene. Når deigen hever vil avstanden mellom rosinene øke, selv om rosinene forblir i ro. Naturfag SF (Brandt et al., 2020) bruker denne analogien i delkapittelet som omhandler big bang-teorien, og i gruppeintervjuet med elevenes lærere snakket Frodo om at bolledeig-analogien fremmet elevenes forståelse av utvidelsen av universet:

Og den her bollemodellen - at det er selve universet som utvider seg - som liksom er litt sånn rart å tenke på, men det tror jeg de forstår.

Bolledeig-analogien ble ikke brukt av noen av elevene i B-klassen. Det var imidlertid fire elever i F-klassen som sammenlignet utvidelsen av universet med en bolledeig til heving. To av disse forklarer denne nokså grundig:

Universet utvider seg som en gjærdeig. Den hever slik at galaksene (rosinene i deigen) havner lengre fra hverandre.

Effekten er litt lik en bolledeig med rosiner hvor deigen utvides, men rosinene blir det samme.

En av elevene gir imidlertid ingen utdypende forklaring på hvorfor universets utvidelse kan sammenlignes med en deig til heving:

Det menes at det utvider seg, litt som en deig til heving.

Utvidelsen av universet kan også sammenlignes med en ballong som blåses opp. Dersom vi tegner prikker (galakser) på ballongen (rommet) før den blåses opp, ser vi at avstandene mellom prikkene blir større og større jo mer ballongen blåses opp. Selv om denne analogien ikke blir brukt i elevenes lærebok, sammenlignet likevel to av elevene i F-klassen (og ingen av elevene i B-klassen) universets utvidelse med en ballong som blåses opp:

Som en ballong som blir blåst opp. Selve rommet blir større → Større avstand mellom galakser.

Universet ekspanderer som en ballong.

Vi ser her at elevene imidlertid ikke gir en grundig forklaring på hvorfor utvidelsen av universet kan sammenlignes med en ballong som blåses opp, og en kan derfor sette et spørsmålstegn ved om de faktisk forstår, eller om de i det hele tatt har hørt om denne analogien.

7.4.5 Hubbles lov nevnes i forbindelse med utvidelsen av universet

I Naturfag SF (Brandt et al., 2020) defineres og forklares Hubble-Lemaître's lov (kalt Hubbles lov i læreboka). Denne loven går ut på at fjerne galakser fjerner seg fra oss med en større hastighet enn galakser som befinner seg nærmere oss. Fire av elevene viste til denne loven på spørreundersøkelsen:

Stjernene flytter seg, slik som i en «bolledeig» når universet utvider seg. Hubbles lov forklarer det på denne måten.

Selv om denne eleven både nevner bolledeig-analogien og Hubbles lov i forbindelse med utvidelsen av universet, forklares hverken analogien eller loven. På spørsmål 2 («Beskriv

hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien»), nevner to andre elever Hubbles lov, men heller ikke disse forklarer hva denne loven går ut på:

Hubbles lov.
Bakgrunnsstråling?
Dannelse av grunnstoffer.

1. Bakgrunnsstråling.
2. Hubbles lov, dopplereffekten.
- 3.

Omvendt er det enkelte elever som forklarer Hubbles lov, uten å navngi loven. En av disse elevene forklarer utvidelsen av universet på følgende måte:

Galakser som befinner seg lengre vekk beveger seg raskere.

En annen elev forklarer dette på en litt mer «kronlete» måte.

De stjernene som er langt fra jorda, får en større avstand. Mens de som er nærmere jorda, får en kortere avstand. Det kan forklares med at det blir flere lysår før det lyset kommer til jorda.

Det er flere detaljer som kan legges merke til ved dette svaret. For det første forveksler eleven galakser med stjerner. Videre er det ikke helt tydelig om eleven mener at stjernene nærmest jorda også får en større avstand, men ikke like stor som de lenger unna, eller om eleven mener at stjernene nærme jorda faktisk beveger seg mot jorda. I Naturfag SF (Brandt et al., 2020) står det at noen få nabogalakser beveger seg mot Melkeveien, men det gis ingen forklaring på hvorfor dette skjer (det skyldes gravitasjonskreftene mellom galaksene). I elevens svar er heller ikke begrepet lysår brukt riktig, fordi lysår *ikke* er en måleenhet for tid, men defineres som den strekningen lyset tilbakelegger (i vakuum) i løpet av ett år.

7.4.6 Universet har hatt uendelig tetthet

Noen elever skriver at dersom universet hele tiden utvider seg eller blir større, må det en gang ha hatt uendelig tetthet:

Universet blir bare større og større, så det betyr at det har hatt uendelig tetthet.

At det blir større og større, men har gjort det i evigheter. Det var en gang helt tett.

I Naturfag SF står det «Hvis rommet utvider seg, må tettheten av den kosmiske materien ha vært større før. Går vi langt nok tilbake i tid, må tettheten ha vært veldig stor. Hvis vi forutsetter at universet alltid har utvidet seg, så må det en gang ha hatt uendelig stor tetthet» (Brandt et al., s. 16-17). Det er viktig å påpeke at disse elevene påstår at universet har hatt uendelig tetthet, men at påstanden om at universet en gang har hatt uendelig stor tetthet kun bygger på *antagelsen* om at universet alltid har utvidet seg.

Det er derimot en annen elev som bemerker denne *antagelsen*. Dette kommer frem på spørsmålet der eleven blir bedt om å beskrive big bang-teorien:

Eksplosjon som enda utvider universet. Vanskelig å forstå flere ting med teorien ved de reglene vi har i dag, f.eks. massetettheten som må ha vært uendelig.

7.4.7 Utvidelsen av universet betyr at vi oppdager mer av universet

Fire elever hevdet derimot at utvidelsen av universet betyr at vi oppdager mer av universet. Disse påstandene lyder slik:

At det finnes nye planeter hele tiden.

Vi finner nye planeter og stjerner.

Planetene blir lenger og lenger bort. Eller at vi alltid oppdager nye univers, planeter, stjerner og galakser.

Vi finner nye steder i universet og avstander øker for hver gang vi utforsker.

7.5 Manglende forkunnskaper i naturfag

Resultatene fra spørreundersøkelsen antyder at enkelte elever har manglende forkunnskaper i naturfag, og at dette medfører at de svarer feil på enkelte spørsmål. Hovedtemaet «Manglende forkunnskaper i naturfag» består av de tre kodegruppene «Manglende forkunnskaper i kjemi» (7.5.1.), «Manglende forkunnskaper i bølgefysikk» (7.5.2) og «Manglende forkunnskaper om universet» (7.5.3).

7.5.1 Manglende forkunnskaper i kjemi

Grunnstofffordelingen i universet er en av observasjonene som støtter big bang-teorien. I Naturfag SF står det svært lite om denne observasjonen, og *hvorfor* den støtter big bang-teorien (Brandt et al., 2020). I gruppeintervjuet snakket også Frodo om at han synes grunnstoffordelingen er nokså tynt forklart i læreboka, samt at det virket som om dette var den observasjonen de fleste elevene synes var vanskeligst:

Grunnstoffordelingen, den synes jeg og er litt tynt forklart i boken egentlig. Fordi grunnstoffordelingen er sånn som den er, så må det ha skjedd sånn som det har skjedd. Den synes jeg også er litt sånn - ikke like tydelig for elevene. Hvorfor må det være sånn? Det står liksom «jo, det må være sånn fordi». Det er ikke noe forklaring som de [elevene] synes er veldig god, sånn som jeg ser det. Så den tror jeg er vanskeligst da - å forstå.

I læreboka finnes imidlertid en slags tidslinje av «de første hendelsene» i universets historie (Brandt et al., 2020). Dette inkluderer blant annet en oppsummering av den kosmiske nukleosyntesen; at de første deuteriumkjernene ble dannet ett sekund etter big bang, og at tyngre atomkjerner som helium, litium og beryllium begynte å dannes tre minutter senere, da

temperaturen hadde sunket nok. Selv om læreboka ikke skriver noe om hvorfor big bang-teorien støttes av grunnstoffordelingen, blir altså dannelsen av de første grunnstoffene forklart nokså grundig. Dette kan være en årsak til at syv elever skriver at *dannelsen* av grunnstoffene er en av observasjonene som støtter big bang-teorien. Det er også verdt å nevne at på spørsmål 6 («Beskriv hvordan grunnstoffene ble dannet.») svarte 20 elever blankt og ni elever svarte «vet ikke». Det er i tillegg viktig å påpeke at kun to av elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen nevnte protoner og nøytroner.

Fem av elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen skrev at grunnstoffene ble dannet av big bang. Eksempelvis skriver en elev følgende:

Tror det var en rekke reaksjoner som dannet ulike gasser som videre dannet andre grunnstoffer.

Det stemmer at grunnstoffene ble dannet i reaksjoner, ved at kjernepartikler slo seg sammen til lette atomkjerner. Gass er imidlertid en av aggregattilstandene som et stoff (f.eks. et grunnstoff) kan være i (Grøn & Pedersen, 2022). Grunnstoffer kan derfor ikke dannes av gasser, da gass kun er tilstanden et stoff er i ved en bestemt temperatur eller et bestemt trykk. Luft er en blanding av ulike gasser, og grunnstoffer kan av den grunn heller ikke bli dannet av luft, slik noen andre elever hevder:

De ble dannet av hverandre og luft og atomer.

I løpet av den første tiden etter big bang var temperaturen i universet altfor høy til at atomer kunne eksistere (Grøn, 2023). Det fantes kun atomkjerner, med frie elektroner, og det var ikke før ca. 380 000 år etter big bang at temperaturen i universet hadde sunket nok til at nøytrale atomer kunne dannes. Grunnstoffene som blir dannet i dag blir også dannet av kjernereaksjoner.

Flere elever hevder at grunnstoffene ble dannet av støv. Eksempelvis skriver en av elevene følgende:

Grunnstoff ble dannet av støv fra big bang.

En annen elev skriver at støv og steinpartikler dannet de første *atomene* på spørsmålet om hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien:

Noe med atomer og vi har klart å spore tilbake til da de første atomene ble til av noen steinpartikler og støv og sånt. Utvider seg.

Den samme eleven hevder også at universet ble dannet i et stort smell.

Handler om at tid og rom ble til ved et stort smell.

Det kan hende at denne eleven ser for seg at dette smellet skyldtes en eksplosjon, og at det ble sendt ut støv og andre rester fra eksplosjonen, som deretter dannet de første atomene.

En annen elev virker å ha lite kontroll på begrepene «molekyl» og «grunnstoff», fordi eleven skriver følgende om hvordan grunnstoffene ble dannet:

De ble dannet ved at de utviklet seg videre fra molekyler.

Partikler møter hverandre, også smeller det og blir dannet grunnstoffer som etter lang tid dannet planeter.

I tillegg skriver en av elevene at grunnstoffer ble dannet ved at celler og atomer festet seg sammen:

Celler, atomer som festet seg sammen.

7.5.2 Manglende forkunnskaper i bølge- og strålingsfysikk

I gruppeintervjuet i forkant av spørreundersøkelsen snakket elevenes lærere om at det virket som at elevene syntes at den kosmiske bakgrunnsstrålingen var nokså vanskelig å forstå, spesielt fordi elevene ikke hadde noen forkunnskaper om elektromagnetisk stråling. Et av kompetansemålene i naturfag etter Vg1 studieforbereende utdanningsprogram dreier seg nemlig om elektromagnetisk stråling, men i læreboka Naturfag SF betraktes dette kompetansemålet nokså lenge etter delkapittelet som omhandler big bang-teorien (Brandt et al., 2020). Selv om lærerne hadde valgt å følge læreboka kronologisk dette skoleåret, snakket de imidlertid om at de neste år ville prøve å undervise big bang-teorien i etterkant av kapittelet som dreier seg om elektromagnetisk stråling. I gruppeintervjuet snakket også Bilbo om at elevene syntes at ting de aldri hadde *sett* var utfordrende:

Når jeg skal forklare noe de aldri har sett [...] da er det too much. Da er det for mye til at de klarer å ta det inn. Og da er det den historien om det her observatoriet og fugleshiten og sånn. Det er jo en morsom historie i naturvitenskapelig metode.

Som nevnt tidligere var det omtrent like mange elever som nevnte bakgrunnsstrålingen som utvidelsen av universet på spørsmål 2 («Beskriv hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien»). Det var imidlertid svært få elever som forklarte bakgrunnsstrålingen da de besvarte dette spørsmålet. En av de få som gjorde det, skrev at bakgrunnsstrålingen gir oss informasjon om jordas alder:

Vi kan observere bakgrunnsstråling som gjør at vi kan anta at jorda er så gammel som den er.

Bakgrunnsstrålingen kan gi oss informasjon om *universets* alder, og dette står også i elevenes lærebok. Basert på elevens svar virker det derfor som at denne eleven husket at bakgrunnsstrålingen gir oss informasjon om alderen til *noe*, og dermed fylte inn jorda.

Flere elever skriver at det finnes *lys* i universet. Eksempelvis skriver en elev at det ble sendt ut lys på grunn av en eksplosjon:

Eksplosjon som sender lys ut i verdensrommet, derfor sendes det enda ut lys i verdensrommet, derfor utvider det seg hele tiden.

Dette *lyset* er trolig den kosmiske bakgrunnsstrålingen. Naturfag SF skriver at den kosmiske bakgrunnsstrålingen er stråling fra universets begynnelse, og at denne strålingen fyller hele universet (Brandt et al., 2020). I etterkant av undervisningen av big bang-teorien, hadde elevene hatt undervisning i elektromagnetisk stråling. I boka er det imidlertid ingen koblinger mellom til bakgrunnsstrålingen i kapittelet om elektromagnetisk stråling. Både den kosmiske bakgrunnsstrålingen og synlig lys er elektromagnetisk stråling, og det kan derfor tenkes at enkelte elever forveksler disse to, eventuelt at de ser på *all* elektromagnetisk stråling - og derfor også den kosmiske bakgrunnsstrålingen - som synlig lys. Det er nemlig flere av elevene som bruker ordet lys i sammenhenger der en vanligvis ville snakket om den kosmiske bakgrunnsstrålingen, blant annet når de ramser opp observasjonene som støtter big bang-teorien:

Vi kan se det på stjernene og lyset i verdensrommet at denne teorien stemmer.

Grunnstoff.

Lysstråling.

Tidsmaskin.

At universet utvider seg, og har en gang vært uendelig tett.

Lysår.

Universet utvider seg.

Noe med lys.

Vi ser her at en av elevene også nevner *lysår* som i oppramsingen av observasjonene som støtter big bang-teorien. Lysår blir også nevnt av en annen elev på spørsmål 2:

Lysår.

Grunnstoffer ble dannet.

Bakgrunnsstrålingen stammer fra 380 000 år etter big bang, da temperaturen i universet hadde avkjølt seg nok til at frie elektroner kunne slå seg sammen med atomkjerner. Dette står også i «tidslinjen» av det tidligere universet i slutten av delkapittelet som omhandler big bang-teorien, i Naturfag SF (Brandt et al., 2020). I seksjonen som omhandler bakgrunnsstrålingen står det imidlertid at «bakgrunnsstrålingen er rester etter den gangen universet var veldig tett og varmt, og gir informasjon om universets tidligste tider» (Brandt et al., 2020). Dette kan tolkes som «stråling som kommer fra big bang», slik en av elevene hevder:

Universet utvider seg. Stråling som kommer fra big bang.

7.5.3 Manglende forkunnskaper om universet

Basert på resultatene fra spørreundersøkelsen virker det som at flere elever har liten kontroll på relevante begreper. I kapittel 7.5.1 ble en kvantitativ oversikt over elevene som skrev at big bang-teorien beskriver dannelsen av universet eller et område i universet presentert. I dette kapittelet så vi at enkelte elever hevdet at big bang-teorien beskriver Melkeveien, solsystemet eller jorda. En av disse elevene beskriver big bang-teorien slik:

Det oppstod en gass som ble så kompakt at det oppstod et bang. Da ble Melkeveien til.

Den samme eleven skriver også følgende om hva som var før big bang:

Ingenting eksisterte før big bang.

Fordi eleven hevder det ikke fantes noe før big bang, er det derfor rimelig å anta at eleven forveksler universet med Melkeveien når hen beskriver big bang-teorien. Universet er et begrep flere elever virker å ha lite kontroll på. Universet defineres nemlig som alt som eksisterer. Dette betyr følgelig at universet ikke kan ha blitt skapt av en kollisjon mellom to planeter, slik en av elevene hevder:

To planeter kræsjer og skaper universet.

En annen elev skriver følgende om hva som eksisterte rett før big bang:

Vet ikke. Kanskje bare et tomt rom der noen galakser og meteoritter svedde rundt, og så kræsjet det.

Med «tomt rom» mener eleven trolig et rom uten noe annen materie enn galakser og meteoritter. Meteoritter er imidlertid restene av meteoroider fra verdensrommet som har falt gjennom atmosfæren og truffet jordoverflaten (Raade & Selbekk, 2023). Fordi *meteoroidene* stammer fra solsystemet, kan heller ikke disse «sveve rundt» sammen med galakser, da galakser består av solsystemer. Det virker derfor som at denne eleven har en manglende forståelse av sammenhengen mellom de ulike objektene i universet. Dette er et fellestrekk hos flere elever, da en annen elev skriver følgende:

Planeter og stjerner går lenger og lenger vekk fra hverandre.

8 DISKUSJON

I dette kapitlet blir resultatene fra spørreundersøkelsen diskutert opp mot teori og tidligere forskning, for å besvare oppgavens forskningsspørsmål. De fire forskningsspørsmålene blir besvart i de fire første delkapitlene; i kapittel 8.1 diskuteres elevenes forståelse av big bang-teorien; kapittel 8.2 tar for seg elevenes forestillinger om big bang-teorien; i kapittel 8.3 betraktes elevenes forståelse av observasjonene som støtter big bang-teorien; og kapittel 8.4 diskuterer hvordan elevenes forkunnskaper i naturfag påvirker deres forståelse av big bang-teorien. Videre tar kapittel 8.5 for seg om hvorvidt elevenes tankegang var konsistent gjennom spørreundersøkelsen. Avslutningsvis presenteres noen implikasjoner av masterprosjektet i kapittel 8.6.

8.1 Elevers forståelse av big bang

I dette delkapitlet blir forskningsspørsmålet «Hvilken forståelse har elever av big bang?» besvart. Selv om vi ikke kan beskrive *selve* big bang, har vi modeller som beskriver det som skjedde rett etter big bang. Vi kan derfor si mye om elevenes forståelse av big bang basert på resultatene fra spørreundersøkelsen.

I studien til Prather et al. (2002) hevdet to tredjedeler av et utvalg med 133 collegestudenter uten forkunnskaper i kosmologi at *noe form for materie* eksisterte før big bang. Kun 15 (29 %) av de 56 elevene som deltok i dette masterprosjektet påsto det samme. Disse elevene hadde imidlertid hatt undervisning om big bang-teorien i forkant av spørreundersøkelsen, og dette er trolig en årsak til at det var såpass få elever som mente at noe eksisterte før big bang, sammenlignet med resultatene fra Prather et al. (2002). I likhet med collegestudentene som deltok i studien til Prather et al. (2002) mente majoriteten av respondentene i dette masterprosjektet at det enten var partikler eller gasser, eller større objekter, som planeter, som utgjorde denne materien.

I Naturfag SF står det at «selve big bang kan vi *ikke* beskrive» og at «de fleste forskerne mener at tiden, rommet og materien ble til i big bang» (Brandt et al., 2020, s. 19). Selv om 15

elever svarte at vi ikke har kunnskap om det som var før big bang, og 19 elever svarte at det ikke fantes noe før big bang, var det kun noen få elever som kombinerte disse to utsagnene. Det virker derfor som at majoriteten av elevene enten husket den delen av læreboka som antyder at vi ikke vet hva som var før big bang, eller den delen av læreboka der det står at «tiden, rommet og materien ble til i big bang», med andre ord at det ikke fantes noe før big bang. Det er også rimelig å anta at noen av elevene som svarte «ingenting» på spørsmålet om hva som eksisterte eller skjedde rett før big bang, gjorde dette fordi det står i læreboka at de fleste forskere mener dette, og at elevene derfor anså dette som det mest «riktige» svaret. Denne antakelsen støttes av gruppeintervjuet med elevenes lærere, der Bilbo snakket om at elevene generelt har tiltro til læreboka.

Selv om det kun var 20 elever som skrev at big bang-teorien beskriver dannelsen av universet, utgjorde disse majoriteten av de 28 elevene som eksplisitt hevdet at big bang-teorien beskriver dannelsen av *noe*. I dette masterprosjektet var det derfor en mye lavere prosentandel som hevdet at big bang-teorien beskriver dannelsen av *noe annet enn universet* - som Melkeveien, solsystemet eller jorda - enn i studien til Prather et al. (2002). I studien til Trouille et al. (2013) hevdet imidlertid kun 8 % av studentene som nevnte big bang-teorien i innleveringen som ble gjort i forkant av undervisning at denne teorien beskriver dannelsen av solsystemet, og kun 2 % og 4 % av studentene hevdet det samme på midtsemesterprøven og eksamenen, som begge ble gjennomført etter undervisning av big bang-teorien. Både kompetansemålet som omhandler big bang-teorien og elevenes lærebok er tydelige på at big bang-teorien dreier seg om hvordan universet ble til, men kun halvparten av elevene som deltok i dette masterprosjektet skrev at big bang-teorien dreier seg om at universet, eller en del av universet, ble til. En årsak til dette kan være at spørsmålet som eksplisitt dreide seg om big bang-teorien («Tegn big bang-teorien og beskriv den med dine egne ord») var såpass åpent. Big bang-teorien er et nokså omfattende og abstrakt tema, blant annet fordi den støttes av ulike observasjoner, og fordi den tross alt beskriver hvordan *hele* universet har utviklet seg fra de aller første øyeblikkene etter big bang. Det er derfor rimelig å anta at elevene kun klarte å tilpasse deler av big bang-teorien i eksisterende skjemaer da big bang-teorien ble undervist, og at hele eller deler av denne teorien derfor ble memorert i forkant av prøven om big bang-teorien. Dette vil følgelig ha ført til at elevene kun husket deler av big bang-teorien da de gjennomførte spørreundersøkelsen, seks måneder senere. Vi kan imidlertid ikke vite hvor mange elever som hadde svart «universet» dersom de for eksempel hadde blitt bedt om

å fullføre setningen «Big bang-teorien beskriver hvordan _____ har oppstått og utviklet seg.»

Det virker som at flesteparten av elevene som hevdet at big bang-teorien beskriver hvordan noe annet enn universet ble skapt, kun gjorde dette fordi de husket feil begrep. Dette skyldes trolig at de hadde memorert definisjonen av big bang-teorien i forkant av prøven om big bang-teorien, noe som førte til at big bang-teorien ble en isolert enhet i den kognitive strukturen, som igjen medførte en større fare for å glemme dette konseptet (Ausubel, 1968). En av elevene svarte imidlertid at verdensrommet eksisterte før big bang, og at det var planetene og solsystemet som ble skapt i big bang. Fordi denne eleven hadde en såpass konsistent tankegang gjennom hele spørreskjemaet, og utdypet svarene nokså grundig, virket det derfor ikke som at eleven forvekslet begrepet, men at eleven hadde en feilaktig forståelse av big bang-teorien.

8.2 Elevers forestillinger om big bang-teorien

I dette delkapittelet blir forskningsspørsmålet «Hvilke forestillinger har elever om big bang-teorien» besvart ved å diskutere de to forestillingene som var mest utbredt blant elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen; «big bang var en eksplosjon» (8.2.1); og «universet har et sentrum som er der big bang skjedde» (8.2.2).

8.2.1 Forestillingen om at big bang var en eksplosjon

Forestillingene om at big bang var en eksplosjon regnes som svært vanlig blant elever (og studenter), og fremtrer de tidligere studiene som omhandler elevers og studenters forestillinger i kosmologi, presentert i kapittel 4.2 (Aretz et al., 2016; Bailey et al., 2012; Prather et al., 2002; Trouille et al., 2013; Wallace et al., 2012). Fra resultatene vet vi at over halvparten av elevene som deltok i dette masterprosjektet refererte til big bang som en eksplosjon. Det var imidlertid kun én tredjedel av disse elevene som *eksplisitt* hevdet at det var en eksplosjon av allerede eksisterende materie, en mye lavere prosentandel enn i studiene til Bailey et al. (2012) og Wallace et al. (2012). Resten av elevene som refererte til big bang som en eksplosjon i dette masterprosjektet, påstod kun at «det eksploderte» eller «smalt», eller at «universet ble dannet i en eksplosjon» eller et «smell».

I elevenes lærebok står det at selve big bang *ikke* kan beskrives (Brandt et al., 2020). Dette medfører følgelig at big bang blir et nokså abstrakt konsept som kan være vanskelig å fatte. Slik Naturfag SF beskriver big bang-teorien, virker det nemlig som at det i begynnelsen ikke fantes noe univers, og at universet plutselig begynte å eksistere og utvide seg (Brandt et al., 2020). Hva som skjedde i mellomtiden blir et mysterium, og det er derfor mulig at elevene hadde et behov for å selv fylle dette «hullet» i big bang teorien slik at denne teorien gir mer mening. Det at universet plutselig begynte å utvide seg fra ingenting virker å være en nokså *eksplosiv* hendelse. I tillegg antyder uttrykket «big bang» til en viss grad at universet ble skapt i en eksplosjon. Det kan derfor hende at enkelte elever festet big bang til en eksplosjon fordi de ikke klarte å tilpasse denne «abstrakte hendelsen» til noen andre eksisterende skjemaer, og at de heller ikke klarte å endre eller utvide eksisterende skjemaer til å samsvare bedre med konseptet big bang (Sjøberg, 1981; Skaalvik & Skaalvik, 2005). Med andre ord kan det virke som at en eksplosjon var den beste forklaringen på big bang. Forestillingen om at big bang var en eksplosjon kan naturligvis ha blitt forsterket av tvetydigheten i elevenes lærebok, fordi Naturfag SF både bruker ordet «smell» og «eksplosjon» i forbindelse med big bang (Brandt et al., 2020).

8.2.2 Forestillingen om at universet har et sentrum som er «der big bang skjedde»

Den andre forestillingen som var mest utbredt blant elevene som deltok i dette masterprosjektet dreier seg om at universet må ha et sentrum, og at dette må være «der big bang skjedde» eller «der alt startet». Spørsmål 7 («Tror du at universet har et sentrum? Begrunn svaret ditt.») var det eneste spørsmålet på spørreskjemaet med et svar som ikke fantes i elevenes lærebok. Dette var derfor det eneste spørsmålet der elevene ikke kunne ha memorert det riktige svaret på forhånd, for eksempel i forkant av prøven om big bang-teorien et halvt år før spørreundersøkelsen. Elevene måtte av den grunn selv resonnerer seg frem til et svar på dette spørsmålet.

Selv om det ikke står noe om hvorvidt universet har et sentrum i Naturfag SF, står det at rommet begynte å utvide seg fra en tilstand med veldig stor tetthet (Brandt et al., 2020). Læreboken legger derimot ikke vekt på at det var *hele* rommet som begynte å utvide seg, og det er derfor mulig at enkelte elever ser for seg at rommet begynte å utvide seg fra et spesifikt

punkt. Universets geometri blir naturligvis ikke presentert i elevenes lærebok, da dette er langt utenfor pensum for Vg1-elever. Fordi både det observerbare universet og de fleste andre «kjente» objekter i universet, som stjerner og planeter, er kuleformede kan det derfor hende at elever ser for seg universet som en tredimensjonal kule. Som følge av at elevene sannsynligvis ikke har fått informasjon som motstrider denne forestillingen, har de derfor ikke vært nødt til å tilpasse deres kognitive skjemaer om universet (Sjøberg, 1981; Skaalvik & Skaalvik, 2005). Elevene vil derfor fortsette å tro at universet er kuleformet til de får ny informasjon som ikke samsvarer med deres eksisterende skjemaer, slik at det oppstår ubalanse. Forestillingen om at universet er kuleformet kan også ha blitt forsterket av det kuleformede bildet av den kosmiske bakgrunnsstrålingen på side 18 i læreboken (Brandt et al., 2020). Dersom elevene tror at universet utvider seg fra et spesifikt punkt, er det naturlig å anta at dette punktet må være der big bang skjedde, fordi det var big bang som startet utvidelsen av universet, og dette punktet må følgelig være sentrum av universet. Det gir også mening at elevene som hevder at big bang var en eksplosjon, også skriver at universets sentrum er der eksplosjonen skjedde.

Det er imidlertid viktig å påpeke at elevene som deltok i masterprosjektet ikke nødvendigvis hadde tenkt på om de tror universet har et sentrum eller ikke i forkant av spørreundersøkelsen, da det ikke står noe i læreboka om dette. Dette førte i så fall til at elevene måtte ta en beslutning under spørreundersøkelsen, og at de derfor kan ha gjettet nokså blindt på spørsmålet om hvorvidt universet har et sentrum, muligens uten å trekke sammenhenger med andre deler av pensum. Det at universet har et sentrum som er «der big bang skjedde» kan derfor ha virket som det mest «logiske» svaret der og da. Det kan derimot hende at færre elever ville hatt denne forestillingen dersom de hadde fått undervisning om dette, fordi elevene da måtte ha utvidet deres eksisterende skjemaer om universet som følge av den nye informasjonen.

8.3 Elevers forståelse av observasjonene som støtter big bang-teorien

I dette delkapittelet blir forskningsspørsmålet «Hvilken forståelse har elever av observasjonene som støtter big bang-teorien» besvart. Delkapittelet innledes med elevenes

forståelse av bakgrunnsstrålingen (8.3.1). Videre presenteres elevenes forståelse av grunnstoffordelingen (8.3.2), og avslutningsvis diskuteres elevenes forståelse av utvidelsen av universet (8.3.3).

8.3.1 Elevenes forståelse av bakgrunnsstrålingen

Basert på resultatene fra spørreundersøkelsen virker det som at elevene generelt har *lav kontroll* på begrepet bakgrunnsstråling, da ingen elever hverken klarte å gi en faglig begrunnet forklaring eller en enkel definisjon på denne observasjonen (Bravo et al, 2006; Hans og Ødegaard, 2014). Bakgrunnsstrålingen var antakeligvis et nokså ukjent begrep for elevene da det ble introdusert i undervisningen, og som nevnt i kapittel 3.2.1 får heller ikke denne observasjonen en omfattende forklaring i læreboka. Dette, i tillegg til at bakgrunnsstrålingen er såpass abstrakt, og noe vi heller ikke kan *se*, kan ha ført til at elevene syntes at det var utfordrende å lære seg dette begrepet (Mork & Erlie, 2014). I gruppeintervjuet snakket også Bilbo om at elevene syntes det var vanskelig med det de ikke kunne se. Fordi elevene ikke hadde noen forkunnskaper om bølger og stråling da de hadde undervisning om big bang-teorien, kunne de derfor heller ikke koble bakgrunnsstrålingen til elektromagnetisk stråling. Dette førte trolig til at elevene hadde vanskeligheter med å tilpasse bakgrunnsstrålingen til allerede eksisterende skjemaer, noe som igjen medførte at de fikk en mindre forståelse av denne observasjonen, og derfor endte opp med å memorere dette bakgrunnsstrålingen i forkant av prøven som omhandlet big bang-teorien (Duckworth, 1987). Dette ville i så fall ha ført til at elevene i større grad «glemte» bakgrunnsstrålingen, da det ble en isolert enhet i elevenes kognitive strukturer (Ausubel, 1968). Dette er trolig en årsak til at elevene i B-klassen, som hadde hatt undervisning om bølger og stråling i forkant av spørreundersøkelsen, ikke klarte å se sammenhengen mellom bakgrunnsstrålingen og elektromagnetisk stråling. Det er imidlertid verdt å påpeke at delkapittelet om big bang-teorien ble undervist omtrent et halvt år før kapittelet som omhandler bølger og stråling, og at heller ikke Naturfag SF tydeliggjør sammenhengen mellom bakgrunnsstrålingen og elektromagnetisk stråling (Brandt et al., 2020).

8.3.2 Elevenes forståelse av grunnstoffordelingen

Selv om elevene hadde hatt kjemiundervisning i naturfag på ungdomsskolen, og grunnstoff derfor ikke var et ukjent begrep, virker det som at elevene også syntes at grunnstoffordelingen var utfordrende. Grunnstoffordelingen kan tross alt være nokså abstrakt, spesielt for de elevene som har lav kontroll på begrepet grunnstoff. Dette kan ha ført til at enkelte elever ikke klarte å koble grunnstoffordelingen til eksisterende skjemaer, og derfor endte opp med å pugge dette begrepet, som følgelig førte til at grunnstoffordelingen ble en isolert enhet i den kognitive strukturen, og at dette begrepet derfor ble enklere å glemme (Ausubel, 1968). Elevene hadde hatt undervisning om big bang-teorien et halvt år i forkant av spørreundersøkelsen, og det er derfor rimelig å anta at noen av elevene som refererte til grunnstoffordelingen, uten å bruke dette begrepet, kun husket at en av observasjonene som støtter big bang-teorien er *relatert* til grunnstoffene. I elevenes lærebok står det også relativt lite om selve grunnstoffordelingen, og mer om hvordan grunnstoffene ble dannet (Brandt et al., 2020). Dette er trolig en årsak til at såpass mange elever forvekslet «grunnstoffordelingen» med «dannelsen av grunnstoff», da dette er lignende konsepter som sannsynligvis ble pugget på omtrent samme tidspunkt (Ausubel, 1968).

8.3.3 Elevenes forståelse av utvidelsen av universet

De aller fleste elevene som refererte til utvidelsen av universet på spørsmål 2 («Beskriv hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien.»), svarte at universet utvider seg eller blir større, eller at galakser beveger seg vekk fra hverandre. Fra hverdagen har vi erfaring med at ting utvider seg, og det er derfor rimelig å anta at elevene klarte å lage koblinger til denne observasjonen i undervisningen om big bang-teorien, basert på resultatene fra spørreundersøkelsen. Det er imidlertid viktig å påpeke at elevene ble bedt om å forklare hva som menes med utvidelsen av universet på spørsmål 4 («Forklar hva som menes med utvidelsen av universet»), noe som kan ha ført til at flere elever svarte at universet utvider seg på spørsmål 2. Det var derimot omtrent like mange elever som nevnte bakgrunnsstrålingen og utvidelsen av universet på spørsmål 2. I tillegg svarte elevene trolig på spørreskjemaet i kronologisk rekkefølge, og siden spørreundersøkelsen ikke påvirket hvilken karakter de fikk i naturfag, kan det hende at elevene heller ikke så gjennom svarene sine før de leverte. Det er derfor ikke sikkert at spørsmål 4 hadde stor påvirkning på resultatene fra spørsmål 2.

Spørsmål 4 kan derimot ha ført til at datamaterialet fra spørreundersøkelsen ga mye mer data om elevenes forståelse av utvidelsen av universet enn av de to andre observasjonene. Andre årsaker til dette kan være at det er utvidelsen av universet som får den mest omfattende forklaringen i elevenes lærebok, og at det trolig er denne observasjonen elevene kunne trekke flest assosiasjoner til da de hadde undervisning om big bang-teorien, da både «utvidelse» og «universet» er kjente begreper.

Fra hverdagen har vi erfaring med at objekter som utvider seg blir større, eksempelvis en ballong som blåses opp eller en deig til heving. Selv om Naturfag SF aldri bruker ordet «større» i forbindelse med utvidelsen av universet, bruker læreboka bolledeig-analogien for å visualisere utvidelsen av universet (Brandt et al., 2020). Det at såpass mange elever svarte at utvidelsen av universet betyr at det blir større kan derfor skyldtes at disse elevene koblet universets utvidelse til andre ting som utvider seg, og av den grunn blir større.

Et mer overraskende funn er at 12 elever hevdet at utvidelsen av universet betyr at planetene beveger seg vekk fra hverandre. I Naturfag SF står det svært tydelig, også i tittelen på seksjonen som dreier seg om utvidelsen av universet, at det er *galaksene* som beveger seg fra hverandre (Brandt et al., 2020). Elevene hadde hatt undervisning om big bang-teorien et halvt år før de gjennomførte spørreundersøkelsen, og det kan derfor hende at disse elevene husket at det er *noen objekter* i universet som beveger seg fra hverandre, men at de ikke husket akkurat hvilke objekter. Dersom elevene memorerte at galaksene beveger seg fra hverandre, ville dette konseptet blitt en isolert enhet med større fare for å havne i glemmeboka (Ausubel, 1968). Dette kan trolig ha ført til at noen elever glemte at det er *galakser* som beveger seg fra hverandre, og derfor fylte inn dette hullet med *planeter*, da flesteparten av elevene sannsynligvis har kjennskap til planeter. Resultater fra tidligere studier om studenters forestillinger om big bang-teorien (for eksempel Bailey et al., 2012; Trouille et al., 2013) viser at studenter uten forkunnskaper om big bang-teorien har varierende grad av begrepskontroll på astronomiske objekter, og at de for eksempel kan forveksle begreper som *solsystem*, *galakse* og *univers*. I tillegg tyder resultatene fra studien til Rajpaul et al. (2018) på at norske ungdomsskoleelever, både på 8. og 10. trinn, har relativt lav kontroll på begrepene *galakse* og *planet*. Da det kun er ett års aldersforskjell mellom 10. klassingene som deltok i studien til Rajpaul et al. (2018) og Vg1-elevene som deltok i dette masterprosjektet, er det ikke urimelig å anta at i hvert fall noen av Vg1-elevene også har lav kontroll på disse

begrepene. Dette kan følgelig være en årsak til at såpass mange elever skrev at planetene beveger seg fra hverandre.

I likhet med tidligere forskning (Aretz et al., 2016, Wallace et al., 2012) mente også noen av elevene at utvidelsen av universet betyr at vi oppdager mer av universet. Det kan hende disse elevene tenker at vi *utvider vår kunnskap* om universet, eventuelt at vi utvider vår *søkeradius*, og av den grunn oppdager mer av universet. Vi oppdager tross alt hele tiden mer av universet. I løpet av den siste tiden har det vært spesielt mye fokus på nye oppdagelser av universet i både norske og utenlandske medier, blant annet på bakgrunn av oppdagelsene gjort av James Webb-teleskopet, som ble skutt opp i slutten av 2021.

8.4 Hvordan elevenes forkunnskaper i naturfag påvirker deres forståelse av big bang-teorien

I dette delkapittelet blir forskningsspørsmålet «Hvordan påvirker elevenes forkunnskaper i naturfag deres forståelse av big bang-teorien?» besvart. Resultatene fra spørreundersøkelsen tyder på at flere elever har manglende forkunnskaper i naturfag, og at dette påvirker deres forståelse av big bang-teorien. I dette delkapittelet betraktes derfor hvordan elevenes forkunnskaper i kjemi påvirker deres forståelse av grunnstoffordelingen (8.4.1), og hvordan deres manglende forkunnskaper om bølgefysikk deres forståelse av de to andre observasjonene; bakgrunnsstrålingen og utvidelsen av universet (8.4.2). Avslutningsvis diskuteres elevenes forkunnskaper, eller manglende forkunnskaper, om universet (8.4.3).

8.4.1 Elevenes forkunnskaper i kjemi

Kjemi er en del av naturfagundervisningen på ungdomsskolen, og ifølge læreplanen skulle Vg1-elevne som gjennomførte spørreundersøkelsen blant annet ha kjennskap til grunnstoffer, kjemiske forbindelser og celler (Kunnskapsdepartementet, 2019). Resultatene fra spørreundersøkelsen viser imidlertid at flere elever har en lav kontroll på disse begrepene. Eksempelvis hevdet enkelte elever at grunnstoffene ble dannet av gasser eller luft, molekyler, støv fra big bang, eller celler.

Korsbrekke (2018) undersøkte i sin masteroppgave Vg1-elevers forståelse av atomer, molekyler og åtteregelen. Resultatene fra denne oppgaven viser blant annet at tre av de seks elevene som deltok i studien hadde lav kontroll på atombegrepet, fordi elevene ikke definerte begrepet korrekt, eller brukte det i sammenheng med tilhørende begreper, som protoner og nøytroner. Selv om Korsbrekke (2018) ikke eksplisitt undersøkte elevenes forståelse av grunnstoff, er dette begrepet tett tilknyttet atombegrepet. Resultatene fra denne studien kan derfor brukes som en begrunnelse på hvorfor enkelte elever virket å ha såpass lite kontroll på begrepet grunnstoff, og hvorfor det kun var to elever som brukte begrepene *proton* og *nøytron* i løpet av spørreundersøkelsen.

Det er i tillegg viktig å påpeke at mer enn halvparten av elevene enten svarte blankt eller «vet ikke» på spørsmål 6 («Beskriv hvordan grunnstoffene ble dannet.»), trolig fordi elevene syntes at dette var et spesielt utfordrende konsept. En årsak til dette kan være at elevene hadde manglende forkunnskaper i kjemi, og derfor hadde lav kontroll på de relevante begrepene. Da det er nødvendig med en aktiv begrepskontroll for å forstå hvordan grunnstoffene ble dannet, kan dette konseptet følgelig ha blitt for komplisert. Det kan hende at elevene derfor pugget hvordan grunnstoffene ble dannet før prøven om big bang-teorien. Fordi det er et såpass omfattende konsept, med flere «steg», klarte elevene følgelig ikke å huske alle «stegene» da de gjennomførte spørreundersøkelsen, et halvt år senere. Igjen hevder Ausubel (1968) at dette er fordi memorering og pugging fører til at de nye konseptene blir isolerte enheter i den kognitive strukturen.

8.4.2 Elevenes manglende forkunnskaper i bølge- og strålingsfysikk

Som nevnt tidligere hadde ikke elevene noen forkunnskaper om bølger og stråling da de hadde undervisning om big bang-teorien. Som diskutert i kapittel 8.3.1 kan dette ha ført til at elevene fikk en ufullstendig forståelse av bakgrunnsstrålingen, fordi de ikke kunne knytte denne observasjonen til allerede kjent kunnskap. Bakgrunnsstrålingen får heller ikke en ordentlig forklaring i kapittelet som omhandler big bang-teorien i Naturfag SF, fordi det står at elevene skal lære mer om stråling i et senere kapittel (Brandt et al., 2020).

Til tross for at elevene virker å ha en relativt god forståelse av utvidelsen av universet, var det kun én elev som refererte til rødforskyvningen. Som sagt i kapittel 2.1.1, ble utvidelsen av

universet oppdaget på grunn av observasjoner av rødforskyvninger av galakser. Selv om flere elever har forstått konseptet om at galaksene beveger seg fra hverandre, som rosiner i en deig til heving, vil en forståelse av rødforskyvningen gir en mer fullstendig forståelse av utvidelsen av universet, og *hvorfor* denne observasjonen støtter big bang-teorien.

8.4.3 Elevenes forkunnskaper om universet

Resultatene fra spørreundersøkelsen viser også at flere elever har relativt lite kunnskap om universet. Eksempelvis ble relevante begreper forvekslet, som *galakse* og *planet*, som ble diskutert i kapittel 8.3.3. Resultatene viser også at enkelte elever har lav kontroll på begrepet *universet*, blant annet fordi de forvekslet universet med Melkeveien eller solsystemet. Disse elevene vet muligens ikke forskjellen på disse tre begrepene, men det kan også hende at de tror solsystemet eller Melkeveien er det samme som universet, med andre ord at universet er begrenset til vårt solsystem eller vår galakse. Noen elever viste også en manglende forståelse for andre objekter i universet, og sammenhengen mellom disse. Det er rimelig å anta at de fleste elever har nok kjennskap til vårt solsystem til å vite at det består av en stjerne (sola), i tillegg til (blant annet) åtte planeter som går i bane rundt denne stjernen. Det kan derimot hende at enkelte elever ikke klarer å skille mellom sola og andre stjerner i universet, og at de derfor skriver at stjerner og planeter beveger seg lenger og lenger vekk fra hverandre.

8.5 Konsistens i tankegangen

Basert på resultatene fra spørreundersøkelsen virker det som at flere elever svarte det de syntes virket mest riktig *der og da* på hvert spørsmål, uten å se større sammenhenger. Flere elever besvarte nemlig de forskjellige spørsmålene med motsigende utsagn. Eksempelvis svarte enkelte elever både at det ikke fantes noe før big bang, og at universet ble skapt i en eksplosjon eller kollisjon av allerede eksisterende materie. Det at noen elever ikke har en konsistent tankegang kan skyldes at de ikke klarte å lage koblinger mellom fagstoffet og eksisterende skjemaer, som igjen ville ført til at de ikke fikk en mindre forståelse for det nye fagstoffet (Duckworth, 1987). Dette kunne i så fall ført til at elevene pugget fagstoffet før prøven de hadde om big bang-teorien. Ifølge Ausubel (1968) ville puggingen ha ført til at de ulike konseptene ble isolerte enheter i elevenes kognitive strukturer. Dette ville igjen ha ført til større fare for at de ulike konseptene ble glemt, og at de kunne ha blitt påvirket av lignende

konsepter som ble pugget på omtrent samme tidspunkt. Dette kan ha ført til at elevene kun husket deler av det memorerte fagstoffet da de gjennomførte spørreundersøkelsen et halvt år senere.

8.6 Implikasjoner

I dette delkapittelet presenteres implikasjoner av dette masterprosjektet. Delkapittelet innledes med et forslag til læreplanen (8.7.1). Videre presenteres et forslag til hvordan lærebøker burde behandle big bang-teorien (8.7.2). Deretter presenteres et forslag til hvordan big bang-teorien kan undervises (8.7.3), og avslutningsvis gis et forslag til videre forskning om elevers forståelse av big bang-teorien (8.7.4).

8.6.1 Forslag til læreplanen

Det er tydelig at flere elever mangler en grunnleggende forståelse av universet, blant annet av begreper som *univers*, *galakse*, *solsystem* og *planet*. I dagens læreplan er det ingen kompetansemål etter 10. trinn innenfor astronomi, astrofysikk eller kosmologi (Kunnskapsdepartementet, 2019). Slik det er nå, er det derfor ingen progresjon, da elevene forventes å ha generelle forkunnskaper om universet for å forstå big bang-teorien, men uten undervisning. Da studien til Rajpaul et al. (2018) ble gjennomført, fantes imidlertid følgende kompetansemål i naturfag etter 10. trinn:

«beskrive universet og ulike teorier for hvordan det har utviklet seg»

«undersøke et emne fra utforskningen av verdensrommet, og sammenstille og presentere informasjon fra ulike kilder»

(Kunnskapsdepartementet, 2013). Selv om resultatene fra studien til Rajpaul et al. (2018) indikerer at elever ikke viste mer kunnskap om astronomiske objekter etter undervisning knyttet til disse to kompetansemålene, anbefaler jeg å innføre et nytt kompetansemål, etter 10. trinn eller Vg1. Dette kompetansemålet burde imidlertid dreie seg om en grunnleggende forståelse av universet, spesielt objektene i universet, og sammenhengen mellom disse. En elev som eksempelvis har en generell forståelse av galakser og planeter, og sammenhengen

mellom disse, vil muligens ha mindre sannsynlighet for å forveksle disse to begrepene i forbindelse med utvidelsen av universet. Det kan hende at et kompetansemål som dreier seg om objektene i universet vil medføre at elevene får bedre forkunnskaper om universet, og derfor vil ha bedre forutsetninger til å forstå big bang-teorien. Flere kompetansemål om universet, med økende vanskelighetsgrad etter økende trinn, vil derfor medføre progresjon.

8.6.2 Forslag til lærebøker

Jeg anbefaler også at alle lærebøker presenterer big bang-teorien i etterkant av både kjemi, bølger og stråling, slik at elevene har et best mulig utgangspunkt for å forstå big bang-teorien. I tillegg mener jeg at big bang-teorien burde presenteres i det samme kapittelet som bølger og stråling, slik at elevene kan koble rødforskyvningen til utvidelsen av universet, og se sammenhengen mellom elektromagnetisk stråling og den kosmiske bakgrunnsstrålingen (som også er elektromagnetisk stråling). Jeg anbefaler også at fremtidige lærebøker er svært nøye med hvilke ord som brukes i forbindelse med big bang-teorien. Eksempelvis burde ord som eksplosjon og smell *ikke* brukes, da dette kan bidra til å utvikle eller opprettholde forestillingen om at big bang var en eksplosjon. Forskere beskriver iblant big bang som en eksplosjon - fordi de mener dette er den beste forklaringen på inflasjonsfasen, da universet begynte å utvide seg med enorm hastighet (Universitetet i Oslo, 2014). Jeg ville imidlertid ikke anbefalt å bruke denne sammenligningen i undervisningen, da Vg1-elever ikke har samme kompetanse som forskere, og at denne sammenligningen kan medføre at elevene sitter igjen med en forestilling om at big bang var en eksplosjon av allerede eksisterende materie. Selv om lærebøker skriver at det *ikke* var en slik eksplosjon, kan det hende at elevene kun husker ordet eksplosjon når de leser læreboka.

8.6.3 Forslag til undervisning av big bang-teorien

Begreper innenfor astronomi

Som diskutert i kapittel 8.1, 8.3.3 og 8.4.3 kan det å ha en lav begrepskontroll på objektene i universet medføre en manglende forståelse av big bang-teorien. Jeg anbefaler derfor lærere å innlede undervisningen om big bang-teorien med en introduksjon til universet og objektene i universet, slik at elevene kan få en høyere grad av kontroll på disse begrepene før de brukes i forbindelse med big bang-teorien.

Observasjonene som støtter big bang-teorien

Resultatene fra spørreundersøkelsen antyder at elevene generelt har en bedre forståelse for utvidelsen av universet enn for de to andre observasjonene (bakgrunnsstrålingen og grunnstoffordelingen) som støtter big bang-teorien. For å gi elevene en bedre forståelse av big bang-teorien anbefaler jeg lærere å forsøke å gi en tydelig forklaring på de tre observasjonene, samt *hvorfor* disse observasjonene støtter big bang-teorien. Dette kan for eksempel gjøres ved å knytte de tre observasjonene opp mot andre deler av pensum og elevers tidligere erfaringer, slik at disse observasjonene kan tilpasses elevenes kognitive skjemaer. Grunnstoffordelingen og bakgrunnsstrålingen forklares ikke alltid veldig tydelig i lærebøkene, og disse begrepene er i tillegg nokså abstrakte. Jeg anbefaler derfor å prøve å visualisere disse to observasjonene. For eksempel kan bakgrunnsstrålingen visualiseres ved å tegne bølger på en tjukke gummistrikk, og dra i strikken, slik at elevene ser at bølgelengdene blir større.

Forestillinger om big bang-teorien

I kapittel 8.6.2 anbefalte jeg blant annet at lærebøker *ikke* burde bruke ord som eksplosjon eller smell i forbindelse med big bang, da disse ordene kan medføre at elever utvikler eller opprettholder forestillingen om at big bang var en eksplosjon. Den samme anbefalingen gjelder i undervisningen. I stedet for å sammenligne big bang med en eksplosjon, kan det være mer hensiktsmessig å for eksempel beskrive big bang som en ekstremt hurtig utvidelse. Det kan imidlertid også være hensiktsmessig å ta tak i forestillingen om at big bang var en eksplosjon, og bruke tid på å faktisk gi elevene en ordentlig forklaring på big bang.

Selv om hverken Naturfag SF (Brandt et al., 2020), Kosmos SF (Heskestad et al., 2020) eller Senit SF (Svendsen et al., 2020) skriver noe om hvorvidt universet har et sentrum eller ikke, er det også viktig å være oppmerksom på og ta tak i forestillingen om at universet har et sentrum som er «der big bang skjedde». Denne forestillingen antyder nemlig at big bang skjedde i et spesifikt punkt i universet, som følgelig betyr at universet eksisterte før big bang - et synspunkt de fleste forskere er uenige i, og at universet utvider seg fra det punktet - som ikke stemmer, da universet utvider seg overalt.

8.6.4 Forslag til videre forskning

I dette masterprosjektet har en skriftlig spørreundersøkelse med åpne kunnskapsspørsmål blitt brukt for å undersøke Vg1-elevens forståelse av big bang-teorien. En ulempe med skriftlige spørreundersøkelser er at forskeren ikke har muligheten til å stille oppfølgingsspørsmål ved behov, slik hun for eksempel kan gjøre i et intervju. Resultatene fra denne spørreundersøkelsen kan derfor brukes i utformingen av en intervjuguide til individuelle intervjuer, gruppeintervjuer eller fokusgruppeintervjuer.

Da spørreundersøkelsen i dette prosjektet ikke resulterte i mye datamateriale om elevenes forståelse av bakgrunnsstrålingen, vil jeg anbefale fremtidige forskere å undersøke dette nærmere. Det kan for eksempel være interessant å undersøke om elever faktisk klarer å koble bakgrunnsstrålingen til elektromagnetisk stråling. I tillegg vil jeg anbefale å undersøke elevens forståelse av utvidelsen av universet enda grundigere, for å sjekke om elever som hevder at planeter beveger seg fra hverandre kun forveksler galakser med planeter, eller om de faktisk tror at avstandene mellom planetene blir større. Jeg mener også at elevens forståelse av grunnstoffordelingen burde prioriteres i fremtidig forskning, da den kosmiske nukleosyntesen, som ble presentert i kapittel 2.2.3, har mange fellestrekk med nukleosyntesen som foregår i stjerner. Da et av kompetansemålene etter fysikk 1 er at elevene skal kunne «forstå begrepet fusjon og vurdere hvordan ulike grunnstoff kan dannes når stjerner lever, kolliderer og dør» (Kunnskapsdepartementet, 2021), vil en manglende forståelse av grunnstoffordelingen og den kosmiske nukleosyntesen kunne hemme elevenes forståelse av dette kompetansemålet.

Det kan også være interessant å undersøke om elever med andre lærebøker enn Naturfag SF (Brandt et al., 2020) har en annen forståelse av big bang-teorien, og observasjonene som støtter denne teorien, da vi i kapittel 3.2 så at lærebøkene Kosmos SF (Heskestad et al., 2020) og Senit SF (Svendsen et al., 2020) har behandlet kompetansemålet som omhandler big bang-teorien noe ulikt. Eksempelvis presenterer Kosmos SF (Heskestad et al., 2020) big bang-teorien i slutten av kapittelet «Stråling», og i Senit SF (Svendsen et al., 2020) blir big bang-teorien presentert i slutten av kapittelet som omhandler bølger og stråling, og det kan derfor være interessant å undersøke om elever som benytter seg av disse to lærebøkene har en bedre forståelse for bakgrunnsstrålingen enn elevene som bruker læreboka Naturfag SF (Brandt et al., 2020). I motsetning til Naturfag SF (Brandt et al., 2020) nevner disse to

lærebøkene også rødforskyvningen i forbindelse med big bang-teorien, og det kan derfor være interessant å undersøke om inkluderingen av rødforskyvningen gir elevene en bedre forståelse av utvidelsen av universet og bakgrunnsstrålingen. Avslutningsvis vil jeg anbefale videre forskning på forestillingen om at big bang var en eksplosjon, fordi denne forestillingen var såpass utbredt blant elevene som deltok i masterprosjektet, men også fordi kun en tredjedel av elevene som refererte til big bang som en eksplosjon eksplisitt hevdet at det var en eksplosjon av allerede eksisterende materie.

9 KONKLUSJON

Gjennom dette masterprosjektet har jeg forsøkt å besvare problemstillingen «Hvilken forståelse har Vg1-elever av big bang-teorien?».

Det er kun ett kompetansemål i naturfag som omhandler big bang-teorien. Big bang-teorien, og kosmologi generelt, er en svært komplisert og abstrakt gren av fysikken, spesielt fordi det er så mye vi ikke vet om hvordan universet ble til. Vi kan derfor heller ikke forvente at Vg1-elever har en fullstendig forståelse av big bang-teorien. Fordi universet ikke lenger er en del av naturfagundervisningen på ungdomstrinnet, har elevene heller ikke noen *formelle* forkunnskaper om universet når big bang-teorien undervises. Det er derfor viktig å ta hensyn til elevenes forutsetninger, forkunnskaper og forestillinger i undervisningen av dette temaet.

Generelt viser elevene som gjennomførte spørreundersøkelsen en relativt god forståelse av hvordan big bang-teorien forklarer hvordan universet ble til og utvikler seg. En del elever viser også at det fortsatt er mye vi *ikke* vet, spesielt om hva som var før big bang. To utbredte forestillinger blant elevene som deltok i masterprosjektet er at big bang var en eksplosjon, og at universet har et sentrum som er «der big bang skjedde».

Resultatene viser også at mer enn to tredjedeler av elevene refererte til minst en av observasjonene som støtter big bang-teorien. Elevene viser at de klarer å ramse opp én eller flere observasjoner, men det å beskrive observasjonene er mer utfordrende. Særlig viser elevene liten forståelse for grunnstoffordelingen og bakgrunnsstrålingen. Dette kan skyldes manglende kunnskaper i kjemi og manglende forkunnskaper i bølge- og strålingsfysikk, samt tynne forklaringer i elevenes lærebok. Elevene viser også manglende forkunnskaper om universet og objektene i universet, blant annet fordi de forveksler relevante begreper. Avslutningsvis er det verdt å påpeke at det virker som at flere elever har pugget dette fagstoffet før en prøve, da flere elever har lite konsistens i tankegangen og viser en manglende helhetlig forståelse.

LITTERATURLISTE

- Allen, M. (2020). *Misconceptions in Primary Science*. (3. utg.). Open University Press.
- Alpher, R., Bethe, H. & Gamow, G. (1948). The Origin of Chemical Elements. *Physical Review*, 73(7), 803-804. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.73.803>
- Alpher, R. A., & Herman, R. C. (1949). Remarks on the Evolution of the Expanding Universe. *Physical Review*, 75(7), 1089-1095. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.75.1089>
- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K. & Isnes, A. (2004). Physics: Fruitful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science Education*, 88(5), 683-706. <https://doi.org/10.1002/sce.10141>
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J., & Renstrøm, R. (2019). *Fysikkdidaktikk* (2. utg.). Cappelen Damm akademisk.
- Aretz, S., Borowski, A., & Schmeling, S. (2016). A fairytale creation or the beginning of everything: Students' pre-instructional conceptions about the Big Bang theory. *Perspectives in Science*, 10, 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.08.003>
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt, Rinehart and Winston.
- Bailey, J. M., Coble, K., Cochran, G., Larrieu, D., Sanchez, R., Cominsky, L. R. (2012). A Multi-Institutional Investigation of Students' Preinstructional Ideas About Cosmology. *Astronomy Education Review*, 11(1). <https://doi.org/10.3847/AER2012029>
- Bowler, P. J. & Morus, I. R. (2020). *Making Modern Science: A Historical Survey* (2. utg.). The University of Chicago Press.
- Boynton, P. M. & Greenhalgh, T. (2004). Selecting, designing and developing your questionnaire. *Bmj*, 328(7451), 1312-1315.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Braun, V. & Clarke, V. (2022). *Thematic analysis: a practical guide*. SAGE.
- Bravo, M. A., Cervetti, G. N., Hiebert, E. H. & Pearson, D. P. (2006). From passive to active control of science vocabulary. I D.W. Rowe (red.), *The 56th Yearbook of the National Reading Conference* (s. 264-275). Oak Creek: National Reading Conference.
- Burgess, T. (2003). *Guide to the Design of Questionnaires: A General Introduction to the Design of Questionnaires for Survey Research*. University of Leeds.

- Davoust, E. (1995). The Purpose of Astronomy. *Vistas in Astronomy*, 39(3), 315-322.
[https://doi.org/10.1016/0083-6656\(95\)00087-4](https://doi.org/10.1016/0083-6656(95)00087-4)
- Dodelson, S. & Schmidt, F. (2020). *Modern Cosmology* (2. utg). Academic Press.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* The Open University Press.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
<https://doi.org/10.3102/0013189X023007005>
- Duckworth, E. (1987). *“The having of wonderful ideas” & other essays on teaching & learning*. Teachers College Press, Teachers College, Columbia University.
- Eddington, A. S. (1928). *The Nature of the Physical World*. University Press.
- Elizalde, E. (2021). *The True Story of Modern Cosmology*. Springer International Publishing.
- Elgarøy, Ø., Grøn, Ø., Stabell, R. & Evans, A. K. D. (2022, 24. november). Kosmologi. I *Store norske leksikon*. Hentet 27. januar 2023 fra <https://snl.no/kosmologi>
- Evans, A. K. D. (2019, 11. desember). Verdensrommet. I *Store norske leksikon*. Hentet 12. april 2023 fra <https://snl.no/verdensrommet>
- Evans, A. K. D. (2023, 13. januar). Kefeider. I *Store norske leksikon*. Hentet 2. februar 2023 fra <https://snl.no/kefeider>
- Evans, A. K. D. & Grøn, Ø. (2020, 28. februar). Hubble-parameteren. I *Store norske leksikon*. Hentet 3. februar 2023 fra <https://snl.no/Hubble-parameteren>
- Gamow, G. (1948a). The Origin of Elements and the Separation of Galaxies. *Physical Review*, 74(4), 505-506. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.74.505.2>
- Gamow, G. (1948b). The Evolution of the Universe. *Nature*, 162(4122), 680-682.
<https://doi.org/10.1038/162680a0>
- Grøn, Ø. (2023, 23. januar). Kosmisk nukleosyntese. I *Store norske leksikon*. Hentet 13. februar 2023 fra https://snl.no/kosmisk_nukleosyntese
- Grøn, Ø. & Elgarøy, Ø (2021, 12. oktober). Big bang. I *Store norske leksikon*. Hentet 15. februar 2023 fra https://snl.no/big_bang
- Grøn, Ø. & Pedersen, B. (2022, 19. september). Gass. I *Store norske leksikon*. Hentet 20. mai 2023 fra <https://snl.no/gass>
- Grøn, Ø. & Stabell, R. (2023, 26. januar). Kosmologiens historie. I *Store norske leksikon*. Hentet 3. februar 2023 fra https://snl.no/kosmologiens_historie
- Hammerstrøm, M., & Evans, A. K. D. (2018, 12. juli). Steady-state-teorien. I *Store norske leksikon*. Hentet 6. februar 2023 fra <https://snl.no/steady-state-teorien>

- Hammerstrøm, M., & Evans, A. K. D. (2022, 20. september). Stjernetåke. I *Store norske leksikon*. Hentet 2. februar 2023 fra <https://snl.no/stjernet%C3%A5ke>
- Haug, B. S., & Ødegaard, M. (2014). From Words to Concepts: Focusing on Word Knowledge When Teaching for Conceptual Understanding Within an Inquiry-Based Science Setting. *Research in Science Education*, 44, 777-800. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9402-5>
- Haugan, K. & Holand, A. M. (2021). Lærerstudenters misoppfatninger og læring om kjemiske reaksjoner. *Nordic Studies in Science Education*, 17(1), 79-96. <https://doi.org/10.5617/nordina.8134>
- Heskestad, P. A., Engan, A., Liebich, H., Mykland, H. C., Nærø, K., Valvik, S. A. E., & Norheim, B. (2020). *Kosmos SF: naturfag for studieforberedende utdanningsprogrammer: Lærebok* (7. utg.). Cappelen Damm.
- Hubble, E. (1929). A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. *Proceedings of the national academy of sciences*, 15(3), 168-173. <https://doi.org/10.1073/pnas.15.3.168>
- Imsen, G. (2014). *Elevenes verden: innføring i pedagogisk psykologi* (5. utg.). Universitetsforlaget.
- Korsbrekke, S. A. (2018). «Atomer reagerer for å oppfylle åtteregelen»: En kvalitativ studie av seks naturfagelevers forståelse for atomer, molekyler og åtteregelen [Masteroppgave]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Kragh, H. (2012). Naming the big bang. *Historical Studies in the Natural Sciences*, 44(1), 3-36. <https://doi.org/10.1525/hsns.2014.44.1.3>
- Kragh, H. (2013). Big Bang: the etymology of a name. *Astronomy & Geophysics*, 54(2), 2.28-2.30. <https://doi.org/10.1093/astrogeo/att035>
- Kragh, H. (2018). Georges Lemaître, Pioneer of Modern Theoretical Cosmology. *Foundations of Physics*, 48, 1333-1348. <https://doi.org/10.1007/s10701-018-0186-8>
- Krosnick, J. A. (2018). Questionnaire Design. I Vannette, D & Krosnick, J. (red), *The Palgrave Handbook of Survey Research* (s. 439-455). Springer.
- Kunnskapsdepartementet (2013). *Læreplan i naturfag (NAT1-03)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/kl06/nat1-03>
- Kunnskapsdepartementet (2018). *Retningslinjer for utforming av nasjonale og samiske læreplaner for fag i LK20 og LK20S*. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/forsok-og-pagaende-arbeid/Retningslinjer-for-utforming-av-lareplaner-for-fag-vedlegg/>

- Kunnskapsdepartementet (2019). *Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/lk20/nat01-04>
- Kunnskapsdepartementet (2021). *Læreplan i fysikk (FYS01-02)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/lk20/fys01-02>
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju* (3. utg). Gyldendal akademisk.
- Leavitt, H. S. & Pickering, E. C. (1912). Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellanic Cloud. *Harvard College Observatory Circular*, 173, 1-3. <https://adsabs.harvard.edu/full/1912HarCi.173....1L>
- Lemaître, G. (1927). Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques. *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, 47, 47-59. https://adsabs.harvard.edu/full/1927ASSB...47...49L?source=post_page-----
- Lemaître, G. (1931a). The Expanding Universe. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 91, 490-501. <https://adsabs.harvard.edu/full/1931MNRAS...91..490L>
- Lemaître, G. (1931b). The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory. *Nature*, 127(3210), 447-447. <https://doi.org/10.1038/127706b0>
- Liddle, A. (2003). *An Introduction to Modern Cosmology* (2. utg.). Wiley.
- Magnussen, J. L. (2022). *Hvordan kan spørreskjema brukes for å undersøke forestillinger innenfor kosmologi?* [Eksamensoppgave i RFEL3100 Forskningsmetoder i matematikk- og realfagsdidaktikk]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- MIT OpenCourseWare [mitocw]. (2014a, 1. juli). 2. *Inflationary Cosmology: Is Our Universe Part of a Multiverse? Part 2* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=4OinSH6sAU>
- MIT OpenCourseWare [mitocw]. (2014b, 1. juli). 1. *Inflationary Cosmology: Is Our Universe Part of a Multiverse? Part I* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ANCN7vr9FVk&t>
- Mork, S. M. & Erlien, W. (2014). *Språk og digitale verktøy i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Oppenheim. (1992). *Questionnaire design, interviewing, and attitude measurement*. Pinter.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1969). *The Psychology of the Child*. Routledge & Kegan Paul.
- Popping, R. (2015). Analyzing open-ended questions by means of text analysis procedures. *Bulletin of Sociological Methodology/ Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 128(1), 23-39. <https://doi.org/10.1177/0759106315597389>

- Postholm, M. B. (2010). *Kvalitativ metode: en innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier* (2. utg). Universitetsforlaget.
- Prather, E. E., Slater, T. F., & Offerdahl, E. G. (2002). Hints of a Fundamental Misconception in Cosmology. *Astronomy Education Review*, 1(2), 28-34. <https://doi.org/10.3847/AER2002003>
- Raade, G. & Selbekk, R. S. (2023, 23. januar). Meteoritter. I *Store norske leksikon*. Hentet 19. april 2023 fra <https://snl.no/meteoritter>
- Rajpaul, V. M., Lindstrøm, C., Engel, M. C., Brendehaug, M., & Allie, S. (2018). Cross-sectional study of students' knowledge of sizes and distances of astronomical objects. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 020108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020108>
- Robson, C. & McCartan, K. (2016). *Real World Research: A Resource For Users of Social Research Methods in Applied Settings* (4. utg.). Wiley.
- Sanner, N. H. L. (2019). «Den har stillingsenergi fordi den gjør ingenting»: En kvalitativ studie av hvordan elever forstår energibegrepet [Masteroppgave]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Simonelli, G. & Pilachowski, C. A. (2003). First-Year College Students' Ideas About Astronomy: A Pilot Study. *Astronomy Education Review*, 2(2), 166-171. <https://doi.org/10.3847/AER2003024>
- Sjøberg, S. (1981). *Jean Piagets teorier: en tverrfaglig utfordring* [del av doktorgradsavhandling]. Universitetet i Oslo.
- Sjøberg, S. (2004). *Naturfag som allmenndannelse: en kritisk fagdidaktikk* (2. utg.). Gyldendal akademisk.
- Skaalvik, E.M. & Skaalvik, S. (2005). *Skolen som læringsarena: selvoppfatning, motivasjon og læring*. Universitetsforlaget.
- Slipher, V. M. (1912). The radial velocity of the Andromeda Nebula. *Lowell Observatory Bulletin*, 2(8), 56-67. <https://adsabs.harvard.edu/full/1913LowOB...2...56S>
- Slipher, V. M. (1917). Nebulæ. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 56(5), 403-409. <http://www.jstor.org/stable/984028>
- Svendsen, B., Juel, L. A., Stølevik, E., & Marion, P. (2020). *Senit SF* (4. utg.). Gyldendal.
- Tjora, A. H. (2018). *Viten skapt : kvalitativ analyse og teoriutvikling*. Cappelen Damm akademisk.
- Trouille, L. E., Coble, K., Cochran, G. L., Bailey, J. M., Camarillo, C. T., Nickerson, M. D., & Cominsky, L. R. (2013). Investigating student ideas about cosmology III: Big bang

- theory, expansion, age, and history of the universe. *Astronomy Education Review*, 12(1). <https://doi.org/10.3847/AER2013016>
- Universitetet i Oslo (2014, 10. november). *Spørsmål og svar: kosmologi*. Hentet 11. april 2023 fra <https://www.mn.uio.no/astro/forskning/tema/faq/kosmologi.html>
- Wallace, C. S., Prather, E. E., & Duncan, D. K. (2012). A Study of General Education Astronomy Students' Understandings of Cosmology. Part IV. Common Difficulties Students Experience With Cosmology. *Astronomy Education Review*, 11(1). <https://doi.org/10.3847/AER2011032>
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. Open University Press.
- Wilson, R. W. (1978). The Cosmic Microwave Background Radiation. Nobel Lecture, 8-12-1978. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1978/wilson/lecture>

VEDLEGG

Vedlegg A: førsteutkast av spørreskjema

Takk for at du tar deg tid til å svare på dette spørreskjemaet som inngår i mitt masterprosjekt og prosjektoppgaven i RFEL3100 Forskningsmetoder i matematikk- og realfagsdidaktikk.

Spørsmålene nedenfor handler om kosmologi. Jeg ønsker at du **prøver** å svare på alle spørsmålene. Utdyp gjerne.

<p>1 a) Har du hørt om Big Bang-teorien? Isåfall, forklar den med dine egne ord.</p>
<p>1 b) Beskriv hvilke bevis du tror støtter Big Bang-teorien.</p>
<p>2) Beskriv hva som eksisterte eller hva som skjedde rett før Big Bang.</p>
<p>3) Tror du at universet endrer seg over tid? Begrunn svaret ditt.</p>
<p>4 a) Tror du at universet har eksistert i evig tid, eller har det en bestemt alder? Isåfall, hva er alderen til universet?</p>

4 b) Hvordan kan vi finne ut hvor gammelt universet er?

5 a) Beskriv følgende begreper med dine egne ord:

i) *Galakse:*

ii) *Stjernebilde:*

iii) *Solsystem:*

iv) *Univers:*

5 b) Finnes det sammenhenger mellom begrepene i 5 a)? Hvis ja, beskriv disse sammenhengende.

6) Beskriv hvor og hvordan grunnstoffene ble dannet.

7) Beskriv hva som finnes i universet i dag. Hvor store er de, og hva er avstandene mellom dem?

8) Har universet et sentrum? Begrunn svaret ditt.

Vedlegg B: ferdigstilt spørreskjema

Spørreskjema om kosmologi

Takk for at du tar deg tid til å svare på dette spørreskjemaet som inngår i mitt masterprosjekt!

Spørsmålene nedenfor handler om kosmologi, altså om universet. Jeg ønsker at du prøver å svare på alle spørsmålene. Utdyp gjerne.

Spørreskjemaet er helt anonymt, og kommer ikke til å påvirke karakteren din i naturfag.

1) Tegn big bang-teorien og **beskriv** den med dine egne ord.

2) Beskriv hvilke observasjoner som støtter big bang-teorien.

3) Beskriv hva som eksisterte eller hva som skjedde rett før big bang.

4) Forklar hva som menes med at universet utvider seg.

5) Hva er alderen til universet?

6) Beskriv hvordan grunnstoffene ble dannet.

7) Tror du at universet har et sentrum? Begrunn svaret ditt.

8) Hva synes du om kosmologi?

Vedlegg C: samtykkeerklæring til intervju

Vil du delta i forskningsprosjektet

«*Misoppfatninger innenfor kosmologi*»

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å kartlegge naturfagelevers misoppfatninger innenfor kosmologi. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Formålet med dette forskningsprosjektet er å få en oversikt over naturfagelevers misoppfatninger innenfor kosmologi. Kosmologi inngår i kompetansemålene i Naturfag (VG1), og jeg ønsker derfor å undersøke hva naturfagelever synes er mest utfordrende innenfor kosmologi. Dataene jeg samler inn vil bli brukt til å utvikle et sett med flervalgsoppgaver om kosmologi, som lærere kan bruke i undervisningen.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Juni Loennechen Magnussen, femteårsstudent ved Institutt For Lærerutdanning, NTNU.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du får spørsmål om å delta fordi du er naturfagslærer, og derfor underviser i kosmologi.

Hva innebærer det for deg å delta?

Du godtar å delta i et gruppeintervju. Intervjuet er ment å vare i omtrent 60 minutter. I intervjuet vil dere få spørsmål knyttet til undervisning av kosmologi. Jeg tar lydopptak og notater fra intervjuet, som lagres fram til prosjektets slutt, hvorpå datamaterialet vil bli anonymisert.

Det er frivillig å delta

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

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

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

- Det er kun oppgaveansvarlig Juni Loennechen Magnussen som vil ha tilgang til personopplysninger, via koblingsnøkkel.

- Personopplysningene dine vil bli erstattet med en kode som lagres på en navneliste adskilt fra øvrige data (koblingsnøkkel). Datamaterialet vil lagres ved hjelp av en ekstern lagringsløsning.

I en eventuell publikasjon vil ingen utenforstående være i stand til å gjenkjenne deg. Dine personopplysninger vil ikke bli publisert.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Masteroppgaven vil etter planen avsluttes 01.06.23. Ved slutten av masteroppgaven vil dataene bli anonymisert, det vil si at koblingsnøkkelen som gjør det mulig å kombinere dine personopplysninger og dine data vil bli slettet. Lydopptakene vil også bli slettet.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NTNU har Personverntjenester vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

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

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

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

- Student som gjennomfører prosjektoppgaven: Juni Loennechen Magnussen
- Veileder: [fjernet]
- Personvernombud: [fjernet]

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

- Personverntjenester på epost (personverntjenester@sikt.no) eller på telefon: 53 21 15 00.

Med vennlig hilsen

Juni Loennechen Magnussen

(student)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *Misoppfatninger innenfor kosmologi* og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

å delta i gruppeintervju

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til 01.06.23

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

