

Fakultet for lærerutdanning og pedagogikk

Håkon Løken Haugen

Masteroppgave

Elevs helhetlige systemforståelse av drivhuseffekten og karbonets kretsløp

Students' holistic system understanding of the
greenhouse effect and the carbon cycle

Grunnskolelærerutdanning 5.-10.trinn

2MASTER510

Våren 2024

© Håkon Løken Haugen 2024

Elevers helhetlige systemforståelse av drivhuseffekten og karbonets kretsløp

Veileder: Anne Bergliot Øyehaug

Høgskolen i Innlandet, campus Hamar – fakultet for lærerutdanning og pedagogikk

Antall ord: 29 972

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutning på fem flotte studieår på Hamar, som jeg vil huske for resten av livet. Det har vært en lang og krevende reise å skrive denne masteroppgaven, og jeg har nok ikke alltid vært den letteste personen å være rundt til tider. Jeg har alltid synes at klima er spennende, og hvordan ulike klimasystemer fungerer. I løpet av mine fem år som student har jeg også fått øynene opp for hvor viktig og gøy det er med representasjoner i naturfag! Jeg har også fått inspirasjon, og synes systemer er et spennende tema. Derfor var det et enkelt valg å kombinere disse og skrive en oppgave om dette.

I forbindelse med denne masteroppgaven er det en rekke personer jeg vil rette en takk til. Først til informantene som deltok i studien, tusen takk for at dere stilte opp, og hjalp meg med oppgaven. Det ville aldri blitt skrevet en oppgave uten dere! Jeg vil også sende en takk til de gode medstudentene jeg har vært omringet av de siste fem årene. Takk for alle de gode minnene fra eksamenslesing, fester og annet sprell vi har funnet på, disse årene på Hamar. Jeg vil også rette en stor takk til familien min, mamma, pappa og lillebror for at dere alltid har vært der for meg i alle år, og som støtter meg i alt jeg gjør. Jeg vil også takke kollegaer på Coop Prix Lillestrøm torv for at dere har vært så snille mot meg, og tilrettelagt for at jeg har fått muligheten til å studere og skrive masteroppgave ved siden av jobb.

En spesiell takk til min utrolig dyktige veileder Anne Bergliot Øyehaug. Uten deg og dine innspill og støttende ord, vet jeg ikke hvordan jeg skulle klart å snekre sammen denne masteroppgaven. Du har vært en stor inspirasjon i arbeidet, og jeg er ekstremt takknemlig for din innsats for at jeg skulle klare å fullføre arbeidet!

Sist, men ikke minst vil jeg takke min kjære samboer, Sigrid! Takk for at du har støttet meg i arbeidet, og hørt på alt pratet mitt om denne oppgaven. Du er sikkert ekstremt lei av å høre på hvordan jeg gjorde den tematiske analysen, eller hvor viktig systemforståelse er. Tusen takk for at du har vært så forståelsesfull og tålmodig mot meg! Uten deg hadde dette aldri gått!

God lesing!

Håkon Løken Haugen

Hamar, mai 2024

Sammendrag

Temaet for denne masteroppgaven er systemforståelse. UNESCO (2017) peker på systemforståelse som en nøkkelkompetanse, som vil bli viktig for fremtidens samfunnsborgere. I denne studien er det blitt undersøkt elevenes helhetlige systemforståelse av de to komplekse systemene, karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Det ble gjennomført en intervensjon, hvor det ble benyttet en rekke ulike representasjoner, for å se hvordan elevenes systemforståelse utviklet seg. I forkant og etterkant av intervensjonen utarbeidet informantene egne illustrasjoner om karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Det ble også gjennomført intervjuer av noen av elevene i etterkant av intervensjonen. Gjennom en abduktiv tematisk analyse til elevtegningene, og en deduktiv tematisk analyse til intervjuene, ble det kartlagt hvordan elevene viste en helhetlig systemforståelse, gjennom både intervju og tegninger.

Funnene i denne studien peker på at noen av elevene gjennom intervensjonen utviklet systemforståelse til et høyere nivå, men de fleste ble plassert på de lavere nivåene både før og etter intervensjonen. De fleste elevene tegnet relevante komponenter og prosesser til begge systemene, flere av elevene illustrerte også piler for å vise sammenhengen mellom komponenter og prosesser. I intervjuene viste elevene systemforståelse på et middels til høyt nivå, men alle elevene viste utfordringer med å generalisere. Basert på tegninger og intervju, viste elevene systemforståelse til et middels til høyt nivå. Implikasjoner for lærere er å inkludere ulike representasjoner, og la elevene utvikle egne representasjoner rundt komplekse systemer. For videre forskning blir det blant annet foreslått at man kan undersøke hvordan man kan støtte elevene til å generalisere sin kunnskap om komplekse systemer.

Abstract

The theme of this master's thesis is system understanding. UNESCO (2017) identifies system understanding as a key competence that will be important for future citizens. This study examines students' holistic system understanding of two complex systems, the carbon cycle, and the greenhouse effect. An intervention was conducted, utilizing various representations to observe how students' system understanding developed. Prior to and following the intervention, participants created their own illustrations of the carbon cycle and greenhouse effect. Additionally, interviews were conducted with some of the students after the intervention. Through an abductive thematic analysis of the drawings and a deductive thematic analysis of the interviews, it was determined how students demonstrated holistic system understanding through both interviews and drawings.

The findings of this study indicate that some students developed a higher level of systems understanding through the intervention, but most were placed at the lower levels both before and after the intervention. Most students illustrated relevant components and processes for both systems, with several also illustrating arrows to show connections between components and processes. In the interviews, students demonstrated system understanding at a moderate to high level, but all students faced challenges in generalizing. Based on drawings and interviews, students demonstrated system understanding at a moderate to high level. Implications for teachers include incorporating various representations and allowing students to develop their own representations around complex systems. For further research, it is suggested to explore ways to support students in generalizing their knowledge of complex systems.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Sammendrag	iv
Abstract	v
Figurliste	ix
1. Innledning	1
1.1 Valg av problemstilling.....	3
1.2 Oppgavens oppbygging	4
2. Teori	6
2.1 Systembegrepet.....	6
2.1.1 Hva er et komplekst system?	6
2.1.2 Systemforståelse.....	8
2.2 Jorda som system	10
2.2.1 Karbonets kretsløp som system.....	11
2.2.2 Drivhuseffekten som system	13
2.3 Forskning på elevers forståelse av drivhuseffekten og karbonets kretsløp.....	15
2.3.1 Forskning på elevers forståelse av karbonets kretsløp.....	15
2.3.2 Forskning på elevers forståelse av drivhuseffekten.....	17
2.4 Bruk av representasjoner og tegninger	19
2.4.1 Forskning på elevers tegninger.....	20
2.5 Rammeverk for systemforståelse	22
2.5.1 Structure-Behavior-Function theory	22
2.5.2 The system thinking hierarchy.....	23
3. Metode	26
3.1 Kvalitativ forskningsmetode	26
3.1.1 Elevtegninger	27
3.1.2 Intervju	27
3.2 Datainnsamling.....	28
3.2.1 Utvalg av informanter.....	28
3.2.2 Undervisningsopplegg	30
3.2.3 Representasjoner brukt i undervisningen	32
3.3 Analyse	34
3.3.1 Tematisk analyse.....	34
3.3.2 Analyse av tegninger	34
3.3.3 Analyse av intervju	37

3.4 Etikk og samtykke	40
3.4.1 Samtykke	40
3.5 Validitet og reliabilitet	41
4. Resultater	44
4.1 Analyse av tegningene	44
4.2 Presentasjon av tegningene	46
4.2.1 Tegninger på nivå 1 og nivå 2	46
4.2.2 Tegninger på nivå 2 og nivå 3	48
4.2.3 Tegninger på nivå 3 og nivå 4	50
4.2.4 Tegninger på nivå 6.....	52
4.3 Intervjuer med elever	54
4.3.1 Presentasjon av elevene	54
4.3.2 Resultater fra intervjuene.....	54
4.4 Elevenes uttrykte systemforståelse	56
4.4.1 Identifisere ulike komponenter og prosesser	56
4.4.2 Relasjonene mellom komponentene og prosessene.....	56
4.4.3 Organisere systemets komponenter og prosesser i en ramme av relasjoner	59
4.4.4 Identifisere dynamiske relasjoner	60
4.4.5 Evnen til å generalisere.....	62
4.4.6 Forstå de skjulte dimensjonene.....	64
4.4.7 Evnen til å forstå systemenes sykliske natur.....	65
4.4.8 Tenke tidsmessig.....	68
4.5 Tegning etter intervjuet	70
5. Drøfting	71
5.1 Elevenes tegninger	71
5.1.1 Elevenes utvikling fra nivå 1 til nivå 2.....	73
5.1.2 Elevenes utvikling på nivåene mellom nivå 2 og nivå 4.....	74
5.1.3 Elevenes utvikling på nivå 6.....	75
5.2 Intervjuene med elever	76
5.3 Helhetlig systemforståelse.....	80
6. Konklusjon	85
6.1 Oppsummering.....	85
6.2 Begrensninger i denne studien og implikasjoner for videre forskning.....	86
6.2.1 Begrensninger i studien	86
6.2.2 Implikasjoner for videre forskning.....	87
6.3 Implikasjoner for praksisfeltet	88

7. Litteraturliste	90
8. Vedlegg	97
Vedlegg 1 – Samtykkeskjema	97
Vedlegg 2 – Intervjuguide til alle elevene.....	99
Vedlegg 3 – Godkjennelse fra SIKT	100

Figurliste

Alle figurer og tabeller er laget av undertegnede. Det er mange figurer og tabeller med tegninger fra datainnsamlingen, disse har både foreldrene og elevene samtykket til at kan benyttes. Det er også noen figurer eller tabeller som kommer fra annen forskning som jeg har omarbeidet, dette står da nøyere presisert der dette er relevant.

Tabell 1: Undervisningsopplegg og mål for aktivitetene	31
Tabell 2: Analyseverktøy tegninger, inspirert og omarbeidet etter Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b).	35
Tabell 3: Analyseverktøy til intervju, etter Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b).....	39
Tabell 4: Plassering av elever etter intervjuene.....	55
Figur 1: The system thinking hierarchy omarbeidet etter Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b)	25
Figur 2: Eksempel på skrevet tekst på tegning	36
Figur 3: Eksempel på tegning som får frem det sykliske.	37
Figur 4: Fordeling av nivåer på elevers systemforståelse	44
Figur 5: Presentasjon av tegninger nivå 1 og nivå 2	47
Figur 6: Presentasjon av tegninger nivå 2 og nivå 3	49
Figur 7: Presentasjon av tegninger nivå 3 og nivå 4	51
Figur 8: Presentasjon av tegninger nivå 6.....	52
Figur 9: Tegning av Herman etter intervju.....	70

1. Innledning

Samfunnet er i stadig endring. Både teknologi, globalisering og klimautfordringer har en betydelig innvirkning på samfunnet. Teknologien har utviklet seg i et voldsomt tempo, samtidig har også klimaproblematikken gjort det samme. Dette er områder det i fremtiden trengs kompetanse på, da det hele tiden vil utvikles ny teknologi, og klimaproblematikken ikke vil løses med det første. Det er også områder de neste generasjonene våre trenger kompetanse på slik at de er i stand til å forstå og håndtere det komplekse samfunnet vi lever i. Som et resultat av dette, trengte innholdet i den norske skole en kunnskapsfornyelse. Ludvigsenutvalget var kommisjonen som anbefalte at innholdet i den norske skolen skulle endres. De argumenterte med at samfunnsutviklingen omfatter blant annet bærekraftig utvikling og medie- og kommunikasjonsteknologi. Disse endringene vil skje både lokalt og globalt med tanke på mangfold, urbanisering og et kunnskapsbasert og internasjonalt arbeidsliv (NOU 2015:8, 2015, s. 8). På bakgrunn av dette la Ludvigsenutvalget ned sine anbefalinger om en ny læreplan i den norske skole (LK20). LK20 ble en stor omveltning i den norske skolen, og inneholdt blant annet en overordnet del, bredere kompetansemål og tre nye tverrfaglige temaer. Bærekraftig utdanning er et av tre tverrfaglige temaer, som sammen med folkehelse og livsmestring og demokrati og medborgerskap ble innlemmet i den nye læreplanen LK20 (NOU 2015:8, 2015, s. 49).

Sammen med de tverrfaglige temaene og de brede kompetansemålene, har representasjoner fått en sterkere posisjon i LK20. Det har kommet kompetansemål som spesifikt handler om modeller og modellering i naturfag (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 9). Arbeid med slike representasjoner er en viktig del av naturfag. Det hjelper elever med å konkretisere de abstrakte fenomenene. I læreplanen er et av kjerneelementene naturvitenskapelige praksiser og tenkemåte. En del av dette kjerneelementet er at elever skal oppleve naturfag som et praktisk fag, gjennom å lage egne modeller for å løse faglige utfordringer (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 2). Elever vil møte en rekke ulike representasjoner i intervensjoner i skolen. En form for representasjon er simuleringer, og dette har vist å hjelpe elever med å gi en økt forståelse for abstrakte fenomener (Jeong et al., 2022, s. 703). Et abstrakt fenomen som elever vil møte i naturfag er klima. Dagens samfunn er preget av et klima som stadig er i endring, vi reiser mer, er flere mennesker enn noen gang, og vi forurenses mer enn noen gang. Dette innebærer at klimaet på jorda er blitt sterkt

påvirket. I en klimarapport utarbeidet av IPCC (2021, s. 4), vises det at gjennomsnittstemperaturen på jorda har økt betraktelig det siste århundre, samt at konsentrasjonen av CO₂ er høyere enn noen gang. For å forhindre ytterligere økte temperaturer og mer ekstremvær, trengs det at den oppvoksende generasjonen blir lært opp til å ta bærekraftige valg.

Brundtlandkommisjonen (1987, s. 41) ga en av de mest berømte definisjonene av bærekraftig utvikling, som innebærer å sikre at den nåværende generasjonen møter nåtidens behov, uten at det går på bekostning av fremtidige generasjoners evner til å møte egne behov. Sinnes (2015, s. 25) skriver at når man snakker om bærekraftig utvikling snakkes det om tre dimensjoner, økonomi, natur og miljø og samfunnsforhold. Alle disse tre trekkene er like viktige, og en handling kan ikke beskrives som bærekraftig om den økonomiske dimensjonen går på bekostning av miljøet. Det er derfor viktig at elever blir stilt ovenfor problemstillinger, hvor man må ta hensyn til alle disse dimensjonene. En slik problemstilling kan for eksempel dreie seg om klimaendringer. I en slik problemstilling må elevene ta stilling til både de økonomiske aspektene, men også de miljømessige og samfunnsmessige forholdene. Slike problemstillinger kalles for sosiovitenskapelig problemstillinger (SSI). Slike problemstillinger har grobunn for diskusjoner, da de skal oppleves som meningsfulle og engasjerende for elevene (Zeidler & Nichols, 2009, s. 49). Å jobbe med problemstillinger innenfor bærekraftig utvikling handler om å løfte frem de tre dimensjonene i bærekraftig utvikling. Jegstad og Ryen (2020) undersøkte integreringen av bærekraftig utvikling i læreplanene til samfunnsfag og naturfag. Deres funn peker på at læreplan legger opp til et stort handlingsrom. De understreker behovet for å fremme systemtenkning for å sikre at de ulike dimensjonene av bærekraftig utvikling blir sett i sammenheng (Jegstad & Ryen, 2020, s. 310).

Systemtenkning er en av bærekraftskompetansene som elever skal tilegne seg gjennom arbeid i skolen, og er spesielt viktig innenfor bærekraftig utvikling (UNESCO, 2017, s. 10). I samfunnet vil elever møte en rekke ulike systemer, og derfor vil det å kunne forstå hvordan disse systemene fungerer være en viktig egenskap for elever å ha. LK20 inkluderer kjerneelementer som «jorda og livet på jorda», gjennom dette kjerneelementet skal elevene tilegne seg kunnskaper om naturen og miljøet. De skal også tilegne seg kunnskaper om systemer på jorda, og om hvordan vi mennesker påvirker disse systemene

(Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 3). Ulike studier peker på at elever strever med å forstå komplekse systemer, dette gjelder elever i alle aldre, også opp på et universitetsnivå (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b; Palmberg et al., 2017).

I en studie av nordiske lærerstudenter fant man ut at studenter på universitetsnivå har utfordringer med å komme til et middels til et høyt nivå av systemforståelse (Palmberg et al., 2017). Disse funnene samsvarer med det Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 554) fant ut, at elever på ungdomsskolen viste minimale ferdigheter innen systemforståelse. Palmberg et al. (2017, s. 12) peker på at systemforståelse ikke er blitt brukt som en metode for å lære elever bærekraft. Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 554) fant ut at ved å intervensjonere for å legge til rette for systemtenkning i undervisningen, vil elevene kunne oppnå systemforståelse på et middels til et høyt nivå.

I naturfag vil elevene bli presentert for systemer som er å anse som komplekse, slik som kroppen, periodesystemet eller ulike klimasystemer. Å lære elever om ulike klimasystemer, vil sette elevene i stand til å ta bærekraftige valg, for å ta vare på klimaet. Ulike klimasystemer som elevene vil møte i skolen er både drivhuseffekten, karbonets kretsløp og vannets kretsløp. Etter 10.trinn finner man to kompetansemål som forteller at elever skal beskrive og redegjøre for drivhuseffekten og karbonets kretsløp (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 10). Dette understreker viktigheten av at elever har forståelse for disse to systemene.

Forskning viser at elever på mellomtrinnet ikke har en helhetlig forståelse for drivhuseffekten (Shepardson et al., 2009, s. 549). Drivhuseffekten er et viktig system å forstå, da vi uten drivhuseffekten ikke ville kunne overlevd på jordkloden. På grunn av klimaendringene verden stilles ovenfor, er det derfor viktig at elever får en helhetlig forståelse for drivhuseffekten slik at de kan ta bærekraftige valg i fremtiden. Düsing et al. (2019, s. 120) peker på at elevens forståelse av karbonets kretsløp ikke er helhetlig, og at elever strever med å forstå dette systemet også.

1.1 Valg av problemstilling

På bakgrunn av Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 554) sin forskning om at elever kan få en høyere systemforståelse ved å legge til rette for systemtenkning i undervisning, fant jeg det interessant å undersøke elevens helhetlige systemforståelse når de utarbeider egne representasjoner innenfor drivhuseffekten og karbonets kretsløp. Disse systemene henger tett sammen, men som elever viser at de ikke har en helhetlig forståelse for (Düsing et al.,

2019, s. 120; Shepardson et al., 2009). Derfor utarbeidet jeg en intervensjon som la opp til å benytte en rekke ulike representasjoner, blant annet tegninger av de to systemene og videoklipp av systemene, og viktige prosesser i systemene. I tillegg skulle elevene arbeide med en simulering av drivhuseffekten, samt utarbeide representasjoner gruppevis innenfor karbonets kretsløp.

Óskarsdóttir et al. (2011, s. 181) undersøkte elevers forståelse av kroppen som et system, og de benyttet elevtegninger i sin studie. I denne masteroppgaven ønsket jeg å undersøke elevers helhetlige systemforståelse gjennom tegninger og intervjuer. Elevene i studien utarbeidet egne representasjoner av drivhuseffekten og karbonets kretsløp, og ble intervjuet om disse. På bakgrunn av dette utarbeidet jeg derfor følgende to forskningsspørsmål:

- Hvordan utvikler elevers systemforståelse seg gjennom egne representasjoner innenfor karbonets kretsløp og drivhuseffekten?
- Hvordan reflekterer elever over egne tegninger om klimasystemer?

Det første forskningsspørsmålet har til hensikt å vise hvordan elevers tegninger utvikler seg, både før og etter intervensjonen. Det andre forskningsspørsmålet tar for seg intervjuene som er gjennomført for å se hvordan elevene reflekterer over sine egne tegninger.

1.2 Oppgavens oppbygging

Oppgaven startet med en innledning, for å aktualisere problemområdet, og presentere oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Etter dette vil relevant teori og forskning på elevers systemforståelse, og hvordan elever forstår drivhuseffekten og karbonets kretsløp. Det vil også bli redegjort for hvordan disse komplekse systemene fungerer. Videre blir det diskutert hvordan representasjoner er med på å utvikle elevers forståelse i naturfag. Før det til slutt blir redegjort for to rammeverk som har til hensikt å måle elevers systemforståelse. Hvor det ene rammeverket har dannet utgangspunktet for analysen som er gjort i denne studien. Etter teorikapittelet, vil valg av metode, datainnsamling og analyse bli redegjort og begrunnet. Det ble gjennomført en tematisk analyse etter Braun og Clarke (2006) på både intervjuene og tegningene. Dette ble ansett som det mest hensiktsmessige for oppgavens del, både på tegninger og intervjuer. Jeg valgte å presentere resultater og drøfting hver for seg. Derfor blir resultatene presentert først, før resultatene vil bli diskutert opp mot teorien

og forskningen som ble presentert tidligere. Til slutt kommer oppgavens konklusjon, med implikasjoner for videre forskning og for klasseromspraksis.

2. Teori

I dette kapitlet vil jeg presentere forskning og teori som anses som relevant for denne oppgaven. Teorikapitlet vil starte med en redegjørelse av systembegrepet, før det blir redegjort for et komplekst system, og hva som kjennetegner dette. Videre vil det bli presentert forskning på elevers systemforståelse. Etter dette vil det bli vist til forskning på jorda som et system, hvor det blir redegjort for karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Det blir presentert forskning på hvordan elever har forståelse for disse systemene. Videre blir det presentert forskning på representasjoner og tegninger i naturfag. Før det til slutt blir vist til to ulike rammeverk som har til hensikt å måle elevers systemforståelse.

2.1 Systembegrepet

System er et begrep som finnes overalt i samfunnet, alt fra økonomi, til politikk. I skolesammenheng er systembegrepet noen elever må forholde seg til. Elevene skal gjennom skolegangen tilegne seg systemforståelse innenfor ulike temaer både innad og på tvers av fag. Systemer finnes på ulike nivåer, enten det er makro, mikro eller sub-mikro nivå. Det som kjennetegner et system, er at det er en enhet som opprettholder sin eksistens og fungerer som en helhet gjennom samspillet mellom delene. Systemet har et bestemt formål, og for at et system skal fungere optimalt må alle delene utføre sin hensikt. Det er egenskapene til systemet som utgjør systemet som helhet, og ikke de ulike delene i systemet (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 519).

2.1.1 Hva er et komplekst system?

Systembegrepet innebærer som nevnt en hel rekke med ulike systemer, alt fra de helt enkle systemene til de mer komplekse systemene. Et komplekst system kan innebære systemer på både makro og mikro nivå. På mikronivå kan det være hvordan et befruktet egg samhandler med andre systemer i kroppen. Mens det på makronivå kan være komplekse systemer som vi finner i business, byer, eller i dyreriket (Yoon et al., 2017, s. 100). I komplekse systemer er tilbakemelding en viktig faktor. En del av systemet vil motta en tilbakemelding, på hvordan delene i systemer samhandler på, noe som vil påvirke hvordan de andre delene av et system samhandler på (Ladyman et al., 2013, s. 38). Denne tilbakemeldingen vil igjen føre til tilbakekoblinger, og vi har enten positive eller negative tilbakekoblingsmekanismer. En

tilbakekobling er mekanismer som påvirker eller hemmer en tidligere reaksjon i reaksjonsskaden (Staberg et al., 2020, s. 451).

Tripto et al. (2016, s. 566), viser til tre trekk ved komplekse systemer: hierarki, homeostase og dynamikk. Det første trekket handler om at komplekse systemer er hierarkiske. For at elevene skal forstå biologiske systemer, må man forstå de ulike nivåene i systemet. Siden et system er preget av hierarkier, vil det være vanskelig å forstå et nivå, uten å forstå nivåene under (Hmelo-Silver et al., 2000, s. 250). I forhold til karbonets kretsløp så skjer dette på ulike nivåer, for eksempel har vi små organismer og hvordan vi får i seg næring og omdanner dette gjennom celleånding. Så blir karbonet sluppet ut og omdannet gjennom fotosyntesen. Man kan også se på karbonets kretsløp på et mer overordnet nivå, altså hvordan karbonet påvirker havene, temperaturen og atmosfæren. For at elevene skal forstå karbonets påvirkning på atmosfæren og havene, er det viktig at de kjenner til de viktige prosessene, fotosyntese og celleånding. Dette innebærer at å forstå et system, handler om å vise til interaksjonene som skjer mellom systemets deler, slik som fotosyntese og celleånding (Tripto et al., 2016, s. 566).

Homeostase er det neste Tripto et al. (2016, s. 566) skriver om, dette handler om opprettholdelsen av et stabilt indre miljø. Zion og Klein (2015, s. 1) peker på at elever viser utfordringer med å forstå hvordan systemer opprettholder et stabilt indre miljø. For at et system skal ha et stabilt indre miljø trengs det tilbakemelding fra systemets deler, da disse tilbakemeldingene fører til stabiliteten i systemet. Det å forstå homeostase er vanskelig for mange elever, da mange prosesser er skjult for øyet, som gjør det vanskelig å forstå denne prosessen (Tripto et al., 2013, s. 251). Å forstå homeostase gir elevene en dypere forståelse for kompleksiteten til ulike systemer, som menneskekroppen for eksempel. Dette fordi homeostase forklarer både hvordan kroppen og dens miljø og prosesser fungerer sammen, og prosessene som skjer på de ulike organisasjonsnivåene (Tripto et al., 2013, s. 245).

Hmelo-Silver et al. (2000, s. 250) forklarer at et dynamisk system handler om en sammenhengende helhet mellom komponenter, som samhandler med hverandre både innenfor enkeltsystemer og mellom systemer. Tripto et al. (2016, s. 566) peker på at transporten mellom alle disse nivåene gjør at systemet er dynamisk.

Det som kjennetegner et komplekst system er altså hierarki, homeostase og dynamikk.

Elevene skal gjennom skolegangen møte en rekke ulike komplekse systemer, og for at de skal kunne håndtere disse må elevene tilegne seg det vi kaller systemforståelse.

2.1.2 Systemforståelse

Systemforståelse er evnen til å analysere komplekse systemer på tvers av ulike domener, slik som samfunnet, miljøet eller økonomi, og på tvers av ulike skalaer. Etter dette skal man gjøre vurderinger, og ta stilling til andre systemiske funksjoner knyttet til bærekraftsspørsmål, og bærekraftig rammeverk for problemløsning (Wiek et al., 2011, s. 207). UNESCO (2017, s. 10) viser til åtte bærekraftskompetanser som elever i fremtiden må tilegne seg. Disse bærekraftskompetansene kan ikke læres, elevene må utvikle kunnskapen innenfor disse områdene for at de skal bli det UNESCO omtaler som «bærekraftsborgere» (UNESCO, 2017, s. 10).

Elevene skal gjennom skolegangen tilegne seg en systemforståelse for å ta bærekraftige valg, og for å undersøke hvordan systemer henger sammen. Allikevel peker flere studier på at elever i alle aldre opplever utfordringer med å tilegne seg systemforståelse, når det er snakk om komplekse systemer (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 520). Dette samsvarer også med Jacobson og Wilensky (2006, s. 14) som forklarer i sin artikkel at elever i barneskolen og helt frem til studenter på universitet eller høyskoler opplever systemforståelse som utfordrende. Dette kan skyldes at i skolen blir elevene fremstilt med oppgaver og problemer man antar at kun har én bestemt, sikker årsak. Dette gjør at elever i skolen arbeider med å identifisere årsaken til problemet eller oppgaven for å komme frem til det rette svaret, dette kalles å jobbe lineært (Jeong et al., 2022, s. 693). Å jobbe på denne måten fremmer ikke systemforståelse til elever, da komplekse systemer trosser en slik logikk. I skolen er komplekse systemer såpass forenklet at systemenes kompleksitet ikke lenger kommer tydelig frem (Jeong et al., 2022, s. 693).

Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005a), undersøkte ungdomsskoleelevers oppfatning av vannets kretsløp. Gjennom både kvalitative og kvantitative data fant de ut at elever forsto ulike prosesser tilknyttet vannets kretsløp, for eksempel fordamping og kondensasjon. Derimot manglet mange av elevene de sykliske, dynamiske og systemiske oppfatningene av systemene. Dette gjorde at elevenes fremstilling av vannet kretsløp ble ufullstendig, og inkluderte mange misoppfatninger (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005a, s. 368).

Litteraturen viser oss at elever har store utfordringer med å oppnå høy grad av systemforståelse, utfordringen ligger i hvordan man kan støtte elevene i deres ferd til en økende grad av systemforståelse. Jacobson og Wilensky (2006, s.17) hevder at simuleringer er en metode å jobbe med for at elever kan få økt systemforståelse, gjennom interaksjoner med simuleringer. Kombinerer man simuleringer og gruppearbeid gir det mulighet til å avsløre elevens misoppfatninger om komplekse fenomener. Dette kan føre til at elever får anledning til å modifisere sine antagelser, og forebygge misoppfatninger om komplekse systemer (Jacobson & Wilensky, 2006, s. 17). De får støtte i dette av Jeong et al. (2022, s. 694) som peker på at datasimuleringer er lovende til å hjelpe elever å håndtere komplekse systemer. Datasimuleringer gir elever mulighet til å visuelt oppleve et system, utforske og konstruere løsninger, samt få tilbakemelding på arbeidet umiddelbart. Å få tilbakemelding umiddelbart gir elevene mulighet til å utforske egne løsninger, og undersøke om deres løsninger er levedyktig (Jeong et al., 2022, s. 694). Sahin (2006, s. 9) understreker at bruk av datasimulering kan hjelpe elever til økt læring. Ved å aktivt engasjere elevene gjennom datasimuleringer kan de oppnå bedre forståelse og utvikle evnen til å danne hypoteser.

Gilissen et al. (2020, s. 1273) foreslår fire strategier som kan støtte elevens systemforståelse. Hvor den første strategien handler om at man skal gjøre elevene kjent med systemkarakteristikkene som er knyttet til systemteorien. Dette innebærer at elevene skal bli kjent med systemers egenskaper, hva som kjennetegner et system. Gilissen et al. (2020, s. 1273) brukte skolen som system simulert for å vise elevene trekkene ved et system. Den andre strategien de foreslår er at elevene skal anvende systemkarakteristikkene i ulike sammenhenger i løpet av et skoleår. Ved å gjøre dette utvikler elever en bedre forståelse for de ulike egenskapene til et system, og de anerkjenner hvor anvendelig et system er (Gilissen et al., 2020, s. 1274). Den tredje strategien som blir foreslått handler om å fokusere på noen få egenskaper til et system, for at elever skal få muligheten til å utdype eller forbedre forståelsen for dette (Gilissen et al., 2020, s. 1274). Dette er i likhet med det Jeong et al. (2022) undersøkte når det gjaldt systemforståelse innenfor et komplekst system. Fordi elevene i den studien fikk endre på ulike variabler og undersøke hvordan endringene påvirket systemet som helhet. Hmelo-Silver et al. (2007, s. 308) peker på at noe av det vanskeligste å forstå i et system er det dynamiske aspektet. Gjennom blant annet simuleringer, og gjennom å fokusere på enkelte egenskaper i systemet, vil elevene få en bedre forståelse for det

dynamiske aspektet (Gilissen et al., 2020, s. 1274). Den siste og fjerde strategien Gilissen et al. (2020, s. 1274–1275) foreslår handler om å være oppmerksom på bruken av systemspråk. Gjennom å bruke systemspråk når elevene resonnerer om biologiske fenomener, eller be elevene omformulere svarene sine for å bruke systemspråk vil elevene lettere få en økt systemforståelse (Gilissen et al., 2020, s. 1274). Dette samsvarer med det Jordan et al. (2013, s. 61) fant ut, at gjennom simuleringer og guidede spørsmål, er elever i mer stand til å kunne vurdere flere aspekter i systemer.

2.2 Jorda som system

Jorda er et eksempel på et komplekst system, som igjen består av mange andre komplekse systemer. To eksempler på komplekse systemer er karbonets kretsløp og drivhuseffekten, som er fokuset i denne studien. Det finnes også utallige andre komplekse systemer på jordkloden vår, slik som for eksempel ulike klimasystemer, eller ulike kretsløp. For at elevene skal tilegne seg både systemforståelse, og for å forstå disse systemene er det viktig at vi også vet hva elevene strever med i skolen. Det er gjennomført ulike studier som retter søkelys på elevers systemforståelse hvor jorda som et komplekst system er i fokus (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b; Shepardson et al., 2014).

Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b) gjennomførte en studie hvor de rettet søkelys mot utviklingen av ferdigheter i systemforståelse på ungdomstrinnet. De brukte rundt 50 elever fra to ulike israelske skoler, hvor tema var vannets kretsløp. Målet var å undersøke hvordan elever kunne håndtere komplekse systemer, og de benyttet både kvalitative og kvantitative data (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 524). Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 554) peker på at selv om elevene innledningsvis viste minimale kunnskaper om systemforståelse, gjorde de fleste gjorde fremskritt i utviklingen av systemforståelse. En tredjedel av deltagerne nådde det høyeste nivået av systemforståelse. Det pekes på to hovedfaktorer til denne fremgangen av systemforståelse. For det første pekes det på elevenes individuelle kognitive ferdigheter, for det andre pekes det på elevenes involvering i undervisningen (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 554–555).

En annen studie hvor man har forsket på elevers systemforståelse mot klimasystemer, undersøkte hvordan 42 elever på 7.trinn forstår klimasystemer (Shepardson et al., 2014). Det ble gjennomført en analyse av elevsvar på oppgaver tilknyttet klimasystemer. Elevene ble presentert for oppgaver de skulle svare på. Gjennom analysen av elevsvarene på oppgaven

identifiserte forskerne 22 ulike koder, som reflekterte elevenes forestillinger om klimasystemer (Shepardson et al., 2014, s. 340). Konklusjonen ble at elevene så på klimasystemer som en lineær, ensrettet, årsak og virkningsforhold. Hvor elevene ikke tok hensyn til tilbakemeldingsmekanismer, eller interaksjonene mellom komponenter i klimasystemet (Shepardson et al., 2014, s. 346). Dette samsvarer med Jeong et al. (2022, s. 693) som peker på at det blir arbeidet for mye lineært i skolen, noe som gir dårlige vilkår for å få økt systemforståelse.

Disse to studiene viser at elever på mellomtrinnet og ungdomsskolen har utfordringer med forståelsen for komplekse systemer. Ben-Zvi Assaraf og Orion (2009, s. 558) peker på at man kan introdusere systemer for elever allerede i småskolen. De undersøkte om 4.trinns elever kan håndtere komplekse systemer. De fant ut at disse elevene vil kunne utvikle en viss grad av systemforståelse. Med en langsiktig læreplan hvor fokuset ligger på systemforståelse, vil dette danne et grunnlag for utvikling av systemforståelse på et høyere nivå senere i skolen (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2009, s. 540). Forskning har vist at elever i småskolen, kan få en viss grad av systemforståelse. Ved å introdusere dette tidlig i skoleløpet, kan elever bygge videre på denne systemforståelsen til andre mer kompliserte systemer som de vil møte senere i skoleløpet, slik som karbonets kretsløp og drivhuseffekten.

2.2.1 Karbonets kretsløp som system

Karbonet er et av de viktigste grunnstoffene på jorda, og vi finner karbon over alt i samfunnet. Kvammen et al. (2014, s. 101) utdyper i en lærebok i naturfag for lærerutdanningen viktigheten av karbonet, og karbonets kretsløp, med de viktige prosessene fotosyntese og celleånding. Karbon er viktig for alle levende organismer, da dette grunnstoffet kan binde seg til fire andre atomer, og danne kompliserte molekyler. Cellulose, proteiner og fett er alle eksempler på molekyler som inneholder karbon. Vi finner hovedlagrene til karbon på tre steder, i jordskorpa, i havet, og i atmosfæren (Kvammen et al., 2014, s. 101).

I karbonets kretsløp har vi to viktige prosesser, nemlig fotosyntese og celleånding.

Fotosyntese går ut på at det omdannes CO₂ til O₂ og glukose. Denne prosessen foregår i cellens kloroplast, som finnes i cellens klorofyll, som vi finner på grønne blader, eller grønt gress. I fotosyntesen suges vann opp fra bakken, gjennom røttene. CO₂ tas opp fra små spalteåpninger på undersiden av et blad, og sammen med sollys skjer det kjemiske

reaksjoner inne i bladet, som danner oksygen og glukose. Vi kan oppsummere fotosyntesen i en reaksjonsligning; $6 \text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{solenergi} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ (Kvammen et al., 2014, s. 56). Den andre viktige prosessen er celleånding, og dette kaller vi også for forbrenningen. Det er i denne prosessen at energi frigjøres. Cellene skaffer seg energi til alle energikrevende prosesser ved å forbrenne glukose, som ble produsert i fotosyntesen. Celleånding skjer hovedsakelig i cellens mitokondrier, gjennom rundt 20 trinn. Resultatet av celleåndingen er karbondioksid og vann, som begge er energitomme stoffer. Vi kan oppsummere celleånding i en reaksjonsligning, hvor vi får frem tidligere at fotosyntesen og celleånding er to motsatte prosesser; $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{varmeenergi} + \text{ATP-energi}$ (Kvammen et al., 2014, s.58).

Fotosyntese og celleånding er de to viktige prosessene i karbonets kretsløp, men karbonets kretsløp inneholder mer enn disse to prosessene. Klimaendringer er et stadig økende problem, og i en rapport fra IPCC (2021) gis det en omfattende oversikt over dagens klimasituasjon. Rapporten inneholder også forsøk på å predikere fremtidige klimaendringer ved å analysere historiske data og gjennomføre simuleringer. Disse simuleringene viser at desto større mengde CO_2 som slippes ut, jo mer vil gå til atmosfæren, siden hav og land ikke klarer å omdanne all CO_2 som vi i dag slipper ut (Masson-Delmotte et al., 2021, s. 20). En økt konsentrasjon av CO_2 vil få negative konsekvenser for miljøet og klima på jordkloden, som blant annet høyere temperaturer og mer ekstremvær. Det er derfor viktig at elever har en helhetlig forståelse av karbonets kretsløp, som er et komplekst system.

Som tidligere nevnt består et komplekst system av tre viktige egenskaper: hierarki, homeostase og dynamikk (Tripto et al., 2016, s. 566). Disse egenskapene finnes alle i karbonets kretsløp, og dette styrker argumentet om at karbonets kretsløp er et komplekst system.

Vi finner hierarki i karbonets kretsløp, da dette kretsløpet foregår på flere ulike nivåer. Vi finner små organismer på det laveste nivået, som får i seg næring gjennom å spise på planter. I organismene vil det da skje celleånding, og karbonet blir sluppet ut, før det blir tatt opp av en ny plante (Kvammen et al., 2014, s. 103). Karbonets kretsløp kan også foregå på et mer overordnet nivå, nemlig på det globale nivå. Da vil karbonets kretsløp dreie seg om det globale kretsløpet, hvor hav, og blomster og planter tar opp CO_2 og omdanner dette. Det er dette IPCC rapporten (2021, s. 5) peker på at er negativt, ved et høyere utslipp av CO_2 vil det

medføre negative konsekvenser som blant annet et surere hav.

Et komplekst system skal ifølge Tripto et al. (2016, s. 566) også ha den egenskapen om å ha et indre stabilt miljø, det vi kaller for homeostase. Vi mennesker forurenses mer enn noen gang, og dette påvirker karbonets kretsløp. En del CO₂ blir oppløst i havet, men det er begrenset hvor mye havet kan ta opp (Kvammen et al., 2014, s. 103). IPCC rapporten (2021, s. 5) peker på at det globale havnivået har fått en surere PH verdi de siste tiårene. Dette skjer fordi man i et komplekst system ønsker å opprettholde et stabilt internt miljø, og via tilbakemeldinger reguleres prosessene slik at det interne miljøet forblir stabilt (Tripto et al., 2016, s. 566). For å holde det interne miljøet stabilt trengs det lavere utslipp CO₂. Da blader ikke klarer å omdanne alt av CO₂ som blir sluppet til O₂, gjennom fotosyntese, påvirkes derfor også verdenshavene i større grad. Verdenshavet gjør da sin del av kretsløpet, nemlig å oppløse CO₂ i havet. Det er riktignok begrenset hvor mye CO₂ havet kan ta opp, og det har sine konsekvenser i form av et surere hav. Når CO₂ oppløses i vann, dannes karbonsyre, og dette er med på å gjøre havet surere. Noe som er med på å gjøre levekårene utfordrende for marine organismer.

Det siste kjennetegnet på et komplekst system er dynamikk. At et system er dynamisk handler om at det er en sammenhengende helhet, med komponenter som interagerer med hverandre (Hmelo-Silver et al., 2000, s. 250). I karbonets kretsløp har vi en rekke ulike komponenter og prosesser som interagerer med hverandre, slik som fotosyntese og celleånding. Samt alle komponenter som får i seg energi gjennom celleånding, slik som oss mennesker og dyr. Videre kan andre komponenter være fabrikker eller biler som alle slipper ut CO₂. Karbonets kretsløp er et komplekst system, som består av de tre kjennetegnene på et komplekst system, hierarki, homeostase og dynamikk (Tripto et al., 2016, s. 566). Endringer i dette systemet, gjennom økt utslipp av CO₂ vil påvirke havet, ved å gjøre det surere. Dette vil igjen påvirke levekårene for marine organismer.

2.2.2 Drivhuseffekten som system

Forskjellen på jordkloden og plantene rundt i solsystemet vårt, er at jordkloden har en atmosfære. Denne atmosfæren gjør at vi kan leve slik vi gjør i dag, da atmosfæren er viktig i forhold til drivhuseffekten. Gassene i atmosfæren som absorberer varmetstrålingen fra jordoverflaten, øker gjennomsnittstemperaturen på jordoverflaten til ca. 15 °C (Grindeland et al., 2020, s. 161). Grindeland et al. (2020, s. 161) skriver i en lærebok for lærerstudenter om

hvordan drivhuseffekten fungerer. Man er avhengige av sola, da det kommer kortbølget solstråling fra sola. Denne solstrålingen går relativt uhindret gjennom atmosfæren og absorberes av jordoverflaten. Refleksjonsstrålingene fra jordoverflaten er mer langbølget og absorberes i større grad av drivhusgassene. Gassene avgir så deler av denne strålingen, og det skjer i alle retninger, og noe går ned igjen mot jordoverflaten, mens noe går ut mot verdensrommet igjen. Resultatet av dette gir økt temperatur på jordoverflaten, grunnet at noe av strålingen går ned på jordoverflaten igjen, kontra om alt hadde gått ut i verdensrommet igjen.

Drivhuseffekten er et viktig system innenfor klimalære. Det er også et komplekst system akkurat slik som Tripto et al. (2016) argumenterer for. Vi kan betrakte drivhuseffekten som hierarkisk på flere nivåer. Drivhuseffekten opererer blant annet på ulike skalaer, fra lokale klimatiske endringer til de globale utfordringene. Hvor de lokale og globale endringene er ulike. Som for eksempel så vil enkelte steder bli rammet av mer nedbør og høyere temperaturer. Mens det på et globalt nivå vil det være mer snakk om gjennomsnittlig havnivå, og isbreer som smelter. Man kan også argumentere for at drivhuseffekten er hierarkisk ved å se på drivhusgassene og de kjemiske egenskapene til disse gassene. I drivhuseffekten finner vi mange ulike gasser, blant annet vanndamp som har den største effekten. Vi finner også CO₂, metan og lystgass som også er viktige gasser i drivhuseffekten (Grindeland et al., 2020, s. 161).

Et annet kjennetegn på et komplekst system er homeostase, som handler om å ha et stabilt indre miljø. I drivhuseffekten er det som nevnt en del gasser, hvor CO₂ er den som vi mennesker kan gjøre noe med for å forhindre økt drivhuseffekten, da CO₂ blir sluppet ut gjennom fossile brensler. Vi får ikke gjort noe med de andre gassene (Grindeland et al., 2020, s. 162). IPCC rapporten (2021, s. 8) peker på at det i atmosfæren er en høyere konsentrasjon av CO₂ enn det har vært på 2 millioner år. I tillegg har gjennomsnittstemperaturen på jordkloden økt mer de siste 50 årene, enn vi tidligere har sett over en 50 års periode. Disse funnene indikerer at vi i dag slipper ut mer CO₂ enn det som har vært tilfellet tidligere. I drivhuseffekten er det viktig å opprettholde et stabilt indre miljø, og for at det ikke skal bli for høye verdier med CO₂ som vi i dag har er drivhuseffekten avhengige av at havet fanger opp en del CO₂, og at en del blir omdannet gjennom fotosyntesen. IPCC rapporten (2021, s. 5) peker som nevnt på at havet blir stadig varmere, og gradvis stiger. Dette viser at havet gjør

sin del av jobben, men allikevel er det målt en rekordhøy konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren. Vi kan dermed si at i drivhuseffekten blir det forsøkt via tilbakemelding og bli opprettholdt et stabilt internt miljø, men at gjennom menneskers høye forurensing er dette svært vanskelig og oppnå.

Det siste som pekes på i et komplekst system er dynamikk (Tripto et al., 2016, s. 566). I drivhuseffekten er det en sammenhengende helhet mellom komponenter og prosesser som interagerer med hverandre. Vi har som nevnt tidligere i kapitlet at kortbølget solstråling fra sola, blir absorbert på jordoverflaten. Dette viser for eksempel sammenhengen mellom komponentene sola, atmosfæren og jordkloden. Disse komponentene interagerer med hverandre, og er en viktig del av drivhuseffekten.

På bakgrunn av de forklaringer gitt ovenfor kan man derfor slå fast at drivhuseffekten er et komplekst system basert på Tripto et al. (2016, s. 566) sine kjennetegn på et komplekst system. Vi ser også sammenhengen mellom et system og definisjonen til Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 519) på hva et system er, nemlig at det er en enhet som opprettholder sin eksistens og fungerer som en helhet gjennom samspillet mellom delene. Uten samspillet mellom komponentene i drivhuseffekten, ville heller ikke temperaturen på jordoverflaten vært levelig.

2.3 Forskning på elevers forståelse av drivhuseffekten og karbonets kretsløp

I de foregående kapitlene ble det argumentert for at både drivhuseffekten og karbonets kretsløp er to komplekse systemer. Det ble redegjort for at dagens utslipp vil føre til enda høyere gjennomsnittstemperaturer, og at vi mennesker kan gjøre vår del, ved å redusere CO₂ utslipp. På bakgrunn av dette er det viktig at elever har forståelse for disse to komplekse systemene, da de er fremtidens samfunnsborgere. Det er blitt gjort mye forskning på elevers forståelse av både drivhuseffekten og karbonets kretsløp, i tillegg til at man har forsket på elevers forståelse for andre ulike klimasystemer.

2.3.1 Forskning på elevers forståelse av karbonets kretsløp

Studier som er gjort på elevers forståelse av karbonets kretsløp, viser at elever strever med å få en helhetlig forståelse for karbonets kretsløp (Düsing et al., 2019; Zangori et al., 2017). I en studie fra 2019 undersøkte man elevers forestillinger om karbonets kretsløp, med hensyn til komponentene elever anser som relevante, samt hvordan elever forklarer karbonatomets

reise (Düsing et al., 2019). Gjennom analyser av elevtegninger og intervjuer basert på disse tegningene, reiste man tvil om hvorvidt elevene sitter på den faglige kunnskapen som trengs for å forstå karbonets kretsløp og de menneskelige påvirkningene. Forskerne peker at kunnskapen elevene sitter på er fragmentert, fordi elever lærer om fotosyntese og celleånding som to separate temaer. Skal elever få en mer helhetlig forståelse må man også gi elevene større anledning for å se hvordan disse prosessene fungerer sammen (Düsing et al., 2019, s. 122). Disse funnene indikerer at elever for å få en mer helhetlig forståelse for karbonets kretsløp, trenger å anvende kunnskapen om fotosyntese og celleånding, og se sammenhengen mellom disse. Brown og Schwartz (2009) gjorde en studie på lærerstudenters forståelse av fotosyntese og celleånding. For at elever skal få en mer helhetlig forståelse for karbonets kretsløp, er det viktig at fremtidens lærere ser sammenhengen mellom fotosyntese og celleånding. Brown og Schwartz (2009, s. 807) peker på at lærerstudenter slet med å vise hvordan fotosyntese og celleånding er koblet sammen. Studentene visste at det var en sammenheng mellom disse prosessene, men de kunne ikke forklare sammenhengens natur. Zangori et al. (2017, s. 1249) peker også på at elever i skolen mangler den helhetlige forståelsen for karbonets kretsløp. Forskningen deres retter søkelyset på hvordan man kan støtte elevene til å oppnå den helhetlige forståelsen for karbonets kretsløp, og koble karbonets kretsløp med klimaendringer. Zangori et al. (2017, s. 1253) utviklet en sosiovitenskapelig problemstilling som la til rette for at elever kunne modellere underveis mens de besvarte problemstillingen. Zeidler og Nichols (2009, s. 49) definerer SSI som problemstillinger elever blir stilt ovenfor som er kontroversielle av natur, som krever at elever deltar i dialog, diskusjon og debatt. Problemstillingene skal oppleves som meningsfulle og engasjerende for elevene, og de må benytte seg av data og forskning for å argumentere i deres side (Zeidler & Nichols, 2009, s. 49). Zangori et al. (2017, s. 1256) gjennomførte studien i løpet av en periode på 2 uker, der elevene fikk mulighet til å endre, utvikle og evaluere egen modell. Funnene i denne studien peker på at elever må ha en presis og solid forståelse for hvordan karbon overføres gjennom prosessene fotosyntese og celleånding. Når elevenes forståelse for dette øker, vil også resonneringen til elevene bli mer helhetlig og presis. Dette legger til rette for at elever lettere ser sammenhengen mellom karbonets kretsløp og klimaendringer.

Oppsummert ser det ut til at elever har en viss forståelse for karbonets kretsløp, men de mangler den helhetlige forståelsen (Düsing et al., 2019). For at elever skal kunne få økt forståelse for de viktige prosessene i karbonets kretsløp vil modellering av karbonets kretsløp være en metode å jobbe på slik i klasserommet. Da gjerne i kombinasjon med SSI rettede problemstillinger slik Zangori et al. (2017) gjorde i sin studie. At elever skal få en helhetlig forståelse for karbonets kretsløp er viktig, med tanke på at fremtidens samfunnsborgere må tenke mer klimavennlig, slik at den høye konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren ikke blir for stor. Da dette får konsekvenser for havet, og de marine organismene som lever der, men det vil også få negative konsekvenser i form av andre klimasystemer som for eksempel drivhuseffekten.

2.3.2 Forskning på elevers forståelse av drivhuseffekten

Forskning gjort på elevers forståelse av drivhuseffekten viser at elever ikke har en helhetlig forståelse av drivhuseffekten (Shepardson et al., 2009). Dette tyder på at drivhuseffekten er noe man må rette mer fokus på i undervisning. Shepardson et al. (2009) undersøkte syvendeklassingers forestillinger om global oppvarming og klimaendringer. Gjennom en kvalitativ undersøkelse av elevsvar gjennom en åpen oppgave, samt en tegn- og forklar oppgave, var et av funnene at elever ikke viser en helhetlig forståelse av drivhuseffekten. Samt at elever ikke ser sammenhengen mellom drivhuseffekten og global oppvarming. Elevene manglet også forståelse for hvordan global oppvarming påvirker jordens hav, vær, planter og dyr (Shepardson et al., 2009, s. 565). Videre identifiserte Shepardson et al. (2011) fem ulike representasjoner av drivhuseffekten, som viser elevers forståelse av drivhuseffekten. Basert på disse fem ulike representasjonene kom det tydelig frem at disse elevene manglet en klar forståelse av drivhuseffekten (Shepardson et al., 2011, s. 12). Det var totalt 225 elever på syvende trinn som deltok i studien. Av disse var 29% på det som ble omtalt som nivå 1. De elevene på dette nivået illustrerte drivhuseffekten som en bokstavelig representasjon av ordet drivhus. Disse studentene forsto ikke drivhuseffekten, derfor representerer de drivhuseffekten basert på deres daglige erfaringer, og kunnskap med drivhus (Shepardson et al., 2011, s. 12). Hele 48% av elevene hadde modeller på nivå 4 og nivå 5 (Shepardson et al., 2011, s. 12). Elevene på nivå 5 viste at de hadde forstått at klimagasser, uavhengig av hvilken gass forårsaker drivhuseffekten og at solens energi enten «fanges» av eller «sprettes» tilbake til jorden av drivhusgasslageret (Shepardson et al., 2011,

s. 8). De elevene som hadde illustrert tegninger på dette nivået var på det aller høyeste nivået, og disse elevene vil kunne få en tydelig forståelse av drivhuseffekten på en enkel måte. Gjennom en passende læreplan og erfaringer fra undervisningen, vil dette gjøre at elevene som tegnet nivå 4 og nivå 5 enkelt skulle få til en helhetlig forståelse av drivhuseffekten (Shepardson et al., 2011, s. 13).

I en studie utført av Liu (2021) ble universitetsstudenters forståelse av drivhuseffekten undersøkt ved hjelp av en lignende metode som Shepardson et al. (2011) benyttet i sin studie. I Liu (2021) sin studie ble studentene bedt om å representere drivhuseffekten, og resultatene av studien avdekket fire ulike representasjoner. Av disse fire representasjonene, ble det identifisert en tegning på nivå 2, som viste en forenklet modell der strålingen hopper opp og ned mellom jordkloden og atmosfæren (Liu, 2021, s. 3007). Dette samsvarer med det som ble beskrevet som nivå 5 i Shepardson et al. (2011) sin studie. Videre påpeker Liu (Liu, 2021, s. 3010) at studenter som har illustrert en tegning på nivå 2 har en misoppfatning om at drivhuseffekten er forårsaket av ozonlaget. Ozonlaget enten fanger strålingen i jordens atmosfære eller lar mer stråling nå jordoverflaten (Liu, 2021, s. 3007). Dette funnet indikerer at selv universitetsstudenter viser noe av de samme misoppfatningene som syvendeklassinger har.

Jakobsson et al. (2009, s. 991) har et kritisk blikk på noe av forskningen gjort på elevers forståelse av drivhuseffekten. De peker på at en del av forskningsmetodene som brukes til å forske på dette tema, ikke er egnet til formålet sitt. Da mange av metodene ikke får med seg alle nyanser av elevenes forståelse, i tillegg til at de utelukker hvordan elevene utvikler en kunnskap for drivhuseffekten. Dette innebærer at forskning slik som Shepardson et al. (2009), kanskje utelukker hvordan elever faktisk tilegner seg forståelsen for drivhuseffekten, og hvordan elevene tilegner seg dette. Jakobsson et al. (2009, s. 982) argumenterer for at det finnes andre metoder å undersøke dette for å få det helhetlige bildet av elevers kunnskaper og misoppfatninger om drivhuseffekten.

Hensikten med forskningen til Jakobsson et al. (2009, s. 983) var å illustrere hvordan elever skaper mening og formulerer seg om drivhuseffekten og globaloppvarming, som en del av et prosjektarbeid. De delte en skoleklasse med 14-15 åringer inn i mindre grupper. Gruppene ble presentert for en oppgave med to motstridende påstander om fremtidige temperaturer og klima. Studien viste at elever strever med å skille mellom den menneskeskapte

drivhuseffekten og den naturlige drivhuseffekten. Videre fant de også ut av at elever har utfordringer når det gjelder å forstå hva som teller som en drivhusgass, og hvilken betydning drivhusgasser har for drivhuseffekten (Jakobsson et al., 2009, s. 991–992).

Jakobsson et al. (2009, s. 992) mener at elevene viser en god kunnskap om drivhuseffekten, uten at man er så spesifikk som enkelte forskningsstudier er. Man bør heller rette fokuset til prosess istedenfor produkt, altså hvordan man kan hjelpe elevene til å forstå drivhuseffekten. Gjennom å lytte til elever når de deltar i læringsprosesser er en potensielt rikere kilde til å gå innsikt i hvordan man skal lære elevene (Jakobsson et al., 2009, s. 993).

2.4 Bruk av representasjoner og tegninger

I naturfag er representasjoner, modeller og modellering en svært viktig del av faget. Dette gjelder i alle deler av faget, og det er spesielt viktig når det undervises i abstrakte temaer. Innenfor klimalære vil ulike representasjoner være viktige inngangsporter for elever, for å forstå hvordan komplekse systemer som for eksempel drivhuseffekten og karbonets kretsløp er. Representasjoner kan for eksempel være grafer, tegninger, animasjoner og skrift (Knain et al., 2017, s. 4). Det er alltid en forenkling av virkeligheten, og bare noen få, men sentrale deler blir fremstilt på en god måte (Hannisdal & Ringnes, 2019, s. 102). Representasjoner spiller en viktig rolle i undervisning og læring, og hjelper elevene med å ha fokus på det som er viktig i et fenomen (Knain et al., 2017, s. 18).

Forskning peker på at representasjoner er en inngangsport til en forbedret forståelse av klimaendringer og klimasystemer (Thacker & Sinatra, 2019). Thacker og Sinatra (2019, s. 14) peker på at elever har misoppfatninger til klimaendringer. Gjennom en digital representasjon av drivhuseffekten og intervjuer tilknyttet denne simuleringen fant man ut at dette ga elever en bedre forståelse av hvordan klimaendringer fungerer (Thacker & Sinatra, 2019, s. 14). Adadan et al. (2009) gjorde et liknende funn i sin forskning på eldre elevers forståelse av partikkelmodellen ved bruk av representasjoner. De sammenliknet forståelsen til to grupper der den ene gruppa jobbet mer med representasjoner enn den andre. Et funn var at de elevene som hadde jobbet mer intensivt med representasjoner hadde oppnådd en dypere forståelse (Adadan et al., 2009, s. 1765). Dette indikerer at å integrere representasjoner gjør at elever tilegner seg en mer helhetlig kunnskap.

Permatasari et al. (2022) gjennomførte en metastudie av hva elever lærer i kjemi ved bruk av representasjoner. Siden både kjemi og klimasystemer begge er abstrakte temaer, kan man anta at disse resultatene også vil være relevante for elevers forståelse av klimasystemer. Et viktig funn var at det gir en positiv innflytelse ved å involvere flere representasjoner i kjemiundervisningen. Det pekes også på at elever får færre misoppfatninger, og at elevenes forståelse ble forbedret. Permatasari et al. (2022, s. 340) argumenterer for at integrering av representasjoner kan bidra til å gjøre kjemi mindre abstrakt, og redusere oppfatningen om at det er en vanskelig del av naturfaget.

Representasjoner er noe elever vil møte i skolen, da mye av den naturvitenskapelige forskningen er abstrakt, og man må bruke representasjoner for å forske på fenomener. IPCC rapporten (2021) er et eksempel på slik forskning, her har man benyttet avanserte simuleringer for å predikere fremtidens klima. Uten disse avanserte simuleringene, vil det være vanskeligere å forutsi hvordan CO₂ konsentrasjonen påvirker atmosfæren. Derfor er det viktig for elever å lære seg å tolke, lage egne representasjoner, og å diskutere styrker og svakheter med modeller. Alt dette henger tett sammen med naturvitenskapens egenart (NOS). Naturvitenskapens egenart handler om egenskapene til vitenskapelig kunnskap, altså hvordan vitenskapelig kunnskap er utviklet (Lederman & Lederman, 2019, s. 1). Lederman et al. (2002) utviklet syv prinsipper som omhandler naturvitenskapens egenart. Blant annet argumenterte de for at utvikling av vitenskapelig kunnskap er en kreativ prosess. Det legges opp til at forskere skal utvikle forklaringer og teori, og for at dette skal skje trengs det blant annet kreativitet (Lederman et al., 2002, s. 500). Dette henger tett sammen med representasjoner, slik som Oh og Oh (2011) skriver om. Representasjoner spiller en viktig rolle for å beskrive, forklare og forutsi naturfenomener, samt og formidle vitenskapelig ideer til andre (Shen & Confrey, 2007, sitert i Oh & Oh, 2011, s. 1115). Oh og Oh (2011, s. 1114) peker også på at en representasjon kan fungere som en bro som knytter teori og et fenomen sammen. Det samsvarer med forskning som er gjort på hvordan elevers forståelse forbedrer seg etter at de har arbeidet med representasjoner (Adadan et al., 2009; Thacker & Sinatra, 2019).

2.4.1 Forskning på elevers tegninger

En representasjon som elever både kan utforme selv, men også få i oppgave å tolke er en tegning. Tegninger er et nyttig verktøy for å få en idé om elevers forestillinger innenfor et

tema (Ehrlén, 2008, s. 41). Oh og Oh (2011, s. 1115) forklarer at representasjoner knytter teori og et fenomen sammen. Dette gjør tegninger også, da elevtegninger kan bygge broer mellom elevers forståelse, og teorien bak. Tegninger er en vanlig metode å jobbe på for å forstå elevers tankegang, og få tilgang til deres forståelse av abstrakte temaer. Ehrlén (2008, s. 41) peker på at om man kun undersøker elevers tegninger tar man det for gitt at forholdet mellom elevers kunnskaper og elevtegnene stemmer overens. Dette innebærer at i studier hvor man undersøker elevers tegninger alene, kan det være vanskelig å avgjøre om tegningene faktisk representerer elevenes kunnskaper. Ved å kombinere elevtegninger med en annen metode vil man lettere og mer sikkert slå fast hva elevenes kunnskaper faktisk er. Walker (2012, s. 97) peker på tre ulike faktorer som er av en stor betydning når man undersøker og skal forstå elevers tegninger, alder, kultur og kjønn. Alder har en stor betydning da barn utvikler seg i takt med at alderen øker, dess eldre barn er, dess mer nøyaktige tegninger vil bli illustrert (Walker, 2012, s. 97). Walker (2012, s. 97) peker også på at kjønn også spiller en rolle, da det er forskjell på jenter og gutter og hvordan de utarbeider egne tegninger. Jenter bruker flere farger enn gutter, og gutter bruker ofte litt kaldere farger som for eksempel blå. I tillegg tegner flertallet av barn folk av eget kjønn (Chen & Kantnes, 1996, sitert i Walker, 2012, s. 98). Ehrlén (2008, s. 44) hevder at de kulturelle aspektene påvirker både elevers tegninger, men også deres språk. Dette peker også Óskarsdóttir et al. (2011) på, i deres studie av hvordan små barn fra de nordiske landene forstår menneskekroppen. De undersøkte elevtegnene og så på hvordan de hadde plassert ulike organer og bein på kroppen, samt hvilken struktur de ulike delene hadde. Óskarsdóttir et al. (2011) peker på tegningene til elevene hadde mange likheter, men det var også noen forskjeller. Resultatene tyder på at det er kulturaspektene i de ulike landene som påvirket elevenes tegninger, og det var dette som gjorde at tegningene var ulike. Matlagingsvaner, mat, bilder i bøker og språkuttrykk er faktorer som alle påvirket barns ideer om bein og organer i menneskekroppen (Óskarsdóttir et al., 2011, s. 187).

Å undersøke elevers kulturelle perspektiver har også relevans når man utforsker elevers tegninger innenfor abstrakte temaer som karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Innenfor karbonets kretsløp og drivhuseffekten har det blitt gjennomført en rekke ulike studier hvor man undersøker elevers tegninger (Liu, 2021; Shepardson et al., 2011). I disse studiene fokuserte man hvordan elever forstår drivhuseffekten, og dermed var tegninger å anse som

en relevant metode for å samle inn data. I disse studiene ble det ikke gjennomført intervjuer, da målet med studiene var å kategorisere elevtegninger inn i ulike modeller.

2.5 Rammeverk for systemforståelse

I denne delen vil det bli presentert to ulike rammeverk som har til hensikt å måle elevers systemforståelse: Structure-Behavior-Function theory (SBF) og the system thinking hierarchy (STH). I denne studien er STH modellen blitt brukt som teoretisk rammeverk. Resultatene fra denne studien vil også bli presentert etter STH modellen. Det er også hentet inspirasjon fra SBF modellen i utarbeidelsen av kategorier til analysen av rådataene. Disse rammeverkene ble benyttet da de er anerkjente blant forskere som en metode å analysere og måle elevers systemforståelse (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005a; Hmelo-Silver et al., 2007).

2.5.1 Structure-Behavior-Function theory

Structure, behavior, function (SBF) modellen er en modell som ble utarbeidet av Goel et al. (1996), i deres forskning på fysiske apparater tilknyttet intelligente veiledningssystemer. SBF modellen beskriver systemets struktur, handling og funksjon, og er brukt i ulike studier for å måle elevenes systemforståelse (Hmelo-Silver et al., 2000, 2007).

Strukturer i SBF modellen viser til elementene i systemet, og disse elementene kan være synlige eller ikke synlige. Vi finner strukturer på både makro, mikro og sub-mikro nivå (Hmelo-Silver et al., 2007, s. 312). I karbonets kretsløp kan elementer i systemet være trær eller mennesker, og i drivhuseffekten være både sola, og solstråler. Handlinger handler om hvordan strukturene til et system oppnår sitt resultat eller funksjon (Hmelo-Silver et al., 2007, s. 312). I karbonets kretsløp vil for eksempel fotosyntese være en handling. Elementer som sollys, vann, et grønt blad og CO₂ blir brukt til å omdanne dette til O₂ og glukose. Til slutt presenteres funksjon, og funksjon handler om rollen et element har (Hmelo-Silver et al., 2007, s. 312). For eksempel vil et grønt blad være et viktig element fordi her foregår fotosyntesen. Fotosyntesen er igjen viktig fordi uten denne prosessen ville konsentrasjonen CO₂ i atmosfæren vært veldig høy, noe som ville ført til høyere temperaturer. Dette vil si at fotosyntese sin funksjon er å omdanne CO₂, som blant annet fører til at temperaturene ikke stiger for mye.

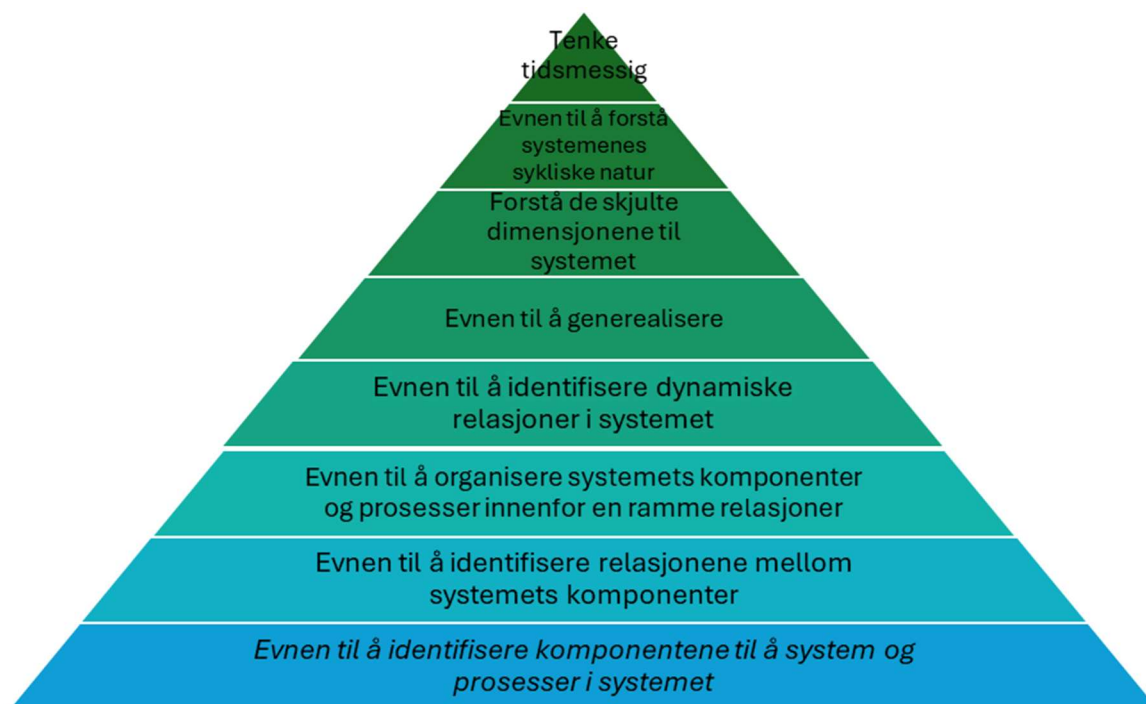
Hmelo-Silver og Pfeffer (2004) undersøkte eksperter og nybegynneres forståelse av komplekse systemer, og hvordan de skiller seg fra hverandre. De undersøkte individers representasjoner av akvatiske systemer. Deltagerne i studien var elever i ungdomsskolen,

lærere og eksperter på akvatiske systemer. Dette for å vise forskjellen i hvordan elever som nybegynnere og eksperter på feltet representerte slike komplekse systemer både verbalt og gjennom representasjoner (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004, s. 130). De benyttet SBF modellen som rammeverk for analysen. Hmelo-Silver og Pfeffer (2004, s. 136) fant ut at en ekspert klarer å se strukturene i et system, og inkludere disse i både handling og funksjon. En nybegynner vil derimot fokusere på strukturer, og samtidig vise minimal forståelse for handling og funksjon (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004, s. 136). Studien som ble gjennomført viser dermed forskjellen i hvordan en nybegynner og en ekspert tenker, og får demonstrert systemforståelse både verbalt og gjennom representasjoner.

2.5.2 The system thinking hierarchy

For å undersøke elevers systemforståelse finnes det ulike modeller, deriblant the system thinking hierarchical model (STH). Dette er en modell som er utarbeidet av Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b), i deres forskning om ungdomsskole elevers utvikling av systemforståelse. STH modellen viser til åtte kjennetegn på systemforståelse, hvor det er en progresjon i alle nivåene. Kjennetegnene går fra å kunne identifisere komponenter og prosesser, til å kunne generalisere, og forutsi fremtiden (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 523). Figur 1 viser de åtte kjennetegnene på systemforståelse i STH modellen, hvor de ulike nivåene er satt opp i et hierarki. Det nederste nivået handler om å identifisere komponenter og prosesser i systemet, her handler det om å gjenkjenne de ulike komponentene og prosessene i et system. I Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 523) sin studie undersøkte de elevers forståelse av vannets kretsløp, og da måtte elevene gjenkjenne komponenter og prosesser som er relevante i dette kretsløpet. Det å identifisere komponenter og prosesser som er relevante for systemet, er det nederste nivået i hierarkiet. Det neste nivået Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 523) beskriver, handler om å identifisere relasjonene mellom komponentene i systemet. I henhold til vannets kretsløp handler det om å undersøke sammenhengen mellom fordampning og nedbør. Det tredje nivået som blir beskrevet handler om å organisere komponentene og prosessene i systemet i et rammeverk. I forhold til vannets kretsløp handler det om å inkludere hvordan nedbør, fordampning og kondensasjon er knyttet sammen i en kontinuerlig syklus (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 523). Det neste som blir beskrevet er evnen til å generalisere. I forhold til vannets kretsløp kan man bruke kunnskapen om at dette systemet er syklisk og dynamisk til å forhindre miljøtrusler mot den delen av jorda og

atmosfæren som består av vann (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 523). Evnen til å identifisere de dynamiske relasjonene i systemet, handler om å forstå hvordan mennesker for eksempel påvirker systemet. I forhold til vannets kretsløp, handler det om å undersøke hvordan mennesker forurensrer grunnvann, og konsekvenser av dette (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 523). Den neste egenskapen som Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 523) presenterer er evnen til å forstå de skjulte dimensjonene til systemet, og dette innebærer å gjenkjenne mønstre og sammenhenger vi ikke kan se på overflaten. I vannets kretsløp handler det for eksempel om å forstå fordamping, og viktigheten av dette. Den nest siste egenskapen er å forstå systemets sykliske natur, og dette innebærer å forstå hvordan vannets kretsløp vil gå i et kontinuerlig kretsløp som aldri vil ta slutt (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 523). Den siste egenskapen handler om å tenke tidsmessig, både i fortid og fremtid. Elevene skal her kunne forutsi fremtiden og hvordan den vil se ut i forhold til vannets kretsløp, og forstå endringer som tidligere har skjedd (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 523). Disse åtte egenskapene danner STH modellen, hvor man må forstå det grunnleggende og de første egenskapene, før man kan forstå de mer avanserte egenskapene. Man kan derfor dele modellen inn i 3 nivåer, slik som Staberg et al. (2020, s. 452) har gjort i en lærebok. Disse nivåene samsvarer også med det Ben-Zvi Assaraf og Snapir (2018, s. 65) viser til. Nivå én handler om å analysere systemets enheter/komponenter. Dette nivået viser til det nederste kjennetegnet i hierarkiet, det å identifisere komponenter og prosesser i systemet. Det andre nivået handler om å sette sammen komponentene i systemet. Dette nivået inkluderer flere av kjennetegnene på systemforståelse. Disse kjennetegnene er de tre neste nivåene i hierarkiet presentert i figur 1. Det siste nivået som Staberg et al. (2020, s. 452) viser til handler om å gjennomføre nivå 1 og 2, kunne generalisere og identifisere trekk ved systemet. I hierarkiet nedenfor er det de fire øverste kjennetegnene på systemforståelse som går inn i dette nivået.



Figur 1: The system thinking hierarchy omarbeidet etter Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b)

Ved hjelp av denne modellen kan man både måle og vurdere elevenes systemforståelse (Staberg et al., 2020, s. 453). Denne modellen er brukt som rammeverk i flere studier, som har til hensikt å måle elevenes systemforståelse (Keynan et al., 2014; Reinagel & Bray Speth, 2016; Tripto et al., 2017). Tripto et al. (2017) undersøkte hvordan videregående elever oppfatter menneskekroppen som et system. De fulgte samme klasse i tre år, noe som ga forskerne rikelig med data de skulle analysere (Tripto et al., 2017, s. 80). De samlet inn konseptkart fra elevene og benyttet seg av STH modellen for å analysere disse. STH modellen kan som sagt deles inn i tre nivåer, og det var dette de gjorde i analysen (Tripto et al., 2017, s. 80). Funnene i studien peker på at elevene igjennom de tre årene de deltok i studien fikk økt systemforståelse for menneskekroppen. Elevene inkluderte flere begreper på mikronivå på slutten av studien, enn da man startet. Allikevel ble flere prosesser på mikronivå utelukket på slutten av studien (Tripto et al., 2017, s. 92).

3. Metode

I det forrige kapitlet presenterte og drøftet jeg teori og forskning som anses som relevant for problemområde i denne oppgaven. I dette kapitlet redegjør jeg for valg av metode, datainnsamling og analyse, som er blitt gjennomført for å belyse oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Kapitlet starter med å introdusere kvalitativ forskningsmetode, før det etter hvert vil gå mer inn på selve datainnsamlingen og analysen som er gjennomført. Det vil bli begrunnet de valgene som er tatt underveis ved selve datainnsamlingen og analysen som er gjort i etterkant. Til slutt redegjør jeg for etikk og samtykke, samt hvor reliable og valide resultatene fra denne studien er.

3.1 Kvalitativ forskningsmetode

Et grunnleggende utgangspunkt for all empirisk forskning er at man skal velge det forskningsdesignet som er mest hensiktsmessig for å svare på problemstillingen (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 61). Innenfor samfunnsvitenskapelig forskning, skiller vi mellom to retninger i metodelæren, den kvantitative og den kvalitative metoden (Johannessen et al., 2021, s. 22). Kvalitativ forskningsmetode handler om å hente inn informasjon om virkeligheten gjennom ord eller språk, enten det er gjennom språk, tekst eller observasjoner (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 89). Dette er i motsetning til kvantitativ metode, hvor det er store tallmengder som gir informasjon om virkeligheten (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 89). I denne studien er det benyttet en kvalitativ tilnærming i innsamlingen av data, i form av semi-strukturerte intervjuer og innsamlede elevtegninger.

Innenfor kvalitativ metode er beskrivelse, forståelse og mening sentrale begreper (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 95). Dette fordi man innenfor en kvalitativ tilnærming vil være interessert i menneskets oppfattelse, og deres erfaringer fra verden (Merriam & Tisdell, 2016, s. 15). Denne studien er av en fenomenologisk natur. Johannessen et al. (2021, s. 166) sier at en fenomenologisk tilnærming handler om å utforske og beskrive menneskers forståelse eller erfaringer av et fenomen. I denne studien ble det undersøkt hvordan elevers helhetlige systemforståelse av karbonets kretsløp og drivhuseffekten er. I forhold til et kvalitativt design vil man i fenomenologiske studier studere hvordan mennesker skaper mening gjennom egne erfaringer, fordi skal man forstå verden må man forstå mennesket. Da det er mennesket som grunnlegger verden og ikke omvendt (Johannessen et al., 2021, s. 167). For å samle inn slike data vil intervjuer stå svært sentralt, fordi man får tilgang til

menneskers tanker og forståelse rundt det som undersøkes i studien (Johannessen et al., 2021, s. 166).

3.1.1 Elevtegninger

Datamateriale i studien består blant annet av elevtegninger, disse elevtegnene ble samlet inn i forbindelse med intervusjonen som ble gjennomført. Elevene fikk utdelt hver sin skisse før de tegnet den første tegningen. Skissa skulle fungere som en støttestruktur. Skissa inneholdt en jordklode, og sola, samt noen ulike komponenter som atmosfære, en fabrikk, et tre samt et menneske. Jeg oppfordret elevene til å benytte skissa til å se hvordan tegningen kunne utformes, og gi de noen ideer til hvordan deres tegning kunne se ut. Skissa ble kun benyttet som en støttestruktur i forbindelse med den første tegningen, og den ble ikke benyttet når elevene skulle tegne tegning to. Elevene fikk utdelt hvert sitt A3 ark og fikk 20 minutter på å tegne drivhuseffekten og karbonets kretsløp. Før elevene begynte å tegne, stilte jeg et spørsmål til elevene: («(...) Når dere ser denne tegninga her, hvordan ville dere satt på piler og forklart hvilke sammenhenger det er mellom karbonets kretsløp og drivhuseffekten? (...)»). Det ble også oppfordret til at elevene kunne legge til komponenter, eller ikke benytte komponenter som er i skissa, i sin egen tegning. På denne måten ble det sikret at elevene sine tegninger var et selvstendig arbeid.

Ved å benytte tegninger fra elever vil dette danne grunnlaget for en kvalitativ analyse av tegningene. Ved hjelp av gode kvalitative data, som å undersøke elevtegninger kan man undersøke elevers forestillinger om et tema (Ehrlén, 2008, s. 41). Dette samsvarer også med det Walker (2012, s. 100) argumenterer for, at elevers tegninger er rike data, som kan gi oss tilgang til elevenes verden. Postholm og Jacobsen (2018, s. 95) utdyper at en viktig del av kvalitativ forskning er nemlig å undersøke menneskers forståelse av verden. Når elevers tegninger blir brukt til å forstå betydningen elever gir til sine opplevelser utdyper Walker (2012, s. 99) at elever ikke bare blir bedt om å tegne, men også å snakke eller skrive om tegningene sine. Ved å samle inn og analysere disse tegningene får vi tilgang til mer enn bare tegningene fra elevene, vi får også tilgang til deres forståelse av verden, gjennom både illustrasjoner og skrift.

3.1.2 Intervju

I denne studien ble det gjennomført totalt 4 elevintervjuer, alle intervjuene ble gjennomført to til tre uker etter gjennomført undervisningsopplegg. Elevutvalget baserte seg på hvilket

nivå tegningen deres var på, slik at det ble et mangfold av nivåer. I tillegg til at de utvalgte elevene hadde samtykket til å gjennomføre intervju. Elevene hadde mellom intervensjonen og intervjuene ingenting om karbonets kretsløp eller drivhuseffekten i undervisningen. Intervjuene varte rundt 20 minutter hver, og alle intervjuene ble gjennomført samme dag.

Innen kvalitativ forskning er intervju en metode for å samle inn datamateriale. Målet med å gjennomføre et intervju er å forstå verden sett fra intervjupersonens side, samt å få frem erfaringer og avdekke deres opplevelse av verden (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 20). For å få frem erfaringer og elevenes opplevelse av jorda som et system ble intervju sett på som mest hensiktsmessig for å forstå og undersøke elevenes systemforståelse. Dette fordi at et intervju er en samtale som har en viss struktur og hensikt, og et forskningsintervju går dypere enn den spontane meningsutvekslingen som skjer i hverdagen (Kvale & Brinkmann, 2015, s.22).

Intervjuene skulle ta utgangspunkt i elevenes tegninger, og det ble utarbeidet en generell intervjuguide. Siden tegningene til elevene var forskjellige, ville også temaene i intervjuene bli forskjellige. Derfor ble semistrukturerte intervju anset som det mest hensiktsmessige. Et kjennetegn på semistrukturerte intervjuer er at det er utarbeidet en intervjuguide slik jeg gjorde. I tillegg skal forskeren være åpen for å stille nye spørsmål, nye temaer og endre rekkefølgen på spørsmål. Forskeren har dermed friheten til å bevege seg frem og tilbake i intervjuet (Johannessen et al., 2021, s. 108).

3.2 Datainnsamling

I dette kapittelet vil selve datainnsamlingen beskrives nærmere, både valg av informanter og gjennomføringen av intervensjonen. Det vil bli forklart og begrunnet de valgene som er tatt underveis i datainnsamlingen.

3.2.1 Utvalg av informanter

Utvalg betyr å velge ut de enhetene som man skal samle inn data om, slik som personer eller tekster (Gleiss & Sæther, 2021, s. 38). I denne studien har jeg undersøkt elevers helhetlige systemforståelse innenfor karbonets kretsløp og drivhuseffekten, og det vil i denne oppgaven være elever som er informantene. I både kvalitative og kvantitative forskningsstudier er det vanskelig å si hvor mange informanter som trengs, da det påvirkes av en rekke faktorer (Gleiss & Sæther, 2021, s. 38). I kvalitativ forskning er ikke representativitet et sentralt kriterium, men man er heller opptatt av å velge et begrenset antall informanter som har mye

og relevant informasjon om fenomenet som skal undersøkes (Johannessen et al., 2021, s. 57). For å velge ut informanter har det i denne studien blitt gjennomført en strategisk utvelgelse. Strategisk utvelgelse handler om at man først må tenke igjennom hvilken målgruppe som må delta for at man skal få samlet nødvendige data, mens det neste steget er å velge ut personer fra målgruppen til å delta i undersøkelsen (Johannessen et al., 2021, s. 58–59).

Det ble alt i alt gjennomført to ulike utvalg av informanter i denne studien. Det første utvalget var elevene som deltok i intervensjonen, dette utvalget var et homogent utvalg. Et homogent utvalg handler om å velge personer med svært liten variasjon ut fra sentrale kjennetegn for å avdekke mulige felles og ulike erfaringer innenfor en relativt homogen gruppe (Johannessen et al., 2021, s. 62).

I denne studien ble en niendeklasse valgt, der hele klassen gjennomførte en intervensjon. Denne intervensjonen blir grundig redegjort og begrunnet i neste kapittel. Av disse elevene samtykket 15 av elevene til å bruke tegningene i analysen. Dette var en vanlig niende trinns klasse, hvor de akkurat hadde avsluttet kapittelet om drivhuseffekten. I tillegg hadde elevene kjennskap til karbonets kretsløp fra tidligere arbeid på åttende trinn.

Det neste utvalget var i forbindelse med intervjuene, det ble gjennomført intervjuer av fire av elevene som hadde gjennomført undervisningsopplegget. Disse elevene ble valgt ut etter et stratifisert utvalg, noe som innebærer at det først konstrueres kategorier basert på sentrale kjennetegn, deretter rekrutteres informanter i de ulike kategoriene (Johannessen et al., 2021, s. 63). I denne studien ble de fire elevene plukket ut først ut fra hvem som hadde samtykket, før jeg videre brukte tegningene som elevene hadde tegnet til å plukke ut de fire elevene som ble intervjuet. For analysen av tegningene ble det brukt ulike nivåer på systemforståelse, hvor inspirasjonen ble hentet fra STH modellen til Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b), disse nivåene dannet grunnlaget for rekrutteringen av informantene. Det var ønskelig med elever på ulike nivåer, og jeg intervjuet derfor elever hvor det var et stort sprik på nivåene på tegningene. Kjønn var ingen faktor i rekrutteringen av informanter til dette prosjektet.

Informantene er elever som går på en ungdomsskole jeg tidligere har gjennomført to praksisperioder på, det er en liten skole på Østlandet med to klasser per trinn, jeg benyttet en klasse på niende trinn til datainnsamlingen. Dette er elever jeg har blitt kjent med tidligere, men som jeg ikke har hatt noen form for undervisning i tidligere, men etablert

relasjoner til enkelte av elevene gjennom inspeksjoner og andre møter gjennom praksisperiodene.

3.2.2 Undervisningsopplegg

Det ble gjennomført en intervensjon for å innhente elevtegningene som danner grunnlaget for den første delen av analysen. Elevtegningene har til hensikt å belyse hvordan elevenes systemforståelse utvikler seg gjennom egne representasjoner innenfor karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Tanken bak intervensjonen var å benytte flere ulike representasjoner, inkludert at elevene fikk lage egne representasjoner av karbonets kretsløp, for å undersøke hvordan ulike representasjoner er med på å utvikle elevers systemforståelse. Totalt var intervensjonen fordelt på 3 økter, på 65 minutter hver, og ble gjennomført tre dager på rad, med én økt per dag. På neste side kommer en tabell som viser hva elevene gjorde i de ulike øktene.

Økt 1 hadde fokus på karbonets kretsløp, og de viktige prosessene fotosyntese og celleånding. Dette ble jobbet med for å vekke elevenes forkunnskaper om dette temaet. Elevene jobbet med en animasjon, grubletegninger, og så på korte videoklipp om temaet. I økt 2 skulle elevene lage egne representasjoner av karbonets kretsløp i grupper på 3-4 elever. Elevene skulle lage plakater og illustrere hvordan karbonet går i et kretsløp. Plakaten skulle inneholde de to prosessene fotosyntese og celleånding, samt ulike komponenter som slipper ut CO₂. Da gruppene ble ferdige skulle de forklare sine representasjoner til en annen gruppe, hvor de skulle se kritisk på hverandres representasjoner av karbonets kretsløp. Økt 3 handlet om drivhuseffekten, og kunne se sammenhengen mellom drivhuseffekten og karbonets kretsløp.

Tabell 1: Undervisningsopplegg og mål for aktivitetene

Beskrivelse av aktivitet	Målet med aktiviteten
Økt 1	
Tegning 1.	Illustrere de to systemene, og sammenhengen mellom disse, for å aktivere forkunnskaper.
Vise et bilde av karbonets kretsløp, samtale mellom elevene, og i hel klasse.	Aktivere forkunnskaper om karbonets kretsløp.
Se film om karbonets kretsløp.	Se karbonets kretsløp mer visuelt, med forklaringer underveis.
Utforske en animasjon om karbonets reise, elevene samtaler med hverandre om hva som skjer.	Elevene får utforske karbonets reise, og undersøke på egenhånd i eget tempo om hvordan karbonet går i kretsløp.
Samtale i helklasse rundt en grubletegning om fotosyntese.	Samtale rundt en avgjørende prosess i karbonets kretsløp.
Se en video av celleånding og samtale rundt dette.	Få celleånding forklart og presentert mer visuelt.
Oppsummering av økta.	Oppsummere, og samle trådene fra økta.
Økt 2	
Repetere forrige økt.	Aktivere forkunnskaper.
Presentere oppgaven, og dele elevene i grupper.	Presentere oppgaven elevene skal gjøre.
Elevene jobber med oppgaven.	Elevene får jobbe selvstendig i grupper med karbonets kretsløp.
Presentere sin representasjon for hverandre, og gir hverandre konstruktiv kritikk.	Elevene får vise frem sin egen representasjon av karbonets kretsløp. De får undersøke hverandres representasjoner med et kritisk blikk.
Oppsummering av økta.	Oppsummere økta.
Økt 3	
Samtale rundt en grubletegning om drivhuseffekten.	Aktivere forkunnskaper om drivhuseffekten.
Utforske simulering om drivhuseffekten.	Utforske drivhuseffekten med ulike variabler.
Samtale om drivhuseffekten og karbonets kretsløp, og se sammenhengen mellom disse systemene.	Utforske og argumentere på sammenhengen mellom drivhuseffekten og karbonets kretsløp.
Tegning 2.	Illustrere systemene vi har jobbet med i tre økter, og sammenhengen mellom disse.

3.2.3 Representasjoner brukt i undervisningen

Hensikten med intervensjonen var å benytte flere ulike representasjoner, for å undersøke hvordan representasjoner er med på og utvikle elevers systemforståelse. Det ble benyttet grubletegninger, filmklipp, og simuleringer samt at elevene fikk arbeide med egne representasjoner.

Grubletegninger er tegninger inngangsporter til å skape diskusjoner, og stimulere til naturfaglig tenking hos elevene. Grubletegningene har ikke nødvendigvis et riktig svar, men er ment for at elevene skal argumentere for den påstanden de anser som mest rett (Naturfagsenteret & UiO, u.å.). I intervensjonen ble grubletegningene benyttet for å aktivere forkunnskaper, det ble benyttet IGP metoden, da vi arbeidet med dette. IGP er en metode for å fremme medskapning, involvering og forpliktelse fra deltagerne som er til stede (Zahl-Jensen, 2018). IGP, er en forkortelse for individuell, gruppe og plenum. Det handler om å gi elevene gi tid til å tenke og reflektere individuelt, før man lar elevene få tid til å dele sine refleksjoner og tanker i små grupper, før man til slutt diskuterer som en helklasse (Zahl-Jensen, 2018). I løpet av intervensjonen fikk elevene muligheten til å lese ulike påstander i grubletegninger. Deretter diskuterte de i små grupper og argumenterte for de ulike påstandene før de til slutt skulle bli enige om den påstanden de var mest enig med. Til slutt ble det en diskusjon i plenum, hvor de ulike gruppene redegjorde og argumenterte for deres valg av påstand. Dette ble benyttet tidlig i undervisningsforløpet, både i forhold til karbonets kretsløp, og drivhuseffekten.

Videre ble det benyttet små filmklipp, spesielt under forklaring av karbonets kretsløp, for å illustrere hvordan karbonet gikk i et kretsløp (Skolenmin, u.å.). Det ble også brukt en video for å forklare fotosyntesen (NRK Skole, 2016b). Dette videoklippet ble brukt som et supplement til egen forklaring av fotosyntese. Innen karbonet kretsløp så vi også et filmklipp av celleånding fra NRK Skole (2016a). Celleånding var mer krevende for elevene å forstå. Jeg la også opp til at elevene skulle diskutere litt sammen i etterkant av filmene, for å forklare til hverandre hva filmklippet handlet om. Slik at alle var sikret at de klarte å forstå noe av celleånding, og at man fikk satt litt egne ord på det man akkurat hadde sett.

Animasjon av karbonets kretsløp var noe også elevene fikk utforske og jobbe med. Elevene fikk god tid til å utforske dette, og kunne samarbeide med medelever. Det ble brukt en animasjon fra Viten (u.å.), denne viser veien et karbonatom har. Den får frem prosessene

fotosyntese og celleånding, uten å nevne disse direkte. Animasjoner er gode verktøy for å øke elevenes motivasjon i naturfag, og gi de økt læring (Teplá et al., 2022, s. 17).

Elevene utarbeidet også egne representasjoner av karbonets kretsløp, elevene skulle utforme en plakat av hvordan karbonet går i et kretsløp. Elevene ble delt inn i små grupper på 3-4 personer, og de fikk en økt til å utarbeide denne representasjonen. Etter at representasjonen var ferdig, skulle elevene sammenligne sin representasjon med en annen gruppe. Tanken var at elevene skulle se konstruktivt på hverandres representasjoner, og diskutere hva representasjonen fikk godt frem, og hva den ikke fikk så godt frem. Ved å presentere egne representasjoner fikk elevene mulighet til å sette ord på det de har jobbet med, og argumentere for hvorfor de har gjort som de har gjort. Det er dette som Oh og Oh (2011) kaller for evaluerende modellering. Der sammenligner elevene representasjoner om det samme fenomenet og ser kritisk på hverandres representasjoner (Oh & Oh, 2011, s. 1125). Det å se styrker og svakheter på egen modell, er også et kompetansemål elevene skal ha tilegnet seg etter 10.trinn (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 9)

En simulering av drivhuseffekten som er utarbeidet av PhET (u.å.) ble også benyttet, for at elevene skulle utforske hva som skjer med temperaturen, når man forandrer konsentrasjonen av drivhusgassene. Programmet som ble brukt la også opp til at man kan endre hvilken tid man vil arbeide i, man kan jobbe i istiden og se på utslipp der, og sammenligne dette med dagens klima og utslipp. Elevene ble gitt mulighet til å utforske hvordan vi mennesker har påvirket dagens klima og temperaturen på jordkloden.

Bakgrunnen for valget av bruk av simuleringer er basert på Sahin (2006) sin forskning som ble presentert i teorikapittelet. Mange av elevene sammenlignet dagens klima, med klima tilbake i istiden. Det ga elevene muligheten for å undersøke forskjellen på temperaturene til de ulike tidsepokene, og forklare til hverandre hva dette kunne skyldes. Elevene fikk muligheten til å utforme hypoteser, og teste de ut i simuleringen. Noe som også var bakgrunnen for at det ble benyttet simulering av drivhuseffekten i undervisningsopplegget.

3.3 Analyse

Etter gjennomført datainnsamling som er beskrevet i de tidligere kapitlene, ble det gjennomført analyse av både elevtegninger, og elevintervjuene. Det ble gjennomført en tematisk analyse basert på Braun og Clarke (2006). Utgangspunktet for analysen av både tegninger og intervjuer STH rammeverket.

3.3.1 Tematisk analyse

For å gjennomføre analysen av intervjuene, har jeg benyttet meg av tematisk analyse basert på Braun og Clarke (2006) sine beskrivelser av en slik form for analyse. Tematisk analyse er en metode for å identifisere, analysere og rapportere mønstre i dataene (Braun & Clarke, 2006, s. 79). Det finnes to måter å gjennomføre en tematisk analyse på, en induktiv og deduktiv tilnærming. En induktiv tematisk analyse går ut på at temaene er sterkt knyttet opp mot dataen som er samlet inn, og er ikke så sterkt knyttet opp mot forskerens teoretiske interesse (Braun & Clarke, 2006, s. 83). Den andre formen for tematisk analyse er en deduktiv tematisk analyse, denne formen står i kontrast mot den induktive tematiske analysen. I den deduktive tilnærmingen vil forskerens teoretiske interesse styre mer av temaene, samt at den gir mindre rom for en rik beskrivelse av temaene, men den vil gå mer i dybden på temaene (Braun & Clarke, 2006, s. 84).

Braun og Clarke (2006) lister opp 6 faser for å gjøre en tematisk analyse. Disse seks kategoriene vil bli nærmere beskrevet og knyttet opp mot analysene som er gjennomført.

- Bli kjent med dataene
- Lage innledende koder
- Plassere koder til tema
- Gjennomgang av temaer
- Definere og navngi temaer
- Skrive rapport

3.3.2 Analyse av tegninger

Utgangspunktet for analysen er som nevnt STH rammeverket, dette rammeverket egner seg da de åtte nivåene vil tydeligere vise hvordan elevenes systemforståelse utvikler seg. I motsetning til SBF modellen hvor man som nybegynner fokuserer mer på det strukturelle, og ikke i så stor grad klarer å reflektere og se sammenhengen mellom handling og funksjon.

Dette samsvarer også med det Ben-Zvi Assaraf et al. (2013, s. 36) skriver om, nemlig det at forskjellen mellom de to modellene, er at man kan få mer nøyaktige svar på hvordan elever systemforståelse utvikler seg.

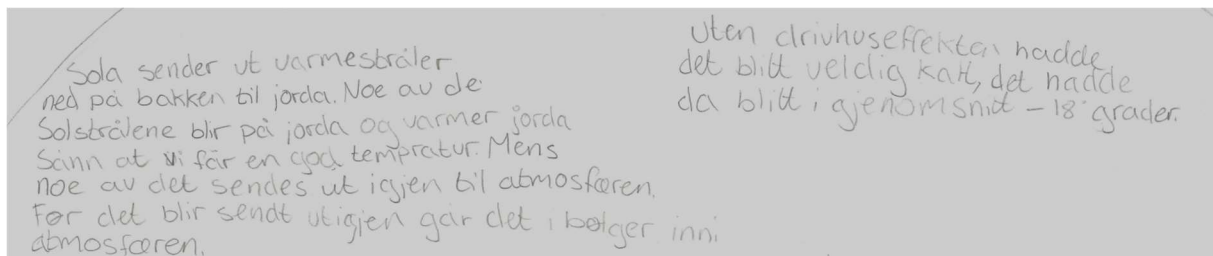
De åtte kjennetegnene i STH modellen kan man igjen dele opp i 3 nivåer. Jo høyere nivå man befinner seg på desto høyere vil systemforståelsen til eleven være. Progresjonen til disse nivåene er at man går fra å analysere systemets komponenter, til å sette sammen komponentene i systemet. Til slutt skal gjennomføre de to første også generalisere og identifisere trekk ved systemet (Staberg et al., 2020, s. 453). I denne studien vil de to første nivåene, som er beskrevet være relevante for min analyse av tegningene. Det øverste nivået, hvor man skal være i stand til å generalisere faller bort i analysen, når man kun har tegninger og forholde seg til. Majoriteten av tegningene ble tegnet av elever som det ikke ble gjennomført intervjuer mer, derfor er det vanskelig å vite om disse elevene er kapable til å generalisere og identifisere trekk ved systemer. I analysen av tegningene ble det gjennomført en abduktiv tematisk analyse. Basert på Braun og Clarke (2006) sine 6 punkter for tematisk analyse. Den tematiske analysen ble gjennomført med en abduktiv tilnærming. Postholm og Jacobsen (2018, s. 102) skriver at en abduktiv tilnærming er en kombinasjon mellom induktiv og deduktiv tilnærming, og at det er en pendling mellom teorier, forskerens perspektiver og datamateriale som er samlet inn. I utformingen av analyseverktøyet ble det tatt utgangspunkt i STH rammeverket, og tegningene som var samlet inn.

Tabell 2: Analyseverktøy tegninger, inspirert og omarbeidet etter Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b).

Nivå	Tegninger
Nivå 1	Tegner få eller ingen komponenter, ingen tydelig innhold.
Nivå 2	Tegner flere komponenter/prosesser, men det er uklart hvordan de henger sammen.
Nivå 3	Tegner piler mellom komponenter/prosesser med piler, og/eller har skrevet om prosessene uten piler. For å vise hvordan de henger sammen.
Nivå 4	Tegner piler som viser relasjonene mellom komponentene i systemet, og/eller tegnet noen av de skjulte dimensjonene.
Nivå 5	Tegner piler som viser at systemet er syklisk.
Nivå 6	Tegner piler som får frem det sykliske i systemet, og tegnet noen av de skjulte dimensjonene, men tegningen fremstår upresis.
Nivå 7	Tegner piler som får frem det sykliske i systemet, og tegnet flere av de skjulte dimensjonene, men tegningen er mer presis enn på nivå 6.

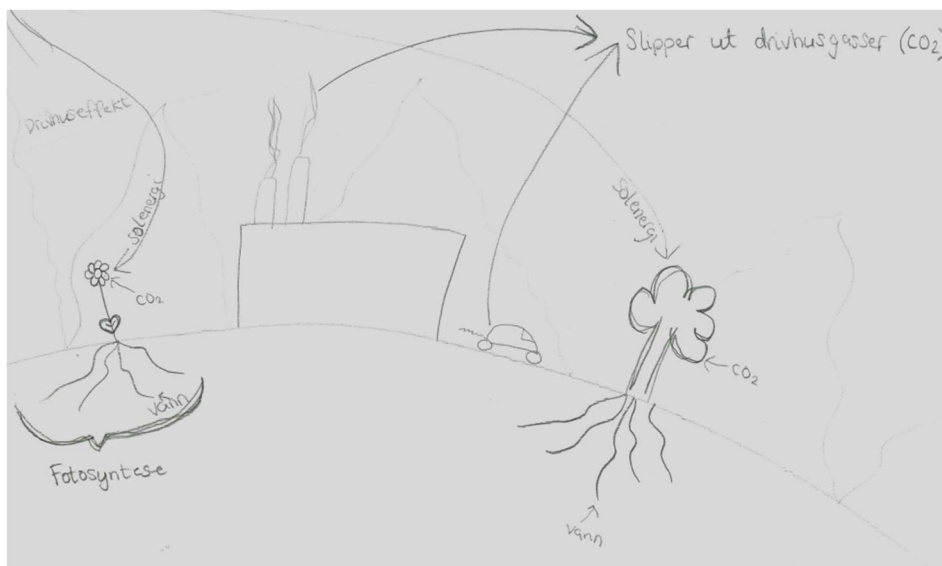
Tabellen over viser de syv nivåene som danner grunnlaget for analysen av tegningene. Det er en progresjon innen de ulike nivåene. Tegningene går fra å identifisere ingen til noen få komponenter, til å se det sykliske i systemene samtidig som man inkluderer flere av de skjulte dimensjonene.

På nivå 3 kan elevene både illustrere piler, eller skrive om hvordan komponentene og prosessene henger sammen. Dette ble inkludert fordi det var flere av elevene som skrev istedenfor å tegne på piler. De som skrev og ikke tegnet piler mellom prosessene og komponentene ble ikke vurdert høyere enn nivå 3. Som figuren under her viser, var det flere slike eksempler blant tegningene som ble vurdert til nivå 3, på grunn av lite piler, men mye tekst.



Figur 2: Eksempel på skrevet tekst på tegning

På nivå 4 til nivå 7 skal elevene illustrere skjulte dimensjoner, det kan være slik som karbondioksyd under havet, eller fotosyntese og celledåning. Fra nivå 5 og til høyere nivå skal man illustrere at systemene er sykliske. Dette gjelder i all hovedsak karbonets kretsløp, men her skal elevene vise at karbonet faktisk beveger seg i et kretsløp som aldri tar slutt. Figur 3 viser et utklipp som viser at karbonets kretsløp aldri tar slutt, denne tegningen inkluderer også flere komponenter og prosesser. For å komme til det høyeste nivået må tegningen vise at systemene er sykliske. Samt at man har illustrert flere av de skjulte dimensjonene, og tegningen skal være gjennomgående presis.



Figur 3: Eksempel på tegning som får frem det sykliske.

3.3.3 Analyse av intervju

Den neste delen av analysen var analysen av intervjuene. Etter at intervjuene var tatt, måtte intervjuene transkriberes, dette innebærer at intervjuene går fra en muntlig til en skriftlig form, og intervjusamtalene blir strukturert (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 206). Jeg transkriberte intervjuene selv, slik at feltnotater også ble inkludert i transkripsjonene. Dette gjorde at detaljer som da elevene forklarte egne tegninger og pekte på ulike steder på tegningen ble inkludert, siden dette ble noterte fortløpende underveis i intervjuet. Da intervjuene var ferdig transkribert og strukturert, ble det tatt stilling til hvordan intervjuene skulle analyseres. Kvale og Brinkmann (2015, s.206) påpeker at det å transkribere er starten på analysen. I intervjuene var det også interessant å inkludere STH rammeverket for systemforståelse. Denne modellen legger grunnlagene for temaene i analysen. Basert på at jeg i analyseverktøyet for tegningene ekskluderte blant annet de dynamiske relasjonene, og muligheten til å generalisere. Var det hensiktsmessig å utarbeide et eget analyseverktøy for intervjuene, hvor alle de åtte egenskapene på systemforståelse ble inkludert. Disse blir omtalt som temaene i analysen, og temaene er igjen delt inn i tre hovednivåer, disse tre hovednivåene er de samme som Staberg et al. (2020, s. 453) foreslo i en lærebok. Analysen som er gjennomført er derfor en deduktiv tematisk analyse, som baserer seg på STH modellen etter Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b). Å transkribere intervjuene, lese igjennom transkripsjonene, og bli kjent med dataen, og ha temaene som skulle undersøkes nærmere klare er det Braun og Clarke (2006, s. 87), omtaler som fase 1 i en tematisk analyse. Neste punkt i analysen som det ble gjort er å lage innledende koder, som baserer seg på

temaene (Braun & Clarke, 2006, s. 87). I analysen ble det transkripsjonene skrevet ut, og fargekodet etter de ulike temaene. Dette ble gjort for å lage noen innledende koder, over hva elevene reflekterer rundt innenfor de ulike temaene.

Braun og Clarke (2006, s. 87) omtaler neste steg i analysen som det å plassere kodene sammen med temaene. Jeg benyttet meg av temaene fra STH rammeverket, og undersøkte hvor kodene fra intervjuene passet inn. Slik at det var en sammenheng mellom temaene som skulle undersøkes og kodene. Etter at dette var gjennomført, leste jeg gjennom transkripsjonene med temaer og kodene, for å undersøke om temaer og koder fungerte sammen opp, opp mot sitater fra elevene. Dette er det fase fire som blir beskrevet av Braun og Clarke (2006, s. 87) handler om. Til slutt spisset jeg inn temaene, basert på kodene som allerede er dannet. Dette gjorde at jeg fikk klare definisjoner innenfor de ulike temaene. Denne prosessen er det Braun og Clarke (2006, s. 87) omtaler som fase fem innen tematisk analyse. Den siste fasen i tematisk analyse er å skrive ut resultatene, eller rapporten (Braun & Clarke, 2006, s. 87). Dette er den fasen som handler om å skrive frem resultatene, man skal velge sitater som belyser de ulike temaene, på en overbevisende måte. Tabell 3 viser analyseverktøyet som ble brukt, den viser de ulike kodene, koblet sammen med tema. I tillegg er det gjennomført en nivådeling på de ulike temaene, slik at de åtte kjennetegnene ble delt opp i tre ulike hovednivåer, slik som Staberg et al. (2020, s. 453), har gjort. Nivåene er markert i tabellen, og benyttes for å plassere elevene etter i hvor stor grad de uttrykte systemforståelse innenfor de ulike temaene, på de ulike nivåene.

Tabell 3: Analyseverktøy til intervju, etter Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b)

Tema	Koder
Evnen til å identifisere komponenter og prosesser til et system (Nivå 1)	Informanten må nevne ulike komponenter og prosesser som f.eks. sola, solstråler, atmosfæren, trær/planter, fabrikker/oljeplattformer/biler, fotosyntese og celleånding.
Evnen til å identifisere relasjonene mellom systemets komponenter (Nivå 2)	Informanten må forklare hvordan relasjonene mellom komponenter/prosesser i drivhuseffekten og karbonets kretsløp er.
Evnen til å organisere systemets komponenter og prosesser innenfor en ramme av relasjoner (Nivå 2)	Informanten må kunne forklare hvordan endringer på komponenter/prosesser påvirker systemet som helhet.
Evnen til å identifisere dynamiske relasjoner i systemet (Nivå 2)	Informanten må forklare hvordan menneskelig påvirkning kan påvirke disse systemene, slik som f.eks. avskoging eller økt/reduert utslipp av klimagasser.
Evnen til å generalisere (Nivå 3)	Informanten kan generalisere, og benytte seg av kunnskap fra karbonets kretsløp og drivhuseffekten på andre temaer innenfor naturfag, eller andre arenaer i hverdagen.
Forstå de skjulte dimensjonene til systemet (Nivå 3)	Informanten må nevne noen av de skjulte komponentene/prosesser og forklare skjulte de prosessene.
Evnen til å forstå systemenes sykliske natur (Nivå 3)	Informanten må forklare hvordan karbonets kretsløp og drivhuseffekten hele tiden vil gjenta seg selv, og gå i et evig kretsløp.
Tenke tidsmessig (Nivå 3)	Informanten må forklare hvordan klima i fremtiden vil bli, og/eller hvordan man mennesker kan jobbe for å forhindre økte temperaturer.

3.4 Etikk og samtykke

Etikk dreier seg om prinsipper, regler og retningslinjer for vurdering om handlinger er rette eller gale (Johannessen et al., 2016, s. 83). Innenfor forskning er det flere ulike etiske prinsipper man må følge, og spesielt i skoleforskning, hvor man skal forske på barn. I forskning på klasserommet er elevene en naturlig del av forskningen, og en viktig kilde til informasjon (Wessel-Svenkerud, 2022, s. 101). Å forske på mennesker innebærer at det samles inn informasjon som kan identifisere enkeltpersoner, og man har meldeplikt om man skal behandle personopplysninger (Johannessen et al., 2016, s. 88). Personopplysninger er opplysninger som kan knyttes til enkeltpersoner, det kan for eksempel være: fødselsnummer, navn, e-postadresse, stemme på lydopptak er også en personopplysning (SIKT, u.å.-b). Lydopptakene fra intervjuene ble lagret etter Høgskolen i Innlandets retningslinjer (u.å.). For å sikre elevenes anonymitet er det i presentasjon av resultatene i denne studien benyttet pseudonymer. Anonymitet betyr at det ikke skal være mulig å koble informasjon om individuelle opplysninger til enkeltpersoners identitet (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 251). I denne studien ble elevenes alder det eneste som kan knyttes opp mot elevene, dette er relevant fordi det er viktig å vite hvor langt ut i utdanningsforløpet elevene er kommet. Elevenes kjønn, og navn er endret for å sikre anonymitet.

3.4.1 Samtykke

I denne studien har informantene vært niende trinns elever, dette betyr at de er mellom 14-15 år gamle. Ifølge Høgskolen i Innlandets retningslinjer (u.å.) må elever være 15 år for å samtykke selv. Derfor ble samtykkeskjema sendt ut til foreldre og returnert til skolen, hvor foreldrene måtte samtykke til bruk av tegninger og intervju. Samtykket må være dokumenterbart, og dette er lettere om samtykket er gitt skriftlig, men man kan også benytte seg av muntlig samtykke, eller et elektronisk samtykke (Johannessen et al., 2016, s. 91).

SIKT (u.å.-a) skriver at foreldre som samtykker på vegne av barna må få opplysninger om hva som blir innhentet av personopplysninger, om metodene samt den praktiske gjennomføringen. Derfor ble det i samtykkeskjema skrevet om dette prosjektet, hva som skulle innhentes av data, og den praktiske gjennomføringen, samtykkeskjema ligger som vedlegg 1. Prosjektet ble meldt til SIKT, og ble godkjent den 3.oktober 2023. Det ble også gjennomført et muntlig samtykke fra elevene om både innsamling av tegninger og intervju. Det ble satt som et premiss at alle skulle delta på undervisningsopplegget, og alle skulle

tegne, men det var frivillig om elevene ville at tegningen deres skulle bli benyttet i prosjektet eller ikke. I tillegg ble de elevene som var aktuelle til intervju spurt om de ville delta, og at de når som helst kunne trekke seg, uten at det fikk noen negative konsekvenser for dem.

Elevene fikk kontaktinformasjon fra meg, og kunne når som helst ta kontakt med meg, for å trekke sitt samtykke. Dette er også i tråd med det SIKT (u.å.-a) skriver.

Elevene har rett til å få informasjon om prosjektet, og de har rett til å stille spørsmål (SIKT, u.å.-a). Det ble derfor før intervjuet satt av tid til å forklare hva hensikten bak intervjuene var, målet med prosjektet, og hvordan lydopptakene skulle oppbevares, og hvem som har tilgang til å høre på lydopptakene. Postholm og Jacobsen (2018, s. 248), sier at deltagere har rett på å få full informasjon om prosjektet de deltar i, men med noen hensyn, slik at man sikrer at deltagerne får med seg den vesentlige informasjonen. Derfor ble det i forkant av intervjuene lagt opp til at elevene fikk stille spørsmål om deres deltagelse, eller spørsmål om oppbevaring og lydklipp eller andre spørsmål elevene har om forskningen som blir gjort.

3.5 Validitet og reliabilitet

For å måle forskningens kvalitet er validitet og reliabilitet viktige begreper som forskeren må reflektere rundt. Det er en diskusjon om hvorvidt validitet og reliabilitet er to begreper man skal benytte innenfor kvalitativ forskning, eller om disse begrepene kun skal tilhøre den kvantitative forskningen (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 222). Jeg velger å benytte meg av validitet og reliabilitets begrepene i denne oppgaven, slik som for eksempel Kvale og Brinkmann (2015) gjør i sin bok.

Reliabilitet handler i all hovedsak om dataen som er samlet inn for å belyse forskningsspørsmålene, og hvordan den er samlet inn. Innenfor kvalitativ forskning vil man kunne styrke reliabiliteten til forskningen som er gjort, om man redegjør godt for hvordan man har samlet inn dataen, og analysert den i etterkant (Johannessen et al., 2021, s. 256). Jeg har tidligere i kapitlet redegjort for prosessen med datainnsamlingen, hvilke metoder som er brukt for å innhente dataen, og hvilke personer jeg har brukt i datainnsamlingen. Det er også blitt vist til annen metodisk litteratur og forskning, for å underbygge valg i utforming av intervusjonen, og analysen som er gjort i denne studien. Ifølge Johannessen et al. (2021, s. 256) kan man styrke reliabiliteten til forskningen gjennom å gi en inngående beskrivelse av konteksten, og en åpen og detaljert fremstilling av selve forskningsprosessen, noe som er blitt gjort i metodekapitlet i denne studien.

I kvalitativ metode være tilnærmet umulig for en annen forsker å gjennomføre et prosjekt og få samme resultat, fordi man benytter seg selv som et instrument i datainnsamlingen og analysen (Johannessen et al., 2021, s. 256). I tillegg forskes det på mennesker, i dette tilfellet elever i skolen, ingen elever er like, alle vil komme inn med ulik bakgrunn og kunnskap. Derfor vil det i denne studien være presentert resultater, som vil være vanskelig å gjenskape helt likt. Tegningene som ble produsert i intervensjonen danner grunnlaget for intervjuene som ble tatt. Det er derfor mange ulike variabler som spiller inn i selve datainnsamlingen, noe som gjør det tilnærmet umulig for en annen forsker å gjennomføre samme metode, og få samme resultater.

Validitetsbegrepet deles inn i intern validitet og ekstern validitet. Intern validitet handler om sammenhengen mellom dataene vi innhenter, og det vi skal undersøke (Johannessen et al., 2021, s. 256). Det er to teknikker som øker sannsynligheten for at forskningen frembringer troverdige resultater, det er gjennom vedvarende observasjon, og metodetriangulering (Lincoln & Guba, 1985, sitert i Johannessen et al., 2021, s. 256). Vedvarende observasjon handler om å investere nok tid til å bli kjent med feltet som blir undersøkt, for å skille mellom det som er relevant informasjon, og det som ikke er relevant (Johannessen et al., 2021, s. 256–257). I forkant av datainnsamlingen brukte jeg god tid på å sette meg inn i elevers systemforståelse, i forbindelse med karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Det ble utarbeidet en intervensjon, som er begrunnet tidligere i kapitlet. I tillegg ble det også innhentet godkjenning fra SIKT, samt at samtykke fra informantene til datainnsamlingen. I etterkant av intervensjonen skulle dataene analyseres, og resultatene skrives frem. Utarbeidelsen av analyseverktøy og resultatene ble nøye diskutert og tolket med veileder, for at vi skulle opparbeide en felles forståelse for hvordan resultatene skulle se ut.

Videre skriver Johannessen et al. (2021, s. 257) at metodetriangulering er en annen teknikk, som går ut på at forskeren under feltarbeidet benytter ulike metoder for å belyse problemområdet fra mer enn én setting. I denne studien er det brukt intervju som metode, men også tegninger fra elever er inkludert som metode og empiri. Disse to metodene sammen gjør at man får belyst problemstillingen fra flere settinger, og man styrker dermed den interne validiteten.

Ekstern validitet handler om man kan overføre resultatene fra et forskningsprosjekt over til liknende fenomener (Johannessen et al., 2021, s. 257). Et annet ord for ekstern validitet er

overførbarhet, og vi skiller mellom to ulike former for overførbarhet, naturalistisk og statistisk overførbarhet (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 238–241). Statistisk overførbarhet er noe vi kan finne i den kvantitative forskningen, og er normalt sett ikke relevant for kvalitative studier. Det handler om at man kan generalisere et funn i et utvalg, basert på en populasjon (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 340). Denne studien er en kvalitativ studie, og dermed er ikke statistisk overførbarhet relevant.

Naturalistisk overførbarhet er knyttet til både kvalitativ og kvantitative metoder. Det handler om hvorvidt en beskrivelse er gjenkjennbar, altså om leseren kan si: «Dette ligner på min situasjon» (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 238). Postholm og Jacobsen (2018, s. 238) forklarer at for å styrke den naturalistiske overførbarheten er det viktig at det skrives på en måte slik at leseren blir invitert inn i forskningsprosessen som er gjennomført. Dette betyr at det er viktig at forskeren forklarer grundig forskningsprosessen fra start til slutt, og gjør arbeidet transparent for leseren. Dette metodekapittelet inneholder beskrivelser og begrunnelser fra start til slutt i metodekapittelet, og funnene fra forskningen peker i samme retning som tidligere studier gjort på feltet, slik som både Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b), og Shepardson et al. (2014). I tillegg er både intervju og elevtegninger som er blitt brukt som data i denne studien, blir brukt i andre studier som forsker på elevers systemforståelse (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b; Shepardson et al., 2011). Dette tyder på at forskningen som er gjort i denne studien viser de samme tendensene som annen forskning. Samt at metoden som er brukt er anerkjent blant forskere som en god fremgangsmåte på å samle inn data for å belyse denne tematikken.

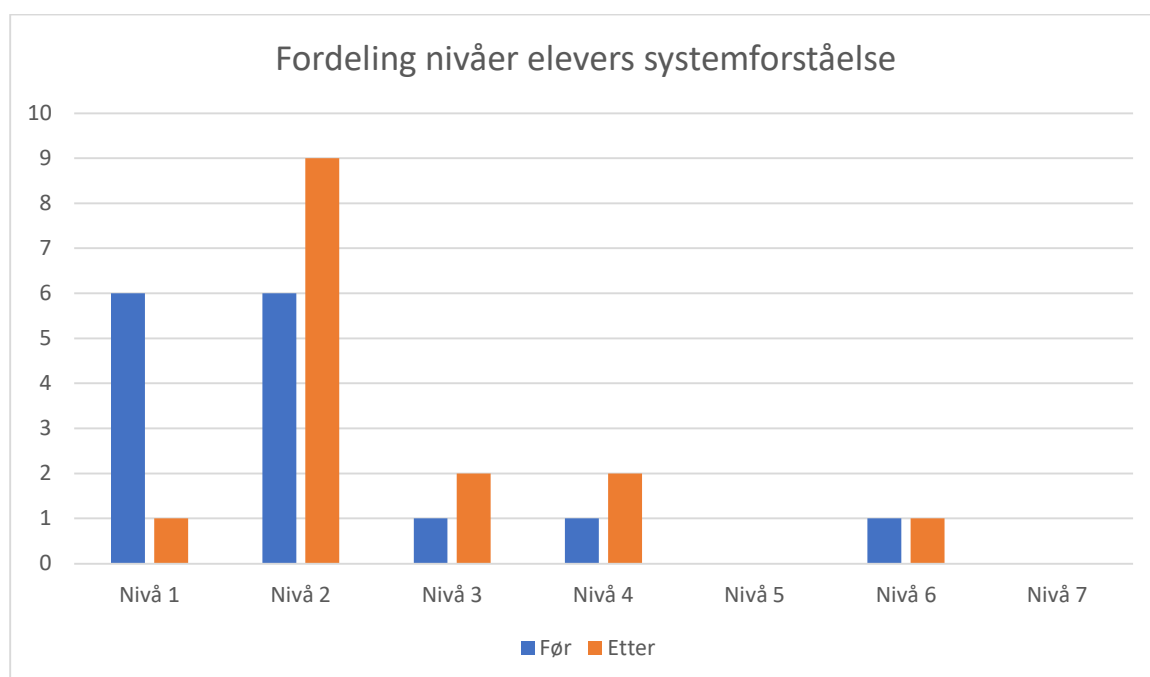
4. Resultater

I dette kapittelet vil resultatene fra datainnsamlingen og påfølgende analyse bli presentert for å belyse oppgavens forskningsspørsmål. Tegningene vil bli presentert først, for å vise hvordan elevenes systemforståelse utvikler seg gjennom egne representasjoner av karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Resultatene fra alle tegningene vil bli fremstilt i et stolpediagram. Etter dette vil det bli vist noen eksempler på tegninger på ulike nivåer, med begrunnelser.

Siste del av resultatkapittelet har til hensikt å vise de fire elevintervjuene som er gjennomført, for å belyse hvordan elevene reflektere over egne tegninger om klimasystemer.

4.1 Analyse av tegningene

Figuren under er en fremstilling av analysen som er gjennomført i forbindelse med elevtegningene som er brukt som data i denne delen av analysen.



Figur 4: Fordeling av nivåer på elevers systemforståelse

Søylediagrammet viste at før undervisningsopplegget var det like mange på nivå 1 og nivå 2, og at det var like mange på nivå 3, nivå 4 og nivå 6. Etter at undervisningsopplegget ble gjennomført ser vi kun én elev på nivå 1. De resterende har hatt en utvikling i tegningene deres. Vi ser at de fleste elevene, (9 stykker) befinner seg på nivå 2 etter gjennomført undervisningsopplegg. Disse elevene tegnet og viste at de kjenner til flere komponenter i både karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Vi ser også en økning fra nivå 3 til nivå 4. Én elev

var på nivå 6 både før og etter undervisningsopplegget. Denne eleven fikk frem det sykliske og de skjulte dimensjonene i karbonets kretsløp og drivhuseffekten, men begge tegningene var litt upresise derfor ble disse tegningene plassert på nivå 6. Ingen elever kom på nivå 7, hvor man skulle illustrere systemene som helhet, samtidig som tegningen er presis. Majoriteten av elevene er plassert på de laveste nivåene både før og etter undervisningsopplegget, men at det har vært en utvikling hos de fleste.

4.2 Presentasjon av tegningene

I denne delen av oppgaven skal jeg presentere tegninger til noen av elevene fra både i forkant og etterkant av intervensjonen. Tegningene er plassert i ulike nivåer av systemforståelse, og jeg vil begrunne denne plasseringen og omtale endringer fra første til andre tegning.

4.2.1 Tegninger på nivå 1 og nivå 2

I den følgende tabellen presenterer jeg tegninger som viser systemforståelse på nivå 1 og 2.

Tegning nivå 1 og nivå 2

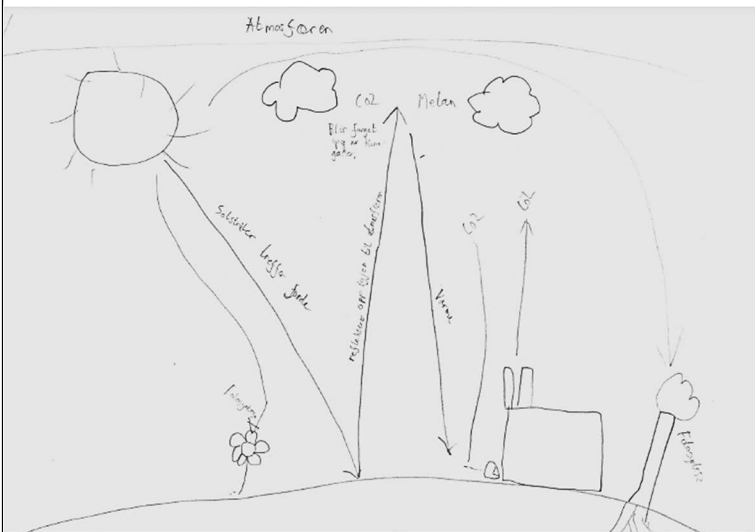
Elev 1, tegning 1 (Nivå 1)



Elev 1, tegning 2 (Nivå 2)



Elev 2, tegning 1 (Nivå 2)



Elev 2, tegning 2 (Nivå 2)



Figur 5: Presentasjon av tegninger nivå 1 og nivå 2

Figuren over viste to elevers tegninger, hvor den ene eleven har hatt en utvikling fra nivå 1 til nivå 2. Begge elev 2 sine tegninger ble kategorisert som nivå 2. Tegning 1 til elev 1 viste kun få komponenter og ingen piler som binder komponentene sammen, derfor er denne tegningen plassert på nivå 1. Elev 2 sin tegning 1 inkluderte flere komponenter, og noen piler. Tegningen får ikke frem noe mer enn at komponentene henger sammen. Fotosyntese som prosess er illustrert, men det er uklart hvilken rolle denne prosessen har i helheten. Tegningene etter undervisningsopplegget er lagt på nivå 2, på grunn av at flere komponenter er inkludert. Elev 1 sin tegning inneholdt en illustrasjon av prosessen celleåndingen, men det kommer ikke så godt fram hvilken rolle denne prosessen har i helheten. Elev 2 sin tegning 2

har med færre piler enn i tegning 1, allikevel er innholdet det samme på de to tegningene. Derfor plasseres denne tegningen på nivå 2 etter undervisningsopplegget. Begge tegningene mangler fortsatt bruk av piler for å vise hvordan komponentene henger sammen i karbonets kretsløp. Derimot har de benyttet piler for å vise hvordan drivhuseffekten fungerer.

4.2.2 Tegninger på nivå 2 og nivå 3

I den følgende tabellen presenterer jeg tegninger som viser systemforståelse på nivå 2 og 3.

Tegning nivå 2 og nivå 3

Elev 3, tegning 1 (Nivå 2)



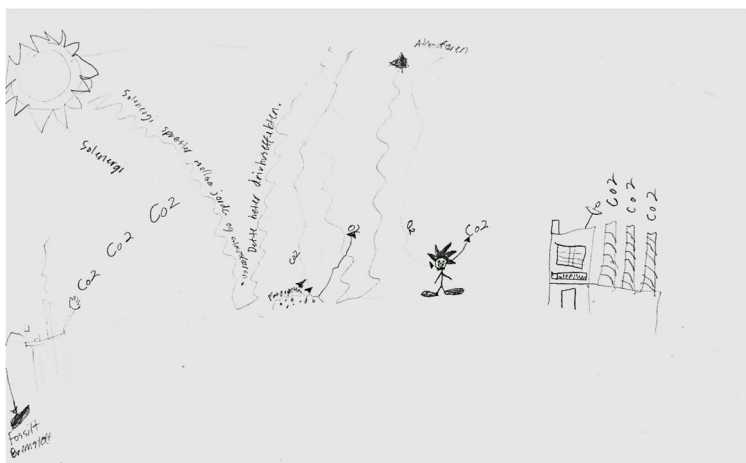
Elev 3, tegning 2 (Nivå 3)



Elev 4, tegning 1 (Nivå 2)



Elev 4, tegning 2 (Nivå 3)



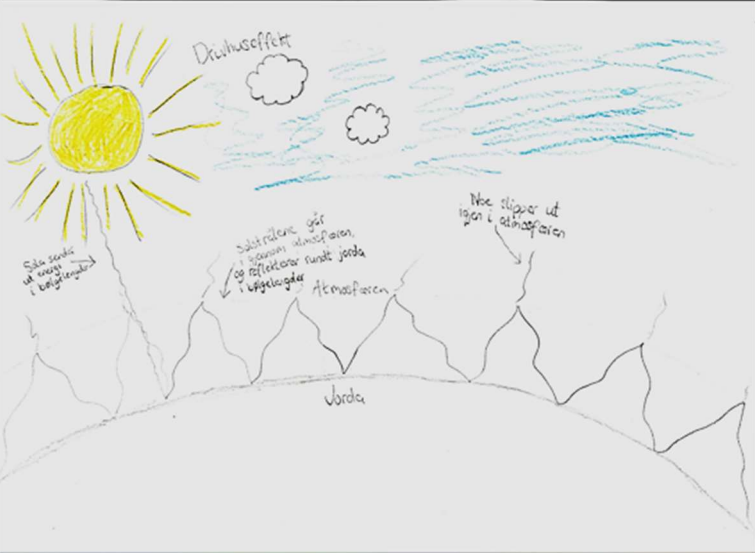
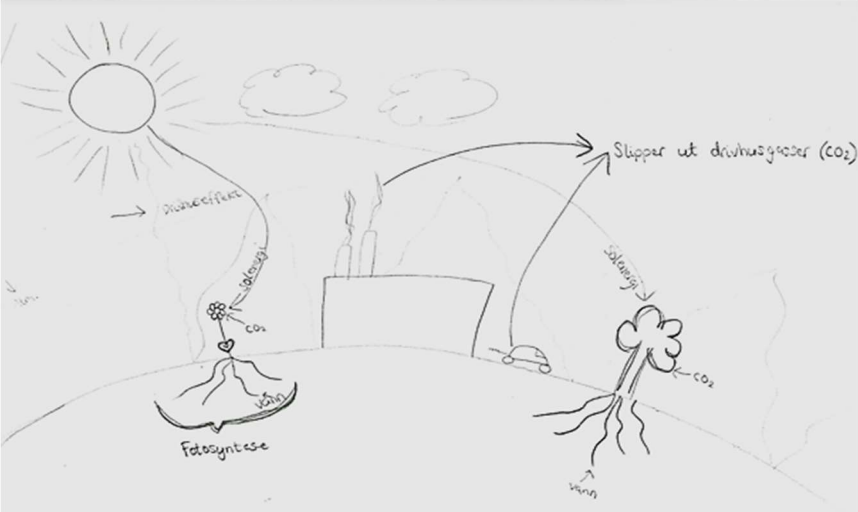
Figur 6: Presentasjon av tegninger nivå 2 og nivå 3

Figuren over viste to elevers tegninger, tegning 1 ble for begge kategorisert som nivå 2, mens tegning 2 ble kategorisert som nivå 3. Tegning 1 hos begge inkluderte komponenter som fabrikker, biler og atmosfæren. Tegning 1 viste også at solstrålene fra sola går gjennom atmosfæren og ned på jorda. Begge tegningene hadde illustrert noen prosesser som fotosyntese, og celleånding, men det kommer ikke så tydelig frem hvordan disse prosessene fungerer i helheten. Elev 3 sin første tegning inneholdt en liste med viktige begreper i karbonets kretsløp, men det skrives ingenting om hvordan karbonets kretsløp faktisk fungerte. Elev 4 tegning 1 viser ulike komponenter både i karbonets kretsløp, og drivhuseffekten. I drivhuseffekten kom det frem at solenergi fra sola absorberes på jorda, og reflekteres ut mot verdensrommet igjen. Tegning 2 hos begge elevene viste mer

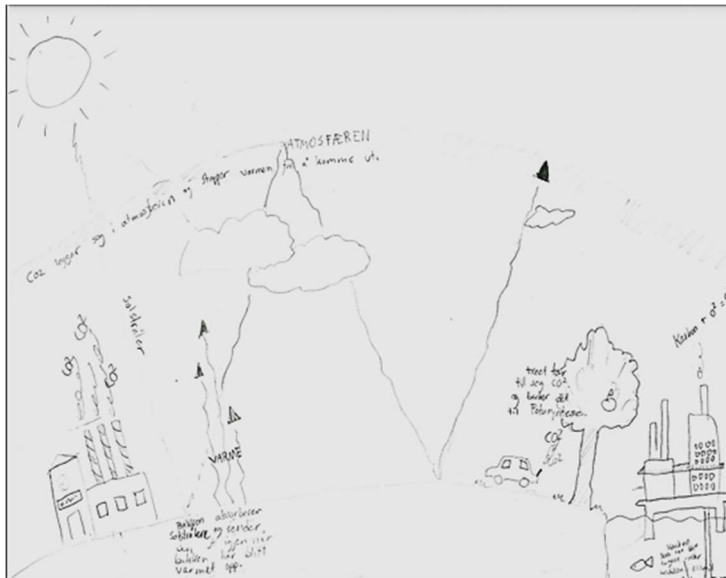
sammenheng mellom komponentene i karbonets kretsløp. Elev 3 har illustrert piler som viser at CO₂ slippes ut, og inkludert fotosyntese som en prosess. I tillegg inkluderte tegningen en skisse av karbonets kretsløp, og eleven skriver at det går rundt og rundt. Drivhuseffekten vises på samme måte som i tegning 1. Elev 3 sin tegning ble kategorisert til nivå 3, fordi det vises hvordan karbonet går i syklus, og at ulike komponenter slipper ut CO₂. Elev 4 viser til fotosyntese som prosess, og ulike komponenter som slipper ut CO₂, drivhuseffekten er forklart på samme måte som i tegning 1. Derfor blir elev 4 sin tegning 2 plassert på nivå 3.

4.2.3 Tegninger på nivå 3 og nivå 4

I den følgende tabellen presenterer jeg tegninger som viser systemforståelse på nivå 3 og 4.

Tegninger på nivå 3 og nivå 4
<p data-bbox="204 824 533 855">Elev 5, tegning 1 (Nivå 3)</p> 
<p data-bbox="204 1460 533 1491">Elev 5, tegning 2 (Nivå 4)</p> 

Elev 6, tegning 1 (Nivå 3)



Elev 6, tegning 2 (Nivå 4)



Figur 7: Presentasjon av tegninger nivå 3 og nivå 4

Figuren over viste tegningene til elev 5, og elev 6. Elev 6 befant seg på nivå 4 både før og etter undervisningsopplegget. Elev 5 befant seg på nivå 3 og endte opp på nivå 4 etter undervisningsopplegget. Elev 5 sin tegning 1 var illustrert med ulike komponenter i drivhuseffekten, slik som sola og solstråler. I tillegg var det også illustrert refleksjon som prosess, og det er inkludert piler mellom komponentene og prosessene. Tegningen er ikke illustrert med noen komponenter fra karbonets kretsløp, noe som gjør at det blir nivå 3. Tegning 2 er derimot på nivå 4. Eleven har inkludert komponenter og prosesser fra karbonets kretsløp, samtidig som det fortsatt er med komponenter og prosesser til drivhuseffekten. I

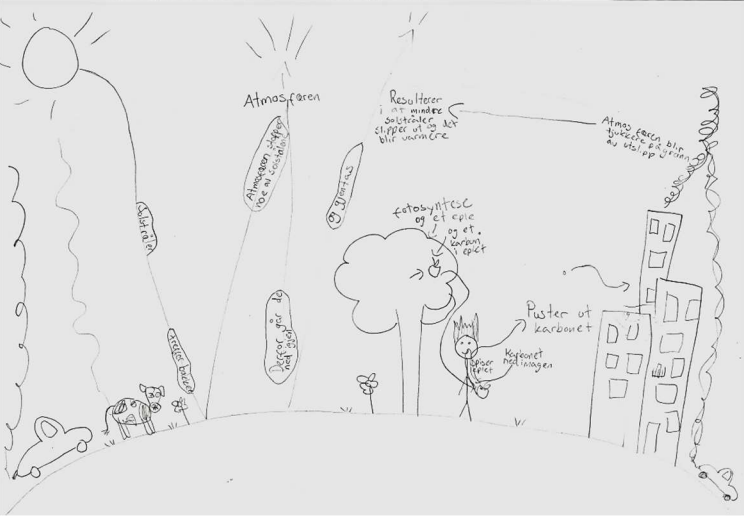

tegningen er det inkludert flere av de skjulte dimensjonene, som fotosyntese og refleksjon.

Tegningen viser ikke at karbonet kretsløp er syklisk, og derfor blir det nivå 4.

Elev 6 sine tegninger viste flere av de skjulte dimensjonene, som karbonlagrene under havoverflaten, samt refleksjon og absorpsjon, i tillegg til fotosyntese. Tegningen inkluderte piler mellom komponentene og prosessene, dette kommer spesielt tydelig frem i teksten som er skrevet ved de ulike komponentene. Tegningene fikk ikke frem at systemene er sykliske, og derfor blir begge tegningene kategorisert som nivå 4.

4.2.4 Tegninger på nivå 6

I den følgende tabellen presenterer jeg tegninger som viser systemforståelse på nivå 6

Tegninger, nivå 6
<p>Elev 7, tegning 1 (Nivå 6)</p> 
<p>Elev 7, tegning 2 (Nivå 6)</p> 

Figur 8: Presentasjon av tegninger nivå 6

Tegningene over er plassert på nivå 6 både i forkant og etter gjennomført undervisningsopplegget. Tegningene er illustrert med piler som viser at systemene er sykliske, samtidig som begge tegningene inneholder de skjulte dimensjonene. Tegning 1 inneholder skjulte dimensjoner som fotosyntese, og refleksjon. Tegning 2 er illustrert med skjulte dimensjoner som karbonlageret under havet, og prosessene fotosyntese, celleånding og refleksjon. Begge tegningene fremstår som litt upresise siden de ikke viser hvordan for eksempel treet får vann til å drive fotosyntese. Den kobler heller ikke sammen oljeboring med CO₂ utslipp, det blir bare illustrert at karbonet går fra oljeplattformen og til fabrikk. Slike upresise illustrasjoner gjør at begge tegningene blir plassert på nivå 6.

4.3 Intervjuer med elever

For å undersøke hvordan elevene reflekterte over sine egne tegninger om klimasystemer, vil resultatene fra elevintervjuene bli presentert etter STH modellen til Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b). Utgangspunktet for intervjuet er tegning 2, som de tegnet etter undervisningsopplegget. Det vil først bli en presentasjon av disse elevene og koble de mot tegningene som er presentert tidligere. Etter dette vil det bli presentert noen generelle funn fra alle elevene. Til slutt vil det bli presentert sitater fra elevene til de ulike kategoriene.

4.3.1 Presentasjon av elevene

Det ble gjennomført totalt fire intervjuer i etterkant at undervisningsopplegget. Disse fire elevene deltok på hele undervisningsopplegget, og de har alle en tegning 1 og 2. Sigrid sine tegninger er presentert som elev 6 sine tegninger, og tegningene ble både før og etter undervisningsopplegget plassert på nivå 4. Herman sine tegninger er plassert som elev 2 sine tegninger, han befant seg på nivå 2 både før og etter undervisningsopplegget. Han var den eneste informanten som tegnet underveis i intervjuet, denne tegningen vil bli presentert til slutt i resultatene. Den neste eleven er Helene og hun er elev 7, og hennes tegning ble plassert på nivå 6 både før og etter undervisningsopplegget. Tiril er den siste eleven, hun er presentert som elev 5, og hennes tegning 1 plassert på nivå 3, og tegning 2 på nivå 4.

4.3.2 Resultater fra intervjuene

I denne delen vil det bli presentert hovedfunn fra intervjuene med elevene. Elevenes systemforståelse blir fremstilt i en tabell. Denne tabellen består av de tre hovednivåene som tilhører STH modellen.

Alle elevene klarte å identifisere flere ulike komponenter og prosesser, både det som ikke var illustrert, og det de allerede hadde illustrert i tegningen sin. Dette innebar at alle elevene viste en systemforståelse relevant for nivå 1.

På nivå 2 skulle elevene identifisere relasjoner mellom komponenter og prosesser. Dette klarte alle, selv om det var ulikt hvilke relasjoner de reflekterte rundt. Alle viste til relasjoner i både karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Elever med systemforståelse på nivå 2 var i stand til å reflektere rundt hvordan endringer på en komponent påvirket systemet som helhet. For eksempel tok to av elevene opp dette med avskoging, og argumenterte for at dette påvirket systemet negativt. Tiril snakket om teknologiutvikling og koblet dette mot

klima, mens Helene reflekterte rundt oljebrenning, og hvordan økt utslipp påvirket atmosfæren, samt resten av drivhuseffekten. Systemforståelse på nivå 2 innebærer også å identifisere de dynamiske relasjonene. Elevene gjorde dette ved å reflektere over teknologiutviklingen og hvordan dette påvirket drivhuseffekten og karbonets kretsløp. Helene reflekterte over hvordan avskogingen hadde påvirket disse systemene.

Systemforståelse på nivå 3 innebærer å generalisere, og dette hadde elevene utfordringer med. Herman og Helene koblet kretsløp begrepet over til vannets kretsløp, og så en sammenheng mellom karbonets kretsløp og vannet kretsløp. Utover dette viste ingen av elevene at de var i stand til å generalisere. I tillegg innebærer systemforståelse på nivå 3 å undersøke de skjulte dimensjonene. Tre av elevene reflekterte rundt oljeboring. Tiril ramset kun opp ulike skjulte faktorer uten noe mer utdypning. Alle elevene argumenterte for hvorfor karbonets kretsløp og drivhuseffekten er sykliske systemer. Derimot benyttet ikke alle elevene begreper som celleånding og absorpsjon. Sigrid og Herman var de eneste som inkluderte at skal drivhuseffekten være syklisk er man avhengige av sola. Systemforståelse på nivå 3 innebærer også å forutse fremtiden og samtlige elever tror at temperaturen vil øke, og skylder på menneskelig påvirkning og levevaner. Samtidig har alle troen på at vi kan kutte ut noe av utslippet, men alle er usikre på hvor mye man må kutte av utslipp i fremtiden.

Tabell 4: Plassering av elever etter intervjuene

	Hovednivå 1	Hovednivå 2	Hovednivå 3
Sigrid		x	
Herman			x
Helene			x
Tiril		x	

4.4 Elevenes uttrykte systemforståelse

I denne delen vil det bli presentert intervjuene fra hver og en av elevene. Data fra intervjuene presenteres ut fra STH modellen, som er brukt som analyseverktøy til intervjuene. For hver kategori vil alle elevenes sitater og systemforståelse bli presentert og sammenlignet.

4.4.1 Identifisere ulike komponenter og prosesser

I starten av alle intervjuene ble elevene oppfordret til å forklare deres egne tegninger. I dette tilfellet identifiserte alle ulike komponenter og prosesser relevante for karbonets kretsløp og drivhuseffekten.

Sigrid identifiserte for eksempel komponenter som solstråler, oljeplattform, fabrikker, trær, biler og kuer. I tillegg ble prosesser som fotosyntese, absorpsjon og refleksjon nevnt.

I likhet med Sigrid, identifiserte også Herman de nevnte komponentene og prosessene, men han inkluderte også prosessen celleånding. I tillegg til komponenter som atmosfæren, sola og biler. Videre identifiserte Helene flere komponenter, som de andre ikke hadde identifisert, som, blant annet ble komponenter som gress, og olje identifisert. Helene identifiserte også alle de fire prosessene som Sigrid og Herman allerede hadde identifisert. Til slutt identifiserte Tiril komponenter som både Sigrid, Herman og Helene allerede hadde identifisert. Tiril identifiserte imidlertid kun én prosess, nemlig fotosyntese.

Alle elevene klarte å identifisere en rekke ulike komponenter og prosesser, og dette viste at alle elevene har systemforståelse på nivå 1.

4.4.2 Relasjonene mellom komponentene og prosessene

En del av å måle elevens systemforståelse, handlet om at elevene er i stand til å se relasjoner mellom komponenter og prosesser. I dette tilfellet skulle elevene kunne si noe om relasjonene i både karbonets kretsløp og i drivhuseffekten.

Tegningen til Sigrid viste blant annet at solstrålene fra sola traff jorda og ble absorbert, og reflektert opp igjen mot atmosfæren. Hun forklarte drivhuseffekten på følgende måte:

«Jeg startet med å tegne sola, sånn at solstrålene slipper ned til bakken da. Så varmer, eller bakken absorberer varmen. Også når bakken har blitt varmet opp, slipper den ut varmen. Og også noe av solstrålene blir også reflektert ut igjen.»

Hennes forklaring inkluderte prosessene absorpsjon og refleksjon på en hensiktsmessig måte. Dette viste hennes forståelse for relasjonene mellom komponentene sola og jorda, og prosessene absorpsjon og refleksjon i drivhuseffekten.

Sigrid hadde tegnet en oljeplattform, og da hun forklarte karbonets kretsløp inkluderte hun komponenter som oljeplattform og trær, samt prosesser som fotosyntese. («(...) Også CO₂ slippes ut fra oljeplattformer, også tar jo trærne opp mye av dette og lager fotosyntese, og lager mat og oksygen og sånne ting (...)»). Sigrid knyttet sammen komponentene som oljeplattform og trær sammen med fotosyntese, og viste til relasjonen mellom disse.

Herman sin tegning har med flere komponenter, men det manglet piler for å vise relasjonen mellom komponentene og prosessene. Han hadde inkludert piler for å illustrere solstrålene sin påvirkning i drivhuseffekten. Han begynte innledningsvis med å redegjøre for drivhuseffekten.

«At sola sender varmestråler ned mot bakken, mye av det blir reflektert opp til atmosfæren, hvor det blir fanget opp av klimagasser, hvor mye av det går ut igjen mot verdensrommet, men på grunn av klimagasser så blir mye av det reflektert ned igjen, slik at jorda blir varmet opp mer enn det den skal. Så derfor stiger gjennomsnittstemperaturen på jorden».

Sitatet over viser hans forståelse av relasjonen mellom solstrålene og refleksjon. Han forklarte også at temperaturen øker, på grunn av klimagassene i atmosfæren. Dette tyder på at han forstår at jorda absorberer varmen fra sola, selv om dette begrepet ikke er inkludert i hans forklaring. Herman ble også oppfordret til å forklare karbonets kretsløp, siden tegningen hans manglet piler mellom komponentene og prosessene.

«Også har vi fotosyntese som blir laget av karbondioksid, vann, og sollys som kommer i fra sola, som produserer oksygen og glukose. Hvor videre vi kan få i oss den glukosen ved at vi spiser, for eksempel et eple som har blitt produsert gjennom fotosyntesen, og da skjer celleånding».

Herman anerkjente viktigheten av celleånding og fotosyntesen i karbonets kretsløp, og forklarer relasjonen mellom disse på en hensiktsmessig måte.

Helene reflekterte rundt drivhuseffekten ved hjelp av komponentene hun allerede hadde identifisert. Hun viste til relasjonene mellom solstrålene, atmosfæren og jordkloden, ved å

bruke prosessene refleksjon og absorpsjon. Redegjørelsen hennes inkluderte ikke disse begrepene, men hun bruker de likevel uten å nevne de. Dette bidrar til at hennes forklaring av drivhuseffekten blir overfladisk.

«Jeg har tegnet atmosfæren her, også sola, også er det solstråler som går ned til bakken, også opp igjen, så stopper atmosfæren litt, men litt går ut. Også går den ned igjen. Skjer det samme, opp igjen, og sånn fortsetter det.».

Hun redegjorde så for karbonets kretsløp, hvor hun benyttet prosessene fotosyntese og celleånding. Hun argumenterte for at relasjonen mellom disse prosessene var grunnen til at systemet var syklisk.

«Karbonet er her, også går den inn i treet, det skjer fotosyntese, også blir det et eple. Også spiser mennesket et eple, da skjer det celleånding, også puster han ut igjen, også kommer karbonet ut igjen. Også havnet det i gresset, også eter kua det, også skjer det celleånding i kua også. Også slipper kua det ut».

Hun brukte ikke begrepet fotosyntese i sin forklaring, men gjennom å si at «karbonet havner i gresset», pekte dette på at hun forsto at karbonet blir fanget opp av gresset og ble omdannet til O₂ og glukose.

Tiril sin tegning inneholdt viktige komponenter til både drivhuseffekten og karbonets kretsløp. Innledningsvis redegjorde hun for sin egen tegning, og her viste hun til relasjonen mellom solstrålene og jordkloden.

«Sola sender ut solstrålene da, så går de gjennom atmosfæren. Og jorda da blir jo varmet opp av sola. Men atmosfæren er liksom, det er jo bare et veldig tynt lag da, som skal på en måte beskytte litt».

Gjennom å forklare at jorda absorberte varme, samtidig som atmosfæren ble inkludert i forklaringen, viste hun til relasjonen mellom solstrålene og jordkloden. Hun brukte ikke begrepene refleksjon og absorpsjon, men forklarte absorpsjon implisitt. Ved å si at: «jorda blir varmet opp av sola», viste hun forståelse for absorpsjon, uten å nevne dette direkte.

Tiril hadde tegnet komponenter som slapp ut CO₂, og hun hadde illustrert trær på sin tegning. I tillegg hadde hun skrevet ned ordet fotosyntese. Hun inkluderte en forklaring på fotosyntesen når hun redegjorde for karbonets kretsløp på følgende måte: («(...) Også, det

her er fotosyntesen. Det kommer solenergi fra sola, og så kommer det CO₂ fra lufta og vann fra bakken da, som lager fotosyntesen (...)»). Hun viste at hun har forståelse for at fotosyntesen er en viktig prosess. Hun inkluderte ikke resultatet fra fotosyntesen i sin forklaring, og celleånding blir ikke snakket om. Allikevel har hun anerkjent viktigheten av fotosyntesen.

Alle elevene viste til relevante relasjoner mellom komponentene og prosessene i begge systemer. Dermed viste alle systemforståelse på nivå 2.

4.4.3 Organisere systemets komponenter og prosesser i en ramme av relasjoner

Et annet kjennetegn på systemforståelse på nivå 2, ifølge STH modellen var å kunne organisere systemets komponenter og prosesser i en ramme av relasjoner. Dette inkluderte at elevene skulle forklare hvordan endringer i komponenter eller prosesser påvirket systemet som helhet.

Sigrid inkluderte mange ulike komponenter og prosesser i sin tegning, blant annet fotosyntese. Da hun redegjorde for fotosyntesen snakket hun om hvordan avskoging påvirket fotosyntesen. Hun startet med å si at fotosyntesen er viktig fordi det er prosessen som omdanner CO₂ til O₂, videre uttalte hun:

«Men det er jo sånn at trærne ikke klarer å ta inn nok CO₂ når vi produserer så mye. Også når vi brenner ned Amazonas, både når de brenner Amazonas ned, så slipper de ut CO₂, og så gjør det sånn at det er færre ting som tar inn CO₂, og at vi får mer CO₂ i atmosfæren.»

Hermans tegning inneholdt et tre, og én blomst, som er viktige bidragsyttere i fotosyntesen. Herman har tidligere i intervjuet reflektert rundt den økte gjennomsnittstemperaturen på jordkloden, og snakket om at for mye utslipp av drivhusgasser, og oljeboring er grunner til økte temperaturer. Han tok selv opp tema avskoging og hvordan dette påvirket karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Herman pekte på at avskoging vil forsterke drivhuseffekten, siden det både gir økt utslipp, når vi fjerner trærne, samt at det blir færre trær som kan drive fotosyntese. Videre reflekterte han rundt hvordan avskoging vil påvirke karbonets kretsløp ved å si: («(...) Jo, da vil jo vi ikke kunne ha trær som produserer mat, og så videre, og da har vi jo heller ikke celleånding, da blir det ikke mat som inneholder glukose og CO₂ (...)»). Han uttalte at færre trær ville gi mindre rom for celleånding, som er en viktig prosess i karbonets

kretsløp. Herman viste dermed hvordan færre trær på jordkloden kan få konsekvenser for hele systemet.

Helenes tegning inkluderte en oljeplattform, og en pil hvor det står skrevet «karbonets reise». Hva hun mente med å skrive det, ønsket jeg å få en klarhet i. Hun sier at: («(...) Når oljen blir brent, så gjør det atmosfæren tjukkere, fordi det kommer mer CO₂ ut, det gjør at mindre solstråler slipper ut (...)»). Hun inkluderte utslipp fra oljeplattformer, og koblet seg inn på økt konsentrasjon av CO₂, og dens påvirkning på atmosfæren. Dette viste at hun klarte å reflektere rundt at en komponent som en oljeplattform kan påvirke systemet som helhet.

Tiril sin tegning er illustrert med atmosfæren, og hun brukte atmosfæren til å reflektere rundt CO₂ utslipp og dens påvirkning på atmosfæren («(...) Mer CO₂ på jorda, da blir det et tjukkere lag i atmosfæren, det er det som gjør at det blir varmere på jorda (...)»). Hun inkluderte ingen komponenter som slipper ut CO₂, men forklarte at en økt CO₂ konsentrasjon påvirket atmosfæren, og førte til høyere temperaturer på jordkloden. Hun viste dermed at økt CO₂ utslipp påvirker drivhuseffekten negativt.

Alle elevene viste gjennom disse sitatene som er presentert hvordan endringer på komponenter eller prosesser påvirker systemet som helhet. Noe som samsvarer med kategoribeskrivelsene på nivå 2.

4.4.4 Identifisere dynamiske relasjoner

Det neste kjennetegnet på systemforståelse på nivå 2, er å identifisere de dynamiske relasjonene. Dette nivået handlet om å forklare hvordan menneskelig påvirkning kan påvirke disse systemene.

Som tidligere nevnt forklarte Sigrid at økte temperaturer blant annet skyldes avskoging. Tegningen hennes inneholdt en forklaring på at når det blir økt mengde CO₂ blir det vanskeligere for varmen og slippe ut av atmosfæren. Sigrid reflekterte rundt hvorfor hun tror at temperaturen på jordkloden har økt drastisk de siste tiårene:

«For da begynte vi å bruke CO₂ da. Vi begynte å lage tog, og begynte å lage fabrikker og sånt da. Vi begynte å lage store motorveier. Men nå har liksom alt blitt ganske stort, da, og alle skal ha alt, og det er liksom sånn fortsatt liksom. I tillegg har vi blitt ganske mye folk da.»

Hun inkluderte temaer som befolkningsvekst og teknologiutvikling som to grunner til at temperaturen de siste tiårene har økt. I tillegg viste hun at mennesker har stor påvirkning på klima på jordkloden. I dette sitatet viste hun hvordan menneskelig påvirkning har påvirket miljøet, og hun trakk inn flere temaer for å belyse dette.

Herman har også reflektert rundt den økte temperaturen på jorda, og at dette skyldes en økt konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren, samt avskoging. Videre reflekterte Herman om hvordan det han hadde tegnet kunne endres, om vi mennesker fortsetter med det forbruket vi har i dag:

«Det vil nok være enda mer CO₂ i atmosfæren, spesielt hvis vi ikke finner noen løsninger. I verste fall så vil det jo kuttes enda mer trær og drivhuseffekten vil styrkes av at det er så mye klimagasser i atmosfæren som reflekteres. Også er det jo noen land som må kutte ned utslipp, som for eksempel Kina og flere fabrikker».

Han tok igjen opp temaer som avskoging, og høy konsentrasjon av CO₂ i lufta som han tidligere har reflektert rundt. Videre pekte han på at utslipp fra fabrikker og land måtte kuttes. Han viser i dette utdraget forståelse for hvordan vi mennesker påvirker miljøet, både negativt, men at mennesker også kan påvirke positivt.

Helene reflekterte tidlig i intervjuet rundt CO₂ sin påvirkning på atmosfæren. Hun brukte overforbruket vi mennesker har på jordkloden til å argumentere på den økte temperaturen:

«Fordi det er så mye utslipp, og da blir jo atmosfæren tjukkere, som gjør at mindre sollys slipper ut. Da det produseres så mye, for eksempel i Kina produseres ting hele tiden, da blir det mye varmere fordi av den CO₂-en, og det er for mye, så trærne klarer ikke å gjøre fotosyntese. Så derfor blir det varmere».

Helene identifiserte at et høyt forbruk av oss mennesker, kombinert med avskoging vil føre til mindre fotosyntese, mer uren luft og høyere temperaturer. Helene viste til en rekke ulike menneskelige påvirkninger på klimaet, men reflekterte ikke noe om hvordan vi kan løse dette.

Tirils tegning inkluderte biler og fabrikker, hun brukte teknologiutvikling som et argument for å illustrere menneskelig påvirkning på karbonets kretsløp og drivhuseffekten: («(...) Det er mye med biler nå, og det er mye med fly nå, og sånne ting som slipper ut. Samtidig så

begynner vi jo nå med ting som er mer miljøvennlig igjen, da (...)»). Hun argumenterte for at økt teknologiutvikling tillot oss å bruke flere ulike transportmidler og forflytte oss mer, noe som førte til økte temperaturer og høyere utslipp av CO₂.

Alle elevene identifisere ulike dynamiske relasjoner, og reflektere over menneskets påvirkning på disse systemene. Refleksjonene om konsekvensene varierte, men alle nevnte økt CO₂ utslipp. Alle elevene viste systemforståelse som er relevant for nivå 2.

4.4.5 Evnen til å generalisere

For å nå nivå 3 måtte elevene kunne generalisere sin kunnskap om karbonets kretsløp og drivhuseffekten til andre naturfaglige temaer eller hverdagslige situasjoner. De ble spurt direkte om stråling og kretsløp, men de fikk også muligheten til å vise at de kunne generalisere underveis i intervjuet.

Sigrid viste ingen tegn i intervjuet til å være i stand til å generalisere kunnskapen sin om disse systemene over til andre temaer i naturfag, eller andre arenaer i hverdagen. Hun ga også uttrykk for at stråling var et tema hun ikke kunne generalisere, ved å si: («(...) Jeg vet ikke, vi har ikke hatt om stråling (...)»). Dette tyder på at hun ikke er i stand til å generalisere begrepet stråling.

Videre ble det stilt spørsmål om kretsløp, for å se om hun kjenner til andre temaer i naturfag eller på andre arenaer hvor ting går i kretsløp. Sigrid uttalte at næringskjeder går i et kretsløp, utover dette hadde ikke Sigrid noe mer hun kunne si om kretsløp. Dette indikerte at hun hadde begynnende tanker om å generalisere, men at hun ikke er i stand til å generalisere enda, da det er en forskjell på et kretsløp og en næringskjede.

Herman viste ingen tegn til å generalisere kunnskapen fra disse systemene på eget initiativ, gjennom hele intervjuet. Han klarte å koble sammen lys fra sola, og stråler. Ved å si: («(...) solstrålene fra sola gir oss synlig lys, som hjelper oss med å se (...)»). Dette var derimot ikke opplagt for han, og han fikk veiledning for å komme frem dit.

Da han fikk spørsmål om begrepet kretsløp, svarte han derimot at dette forbant han med vannets kretsløp, og han forklarte dette på følgende måte:

«Vannet damper jo opp, da sola går til himmelen. Også kan det jo komme opp i høyden hvor det renner ned i demninger og blir tatt opp av sånne vannturbiner hvor

omdannes til energi. Videre så blir jo vannet sendt ned til havet og da blir det jo tatt opp av havet, så fordampes det, og deretter ned igjen som regner eller snø».

Vi ser at han gir en grundig forklaring av vannets kretsløp, hvor han kobler sammen vannets kretsløp og karbonets kretsløp ved å si: («(...) Begge to er kretsløp, fordi de begge går i en sirkel som aldri blir ferdig (...)»). Han viste evne til å generalisere begrepet om kretsløp, men fikk veiledning underveis. Da han redegjorde for vannets kretsløp, forklarte han det som sitatene ovenfor viser.

Helene hadde også utfordringer med å generalisere, og viste ingen tegn til å kunne gjøre det på egenhånd i løpet av intervjuet. Hun viste også tydelige utfordringer med å knytte sammen stråler eller lys fra sola til andre temaer eller daglig bruk. Hun svarte at: («(...) Det er vel viktig i fotosyntese, jeg kommer ikke på så mye mer (...)»). Hun påpekte at sollys er viktig i fotosyntese, men hun klarte ikke å koble sammen så mye mer enn det.

Helene klarte å koble sammen karbonets kretsløp med vannets kretsløp, etter litt veiledning fra min side. Derimot når hun kom frem til vannets kretsløp forklarte hun alt selv, og sa at begge kretsløpene går i sirkel. Hun forklarte vannets kretsløp slik: («(...) Det er sånn at skyer plukker opp vann, også opp i himmelen igjen, for eksempel er det kaldt og fryser da blir det litt snø, ellers kan det regne (...)»). Hun forklarte helt overfladisk dette kretsløpet, men hun koblet sammen kretsløp over til et annet tema i naturfag og forklarte dette.

Tiril viste også utfordringer med å generalisere, hun viste ingen tegn på å generalisere på egenhånd underveis i intervjuet. Hun klarer heller ikke å koble stråler til andre arenaer i hverdagen, eller til andre temaer i naturfag. Hun klarer derimot å koble begrepet kretsløp til vannets kretsløp, etter en del veiledning fra intervjuer. Hun forklarer vannets kretsløp slik: («(...) Nå regner det, og vannet fordampes, også regner det ned igjen. Vannet er fornybart, det går aldri tomt (...)»). Sitatet viser en overfladisk fremstilling av vannets kretsløp, og at det går i et kretsløp fordi det aldri går tomt. Dette er sammenlignbart med karbonets kretsløp, at det går om igjen og om igjen.

Dette kapitlet viste at alle elevene slet med å generalisere kunnskapen sin, en viktig egenskap for høy systemforståelse. De som koblet karbonets kretsløp med vannets kretsløp, klarte dette etter litt veiledning. Ingen av elevene klarte å generalisere uten veiledning, noe som trengs for å vise systemforståelse på nivå 3.

4.4.6 Forstå de skjulte dimensjonene

En annen del av å vise systemforståelse på nivå 3 er at elevene kan identifisere og forklare noen skjulte dimensjoner til systemene.

Tegningen til Sigrid inneholdt flere av de skjulte dimensjonene, blant annet karbonlagrene under havet, eller solstrålene. Da Sigrid uttalte seg om karbonets kretsløp, inkluderte hun noen av de skjulte dimensjonene:

«Det er avdøde dyr, som levde for mange millioner år siden da, og så har det bare blitt presset sammen til olje og sånn, også tar vi det opp nå da, det er olje. Også slippes det ut masse CO₂, også kommer oljen ut i fabrikker og sånn».

Hun viste at hun forsto at det finnes deler av karbonets kretsløp som ligger skjult under havoverflaten. I tillegg forklarte hun at det har tatt mange millioner år for disse døde dyrene, og bli til olje, som vi kan benytte oss av i dagens samfunn.

Videre uttalte hun seg om ulike skjulte dimensjoner i drivhuseffekten: («(...) Vi ser jo ikke at lysbølgene treffer jorda heller, og man kan liksom ikke se atmosfæren, eller at fotosyntesen skjer (...)»). Sigrid viste her til flere av de skjulte dimensjonene i begge systemene.

Hermans tegning inneholdt noen av de skjulte dimensjonene, som fotosyntese og celleånding. Han forklarte hvordan det har blitt en økt mengde CO₂ i atmosfæren ved å si: («(...) Gjennom fossile brensler. I havet, når olje og gass blir pumpet opp, så produseres karbon, men det blir ofte produsert for mye, som ikke er bra for miljøet (...)»). Han viste at oljeboring er en viktig faktor til utslipp av CO₂, uten at dette er illustrert i tegningen hans. Han forklarte også andre skjulte dimensjoner ellers i intervjuet, slik som solstrålene, atmosfæren og fotosyntese.

Tegningen til Helene viste flere av de skjulte dimensjonene i både karbonets kretsløp og drivhuseffekten, blant annet en oljeplattform og atmosfæren. Hun pekte på at oljeplattformen var illustrert på grunn av at vi borer etter olje, hun reflekterte rundt dette ved å si:

«Også oljen, når vi tar opp oljen som har ligget der i flere hundre millioner år, hvis det brenner opp, så blir det enda mer karboner, fordi det skulle egentlig være under vann. Men så har vi tatt det opp, og da blir det litt mye karboner i lufta».

Hun omtaler refleksjoner som ikke er illustrert i hennes tegning, som karbonlageret under havet. Hun påpekte at oljeboring i havet har påvirket mangfoldet i havet, og at dette har blitt redusert på grunn av havforsuring. Helene har også inkludert en opprømsing av noen av de skjulte dimensjonene i både drivhuseffekten og karbonets kretsløp. Hun nevner blant annet solstrålene, celleånding og fotosyntesen.

Tegningen til Tiril inkluderer flere av de skjulte dimensjonene i drivhuseffekten og karbonets kretsløp. Hun reflekterte ikke noe rundt de skjulte dimensjonene, men ga heller en oppsummering av ulike skjulte dimensjoner. («(...) Vi ser jo ikke atmosfæren for eksempel, vi kan heller ikke se at sola sender ut solstråler på en måte. Vi kan heller ikke se CO₂ (...)»). Tiril nevnte helt overfladisk noen av de skjulte dimensjonene til systemene. Hun går ikke i dybden på noen av disse, dette gjelder både på spørsmål rundt de skjulte dimensjonene og ellers i intervjuet.

Alle elevene nevnte noen skjulte dimensjoner, men bare tre av elevene forklarte deres funksjon. Tiril kjente til noen skjulte dimensjoner, men forklarte ikke hvordan de virket. For å være på nivå 3, må man også forklare de skjulte dimensjonene, og ikke bare liste de opp. Dette lyktes tre av elevene med, mens Tiril viste utfordringer med dette, og derfor blir hun ikke plassert på dette nivået.

4.4.7 Evnen til å forstå systemenes sykliske natur

Systemforståelse på nivå 3 innebærer også å kunne forstå systemenes sykliske natur. Ved hjelp av egen tegning forklarte Sigrid hvordan karbonets kretsløp er syklisk, hun startet med å peke på fabrikk og si:

«Her kommer CO₂ ut, også går den inn i for eksempel bladet her borte. Også blir det fotosyntese, det går jo også i blomster da, så spiser dyret det. Også slipper dyret ut CO₂ og metan eller noe sånt. Så da går det ut igjen da. Så fortsetter det kanskje tilbake til fotosyntese, eller det kommer opp i atmosfæren eller noe sånt».

Hun fikk fram at karbonet går i et evig kretsløp, hvor fotosyntese er viktig. Hun nevnte implisitt celleånding som en prosess, men hun brukte ikke begrepet.

Videre forklarte hun hvordan drivhuseffekten er syklisk: («(...) Så lenge sola er der, vil den være det. Sola slipper alltid ut solstråler som vil treffe oss, det vil jo da bli absorbert igjen og igjen, og igjen, og sendt ut og reflektert og sånt (...)»). Hun viste forståelse for at

drivhuseffekten er syklisk så lenge vi har sola, som tilførte solstråler. Hun brukte tegningen sin aktivt i begge forklaringene.

Herman var den eneste som tegnet under intervjuet, han illustrerte piler, da han reflekterte rundt det sykliske i karbonets kretsløp. Han startet med å redegjøre for det sykliske i karbonets kretsløp.

«Det starter med at fotosyntesen tar opp CO₂ fra atmosfæren og omdanner det til O₂ og glukose. Også fortsetter det videre ved at vi får i oss glukosen og oksygen. Også har vi celleånding og så blir det pustet ut igjen i atmosfæren, så det går i en evig sirkel».

Herman ramset opp ulike komponenter som slipper ut CO₂, men forklarte at all CO₂ som blir sluppet ut, må gjennom fotosyntese for å bli omdannet. Videre redegjorde han for hvorfor drivhuseffekten er syklisk. Han argumenterte for at sola er avgjørende, for at drivhuseffekten skal være syklisk. Han sier at («(...) Siden sola vil gi energi ned til jorda hele tiden, vil også drivhuseffekten gå i en evig sirkel (...)»). Herman viste forståelse for hvorfor og hvordan disse systemene er sykliske.

Helene redegjorde innledningsvis for at både drivhuseffekten er karbonets kretsløp er sykliske systemer. Hun inkluderte ulike komponenter og prosesser, da hun forklarte hvordan begge systemene fungerte og er sykliske. Hun redegjorde for det sykliske i karbonets kretsløp ved å si at:

«Det dør aldri, det går om igjen og om igjen. Starter med karbonet opp av oljeplattformen, også inn i en fabrikk, også brennes det opp. Så havner det i treet, også skjer det fotosyntese, og da blir den til et eple. Også blir eplet spist, også er det ned i magen, og da skjer celleånding, også puster den ut igjen, også havner CO₂ oppi her, (peker ut i lufta på tegningen), også i gresset, som kua spiser, også celleånding inni der, også ut også karbonet som for eksempel kan havne i enda et tre. Også skjer det flere ganger».

Hun inkluderte de to viktige prosessene, fotosyntese og celleånding samt mange ulike komponenter, for å vise hvordan dette systemet er syklisk. Videre redegjorde hun for drivhuseffekten hvor hun sier:

«Sola slipper ut solstråler, som treffer bakken, også går de opp igjen, men siden atmosfæren er der så slipper ikke alle ut igjen. Som man kan se med den pilen, så litt går ut, mens litt går ned igjen, dette skjer om igjen og om igjen».

Hun forklarte drivhuseffekten uten begreper som refleksjon og absorpsjon. Selv om hun forklarte hva refleksjon innebar, utelukket hun absorpsjon i sin forklaring. Helene ekskluderte også ideen om at drivhuseffekten er syklisk så lenge solen er til stede og sender varmeenergi ned til jordkloden. Til tross for dette viste hun at drivhuseffekten er syklisk, da hun inkluderte at drivhuseffekten gjentar seg om igjen og om igjen.

Hun påpekte at disse systemene er sykliske, spesielt karbonets kretsløp, som hun forklarte godt.

Tirils tegning er illustrert med piler for å vise hvordan relasjonene mellom de ulike komponentene og prosessene. Det tegningen hennes ikke får frem så godt er hvordan disse to systemene går i syklus. Dette uttalte hun seg om intervjuet:

«Det slippes ut CO₂, også havner dette karbonet i trær og i blader og sånn. Og så spises det for eksempel epler eller blader av mennesker eller dyr som vi puster ut igjen, og som går ut igjen i lufta, og så går det rundt sånn».

Hun benyttet de ulike prosessene som fotosyntese og hun forklarer resultatet av celleånding, uten at hun nevnte begrepene. Forklaringen hennes viste at hun forsto at fotosyntese og celleånding er viktige prosesser i karbonets kretsløp. Hun kunne ha inkludert flere komponenter i sin redegjørelse av karbonets kretsløp. Videre reflekterte hun rundt drivhuseffekten:

«Det er jo solstrålene som treffer jorda og som gir varme til jorda, og så reflekterer det i atmosfæren. Også i atmosfæren, så stopper det litt her og går ned i den, men det er noe som slipper ut. Og så går det rundt sånn, når vi er tilbake her, så fortsetter jorda, det kommer jo fortsatt solstråler, men da fortsetter det å gå rundt».

Hun benyttet seg av prosessene refleksjon og absorpsjon i sin forklaring av drivhuseffekten, men uten å nevne disse begrepene. For at man kan si at drivhuseffekten er syklisk, er det viktig å få frem at sola hele tiden vil tilføre solstråler til jorda, dette inkluderte hun i svaret sitt. Forklaringen hennes får frem at disse to systemene er sykliske ved å benytte seg av prosessene i systemene i kombinasjon med komponentene.

Alle elevene viste at karbonets kretsløp var syklisk, da de inkluderte ulike komponenter og prosessene fotosyntese og celleånding. Selv om de ikke brukte disse begrepene direkte, ble de nevnt implisitt. Da det gjaldt drivhuseffekten, fremhevet tre elever viktigheten av solens konstante tilførsel av solstråler til jorda. Helene inkluderte ikke dette i sin forklaring, men hun argumenterte for at drivhuseffekten er syklisk, fordi det skjer om igjen, og om igjen. Disse eksemplene viste at alle elevene har forståelse for at systemene er sykliske, noe som er en viktig egenskap for å vise systemforståelse på nivå 3.

4.4.8 Tenke tidsmessig

Det siste kjennetegnet for å vise systemforståelse på nivå 3, var å kunne forutsi fremtidens klima, eller forklare hvordan vi mennesker kunne bidra til å forbedre klima.

Tegningen til Sigrid inneholdt flere komponenter som blir viktige i fremtiden, slik som oljeplattformer og fabrikker. Hun reflekterte over hvordan temperaturen i fremtiden vil bli:

«Jeg tror det kan bli litt varmere, men det virker som at, FN er det ikke det da? Som vil at vi skal holde to graders målet. Så jeg håper egentlig at det ikke skal bli det, men jeg tror ikke det er langt unna det liksom».

Sigrid forklarte at hun tror det vil bli flere fabrikker og mer oljeboring, og at utslippene i fremtiden vil være like det de er i dag. («(...) Vi har ingen andre måter å produsere ting på heller, så vi kan ikke bare slutte å produsere CO₂ heller (...)»). Samtidig tror hun at vi kommer til å være mer miljøbevisste og ta vare på trærne i større grad enn i dag, og jobbe for at avskoging skal forsvinne. Alle disse refleksjonene viste at hun har en klar formening og ser optimistisk på fremtidens klima.

Herman reflekterte innledningsvis i intervjuet rundt klimaproblematikken, og han har også reflektert over hvordan hans egen tegning vil se ut i fremtiden. Da han fikk spørsmål om hvordan klima på jordkloden vil se ut i fremtiden, svarte han: («(...) Det kommer jo helt an på hva slags tiltak, men vi er nødt til å sette tiltakene for at vi skal klare oss da, og det er viktig at vi klarer å gjennomføre disse tiltakene (...)»). Han sier ingenting om hvilke tiltak som trengs, men klarer vi å gjennomføre disse tiltakene ser han mer positivt på klima i fremtiden.

Han uttrykte at han trodde at temperaturen på jorda vil stige, og utdyper dette med å si at: («(...) Nyere generasjoner har jo blitt mer opptatt av klima før, og vi kjenner jo til alle problemer og konsekvenser det kan føre til, så derfor vil nok ... Vil vi nok være mer obs på

dette frem i tiden (...)»). Han tror den oppvoksende generasjonen vil være en viktig faktor for å forhindre enda høyere temperaturer i fremtiden. Uten å redegjøre for hvilke tiltak som skal settes inn, argumenterte han for at det må settes inn tiltak.

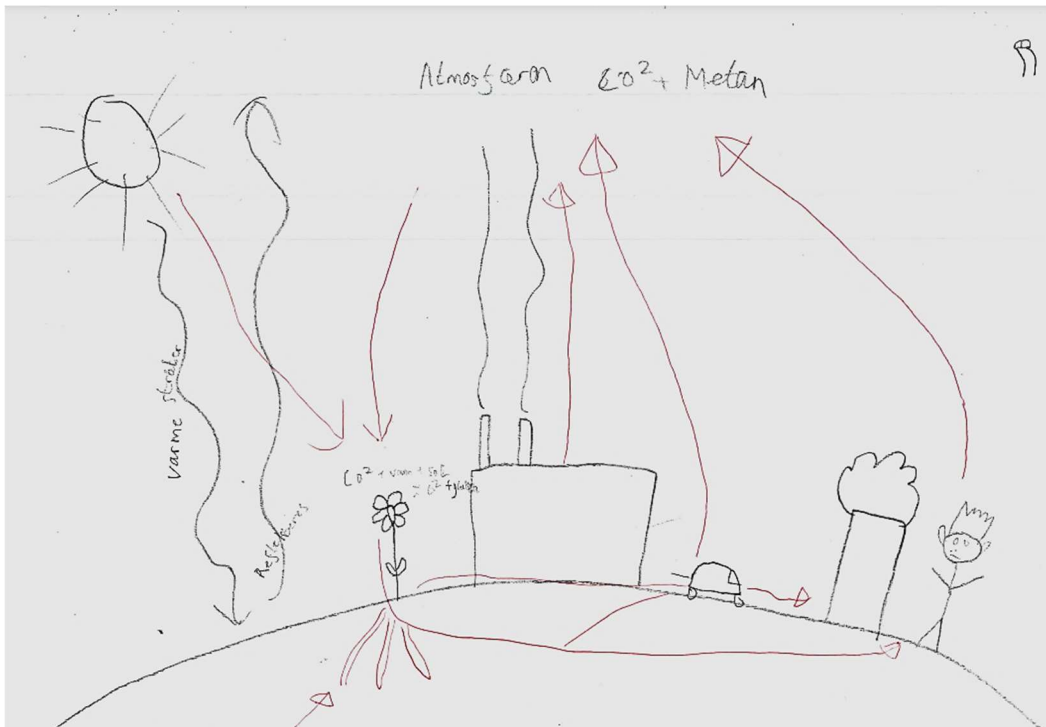
Helene reflekterte tidlig i intervjuet rundt temperaturøkning på jordkloden, hvor hun argumenterte for at produksjon av varer er en viktig faktor. I forhold til temperaturøkningen de siste årene reflekterte hun rundt hvordan fremtidens klima vil bli: («(...) Jeg tror den vil øke, men jeg tror ikke jeg kommer til å merke det. Men jeg tror for eksempel at Svalbard kommer til å merke det (...)»). Hun redegjorde for at temperaturene vil bli varmere, men at noen områder vil bli hardere rammet, enn andre. Hun argumenterte for at det var oss mennesker sin skyld for temperaturøkningen på jordkloden. Hun inkluderte et tiltak som vi kan gjøre i fremtiden for å redusere temperaturøkningen: («(...) Jeg tror ikke vi klarer å kutte alt, men vi kan kutte noe (...)»). Hun viste til at det skal kuttes i utslipp, og at ved å kutte ut utslipp vil redusere temperaturøkningen. Hun forklarte ikke hvordan dette kan gjøres.

Tiril forklarte hvordan hun tror temperaturen på jordkloden har økt de siste årene. Hun prøvde også å forutsi fremtidens temperaturer på jorda: («(...) Jeg vil tro at den kommer til å øke litt, men jeg tror det kommer til å stoppe etter hvert. Jeg tror ikke det kommer til å øke så veldig mye. (...)»). Hun tror at temperaturene vil øke litt de neste årene, uten at hun forklarte hvorfor. Hun reflekterte rundt hva vi mennesker kan gjøre for å bremse temperaturøkningen. Hun argumenterte for at vi alle må bli flinkere til å redusere eget forbruk. Hun forklarte også at det må komme mer miljøvennlige løsninger på fabrikker og transportmidler. Hennes refleksjoner bærer preg av å være litt overfladiske, men hun viste at hun har forståelse til å tenke tidsmessig.

Sitatene over viste at alle elevene er i stand til å forutsi fremtiden. Alle elevene tror at temperaturen på jorda vil øke, men at vi mennesker klarer å hindre at det kommer helt ut av kontroll. Alle elevene svarer dermed på kategoribeskrivelsene til denne kategorien, som samsvarer med nivå 3.

4.5 Tegning etter intervjuet

Herman var den eneste som tegnet under intervjuet, og dette er hans tegning. Dette ble tegnet i forbindelse med hans forklaring om det sykliske under karbonets kretsloop. Det som er rødt er det han tegnet under intervjuet, mens det som er svart er fra hans opprinnelige tegning 2.



Figur 9: Tegning av Herman etter intervju

5. Drøfting

I forrige kapittel ble resultatene fra datainnsamlingen presentert, denne delen av oppgaven har til hensikt å drøfte funnene opp mot eksisterende teori og forskning.

Forskningsspørsmålene vil danne grunnlaget for denne delen av oppgaven. Først drøfter jeg rundt elevenes tegninger, og hvordan elevene sin systemforståelse utvikler seg gjennom egne tegninger. Deretter rettes fokuset mot intervjuene, og hvordan elevene reflekterer over egne tegninger om klimasystemer. Før jeg til slutt drøfter hvordan elevenes helhetlige systemforståelse av karbonets kretsløp og drivhuseffekten kommer frem, basert på elevenes tegninger og intervjuene.

5.1 Elevenes tegninger

For å besvare det første forskningsspørsmålet ble det benyttet tegninger som datagrunnlag. Tegninger har vist seg å være et godt hjelpemiddel til å forstå elevers forståelse av abstrakte fenomener. Óskarsdóttir et al. (2011) benyttet tegninger i sin studie for å undersøke elevers forståelse for kroppen. Dette underbygger påstanden om at tegninger fra elever er data som egner seg for å forske på elevers forståelse. Tegninger er en hensiktsmessig måte for å forstå elevers tankegang rundt ulike temaer. Erhlén (2008, s. 41) peker på at når man kun undersöker elevers tegninger tas det gitt at det eleven har tegnet, stemmer overens med den faktiske kunnskapen som elevene sitter på. Dette var en faktor som jeg tok høyde for i studien, og derfor ble også intervjuer innlemmet.

Elevenes tegninger fra denne studien gjenspeiler det forskningen tilsier, at elevene viser systemforståelse på de lavere nivåene (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b; Jacobson & Wilensky, 2006). Vi ser av figur 4 at majoriteten av elevene viser liten grad av systemforståelse i forkant av intervensjonen. Dette samsvarer med tidligere forskning har funnet ut, hvor det innledningsvis ble vist minimale ferdigheter av systemforståelse (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b; Tripto et al., 2017). Dette kan indikere at elever fokuserer mer på struktur enn prosess, da elevenes tegninger inkluderer flere komponenter, men ikke deres funksjoner. Jeong et al. (2022, s. 693) peker på at det i skolen blir jobbet for mye lineært. De fleste oppgavene og problemstillingene elevene blir fremstilt for, har ofte en bestemt årsak. Resultatene før intervensjonen viser også at elevene som ble brukt som informanter i studien, har brukt en del tid på å tenke lineært. Gjennom intervensjonen ser man av figur 4

at elevene scorer litt høyere på tegningene gjort i etterkant av intervensjonen. Dette samsvarer også med Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b) som peker på at elevenes systemforståelse etter å ha hatt fokus på dette i noen uker fikk systemforståelse på et middels til høyt nivå. Dette indikerer at å arbeide med representasjoner og la elevene utarbeide egne representasjoner legger opp til at elevene kan få en økt systemforståelse. Adadan et al. (2009) fant ut i sin studie at å integrere representasjoner i undervisning legger til rette for at elever får en mer helhetlig forståelse av abstrakte fenomener. Dette støttes av Permatasari et al. (2022, s. 340), som argumenterer for at kjemiundervisning vil oppleves som mindre abstrakt ved å aktivt integrere bruk av representasjoner. Jeong et al. (2022, s. 693) sier, at det blir jobbet for mye lineært. Som vi ser av resultatene har det vært en økning, noe som kan indikere at å arbeide med representasjoner kan ha en positiv effekt på å utvikle elevers systemforståelse. Dette indikerer at å integrere representasjoner i undervisningen bryter med det lineære fokuset som ligger i skolen, og heller inviterer til en mer utforskende tankegang hos elevene.

Det ble satt av en del tid til å utforske en simulering av drivhuseffekten. Jeong et al. (Jeong et al., 2022, s. 694) argumenterer for at å arbeide med simuleringer i undervisningen er et godt hjelpemiddel for å øke elevers systemforståelse. Simuleringer trosser den lineære måten å arbeide på, og krever heller at elever i større grad får utforske hvordan ulike variabler påvirker systemet som helhet. Sahin (2006, s. 9) peker på at simuleringer er gode hjelpemidler til å få økt forståelse, da dette aktivt engasjerer elevene. I undervisningsopplegget fikk elevene samarbeide sammen og utforske sammen hva som skjer om man endrer på ulike variabler, og forsøke å finne forklaringer på hva som skjer om man endrer på ulike variabler. Å jobbe på en slik måte medfører at elever kan arbeide ikke-lineært. Dette innebærer at elevene blir nødt til å finne egne forklaringer på spørsmål man ikke nødvendigvis har et svar på. Dette kan være en mulig forklaring til elevenes utvikling av systemforståelse.

En annen grunn for elevenes forbedringer kan skyldes tid. Før intervensjonen hadde elevene jobbet en stund med drivhuseffekten. Selve intervensjonen ble gjennomført i løpet av en tredagers periode, hvor det var én økt per dag. Elevene hadde også kjennskap til karbonets kretsløp fra tidligere, dette medførte at de fikk brukt noen dager på å friske opp kunnskaper de tidligere hadde arbeidet med. Dette kan også ha bidratt til forbedringen til elevene.

5.1.1 Elevenes utvikling fra nivå 1 til nivå 2

Når vi undersøker elevene som har gått fra nivå 1 til nivå 2, legger vi merke til at de har inkludert flere komponenter i sine tegninger. Likevel mangler det en tydelig sammenheng mellom disse komponentene, noe som indikerer en begrenset forståelse for komplekse systemer som karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Disse elevene har riktignok illustrert flere viktige komponenter i begge systemene, men de klarer ikke å få frem sammenhengen mellom komponentene i begge systemene. Brown og Schwartz (2009, s. 807) hevder at selv lærerstudenter slet med å vise hvordan fotosyntese og celleånding er koblet sammen. Dette kan indikere at det er et mer generelt fenomen blant elever at de blir undervist av lærere som har utfordringer med å se sammenhengen mellom de viktige prosessene fotosyntese og celleånding. Denne utfordringen kan være en av årsakene til at noen elever ikke har forstått sammenhengen mellom fotosyntese og celleånding. Dette kan også forklare hvorfor elevene ikke forsto sammenhengen mellom de ulike komponentene.

Et interessant poeng er at flere av elevene, også de som var på de laveste nivåene illustrerte drivhuseffekten på samme som Shepardson et al. (2011, s. 8) identifiserte som nivå 5 i sin studie. I studien til Shepardson et al. (2011) illustrerte elevene på dette nivået drivhuseffekten som at solstrålene «spretter» mellom atmosfæren og jordkloden. Disse elevene ble betegnet som de elevene som viste størst forståelse for drivhuseffekten (Shepardson et al., 2011, s. 12). I denne studien ble disse elevene plassert på de nederste nivåene, fordi i motsetning til Shepardson et al. (2011) skulle elevene vise systemforståelse for karbonets kretsløp også. Dette gjør at kompleksiteten til denne studien blir større, siden elevene måtte vise forståelse for to systemer, i motsetning til ett system som var aktuelt i Shepardson et al. (2011) sin studie. Siden studien som er gjort her er såpass kompleks, er det viktig at man støtter elevene i deres møte med komplekse systemer. Gilissen et al. (2020, s. 1273) foreslår fire strategier for å støtte elevens utvikling av systemforståelse. Det første punktet handler om å introdusere elevene for egenskapene og hva som kjennetegner et system. For å støtte elevene som er på de laveste nivåene, kan man integrere bruk av simuleringer. Gjennom simuleringer kan elevene utforske egenskapene til et system, og se hvordan de ulike variablene påvirkes av små endringer. Dette havner også inn under den tredje strategien som Gilissen et al. (2020, s. 1274) handler om å undersøke noen få egenskaper ved et system.

Ved å variere arbeidsmåter som elever jobber med ulike systemer, og inkludere systemspråk i undervisningen mener Gilissen et al. (2020, s. 1274) at disse to strategiene også skal støtte elevers systemforståelse. At elever skal oppleve naturfag som et praktisk og utforskende går inn i kjerneelementet naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 2). Innenfor dette kjerneelementet er NOS et viktig stikkord. Elevene skal tilegne seg ferdigheter som kjennetegner NOS. Lederman et al. (2002) foreslo syv kjennetegn på NOS, og dette er egenskaper elevene skal utvikle gjennom å jobbe med naturfag i skolen. Lederman et al. (2002, s. 500) argumenterer for at elever skal utvikle kreativitet, da dette er et kjennetegn på NOS. Ved å integrere varierte arbeidsmåter og bruke systemspråk aktivt vil dette gi elevene gode muligheter til å tilegne seg økt systemforståelse, samt at elevene får kjennskap til NOS. Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 554-555) peker på at elevenes involvering i undervisning er en del av hovedfaktorene til at elever tilegner seg systemforståelse. Det er derfor viktig at man er opptatt av å til rette legge for aktiv elevdeltagelse, slik at de tilegner seg systemforståelse innenfor komplekse systemer de møter i skolen.

5.1.2 Elevenes utvikling på nivåene mellom nivå 2 og nivå 4

Noen av elevene som hadde sin første tegning på nivå 2, viste en progresjon hvor de ble plassert på nivå 3. Disse elevene viste i sin første tegning at de kjente til ulike komponenter, men de klarte ikke å knytte komponentene og prosessene sammen. For å komme til et høyere nivå kreves det at man ser at systemene er sykliske og får frem de skjulte dimensjonene. Ingen av de elevene som startet på nivå 2 fikk frem at systemene var sykliske i tegningene sine i sin tegning 2. Dette gjelder også de elevene som startet på nivå 3 og utviklet seg til nivå 4, de manglet å illustrere det sykliske aspektet i systemene. Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005a, s. 368) identifiserte i sin forskning på elevers systemforståelse av vannets kretsløp, at elevene ikke forsto systemet sykliske natur. Dette er et funn som blir identifisert i denne studien også, at flertallet av elevene ikke fikk frem det sykliske i systemene som ble undersøkt. Elevene hadde allikevel en utvikling i sine tegninger. De elevene som gikk fra nivå 2 til nivå 3 har inkludert flere komponenter eller prosesser med piler, for å vise sammenhengen mellom disse. Dette kan man knytte inn mot Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 554) hvor elevene viste minimale ferdigheter innledningsvis, men endte opp med et middels til høyt nivå. Elevene i denne studien som endte på nivå 3 eller nivå 4

kom på et middels nivå.

For å støtte disse elevene til å få enda høyere systemforståelse kan man integrere simuleringer eller arbeide med representasjoner mer aktivt. En annen måte man kan arbeide på er å inkludere SSI rettede problemstillinger, slik som Zangori et al. (2017) gjorde i deres studie. Slike problemstillinger er kontroversielle av natur og skal oppleves som engasjerende for elevene, samt at de kan være dagsaktuelle. I tillegg må man benytte forskning, og data innenfor et tema som skal brukes i argumentasjonen deres (Zeidler & Nichols, 2009, s. 49). Ved å arbeide ved slike problemstillinger kan man også ta hensyn til de tre dimensjoner innenfor bærekraftig utvikling som Sinnes (2015, s. 25) peker på, økonomi, klima og samfunn.

5.1.3 Elevenes utvikling på nivå 6

Det var en elev som både før og etter undervisningsopplegget var på nivå 6. Denne eleven illustrerte flere av de skjulte dimensjonene, og fikk frem systemenes sykliske natur. Elevens illustrasjon av drivhuseffekten er illustrert på samme måte som elevene på nivå 2. Denne fremstillingen av drivhuseffekten samsvarer med Shepardson et al. (2011, s. 8) omtaler som nivå 5. Det som kjennetegner tegninger som omtales som nivå 5 av Shepardson et al. (2011, s. 8) går ut på at solstrålene «spretter» mellom jordkloden og atmosfæren. I studien til Shepardson et al. (2011, s. 12) ble de elevene som illustrerte drivhuseffekten på denne måten, omtalt som de elevene som viste størst forståelse for drivhuseffekten. På grunn av denne studiens kompleksitet, og det faktum av at fokuset lå på to klimasystemer, og ikke på et klimasystem. Ser vi elever på alle nivåene, som har illustrert drivhuseffekten på samme måte som nivå 5 i studien til Shepardson et al. (2011). De elevene som har illustrert drivhuseffekten på denne måten, vil med litt mer undervisning i temaet ha enklere for å få en helhetlig forståelse for drivhuseffekten. Denne helhetlige forståelsen av drivhuseffekten er det mange elever som ikke har (Shepardson et al., 2009, s. 565).

Tegningene både før og etter ble plassert på nivå 6, på grunn av at tegningen er litt upresis. For at denne eleven skal komme på det høyeste nivået vil både arbeid med simuleringer, utvikle egne representasjoner, og jobbe med SSI-rettede problemstillinger være viktige bidragsyttere til å få elevene på det høyeste nivået.

5.2 Intervjuene med elever

For å undersøke hvordan elevene uttrykte systemforståelse over egne illustrasjoner om klimasystemer, ble det gjennomført intervjuer. Disse ble så analysert og presentert i henhold til STH rammeverket.

Intervjuene som ble gjennomført, viste at elevene viste en større systemforståelse enn de gjorde på tegningene. De fleste viste gode refleksjoner innenfor de ulike temaene, men et tema stikker seg ut i negativ forstand, det er generalisering. Ingen av elevene viste tegn til å kunne generalisere kunnskapen sin, eller å kunne generalisere den når de fikk direkte spørsmål tilknyttet dette. Det indikerer at elevene har en middels til høy systemforståelse, men de oppfyller ikke alle kriteriene til å plasseres helt øverst på det høyeste nivået.

Funnene fra intervjuene samsvarer med Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b) sin forskning hvor elever gjennom et undervisningsopplegg, gikk fra å ha en lav grad av systemforståelse til en middels til høy grad. I intervjuene viste elevene forståelse for at systemene er sykliske og dynamiske, noe som Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005a) peker på at elevene i deres studie hadde utfordringer med. Elevene i denne studien viste at de hadde utfordringer i tegningene at å få frem det sykliske aspektet i systemene, dette gjaldt ikke i intervjuene. At resultatene i studiene er ulike kan skyldes systemene som ble undersøkt. I denne studien er det karbonets kretsløp og drivhuseffekten som ble undersøkt, mens i Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005a, s. 368) undersøkte man vannets kretsløp. Ved å undersøke kun ett system slik det ble gjort med vannets kretsløp, vil man kunne gå enda dypere inn i dette kretsløpet. Det ble også benyttet både kvalitative og kvantitative forskningsmetoder for å støtte deres funn, blant annet spørreskjemaer. Jakobsson et al. (2009, s. 991) mener at flere av metodene som blir brukt for å undersøke elevers forståelse av drivhuseffekten, ikke egner seg til formålet sitt. Blant annet spørreskjema, som ble brukt som en del av empirien for å undersøke elevenes forståelse av vannets kretsløp (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005a). Jakobsson et al. (2009, s. 991) argumenterer for at mange av metodene ikke egner seg til formålet sitt da flere av nyansene til elevenes forståelse blir borte. I tillegg argumenterer Jakobsson (2009, s. 991) at ulike metoder ikke tar hensyn til elevenes faglige utvikling. I studien til Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005a) argumenteres det for at spørreskjema var en hensiktsmessig metode for å skape seg et helhetlig bilde av elevenes forståelse. Dette kan ha påvirket resultatene i studien til Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005a), da man leter etter de elevene som viser utfordringer med

vannets kretsløp. I denne studien ble det valgt ut elever fra ulike nivåer på tegningene for å undersøke hvordan de uttrykker seg basert på sine egne tegninger, når alle er på ulike nivåer.

Et kjennetegn på et system er at det forekommer på både makro, mikro og sub-mikro nivå (Yoon et al., 2017, s. 100). Dette henger også sammen med hierarki som er et av kjennetegnene på et komplekst system som Tripto et al. (2016, s. 566) foreslår. De fleste av elevenes forklaringer skjer på makro nivå, dette tyder på at de fokuserer mer på det overordnede ved systemene. Flere av forklaringene til elevene bærer preg av at de utelukker detaljer på mikro nivå, slik som dette sitatet til Sigrid: («(...) Også CO₂ slippes ut fra oljeplattformer, også tar jo trærne opp mye av dette og lager fotosyntese, og lager mat og oksygen og såne ting (...)»). Sitatet her utelukker en del forklaringer, blant annet hvordan CO₂ har en relasjon til oljeplattform. Det ville her vært naturlig å trekke inn dyr som havner på havbunnen og gjennom mange millioner år blir omdannet til olje og gass. Sitatet mangler også å inkludere hva som skal til for at trær skal drive fotosyntese, hun inkluderer kun trær og CO₂, men mangler å innlemme vann som en del av fotosyntesen. Elevene har også inkludert forklaringer som har med elementer på mikronivået, men hovedsakelig er svarene elevene kommer med på makro nivå. Dette samsvarer også med forskningen til Tripto et al. (2017, s. 92) hvor elevenes forståelse av kroppen som et system bar preg av mer makroforståelse enn mikroforståelse. For å få elevene til å tenke mer på mikro og sub-mikro nivå, kan simuleringer være et nyttig hjelpemiddel for å få elever til å håndtere komplekse systemer (Jeong et al., 2022, s. 694).

Det har tidligere blitt drøftet rundt Shepardson et al. (2011) sine fem nivåer i forhold til elevens forståelse av drivhuseffekten. Som vi så av illustrasjonene til elevene i denne studien viste flere av elevene at de hadde den samme forståelsen av drivhuseffekten, som det Shepardson et al. (2011, s. 8) presenterte som nivå 5. Denne kjennetegnes av at solstrålene «spretter» mellom jordkloden og atmosfæren. I forhold til intervjuet ble også denne modellen identifisert i elevenes forklaringer av drivhuseffekten. Helene forklarte drivhuseffekten ved å si:

«Sola slipper ut solstråler, som treffer bakken, også går de opp igjen, men siden atmosfæren er der så slipper ikke alle ut igjen. Som man kan se med den pilen, så litt går ut, mens litt går ned igjen, dette skjer om igjen og om igjen».

Som vi ser av sitatet over illustrerer hun drivhuseffekten på den måten at solstrålene «spretter» opp og ned mellom jordkloden og atmosfæren. Dette samsvarer også med hennes tegning, og nivå 5 som Shepardson et al. (2011) presenterte. Tiril forklarte også drivhuseffekten på en lignende måte, hvor hun får frem at solstrålene «spretter» eller «beveger» seg mellom jordkloden og atmosfæren. Shepardson et al. (2011, s. 13) utdyper at elever som illustrerer drivhuseffekten, enten muntlig eller ved illustrasjoner vil enklere få til en mer helhetlig forståelse for drivhuseffekten. Dette vil skje ved erfaringer fra undervisning og en passende læreplan (Shepardson et al., 2011, s. 13). Med LK20 som ny og gjeldende læreplan i den norske skole, har man en læreplan som legger opp til at elever skal tilegne seg systemforståelse for komplekse systemer tilknyttet jorda. Læreplanen består blant annet av kjerneelementet «jorda som system», spesifikke kompetansemål som omhandler drivhuseffekten og karbonets kretsløp, samt det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 4). Det gjør at vi har en læreplan i den norske skolen som tilrettelegger for at elever skal få utviklet systemforståelse innenfor komplekse klimasystemer.

Som forklart innledningsvis viste elevene store utfordringer med å generalisere kunnskapen sin. Dette er et av kjennetegnene elevene må vise om de skal kunne vise at de har en helhetlig systemforståelse av de ulike klimasystemene. Elevene var i stand til å koble kretsløp begrepet fra vannets kretsløp, sammen med karbonets kretsløp. Sigrid forsøkte å koble sammen et kretsløp med en næringskjede, utover dette viste hun ingen tegn på å kunne generalisere sin kunnskap. Både Herman og Tiril sammen karbonets kretsløp med vannets kretsløp, etter en del veiledning fra meg. Herman kom med utsagn som: («(...) Begge to er kretsløp, fordi de begge går i en sirkel som aldri blir ferdig (...)»). Dette utsagnet sa han uten å bli veiledet dit, dette var hans egen forståelse for sammenhengen mellom vannets kretsløp og karbonets kretsløp. Dette tyder på at han har en begynnende evne til å generalisere. Helene viste ingen tegn til å kunne generalisere. I forskning har elever vist at de har utfordringer med å generalisere kunnskapen, men at gjennom ha fokus på systemforståelse vil elever også tilegne seg evnen til å generalisere (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, s. 549). Som vi ser viser elevene tydelig at de har utfordringer med å generalisere. Dette indikerer at elevene har vært opptatt av å jobbe lineært, og ikke anvende kunnskapen fra temaer på andre områder hvor det kan være relevant. Med den LK20 som den gjeldende læreplanen, og

de tre tverrfaglige temaene vil man kunne jobbe mer tverrfaglig å benytte kunnskapen man tilegner seg i naturfag på arenaer innenfor matematikk eller samfunnsfag for eksempel. SSI rettede problemstillinger kan være en metode å jobbe på for å få elevene til å benytte naturfaglig kunnskap på andre arenaer. Da slike problemstillinger legger til rette for tverrfaglig tenkning, og er engasjerende for elevene (Zeidler & Nichols, 2009, s. 49). Som UNESCO (2017, s. 10) påpeker er systemforståelse en bærekraftskompetanse, som elever ikke kan lære seg, men heller må utvikle på egenhånd. Da kan SSI rettede problemstillinger være en metode å jobbe på for at elever skal få til å bruke kunnskap fra et tema, og benytte det innenfor andre temaer.

Gjennom intervjuene viser elevene at de er i stand til å reflektere over viktige systemegenskaper, i henhold til STH rammeverket. Alle elevene identifiserte blant annet relevante komponenter og prosesser. De inkluderte flere av de samme komponentene og prosessene, og alle klarte å inkludere flere komponenter enn tegningene deres er illustrert med. Elevene viste også til relevante relasjoner mellom komponenter og prosesser. Slik som Sigrid som viste til relasjonen mellom refleksjon og absorpsjon. Elevene viser forståelse for sammenhengen mellom fotosyntese og celleånding, Zangori et al. (2017, s. 1249) peker på at denne sammenhengen er viktig for at elever skal ha en helhetlig forståelse for karbonets kretsløp.

Elevene tok også opp dagsaktuelle saker, som avskoging og fossile brensler. Elevene forsøkte og forutsi fremtiden, hvor de uttrykte bekymring for gjennomsnittstemperaturen på jordkloden. De mente også at vi mennesker er løsningen på klimaproblemet, men at det må skje noe nå. Ifølge IPCC rapporten (2021, s. 20) peker den på at elevenes antagelser om at temperaturen på jorda vil stige litt stemmer overens med deres forskning. Elevene peker på at vi må kutte utslippet av CO₂, da et høyere utslipp av CO₂ vil få negative påvirkninger på jorda, dette får elevene også støtte i av IPCC rapporten (2021, s. 5). Når elevene skal analysere hvilke tiltak som trengs for å hindre økte temperaturer, nevner de bare at vi må kutte utslipp. Det er lite konkrete tiltak som elevene inkluderer i sine forklaringer.

Elevene identifiserte en del menneskelige faktorer som påvirker både karbonets kretsløp og drivhuseffekten, for eksempel oljeboring, avskoging eller økte utslipp av CO₂ gjennom bilkjøring, eller flyreiser. Dette er eksempler som elevene tar opp som påvirker disse systemenes homeostase, som er en viktig del av et komplekst system (Tripto et al., 2016, s.

566). Ingen av elevene inkluderer homeostase som begrep i sine svar, men de forklarer litt rundt hvordan ulike menneskelige faktorer påvirker systemene. Derfor kan man argumentere for at elevene begynner å få en begynnende forståelse for homeostase.

5.3 Helhetlig systemforståelse

Det har i denne studien blitt presentert resultater fra elevtegninger og intervju, disse resultatene viser hvordan elevene viser systemforståelse for karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Jacobson og Wilensky (2006, s. 14) peker på at elever i alle aldre har utfordringer med å tilegne seg systemforståelse på et høyt nivå. Dette støttes også av funnene mine fra elevtegningene, hvor de majoriteten av elevene ble plassert på de nederste nivåene. I intervjuene derimot viste elevene en større grad av systemforståelse, selv om ingen av elevene klarte å reflektere rundt alle temaene. Elevene klarte å reflektere rundt de aller fleste temaene, men alle viste utfordringer knyttet til generalisering. Hensikten bak denne studien var å undersøke elevenes helhetlige systemforståelse gjennom tegninger og intervjuer. Det er derfor viktig å se tegningene og intervjuene i en helhetlig kontekst, for å undersøke hvordan disse utfyller hverandre. Da dette vil gi et klarere bilde av elevenes helhetlige forståelse for disse komplekse systemene.

Bakgrunnen for analyse til resultatene og intervjuene var STH rammeverket. Dette rammeverket ble utarbeidet av Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b) viser til åtte kjennetegn på elevenes systemforståelse. Disse kjennetegnene dannet grunnlaget for analyseverktøyet som er benyttet i analysen i denne studien. STH rammeverket har blitt benyttet i ulike studier, blant annet i studien til Tripto et al. (2017). Dette indikerer at STH rammeverket egner seg til å måle elevers systemforståelse. Bakgrunnen for valget av STH rammeverket foran SBF rammeverket er at man i STH rammeverket kan få en større forståelse for akkurat hva som utvikler seg innenfor elevers systemforståelse, noe også Ben-Zvi Assaraf et al. (2013, s. 36) argumenterer for. Dette samhandler med oppgavens problemstilling da målet var å undersøke elevers helhetlige systemforståelse innenfor drivhuseffekten og karbonets kretsløp. Det ble ansett som mer hensiktsmessig å inkludere flere kategorier og temaer som viser elevers systemforståelse, for å undersøke elevenes helhetlige systemforståelse.

Metoden som er brukt, er også blitt benyttet i andre studier. Óskarsdóttir et al. (2011) benyttet tegninger i sin studie for å måle elevenes forståelse for kroppen. I tillegg er intervju en metode som har blitt benyttet i en rekke studier tidligere, hvor man undersøker elevers

systemforståelse (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b; Jacobson & Wilensky, 2006). Jakobsson et al. (2009, s. 982) peker på at det finnes metoder som ikke egner seg til å måle elevens forståelse av drivhuseffekten, spesielt spørreskjemaer blir ansett som lite hensiktsmessig. De argumenter for at nyanser av elevenes forståelse forsvinner, når man får standardiserte spørsmål til alle informantene i en studie (Jakobsson et al., 2009, s. 991). Dette er ikke tilfellet i denne studien, da elevene selv fikk utarbeide egne representasjoner, og i etterkant ble intervjuet om sine egne illustrasjoner. Nyansene ble også tatt hensyn til da STH rammeverket har en rekke ulike egenskaper for å undersøke elevenes systemforståelse.

Resultatene i denne studien viser som nevnt innledningsvis at elevene viser en lav systemforståelse i forhold til tegningene, men at gjennom intervensjonen som ble gjennomført viser elevene et høyere nivå av systemforståelse. Allikevel ser vi at elevene som ble intervjuet viste systemforståelse på et høyere nivå. Herman sine tegninger ble plassert på nivå 2 både før og etter undervisningsopplegget, i intervjuene derimot viste Herman systemforståelse på et høyt nivå. Tegningene som Herman hadde utarbeidet manglet en del piler, for å knytte sammen komponentene og prosessene i tegningen. I intervjuet derimot viste Herman at han satt på denne forståelsen. Dette indikerer at han har forståelse for disse sammenhengene, men at han viste utfordringer med få denne kunnskapen ut gjennom egne tegninger. Erhlén (2008, s. 41) peker på at om man analyserer elevens tegninger tar man det for gitt at forholdet mellom elevens kunnskaper og tegning stemmer overens. I Herman sitt tilfelle stemmer ikke dette, da han hadde en større systemforståelse i intervjuene enn han viste i tegningene sine. Dette indikerer at han har en helhetlig større systemforståelse, om man ser på helheten, enn om man kun retter søkelyset på tegningene. Herman var også den eneste intervjudeltageren som tegnet underveis i intervjuet, og denne illustrasjonen bygde videre på hans opprinnelige andre tegning. Denne tegningen viste mer sammenhengen mellom komponentene og prosessene i karbonets kretsløp. Han viste dermed at han satt på kunnskaper om dette komplekse systemet som han ikke fikk illustrert i sin andre tegning. Igjen peker dette i retning på at han har en helhetlig høyere systemforståelse enn om man kun hadde sett på elevtegningene.

Helene illustrerte en tegning som var på nivå 6 både før og etter intervensjonen, og hun var dermed den eleven som viste den høyeste grad av systemforståelse basert på tegningene. Hun viste også systemforståelse på et høyt nivå i intervjuet, og ble plassert på hovednivå 3

der. Helene viser gjennom intervjuet og tegningene at hun har en helhetlig systemforståelse på et høyt nivå. Allikevel viser sitatene fra intervjuene at Helene omtaler systemene på et makronivå, og i mindre grad på mikronivå. Dette peker også Tripto et al. (2017, s. 92) på, at elever viser systemforståelse på et makronivå. Dette gjør at elevenes forståelse blir mer overfladisk, da den ekskluderer viktige detaljer som skjer på et mikronivå. For eksempel i hennes forklaring av hvorfor karbonets kretsløp er syklisk, forklarer hun at fotosyntese er en viktig prosess. Hun utelater for eksempel hva som trengs for at en plante skal kunne drive fotosyntese, og hva hele resultatet av fotosyntesen blir. Hun sier: («(...) Så havner det i treet, også skjer det fotosyntese, og da blir den til et eple, også blir eplet spist, også er det ned i magen, og da skjer celleånding (...)). For at hennes forklaringer skulle blitt mer helhetlige kunne hun også inkludert forklaringer på et mikronivå. Hun viste også utfordringer med å generalisere kunnskapen fra karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Allikevel viser hun at hun har en høy grad av systemforståelse for disse komplekse systemene, basert på der hun er i utdanningen. Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005a) undersøkte ungdomsskoleelevers systemforståelse i forhold til vannets kretsløp. Man fant ut at elevene manglet blant annet de sykliske og dynamiske oppfatningene innenfor vannet kretsløp (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005a, s. 368). Dette stemmer ikke overens med Helenes forklaringer, hvor hun viser forståelse for disse aspektene av systemforståelse. Selv om Helene sine forklaringer er mer overfladiske, da de hennes forklaringer foregår på makronivå.

Sigrid sine tegninger ble plassert på nivå 4 både før og etter undervisningsopplegget, samt at hun etter intervjuene ble plassert høyt på hovednivå 2 i sine intervjuer. Hun viser dermed at gjennom både tegninger og intervjuer at hun ligger helt på grensen mellom en middels til høy grad av systemforståelse av disse komplekse systemene. Sigrid viste som de andre utfordringer med å generalisere sin kunnskap om disse systemene. I tillegg bar en del av forklaringene hennes preg av å være på et makronivå, hvor hun var overfladisk i sine utdypninger. For eksempel når hun redegjorde for en dynamisk relasjon, og hvordan menneskelig påvirkning påvirker disse systemene:

«For da begynte vi å bruke CO₂ da. Vi begynte å lage tog, og begynte å lage fabrikker og sånt da. Vi begynte å lage store motorveier. Men nå har liksom alt blitt ganske stort, da, og alle skal ha alt, og det er liksom sånn fortsatt liksom. I tillegg har vi blitt ganske mye folk da.»

Dette sitatet viser at hun forklarer overfladisk rundt den menneskelige påvirkningen på klimaet. Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005a, s. 368) peker på at elevene slet med å vise de dynamiske relasjonene i vannets kretsløp. Sigrid viser ikke utfordringer med å peke på menneskelige påvirkninger på karbonets kretsløp i dette tilfellet, men hun argumenterer stort sett på makronivå, noe som gjør hennes argumentasjon mer overfladisk. Dette indikerer at hun har en begynnende forståelse for det dynamiske aspektet i systemene. Hmelo-Silver et al. (2007, s. 308) peker på at det å forstå det dynamiske aspektet i et system er noe av det vanskeligste å forstå. Det dynamiske aspektet handler om å se den sammenhengende helheten i et system (Hmelo-Silver et al., 2000, s. 250). Som vi ser av sitatet til Sigrid benytter hun kunnskapen om at teknologiutviklingen, og at det har blitt flere mennesker på jorda, påvirker både karbonets kretsløp og drivhuseffekten. For at hun skal se den sammenhengen, er hun avhengig av å kjenne til hvordan disse systemene fungerer. Dette har en sammenheng med at både karbonets kretsløp og drivhuseffekten er to komplekse systemer, og ifølge Tripto et al. (2016, s. 566) er et annet kjennetegn på et komplekst system at det er hierarkisk. Siden et system er preget av hierarkier vil det være vanskelig å forstå et nivå, uten å forstå nivåene under (Hmelo-Silver et al., 2000, s. 250). Forklaringen til Sigrid tyder på at hun har forstått hvordan de ulike delene i systemet interagerer med hverandre, og at hun kan se på disse systemene på et høyere nivå i hierarkiet. Dette gjør igjen at hennes forklaring rundt de menneskelige påvirkningene blir noe overfladiske, men hun viser en begynnende kunnskap på dette området. Hmelo-Silver og Pfeffer (2004) undersøkte eksperter og nybegynnere sin forståelse av komplekse systemer, og hvordan de skiller seg fra hverandre. De skriver at en nybegynner vil fokusere på strukturer og, samtidig vise minimale forståelser for handling og funksjon (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004, s. 136). En funksjon i et system handler om rollen et element har i et system (Hmelo-Silver et al., 2007, s. 312). Sigrid peker her hvordan bruken av CO₂ har endret seg over tid, og peker på teknologiutvikling og befolkningsvekst. Både teknologiutvikling og befolkningsvekst har påvirket klima i form av et høyere utslipp, noe som påvirker både drivhuseffekten og karbonets kretsløp negativt. Vi kan ikke si at Sigrid er en ekspert da hennes forklaring er mer overfladisk, men hun er over en nybegynner i tankegangen rundt det dynamiske aspektet i et system.

Tiril sin første tegning ble plassert på nivå 3 og hennes andre tegning på nivå 4, hun ble også plassert midt på hovednivå 2 etter intervjuene. Dette gjør at man kan si at hennes helhetlige

systemforståelse for karbonets kretsløp og drivhuseffekten er på et middels nivå. Tegningene til Tiril utviklet seg gjennom intervensjonen hvor hun i den siste tegningen hadde med viktige komponenter fra karbonets kretsløp, som var fraværende i hennes første tegning. At Tiril sine tegninger har utviklet seg, kan skyldes intervensjonen som ble gjennomført. Det ble jobbet med både simuleringer, og at elevene skulle utarbeide egne representasjoner av karbonets kretsløp. Adadan et al. (2009, s. 1765) påpeker at å arbeide med representasjoner gir elever en dypere forståelse for abstrakte fenomener. At det ble inkludert representasjoner i intervensjonen, kan ha hjulpet Tiril til å få en økt systemforståelse for disse komplekse systemene.

Tiril illustrerte begge sine tegninger med drivhuseffekten, og måten hun illustrerte drivhuseffekten på samhandler med Shepardson et al. (2011, s. 12–13) sitt nivå 5. Shepardson et al. (2011, s. 8) peker på at nivå 5 er den høyeste formen for forståelse som ble identifisert. Med en passende læreplan og litt mer erfaring fra undervisning vil elever som illustrerer drivhuseffekten på denne måten ganske enkelt få en helhetlig forståelse for drivhuseffekten (Shepardson et al., 2011, s. 12–13). Tiril forklarer også hvorfor drivhuseffekten er syklisk på samme måte som hun har tegnet drivhuseffekten. Dette samsvarer med nivå 5 som Shepardson et al. (2011, s. 12–13) foreslår. Tiril inkluderer også få begreper underveis i intervjuet. Noe som gjør at hennes forklaringer blir mer overfladiske. Hennes forklaringer om drivhuseffekten og karbonets kretsløp skjer også på et makronivå, hvor viktige detaljer som skjer på et mikronivå utelates.

6. Konklusjon

I denne masteroppgaven ble det undersøkt elevers helhetlige systemforståelse gjennom tegninger og intervju. Gjennom elevenes tegninger om drivhuseffekten og karbonets kretsløp, viste majoriteten at de hadde systemforståelse på de laveste nivåene. Allikevel viser resultatene at å innlemme en økt bruk av representasjoner i undervisningen om komplekse systemer kan ha en effekt på elevers systemforståelse. Vi ser av resultatene etter intervensjonen at mange av elevene har fått en økt systemforståelse. Selv om de fleste elevene fortsatt lå på en lav til middels forståelse, etter intervensjonen, ser man en forbedret systemforståelse etter undervisningsopplegget. I intervjuene som ble gjennomført viste elevene en middels til høy grad av systemforståelse. Alle elevene viste utfordringer med generaliseringer av elementer fra begge systemene, og at elevenes forklaringer bærer preg av å være på makronivå. Allikevel viste elevene gjennom både tegninger og intervju en helhetlig systemforståelse på et middels til høyt nivå.

6.1 Oppsummering

For å undersøke elevenes helhetlige systemforståelse og for å svare på forskningsspørsmålene i denne studien, har det blitt gjennomført en intervensjon som hadde til hensikt å benytte ulike representasjoner. Å benytte ulike representasjoner i undervisning om abstrakte temaer har vist gjennom ulike studier å ha en positiv effekt på elevers forståelse (Adadan et al., 2009; Permatasari et al., 2022). Spesielt å bruke simuleringer har vist seg som en egnet metode for å legge til rette for at elever skal få økt systemforståelse (Jacobson & Wilensky, 2006; Jeong et al., 2022). Ben-Zvi Assaraf og Orion (2005b, s. 520) peker på at elever opplever utfordringer med å vise systemforståelse. Dette samsvarer med mine funn i forhold til tegningene, at elevene viser en lav grad av systemforståelse. Flere av elevene inkluderte flere komponenter i deres andre tegning, noe som medførte at de gikk opp på et høyere nivå. Det var også en elev som inkluderte flere av de skjulte dimensjonene i sin andre tegning. Gjennom analysen av elevtegningene ser man at elevene systemforståelse utvikler seg på den måten at elevene tilfører flere komponenter. Vi ser av resultatene at det sykliske aspektet i systemene forsvinner, da kun én elev illustrerte det sykliske aspektet i begge tegningene.

Om vi undersøker elevintervjuene, ser vi at elevene viste systemforståelse på middels til høyt nivå. Alle elevene viste utfordringer med å generalisere i intervjuene, noe som er en viktig del av å vise systemforståelse på et høyt nivå. Elevene viste derimot forståelse for det sykliske aspektet, og de kunne forutsi fremtiden, noe som også er kjennetegnet av en høy grad av systemforståelse. Elevenes forklaringer om karbonets kretsløp og drivhuseffekten bærer preg av å være på et makronivå, dette peker også Tripto et al. (2017, s. 92) på.

For å svare på oppgavens problemstilling, hvordan elever viser en helhetlig systemforståelse gjennom tegninger og intervjuer, er det viktig å se både tegninger og intervjuer i sammenheng. Illustrasjonene til elevene viser at de kan inkludere flere viktige komponenter til begge systemene, men at de ikke får frem de sykliske aspektene. Noen elever får frem de skjulte komponentene også. I intervjuene viser elevene at de forstår det sykliske aspektet i begge systemene, samt at de er i stand til å forutse fremtidens klima. Derfor kan man si at basert på resultatene i denne masteroppgaven at elevene viser en middels til høy grad av systemforståelse, basert på de tegningene som foreligger, og intervjuene som er tatt.

6.2 Begrensninger i denne studien og implikasjoner for videre forskning

I denne delen av konklusjonen vil det bli redegjort for studiens begrensninger og implikasjoner for videre forskning på området.

6.2.1 Begrensninger i studien

Denne masteroppgaven har undersøkt elevers systemforståelse innenfor de komplekse systemene karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Jeg har benyttet meg av elevtegninger og intervju av elever. Det har også blitt utarbeidet en intervensjon som hadde til hensikt å benytte ulike representasjoner for å se hvordan elevers systemforståelse utvikler seg gjennom egne representasjoner av karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Denne studiens begrensninger er blant annet tid, da det ikke er mulig å gjennomføre longitudinelle forskningsstudier innenfor en ramme på 1 år, fra prosjektstart til prosjektslutt. Dette er med på å begrense studiens resultater, siden det å følge en skoleklasse over en lengre periode kanskje ville gitt andre resultater. Dette påvirket også undervisningen som ble gjennomført. Hadde man i denne studien hatt mulighet til å utarbeide et undervisningsopplegg som gikk over en lengre periode, innenfor ulike komplekse systemer, ville man også kunne ha fått andre resultater. Istedenfor ble det gjennomført et undervisningsopplegg som gikk over 3 økter, hvor det var 1 økt per dag.

I tillegg er det også brukt to ulike komplekse systemer, noe som øker studiens kompleksitet. I forskningsstudier som er gjort på elevers systemforståelse har man hovedsakelig undersøkt ett komplekst system (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005a; Düsing et al., 2019; Shepardson et al., 2011). Dette betyr at i denne studien kan resultatene som blir vist være noe lavere, på grunn av studiens kompleksitet, i forhold til andre studier. Om det hadde blitt undersøkt kun et system, ville man kunne også sett hvordan elevenes tegninger og refleksjoner rundt et enkelt system ville endret seg, og kunne gått dypere inn i dette.

Som metode i denne studien benyttet jeg meg av elevtegninger og intervjuer. En svakhet ved denne studien er at det kun ble gjennomført intervjuer i etterkant av intervensjonen. Det kunne vært interessant og gjennomført intervjuer i både forkant og etterkant av intervensjonen, da ville det blitt enda tydeligere på akkurat hvilke områder elevene hadde utviklet sin systemforståelse på. I tillegg kunne man undersøkt hvordan den helhetlige systemforståelsen til elevene var i både forkant og etterkant av intervensjonen.

6.2.2 Implikasjoner for videre forskning

For å forske videre på denne tematikken her, så vil det være naturlig å gjennomføre longitudinelle forskningsstudier for å undersøke hvordan ulike representasjoner er med på å utvikle elevers systemforståelse. Er det slik at elevers systemforståelse ikke utvikler seg i stor grad, eller vil elevene få en økt systemforståelse for komplekse systemer? Man kan også forske videre på hvilke ulike typer representasjoner som stimulerer til økt systemforståelse hos elever. Jeong et al. (2022, s. 694) peker på simuleringer som en lovende representasjon og inkludere i undervisningspraksis, men finnes det andre representasjoner som kan støtte elevene?

Et annet funn i denne studien er at elever strever med å generalisere sin kunnskap fra karbonets kretsloop og drivhuseffekten. Derfor er et forslag for videre forskning å gjennomføre forskningsstudier hvor man undersøker hvordan man kan støtte elevene til å kunne generalisere. Generalisering er en viktig del av systemforståelsen som elever skal vise, for å være på et høyt nivå av systemforståelse. Elevene i denne studien viste utfordringer med å generalisere. Det vil derfor være nyttig å forske på hvordan lærere kan tilrettelegge for elevene slik at de kan få utviklet en forståelse slik at de er i stand til å generalisere.

Det vil også være nyttig å undersøke hvilke komplekse systemer som elevene i skolen strever med. Viser elever ingen utfordringer med for eksempel kroppen som et system, eller vannets

kretsløp? Eller strever elever med å forstå mange av de komplekse systemene som de møter i skolen? Dette vil også være interessant og forske på.

Å forske på hvordan lærere legger til rette for at elever skal få økt systemforståelse, eller i hvor stor grad de har fokus på systemforståelse i undervisningen, vil også være viktig å undersøke. For at elever skal få økt systemforståelse, er det viktig at lærere legger til rette for dette slik at elever får anledning til å utvikle sin egen systemforståelse. UNESCO (2017, s. 10) peker på nøkkelkompetanser innenfor bærekraftig utvikling er noe som elever ikke kan lære, men må utvikle over tid. Det er derfor viktig å undersøke i hvor stor grad lærere legger til rette for at elever skal få utvikle systemforståelse, som er en av nøkkelkompetansene som UNESCO (2017, s. 10) peker på.

Et siste forslag til videre forskning er hvordan man kan støtte elever til å forstå systemer på ulike nivåer. I denne studien forklarte mange av elevene seg på makronivå, noe som også gjelder i forskningen til Tripto et al. (2017, s. 92). Derfor kan det være interessant å forske videre på hvordan man kan legge til rette og få elevene til å få en mer mikroforståelse for komplekse systemer.

6.3 Implikasjoner for praksisfeltet

I forhold til praksisen som lærer vil den forskningen være relevant på flere områder. For det første vil det være hensiktsmessig å inkludere flere ulike representasjoner i undervisningen om komplekse systemer. I denne studien har det blitt vist at det har en effekt på elevers systemforståelse. Tidligere forskning peker også på at simuleringer er en form for representasjoner som har en effekt på å utvikle elevers systemforståelse (Jeong et al., 2022, s. 694). Gjennom å jobbe med simuleringer vil man også lettere kunne tilpasse opplæringen til de ulike elevene. Noen elever er på et høyere nivå av systemforståelse enn andre og derfor vil de også ha ulikt utbytte av simuleringer, og fokusere på ulike deler av en simulering. Mens elever på et høyere nivå av systemforståelse vil undersøke hvordan de ulike variablene påvirker systemet, vil de på elevene på et lavere nivå fokusere på hva de ulike komponentene i systemet bidrar med. Dette gjør at å implementere arbeid med simuleringer, eller andre former for representasjoner i arbeidet med de komplekse systemene bidrar til å tilpasse opplæringen for elever. I tillegg til at elever skal få anledning til å utforske representasjoner, er det viktig å la elevene få produsere og utvikle egne representasjoner. Det er også viktig at elevene får anledning til å videreutvikle sin egen representasjon ved at medelever eller

lærere gir tilbakemeldinger på representasjonen som er utviklet. Dette bidrar også til kritisk tenkning og vurdering av egne representasjoner, som står i LK20 at er ferdigheter elevene skal utvikle i løpet av skolegangen (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 1)

Ved å innlemme et større fokus på representasjoner både i form av utforskning, men også i form av å la elever utvikle egne representasjoner, vil det ifølge denne masteroppgaven danne grunnlag for økt systemforståelse blant elever.

7. Litteraturliste

- Adadan, E., Irving, K. E., & Trundle, K. C. (2009). Impacts of Multi-representational Instruction on High School Students' Conceptual Understandings of the Particulate Nature of Matter. *International Journal of Science Education*, 31(13), 1743–1775. <https://doi.org/10.1080/09500690802178628>
- Ben-Zvi Assaraf, O., Dodick, J., & Tripto, J. (2013). High School Students' Understanding of the Human Body System. *Research in Science Education*, 43(1), 33–56. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9245-2>
- Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2005a). A Study of Junior High Students' Perceptions of the Water Cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 366–373. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-53.4.366>
- Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2005b). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 518–560. https://www.researchgate.net/publication/227629406_Development_of_system_thinking_skills_in_the_context_of_Earth_System_education
- Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2009). System thinking skills at the elementary school. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 540–563. <https://doi.org/10.1002/tea.20351>
- Ben-Zvi Assaraf, O., & Snapir, Z. (2018). Human Biology. I K. Kampourakis & M. J. Reiss (Red.), *Teaching Biology in Schools: Global Research, Issues, and Trends* (s. 62–73). Taylor & Francis Group.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://www.tandfonline-com.ezproxy.inn.no/doi/abs/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brown, M. H., & Schwartz, R. S. (2009). Connecting photosynthesis and cellular respiration: Preservice teachers' conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(7), 791–812. <https://doi.org/10.1002/tea.20287>
- Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future* (A/42/427). Oxford University Press. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- Düsing, K., Asshoff, R., & Hammann, M. (2019). Students' conceptions of the carbon cycle: Identifying and interrelating components of the carbon cycle and tracing carbon atoms across the levels of biological organisation. *Journal of Biological Education*, 53(1), 110–125. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1447002>

- Ehrlén, K. (2008). *Drawings as Representations of Children's Conceptions* (s. 41–57). International Journal of Science Education. [https://doi-org.ezproxy.inn.no/10.1080/09500690701630455](https://doi.org.ezproxy.inn.no/10.1080/09500690701630455)
- Gilissen, M. G. R., Knippels, M.-C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*, 42(8), 1253–1280. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1755741>
- Gleiss, M. S., & Sæther, E. (2021). *Forskningsmetode for lærerstudenter*. Cappelen Damm Akademisk.
- Goel, A., Gómez de Silva Garza, A., Grué, N., Murdock, J. W., Recker, M., & Govindaraj, T. (1996). *Towards Design Learning Environments - I: Exploring How Devices Work*. (s. 493–501). Springer. https://www.researchgate.net/publication/221413475_Towards_Design_Learning_Environments_-_I_Exploring_How_Devices_Work
- Grindeland, J. M., Staberg, R. L., & Tandberg, C. (2020). *Biologi for lærere* (2. utg.). Gyldendal akademisk.
- Hannisdal, M., & Ringnes, V. (2019). *Kjemi for lærere* (2. utg.). Gyldendal.
- Hmelo-Silver, C. E., Holton, D. L., & Kolodner, J. L. (2000). Designing to Learn About Complex Systems. *Journal of the Learning Sciences*, 9(3), 247–298. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS0903_2
- Hmelo-Silver, C. E., Marathe, S., & Liu, L. (2007). Fish Swim, Rocks Sit, and Lungs Breathe: Expert-Novice Understanding of Complex Systems. *Journal of the Learning Sciences*, 16(3), 307–331. <https://doi.org/10.1080/10508400701413401>
- Hmelo-Silver, C. E., & Pfeffer, M. G. (2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science*, 28(1), 127–138. https://doi.org/10.1207/s15516709cog2801_7
- Høgskolen i Innlandet. (u.å.). *Datainnsamling og personvern i studentoppgaver*. <https://www.inn.no/bibliotek/oppgaveskriving/datainnsamling-og-personvern/index.html>
- Jacobson, M. J., & Wilensky, U. (2006). Complex Systems in Education: Scientific and Educational Importance and Implications for the Learning Sciences. *Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 11–34. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1501_4
- Jakobsson, A., Mäkitalo, Å., & Säljö, R. (2009). Conceptions of knowledge in research on students' understanding of the greenhouse effect: Methodological positions and their consequences for representations of knowing. *Science Education*, 93(6), 978–995. <https://doi.org/10.1002/sce.20341>

- Jegstad, K. M., & Ryen, E. (2020). Bærekraftig utvikling som tverrfaglig tema i grunnskolens naturfag og samfunnsfag – en læreplananalyse. *Norsk pedagogisk tidsskrift*, 104(3), 297–312. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-2987-2020-03-07>
- Jeong, S., Elliott, J. B., Feng, Z., & Feldon, D. F. (2022). Understanding Complex Ecosystems Through an Agent-Based Participatory Watershed Simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 31(5), 691–705. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09987-8>
- Johannessen, A., Tufte, P. A., & Christoffersen, L. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (5. utg.). Abstrakt forlag.
- Johannessen, A., Tufte, P. A., & Christoffersen, L. (2021). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (6. utg.). Abstrakt forlag.
- Jordan, R. C., Hmelo-Silver, C., Liu, L., & Gray, S. A. (2013). Fostering Reasoning About Complex Systems: Using the Aquarium to Teach Systems Thinking. *Applied Environmental Education & Communication*, 12(1), 55–64. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2013.797860>
- Keynan, A., Ben-Zvi Assaraf, O., & Goldman, D. (2014). The repertory grid as a tool for evaluating the development of students' ecological system thinking abilities. *Studies in Educational Evaluation*, 41, 90–105. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2013.09.012>
- Knain, E., Fredlund, T., Furberg, A., Mathiassen, K., Remmen, K. B., & Ødegaard, M. (2017). Representing to learn in science education: Theoretical framework and analytical approaches. *Acta Didactica Norge*, 11(3), Artikkel 3. <https://doi.org/10.5617/adno.4722>
- Kunnskapsdepartementet. (2019). *Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/lk20/nat01-04?lang=nob>
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervjuet* (T. M. Anderssen & J. Rygge, Overs.; 3. utg.). Gyldendal akademisk.
- Kvammen, P. I., Lie, S., Nyhus, G. C., Vedum, T. V., & Ødegaard, T. (2014). *Oppdag naturen*. Fagbokforlaget.
- Ladyman, J., Lambert, J., & Wiesner, K. (2013). What is a complex system? *European Journal for Philosophy of Science*, 3(1), 33–67. <https://doi.org/10.1007/s13194-012-0056-8>
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>

- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again? *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0002-0>
- Liu, S.-C. (2021). Using drawings to examine undergraduate students' mental models of the greenhouse effect: A factor analysis approach. *International Journal of Science Education*, 43(18), 2996–3017. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.2004466>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Pèan, C., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Matthews, J. B. R., Berger, S., Huang, M., Yelekci, O., Yu, R., Zhou, B., Lonnoy, E., Maycock, T. K., Waterfield, T., Leitzell, K., & Caud, N. (2021). *Climate Change 2021 The Physical Science Basis: Summary for Policymakers*. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2016). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4. utg.). Jossey-Bass.
- Naturfagsenteret, & UiO. (u.å.). *Grubletegninger*. naturfag.no. <https://www.naturfag.no/side/vis.html?tid=1233983>
- NOU 2015:8. (2015). *Fremtidens skole—Fornyelse av fag og kompetanser*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-8/id2417001/sec2>
- NRK Skole (Regissør). (2016a). *Celleånding*. <https://www.youtube.com/watch?v=staXeQZ6vZ0>
- NRK Skole (Regissør). (2016b). *Fotosyntese*. <https://www.youtube.com/watch?v=Fn4MtLwx0h4>
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130.
- Óskarsdóttir, G., Stougaard, B., Fleischer, A., Jeronen, E., Lützen, F., & Kråkenes, R. (2011). Children's ideas about the human body – A Nordic case study. *Nordic Studies in Science Education*, 7(2), 179–189. <https://doi.org/10.5617/nordina.240>
- Palmberg, I., Hofman-Bergholm, M., Jeronen, E., & Yli-Panula, E. (2017). Systems Thinking for Understanding Sustainability? Nordic Student Teachers' Views on the Relationship between Species Identification, Biodiversity and Sustainable Development. *Education Sciences*, 7(3), 72. <https://doi.org/10.3390/educsci7030072>
- Permatasari, M. B., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2022). Chemistry Learning Using Multiple Representations: A Systematic Literature Review. *Journal of Science Learning*, 5(2), 334–341. <https://doi.org/10.17509/jsl.v5i2.42656>

- PhET. (u.å.). *Greenhouse Effect*. PhET. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/greenhouse-effect>
- Postholm, M. B., & Jacobsen, D. I. (2018). *Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanningen*. Cappelen Damm Akademisk.
- Reinagel, A., & Bray Speth, E. (2016). Beyond the Central Dogma: Model-Based Learning of How Genes Determine Phenotypes. *CBE—Life Sciences Education*, 15(1), 1–13. <https://doi.org/10.1187/cbe.15-04-0105>
- Sahin, S. (2006). COMPUTER SIMULATIONS IN SCIENCE EDUCATION: Implications for Distance Education. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 7(4). <https://eric-ed-gov.ezproxy.inn.no/?id=ED494379>
- Shepardson, D. P., Choi, S., Niyogi, D., & Charusombat, U. (2011). Seventh grade students' mental models of the greenhouse effect. *Environmental Education Research*, 17(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/13504620903564549>
- Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S., & Charusombat, U. (2009). Seventh grade students' conceptions of global warming and climate change. *Environmental Education Research*, 15(5), 549–570. <https://doi.org/10.1080/13504620903114592>
- Shepardson, D. P., Roychoudhury, A., Hirsch, A., Niyogi, D., & Top, S. M. (2014). When the atmosphere warms it rains and ice melts: Seventh grade students' conceptions of a climate system. *Environmental Education Research*, 20(3), 333–353. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.803037>
- SIKT. (u.å.-a). *Barnehage- og skoleforskning*. <https://sikt.no/tjenester/personverntjenester-forskning/personvernhandbok-forskning/barnehage-og-skoleforskning>
- SIKT. (u.å.-b). *Hva er personopplysninger | Sikt*. <https://sikt.no/tjenester/personverntjenester-forskning/personvernhandbok-forskning/hva-er-personopplysninger>
- Sinnes, A. T. (2015). *Utdanning for bærekraftig utvikling—Hva, hvorfor og hvordan?* Universitetsforlaget.
- Skolenmin. (u.å.). *Karbonkretsløpet: Faktafilm*. https://skolenmin.cdu.no/komponent/karbonkretsløpet-faktafilm-5dc17410a30738004436b363?_larerforside-8-10-65bcfaed3aefa6c7698c6c30&s=statistikk/alle-oppgaver&soktekst=Karbonkrinsl%25C3%25B8pet&sokehistorie=ja
- Staberg, R. L., Tandberg, C., & Grindeland, J. M. (2020). *Biologididaktikk for lærere*. Gyldendal akademisk.

- Teplá, M., Teplý, P., & Šmejkal, P. (2022). Influence of 3D models and animations on students in natural subjects. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 65.
<https://doi.org/10.1186/s40594-022-00382-8>
- Thacker, I., & Sinatra, G. M. (2019). Visualizing the Greenhouse Effect: Restructuring Mental Models of Climate Change Through a Guided Online Simulation. *Education Sciences*, 9(1), 14. <https://doi.org/10.3390/educsci9010014>
- Tripto, J., Assaraf, O. B. Z., Snapir, Z., & Amit, M. (2017). How is the body's systemic nature manifested amongst high school biology students? *Instructional Science*, 45(1), 73–98. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9390-0>
- Tripto, J., Assaraf, O. B.-Z., & Amit, M. (2013). Mapping What They Know: Concept Maps as an Effective Tool for Assessing Students' Systems Thinking. *American Journal of Operations Research*, 3(1), Artikkel 1. <https://doi.org/10.4236/ajor.2013.31A022>
- Tripto, J., Ben-Zvi Assaraf, O., Snapir, Z., & Amit, M. (2016). The 'What is a system' reflection interview as a knowledge integration activity for high school students' understanding of complex systems in human biology. *International Journal of Science Education*, 38(4), 564–595. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1150620>
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals Learning Objectives*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444/PDF/247444eng.pdf.multi>
- Viten. (u.å.). *Fotosyntese, celleånding og karbonkretsløp*. Viten.no. Hentet 20. mars 2024, fra <https://www.viten.no/filarkiv/animasjoner/#/id/5fbc19fa11bf207384fe5dc3>
- Walker, K. (2012). Review of Research: Children and Their Purple Crayons: Understanding Their Worlds through Their Drawings. *Childhood Education*, 84(2), 96–101.
- Wessel-Svenkerud, S. (2022). Intervjuer i klasseromsforskning. I C. Pedersen Dalland (Red.), *Metoder i klasseromsforskning* (s. 91–102). Universitetsforlaget.
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>
- Yoon, S. A., Anderson, E., Koehler-Yom, J., Evans, C., Park, M., Sheldon, J., Schoenfeld, I., Wendel, D., Scheintaub, H., & Klopfer, E. (2017). Teaching about complex systems is no simple matter: Building effective professional development for computer-supported complex systems instruction. *Instructional Science*, 45(1), 99–121.
<https://doi.org/10.1007/s11251-016-9388-7>
- Zahl-Jensen, L. R. (2018). *IGP(I)—Individuell, gruppe, plenum*. KS.
<https://www.ks.no/fagomrader/barn-og-unge/ks-led/metoder-og-verktoy/igpi/>

- Zangori, L., Peel, A., Kinslow, A., Friedrichsen, P., & Sadler, T. D. (2017). Student development of model-based reasoning about carbon cycling and climate change in a socio-scientific issues unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1249–1273. <https://doi.org/10.1002/tea.21404>
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). *Socioscientific issues: Theory and practice*. (s. 49–58). Journal of Elementary Science Education.
- Zion, M., & Klein, S. (2015). Conceptual understanding of homeostasis. *International Journal Of Biology Education*, 4(1), 1–27. <https://doi.org/10.20876/ijobed.12279>

8. Vedlegg

Vedlegg 1 – Samtykkeskjema

Vil du delta i forskningsprosjektet systemforståelse i naturfag?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke hvordan representasjoner i naturfag påvirker systemforståelse hos elever. I dette skrevet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Formålet med dette prosjektet er å undersøke hvordan representasjoner påvirker systemforståelsen til elever i komplekse temaer. Problemstillingen til prosjektet er *hvordan kan bruk av representasjoner og klimamodeller bidra til systemforståelse som er relevant for global oppvarming?*

Dette er en masteroppgave som skrives i forbindelse med grunnskolelærerutdanningen 5.-10.trinn ved Høgskolen i Innlandet.

Du er spurt om å delta i prosjektet fordi du går på ungdomsskolen og har kjennskap til karbonets kretsløp og drivhuseffekten, og du har gjennomført et undervisningsopplegg tilknyttet disse temaene.

Hva innebærer det for deg å delta?

Det vil bli gjennomført et undervisningsopplegg i temaene karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Alle skal gjennomføre undervisningsopplegget, og det vil i starten og på slutten av undervisningsopplegget gjennomføres tegning fra elevene. Disse tegningene vil bli en del av datamateriale til masteroppgaven. Noen elever vil jeg gjerne også at deltar i et intervju. Intervjuet vil ha en varighet på 20-30 minutter, og vil dreie seg om karbonets kretsløp og drivhuseffekten. Jeg vil gå dypere inn i din forståelse for disse temaene og se på dette opp mot systemforståelse i naturfag. Samtalen vil også dreie seg om tegningene som du har tegnet i undervisningen. Intervjuet vil bli tatt opp med lydopptak og blir behandlet konfidensielt.

Hvis det er ønskelig kan foresatte få utdelt intervjuguide i forkant av intervjuet, det er bare å ta kontakt med kontaktinformasjonen som ligger vedlagt.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er kun masterstudenten som vil ha tilgang til personsensitive opplysninger, og disse opplysningene vil ikke være relevante for

studien. Veileder kan i forbindelse med endelig tekst få nevnt fornavn, men utover det vil det kun være masterstudenten som har tilgang til personsensitive opplysninger.

Alle navn vil i den endelige masteroppgaven være anonymisert, dette gjelder også skolen hvor datainnsamlingen gjennomføres på.

Personopplysninger vil ikke bli samlet inn i forbindelse med selve studien, disse personopplysningene vil lagres adskilt fra øvrig data, og selve masteroppgaven.

Prosjektet skal etter planen avsluttes mai 2024. Personopplysninger i forbindelse med studien og lydopptak vil ved prosjektets slutt slettes.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysningene om deg for formål knyttet til vitenskapelig forskning, og fordi forskningsprosjektet er vurdert å være i allmennhetens interesse.

På oppdrag fra Høgskolen i Innlandet har Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandør vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

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, og dette vil ikke ha noen påvirkning mellom lærer og elev.

Har du spørsmål til studien eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter som nevnt nedenfor ta kontakt med Håkon Løken Haugen på epost: 233255@stud.inn.no. Veileder sitt navn er Anne Bergliot Øyehaug, som du kan ta kontakt med på epost: anne.oyehaug@inn.no

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 knyttet til vurderingen som er gjort av personverntjenestene fra Sikt, kan du ta kontakt via:

- Epost: personverntjenester@sikt.no eller telefon: 73 98 40 40.

Med vennlig hilsen

Anne Bergliot Øyehaug
(Forsker/veileder)

Håkon Løken Haugen
(Student)

Vedlegg 2 – Intervjuguide til alle elevene

Innledende spørsmål:

- Kan du forklare den siste tegning din for meg?
 - o Hvilke komponenter i karbonets kretsløp og drivhuseffekten kjenner du til, både det vi kan observere og det vi ikke kan observere?
 - o Kan du her peke ut og forklare de viktigste komponentene i karbonets kretsløp og drivhuseffekten? (fotosyntese, celleånding og kort og langbølget stråling)

Hoveddel:

- Hvilke sammenhenger ser du mellom karbonets kretsløp og drivhuseffekten?
 - o Kan du vise på tegningen din hvilke sammenhenger du ser mellom karbonets kretsløp og drivhuseffekten?
- Hva tror du skjer om vi fjerner mange trær eller andre planter vil ha og si for drivhuseffekten?
- Hva har det og si for karbonets kretsløp om vi fjerner mange trær og/eller planter?
- Kan du peke ut og forklare hvordan de forskjellige delene av karbonets kretsløp og drivhuseffekten i tegningen din er koblet sammen?
- Du har jo tegnet piler fra sola i tegningen din som stråler ned på jorda, hvilke andre temaer eller andre sammenhenger i naturfag kan man snakke om stråling, og hvor stråling er viktig?
- Tegningen din viser jo at karbonet går i et kretsløp, men hvilke andre stoffer eller andre elementer går i kretsløp, slik som karbonet?
- Kan du vise og forklare hvordan karbonets kretsløp og drivhuseffekten i tegningen din endrer seg over tid?
- Hvilke elementer eller forhold ser du som ikke er *synlige* på tegningen din av karbonets kretsløp og drivhuseffekten, men som du tror spiller en viktig rolle i systemet?
- Hvilke tegn eller elementer på tegningen din ser du som antyder at karbonets kretsløp og drivhuseffekten er en gjentakende og syklisk prosess?
- Hvordan var temperaturen tidligere før under istiden, før menneskene påvirket naturen?
- Hvorfor tror du at temperaturen på jorda har økt de siste tiårene?
 - o Hvordan tror du temperaturen vil bli de neste årene fremover?
 - o Hvorfor tror du at temperaturen vil synke/stige?

Avslutning

- Til slutt har du noe mer du vil tilføye, eller som ikke har blitt sagt?

Vedlegg 3 – Godkjennelse fra SIKT

Vurdering av behandling av personopplysninger

Skriv ut

03.10.2023

Referansenummer

967268

Vurderingstype

Standard

Dato

03.10.2023

Tittel

Elevers systemforståelse ved arbeid med representasjoner i naturfag

Behandlingsansvarlig institusjon

Høgskolen i Innlandet / Fakultet for lærerutdanning og pedagogikk / Institutt for matematikk, naturfag og kroppøving

Prosjektansvarlig

Anne Bergliot Øyehaug

Student

Håkon Løken Haugen

Prosjektperiode

01.10.2023 - 14.05.2024

Kategorier personopplysninger

Alminnelige

Lovlig grunnlag

Allmennhetens interesse (Personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav e)

Behandlingen av personopplysningene er lovlig så fremt den gjennomføres som oppgitt i meldeskjemaet. Det lovlige grunnlaget gjelder til 14.05.2024.

[Meldeskjema](#)

Kommentar

OM VURDERINGEN

Sikt har en avtale med institusjonen du forsker eller studerer ved. Denne avtalen innebærer at vi skal gi deg råd slik at behandlingen av personopplysninger i prosjektet ditt er lovlig etter personvernregelverket. Vi har nå vurdert at du har lovlig grunnlag til å behandle personopplysningene.

FORMÅL

Formålet med dette prosjektet er å undersøke systemforståelsen hos elever som jobber med klimamodeller i naturfagundervisningen. Dette skal oppnås ved å utforme et undervisningsopplegg som fokuserer på bruk av representasjoner i undervisningen. Målet er å finne ut om bruk av slike representasjoner kan bidra til økt systemforståelse blant elevene. Konkret vil undervisningsopplegget omfatte temaer som karbonets kretsløp, drivhuseffekten og hvordan elevene reflekterer over ulike klimasystemer. For å evaluere utviklingen av systemforståelsen hos elevene, vil de bli bedt om å tegne en illustrasjon både før og etter undervisningsopplegget. Etter innsamling av disse tegningene vil det gjennomføres intervjuer med noen elever for å få dem til å reflektere over sine egne tegninger og forsøke å koble klimasystemet opp mot andre systemer i verden, inkludert økonomiske og politiske systemer. Datamaterialet for prosjektet vil bestå av elevenes egne tegninger og lydopptak fra intervjuene, og formålet er å analysere dette materialet for å vurdere om bruk av representasjoner i undervisningen har en positiv innvirkning på elevenes systemforståelse innenfor temaene knyttet til klima og miljø.

SAMFUNNSNYTTE

Prosjektet fokuserer på naturfagundervisning og systemforståelse, spesielt knyttet til klima og miljø. Økt forståelse av disse temaene blant elever er viktig for å forberede fremtidige generasjoner til å håndtere klimaendringer og miljøutfordringer.

Prosjektet kan også bidra til å utvikle undervisningsmetoder og verktøy som kan være nyttige for lærere og skoler i å forbedre elevenes læring om komplekse systemer. Ved å få elever til å reflektere over klimasystemer og deres forbindelser til andre samfunnssystemer, kan prosjektet bidra til å øke bevisstheten om de komplekse utfordringene knyttet til klima og miljø. Hvis prosjektet lykkes med å forbedre elevenes systemforståelse, kan dette ha langsiktige fordeler ved å øke kunnskapen og engasjementet blant fremtidige beslutningstakere og samfunnsmedlemmer når det gjelder miljøspørsmål

LOVLIG GRUNNLAG

Den planlagte behandlingen av personopplysninger er nødvendig for å utføre en oppgave i allmennhetens interesse, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 e).

Ifølge art. 6 nr. 3 b) skal grunnlaget for slik behandling fastsettes nærmere i nasjonal rett. Personopplysningsloven § 8 stadfester at behandling av personopplysninger for arkiv-, forsknings- eller statistikkformål er i allmennhetens interesse og kan gjøres på grunnlag av art. 6 nr. 1 e).

Prosjektet gjør nødvendige tiltak for å ivareta de registrertes rettigheter og friheter, jf. art. 89 nr. 1. I vår vurdering har vi lagt vekt på følgende:

- basert på beskrivelsen over, kan prosjektet sies å ha høy samfunnsnytte
- opplysningene kun brukes til prosjektet, ikke andre formål
- det bare samles inn opplysninger som er nødvendig for formålet
- det kun registreres alminnelige personopplysninger
- omfanget personopplysninger er relativt lite
- de registrerte får god informasjon om behandlingen og sine rettigheter
- de registrerte kan protestere mot behandlingen (reservasjon)

- kun prosjektmedarbeidere har tilgang til opplysningene
- personopplysninger skal fjernes i transkripsjon
- personopplysninger anonymiseres fortløpende
- varigheten for behandling av personopplysninger er relativt kort

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

Det er institusjonen du er ansatt/student ved som avgjør hvordan du må lagre og sikre data i ditt prosjekt og hvilke databehandlere du kan bruke. Husk å bruke leverandører som din institusjon har avtale med (f.eks. ved skylagring, nettspørreskjema, videosamtale el.).

Personverntjenester legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32).

MELD VESENTLIGE ENDRINGER

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til oss ved å oppdatere meldeskjemaet. Se våre nettsider om hvilke endringer du må melde: <https://sikt.no/melde-endringer-i-meldeskjema>

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

Vi vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!