

Ellen Karine Bull og Tora Gran Karoliussen

Foto-Tegn-Syntese

Utviklingen av en fagdidaktisk ressurs for å støtte lærere til å tegne fotosyntesen med elever

Masteroppgave i grunnskolelærerutdanning 5.-10. trinn

Veileder: Helena Bichão og Dag Atle Lysne

Mai 2024

Ellen Karine Bull og Tora Gran Karoliussen

Foto-Tegn-Syntese

Utviklingen av en fagdidaktisk ressurs for å støtte lærere til å tegne fotosyntesen med elever

Masteroppgave i grunnskolelærerutdanning 5.-10. trinn
Veileder: Helena Bichão og Dag Atle Lysne
Mai 2024

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



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Vårt masterprosjekt har hatt som mål å bidra til at naturfaglærere og elever tegner sammen i undervisning. For å realisere det overordnede målet har vi utviklet en fagdidaktisk ressurs i form av en tegne-med-video for naturfaglærere. Hensikten er å gi lærerne et verktøy de kan ta i bruk i forkant av undervisningen, og deretter tegne med elevene i klasserommet. Konseptet er en videreføring av Ingvild Brattetaules (2022) masteroppgave hvor hun utviklet en tegne-med-video for immunsystemet.

Metoden som ble brukt for å utvikle ressursen er pedagogisk designforskning inspirert av Bjørndal (2013). Studien er et designeksperiment som består av tre faser: forberedelse, test og evaluering av prototype, og retrospektiv analyse, gjentatt i to sykluser. Vi ønsket å få innsikt i hvilke erfaringer og tanker informantene hadde da de så den fagdidaktiske ressursen. For å samle inn data som ga oss et tilstrekkelig bredt grunnlag til å utforske informantens opplevelser, tok vi i bruk en kvalitativ tilnærming gjennom spørreskjema med åpne svaralternativer og semistrukturerte intervjuer.

I designeksperimentet ble det gjennomført to sykluser med evaluering og analyse. Den første syklusen, som involverte tre biologer, hadde som mål å kvalitetssikre det faglige innholdet i ressursen. Tilbakemeldingene fra ekspertpanelet antydte at informantene mente ressursens faglige innhold var presist beskrevet, men påpekte områder med forbedringspotensialer. De viktigste forbedringene omfatter en tydeliggjøring rundt energi, energibærere og energilagre, justering av visuelle representasjoner for å unngå misoppfatninger, samt valg av begreper i videoen, som å bruke byggemateriale fremfor byggekloss om karbohydrater.

I den andre syklusen konsulterte vi tre ungdomsskolelærere gjennom semistrukturerte intervjuer. Her var målet å sikre ressursens relevans for målgruppen. Responser fra informantene resulterte i fem tematiske funn: faglig relevant innhold for ungdomsskolen, godt representert metaforer, (som calvinsyklusen representert som kjøkkenmaskin), ressursens potensial for å senke læreres terskel for å tegne, at lærerens kontakt med elevene når man tegner er viktig og et behov for et tilhørende informasjonsskriv. De ønsket at skrevet skulle dekke fotosyntesen, vanlige misoppfatninger om emnet og didaktiske valg i ressursen.

Avslutningsvis gjennomførte vi en retrospektiv analyse der vi kommer med forslag til videre utvikling av prototype 2 av den fagdidaktiske ressursen. Neste steg i utviklingsprosessen vil dermed være å utarbeide et vedlegg til ressursen, forbedre ressursens tilgjengelighet ved å utforme den med hensyn til universal bruk og gjennomføre en tredje syklus hvor vi får tilbakemeldinger fra lærere som har sett videoen og testet tegne-med-metoden med elever.

Abstract

Our master's project aimed to encourage science teachers and students to draw together in the classroom. To achieve this overarching goal, we developed a pedagogical resource in the form of a drawing-with-video for science teachers. The purpose is to provide teachers with a tool they can use before the lesson, and then draw with the students in the classroom. The concept is a continuation of Ingvild Brattetaales' (2022) master's thesis, where she developed a drawing-along-video for the immune system.

The method used to develop the resource is pedagogical design research inspired by Bjørndal (2013). Our study is a design experiment which involves three phases repeated iteratively: preparation, testing and evaluation of the different prototypes, and retrospective analysis. In the design experiment, two cycles of evaluation and analysis were conducted.

We wanted to gain insights into the experiences and thoughts of the informants when they viewed the pedagogical resource. To collect data that provided a sufficiently broad basis to explore the informants' experiences, we used a qualitative approach through questionnaires with open-ended responses and semi-structured interviews. The first cycle, involving the three biologists as informants, aimed to ensure the quality of the video's scientific content. Response from the experts indicated that the scientific content was accurately described and pointed out areas for improvements. Key improvements included streamlining the presentation of energy, energy carriers and energy storage, adjusting visual representations to avoid misconceptions, and selecting appropriate terminology, such as using "building material" instead of "building block" for carbohydrates.

In the second cycle we consulted three secondary school teachers using semi-structured interviews. This cycle aimed to ensure the video's relevance to the target audience. The response resulted in five thematic findings: the content was relevant to secondary school students, well represented metaphors (such as representing the Calvin cycle as a food processor), the resource's potential to encourage teachers to draw with their students, the importance of teacher-student interaction when drawing, and the need for an accompanying information sheet. They wanted the sheet to cover photosynthesis, common misconceptions about the subject, and didactic choices in the resource.

Finally, we conducted a retrospective analysis where we proposed suggestions for further development of prototype 2. The next step in the development process will therefore be to create an attachment for the resource, improve its accessibility by designing for universal use, and conduct a third cycle where we receive feedback from teachers who have seen the video and tested the drawing-along-activity with their students.

Forord

Nå som studietiden er på hell og sommeren i anmarsj, skal masteren leveres og vi gjør oss klare til en velfortjent tur til varmere strøk. Nei, vi mener ikke Østlandet, vi mener Italia! Vi vil derfor takke våre kjærester, Andreas og Magnus, som spanderer turen. Dere vet ikke om det enda, men takk på forhånd.

Takk til veilederne våre, Helena og Dag Atle. Deres tid og gode innspill underveis i prosessen har vært nyttige, og møtene våre lærerike og ikke minst hyggelige. Vi hadde ikke blitt så fornøyde med egen ressurs om det ikke var for dere. Vi vil også sende en stor takk til alle informantene som har stilt opp med sine tanker og erfaringer. Deres bidrag har vært uvurderlig for utviklingen av ressursen vår. Tusen takk til Morsjan, Farsjan, Andreas og Belle mère, for deres bidrag på korrekturlesing. Alltid like hyggelig å høre at folk blir positivt overrasket.

Jeg, Ellen, vil takke mine gode Trondheimsvenner, og spesielt eplekjernen, som har gjort tunge dager overkommelige og gode dager enda bedre. Takk for at helgene mine har vært fulle av latter, lott og løye. Fam og farfar, tusen takk for at dere har støttet meg med gode samtaler gjennom Trondheimslivet fra første stund. Takk til mamma og far, som på hver deres måte, er mine store forbilder i livet, spesielt på tegnefronten. En minitakk sendes til Johan, Fie og Ingrid som har testet tålmodigheten min i over 20 år. Det kommer godt med i læreryrket. Andreas, tusen takk for at du har gjort studenttiden i Trondheim til den beste tiden i mitt liv. Vi tar sats og hopper ut i neste kapittel sammen! Og til slutt, Tora. Du fortjener den største takken av alle. Fem år på studiet kunne ikke fått en bedre avslutning enn med deg. Ditt omsorgsfulle lynne, dine herlige utsagn og din spontane oppførsel har fylt masterskrivingen med bare fryd og gammen.

Jeg, Tora, sender en stor klem til familie og venner. Spesielt vil jeg gi en super-tante-Tora-klem til alle mine nydelige tantebarn, Erik, Lea, Ingrid og Finn. Til alle mine fantastiske studievenner, Trondheimsfamilie, gjengiser og UKEfunker, tusen takk for at dere har gjort de siste fem årene til de beste i mitt liv. En spesiell takk til Gorm og Grellis, Trondheim hadde ikke vært det samme uten dere. Håkon, Sondre, Nimalainen og Tunk, «Heng på!». Hvalsang, skvetting, julekalender og moro, bedre samboere er vanskelig å be om. Sist, men ikke minst, den største takk og klem til Elle. Fy søren, så gøy dette semesteret har vært! Jeg hadde aldri forventet at det å skrive master skulle være så morsomt og koselig. Du er en tvers gjennom god dame jeg er veldig takknemlig for å ha blitt kjent med. Gleder meg til master-date på stranda i Italia.

Til slutt vil vi takke Trondheim som studentby. Du har vært trygg, morsom og spennende. Tiden i Trondheim vil vi ha med oss resten av livet.

Med dette takker vi oss, og ser frem til høstens nye eventyr og utfordringer!

Trondheim, våren 2024

Tora Gran Karoliussen og Ellen Karine Bull

Innhold

Figurer	vi
Tabeller	vi
1. Innledning	1
1.1 Motivasjon for studien	1
1.2 Formålet med studien	2
1.3 Avgrensninger	3
1.4 Studiens struktur.....	3
2 Studiens bakgrunn	4
2.1 Fotosyntesen i læreplanen	4
2.2 Hva menes med tegning i vår studie?.....	4
2.3 Hvorfor skal elever tegne?	5
2.3.1 Tegning fremmer læring	5
2.3.2 Tegning gir økt motivasjon.....	5
2.4 Hvorfor skal elever tegne i naturfagundervisning.....	6
2.4.1 Tegning er en essensiell del i naturvitenskapens egenart.....	6
2.4.2 Tegning bidrar til at elever kan forstå kompliserte prosesser i naturfag	7
2.5 Hvorfor skal lærere tegne med elevene	8
2.5.1 Når elevene støttes av læreren, blir de motivert for faget	8
2.5.2 Tegning gir læreren en kommunikasjonsmåte som kan treffe flere elever	8
2.5.3 Læreren introduserer tegning som læringsstrategi for elevene.....	8
2.5.4 Elever trenger instruksjoner for å tegne naturvitenskapelig.....	9
2.5.5 Læreren har pedagogisk og profesjonell kunnskap som vil være vesentlig for tegning i klasserommet.....	10
2.6 Læring og dannelse av misoppfatninger.....	10
2.6.1 Tegning for å identifisere og korrigere misoppfatninger	10
2.6.2 Misoppfatninger om fotosyntesen	11
2.6.3 Lærerens rolle i formingen av elevers misoppfatninger om fotosyntesen	11
3 Metode.....	13
3.1 Pedagogisk designforskning.....	13
3.2 Vår utvikling av den fagdidaktiske ressursen er et designeksperiment.....	14
3.2.1 Forberedelse av design og utvikling av prototype 1	15
3.2.2 Syklus 1: Kvalitetssikring av faglig innhold	15
3.2.3 Syklus 2: Sikre at ressursen er relevant for naturfaglærere	16
3.3 Forskningsetikk.....	18
4 Resultat og diskusjon	19

4.1	Forberedelse av fagdidaktisk ressurs og utvikling av prototype 1	19
4.1.1	Retning for utviklingen og litteratursøk.....	19
4.1.2	Design av prototype 1	20
4.2	Kvalitetssikring av faglig innhold og visuell fremstilling (syklus 1)	29
4.2.1	Presentasjon av resultater fra datamaterialet etter evaluering av prototype 1 29	
4.2.2	Begrunnelse av valg, refleksjon og beskrivelse av endringer gjort fra prototype 1 til prototype 2.....	32
4.3	Sikre ressursens relevans for naturfaglærere (syklus 2)	37
4.3.1	Retrospektiv analyse og refleksjon til videre utvikling	37
5	Oppsummerende diskusjon.....	41
5.1	Begrensninger og veien videre.....	42
5.2	Avsluttende ord.....	43
6	Litteraturliste	44
	Vedlegg	50

Figurer

Figur 1: Figuren viser utviklingsprosessen i vårt designeksperiment basert på Bjørndal (2013). De ulike delene av prosessen er vist tidskronologisk.	14
Figur 2: Figuren viser endringen vi har gjort i representasjonen av absorbert energi i klorofyllet.	33
Figur 3: Figuren viser endringen vi har gjort i representasjonen kjemisk lagret energi som blir fraktet av energibærere.	33
Figur 4: Figuren viser endringene gjort på representasjonen av misoppfatninger i innledningen.	36

Tabeller

Tabell 1: Tabellen viser beskrivelse av de valg vi gjorde i utviklingen av prototyp 1 knyttet til de ulike undertemaene innenfor kategorien "innhold og sekvensering" (Seethaler et al., 2020).	21
Tabell 2: Tabellen viser begrunnelse for hvilke begreper som er med i den faglige forklaringen av fotosyntesen og hvilke som ble utelatt	22
Tabell 3: Tabellen viser beskrivelse av de valg vi gjorde i utviklingen av prototyp 1 knyttet til de ulike undertemaene innenfor kategorien «kognitiv støtte» (Seethaler et al., 2020).	23
Tabell 4: Tabellen viser beskrivelse av de valg vi gjorde i utviklingen av prototyp 1 knyttet til de ulike undertemaene innenfor kategorien «affektive hensyn» (Seethaler et al., 2020).	27
Tabell 5: Tabellen viser resultatene fra tilbakemeldingene fra de faglige ekspertene sortert etter tema, samt beskrivelse av de valg vi gjorde for den videre utviklingen av ressursen.	29

1. Innledning

Etter at den nye læreplanen fra 2020 ble introdusert, har det blitt mer fokus på praktiske læringsaktiviteter og kreative arbeidsmetoder for å fremme læring hos elevene (Kunnskapsdepartementet, 2017). Ambisjonen med opplæringen er blant annet at etter ti års skolegang skal elevene utvikle evnen til livslang læring. For at elevene skal kunne utvikle livslang læring kreves det et bredt læringstilbud fra lærere med varierte læringsstrategier (Kunnskapsdepartementet, 2017).

Gjennom et liv med læring, vil det i tillegg til kunnskap, etableres misoppfatninger. Misoppfatninger er alternative forståelser vi konstruerer ut fra den tilgjengelige informasjonen vi har rundt oss (Allen, 2020). Et kjent tema i naturfag det er vanlig å ha misoppfatninger i, er fotosyntesen (Allen, 2020; Karakaya et al., 2021; Özay & Öztaş, 2003). Eksempelvis tror flere elever at fotosyntesens hovedoppgave er å produsere oksygen til mennesker, og at planten får i seg næring til å vokse fra oppløste mineraler i vann (Karakaya et al., 2021; Svandova, 2014). For å unngå etablering av misoppfatninger hos elevene foreslår Svandova (2014) å fremstille fotosyntesen grafisk. Det kan eksempelvis være at lærere tegner fotosyntesen for elevene i klasserommet.

Lærere ser nytteverdien av å tegne i klasserommet (Koester, 2014). Forskning viser derimot at lærerne mangler selvtilliten til å tegne i klasserommet, samt kompetansen til å representere naturfaglig innhold (Achurra et al., 2022; Koester, 2014). Funn fra en studie fra 2013, viser at en representasjonell tilnærming i skolen, stiller nye krav til undervisningsferdigheter og kunnskap blant lærere (Prain & Tytler, 2013). Lærerne i studien uttrykte behov for at de burde instrueres i hvordan de selv kan skape naturfaglige representasjoner (Prain & Tytler, 2013). Det finnes derimot ikke nok forslag til hvordan en lærer faktisk kan gå frem for å konstruere en forklarende tegning for å undervise vitenskapelige konsepter (Koester, 2014).

Det er altså et klart behov for flere ressurser til lærere om hvordan man kan bruke tegning i undervisning (Koester, 2014; Prain & Tytler, 2013). Vi ser i tillegg at fotosyntesen er et område i biologien som krever en bedre undervisningstilnærming for å unngå misoppfatninger (Karakaya et al., 2021; Özay & Öztaş, 2003). Dette støttes også av egne erfaringer fra praksis og lærerstudiet. For å bidra til et bredt læringstilbud fra lærere, der tegning blir brukt som metode, har vi utviklet en fagdidaktisk ressurs til lærere. Ressursen er en tegne-med-video, som skal bidra til at lærere tegner i klasserommet og at elevene tegner sammen med læreren. Tegne-med-videoen skal brukes av lærerne før undervisning, for å gi inspirasjon til hvordan å tegne i klasserommet. Tegne-med-videoen skal også hjelpe lærere å gi en forenklet fremstilling av fotosyntesens kompleksitet for å bidra til at elever forstår hva fotosyntesen er og gjør, uten at dokumenterte misoppfatninger etableres.

1.1 Motivasjon for studien

I løpet av fem års studier, var det klart for oss at vår masteroppgave skulle være meningsfull og ha en konkret verdi for oss i etterkant. Vi valgte derfor en utviklingsrettet

tilnærming til masteren. Å bidra positivt til praksis var en sentral motivasjon for oss. Vi ønsket å utvikle noe som ville styrke vår egen fagdidaktiske utvikling som lærere. Vår forkjærlighet for tegning, både som en personlig interesse og som et verktøy for egen læring, ledet oss til å utforske tegningens potensial som læringsstrategi. Til masteroppgaven vår ble vi inspirert av masteroppgaven til Ingvild Brattetaule (2022), undervisningen vi har hatt om tegning på universitetet og den omfattende forskningen som er blitt gjort på dette feltet.

Helena Bichao, en av våre veiledere, har vært en inspirasjon gjennom hennes praksis med å integrere tegning i biologiundervisningen. Gjennom praktiske økter har hun veiledet oss gjennom komplekse biologiske prosesser, som fiskens svømmemønster, fotosyntesen og immunsystemet. Det var dermed klart for oss at ved å velge et biologisk tema ville vi få hjelp av en ekspert både i tegning og i biologi.

I biologi er det flere komplekse prosesser man ikke kan se med det blotte øye. Tegning er dermed en egnet strategi for læring, da disse prosessene kan gjøres mer konkrete for elevene (Edlund & Balgopal, 2021). Grunnet prosessenes kompleksitet, forenkles de ofte i klasserommet. Elevene kan konstruere alternative forståelser ut fra den forenklete informasjonen de får, og misoppfatninger dannes (Allen, 2020). Etter å ha lært om fotosyntesen gjennom tegning på universitetet, ble vi overrasket over at vi selv hadde misoppfatninger om prosessen, og det var vi ikke alene om. Vår andre veileder, Dag Atle Lysne, kunne fortelle at i hans tid på universitetet, er det få studenter som faktisk har forstått hovedpoenget med fotosyntesen. Dag Atles observasjon støttes opp av forskning som har rapportert om, og dokumentert, misoppfatninger om den biologiske prosessen fotosyntesen fra barneskolen til lærerutdanningen (Allen, 2020; Karakaya et al., 2021; Özay & Öztaş, 2003).

1.2 Formålet med studien

Tegning i skolen bør betraktes som mer enn bare et kunstnerisk produkt (Adams, 2017; Ainsworth et al., 2011). Tegning er en læringsstrategi med mange fordeler (Edlund & Balgopal, 2021; Fiorella & Mayer, 2020). Forskning viser at tegning bidrar til å øke motivasjon, fremme dybdelæring, å gjøre abstrakte og kompliserte prosesser tilgjengelig og støtter generelt læringsprosessen (Chang, 2017; Quillin & Thomas, 2015; Wilson & Bradbury, 2021). Til tross for en økende forståelse blant lærere om tegningens positive rolle i læring, er det fortsatt få lærere som benytter seg aktivt av tegning i sin praksis (Achurra et al., 2022; Koester, 2014). Ressursen legger opp til at lærere skal tegne i undervisning og at elever skal tegne med. På bakgrunn av dette ønsker vi at både lærer og elev bruker tegning for å lære.

Det overordnede målet med vår masteroppgave er å bidra til at naturfaglærere og elever tegner sammen i undervisning. For å realisere målet, har vi utarbeidet følgende delmål:

1. Utvikle en tegne-med-video som gir naturfaglærere et relevant verktøy for å integrere tegning i undervisning om fotosyntesen
2. Gi naturfaglærere en ressurs som møter dokumenterte misoppfatninger om fotosyntesen
3. Støtte lærere i å visualisere fotosyntesen som en prosess

Fotosyntese er et velkjent tema i skolen på tvers av trinnene, helt fra barneskolen til videregående. Dersom elever får kunnskap om fotosyntesen, vil det være med på å legge et grunnlag for refleksjon over klimaendringer og miljøspørsmål i fremtidens samfunn (Urey, 2018). Til tross for omfattende undervisning om fotosyntesen, viser forskning imidlertid at både elever og naturfaglærere ofte har misoppfatninger og manglende kunnskap og forståelse om prosessen (Özay & Öztaş, 2003). Det trengs gode ressurser for å hjelpe lærere å gi elevene sin en grundig og tilpasset undervisning om prosessen.

Gode digitale ressurser om fotosyntesen finnes allerede. Videoene veileder elever gjennom verbale forklaringer med tilhørende animasjoner eller illustrasjoner. Slike videoer er effektive for å formidle visuelle representasjoner av fotosyntesen. De legger imidlertid ikke opp til at mottaker skal tegne, ei heller oppfordrer de lærere til å tegne med elevene. NRK skole har en video om fotosyntesen som viser gode illustrasjoner med en passende forklaring av fotosyntesen som prosess (NRK skole, 2016). Videoen er godt egnet for å vise i klasserommet som informasjonsvideo. Det som imidlertid skiller vår video fra andre ressurser på nett, er oppfordringen og tilretteleggingen for at lærere skal kunne tegne med til videoen og deretter bruke tegning i praksis. Vi øker tilgjengeligheten gjennom å blant annet tegne på papirark og med materialer som er lett tilgjengelig på de fleste skoler. Vi ønsker at vår ressurs skal bidra til at lærere tar i bruk tegning i klasserommet for å lære bort fotosyntesen til sin elevgruppe.

1.3 Avgrensninger

I utviklingen gjennomførte vi to sykluser. Grunnet masterens tidsramme fikk vi ikke gjennomført en tredje syklus. En tredje syklus ville blitt utført i et klasserom med elever. Grunnet studiens omfang og tidspress, var det urimelig å forvente at lærere skulle inkludere en økt om fotosyntesen på ungdomstrinnet i april, da dette er en tid preget av både tentamen og eksamen for både lærere og elever. Ut fra dette var det mest hensiktsmessig å kun gjennomføre to sykluser med testing og deretter komme med forslag til videre utvikling.

Ettersom vi kun konsulterte tre informanter i hver av de to syklusene av designeksperimentet, var det ikke godt nok grunnlag til å utvikle en lokal undervisningsteori. Det oppgaven vår derimot kan gjøre er å bidra til videre forskning på området, som igjen kan lede til senere utvikling.

1.4 Studiens struktur

Oppgaven er inndelt i 5 kapitler. Etter innledningen vil vi presentere studiens bakgrunn. Studiens bakgrunn går ut på litteratur vi har brukt som grunnlag for å utvikle den fagdidaktiske ressursen (Kap. 2). I kapittel tre forklarer vi metoden brukt for å utvikle den fagdidaktiske ressursen. Metodekapittelet (Kap. 3) gir en forklaring på vår tilnærming til pedagogisk designforskning. De konkrete valgene vi har tatt underveis, vil bli videre diskutert i resultat- og diskusjonskapittelet (Kap. 4). Resultat- og diskusjonskapittelet er delt opp i forberedelsesfasen, syklus 1 og syklus 2 fra gangen i designeksperiment, samt studiens begrensninger. I det siste kapittelet (Kap. 5) oppsummeres utviklingen i avslutningen. Til slutt presenteres alle vedlegg.

2 Studiens bakgrunn

Under presenteres litteratur og forskning som har dannet grunnlaget for utviklingen av den fagdidaktiske ressursen. Innledningsvis vil vi forklare fotosyntesens plass i læreplanen. Deretter hva som menes med tegning i studien, og hvorfor elever bør tegne generelt i skolen og spesifikt i naturfag. Videre viser vi til forskning som støtter hvorfor lærere bør tegne med elevene. Avslutningsvis presenteres litteratur rundt misoppfatninger generelt og misoppfatninger om fotosyntesen, som er grunnlaget for det faglige designet av den fagdidaktiske ressursen.

2.1 Fotosyntesen i læreplanen

Fotosyntesen er å finne i læreplanen i naturfag etter 10. trinn, men nevnes og beskrives i læreverk helt ned til mellomtrinnet. Fotosyntesen er knyttet til flere kompetansemål, hvorav to kan knyttes direkte opp mot den viktige kjemiske prosessen:

- Gjøre rede for hvordan fotosyntese og celleånding gir energi til alt levende gjennom karbonkretsløpet (Kunnskapsdepartementet, 2019)
- Utforske sammenhenger mellom abiotiske og biotiske faktorer i et økosystem og diskutere hvordan energi og materie omdannes i kretsløp (Kunnskapsdepartementet, 2019)

De nevnte kompetansemålene omhandler både den grunnleggende forståelsen av fotosyntesen, samt den sentrale rollen den har i økosystemet vårt. Førstnevnte kompetansemål fremhever betydningen av fotosyntesen som primærkilde til energi for alle organismer, og knytter den opp til karbonsyklusen. Det andre kompetansemålet viser sammenhengen mellom energi og materie (eksempelvis hvordan energi bindes i karbohydrater), samt oppfordrer til å utforske sammenhengen mellom abiotiske (eksempelvis solstråler) og biotiske (eksempelvis planter) faktorer. Kompetansemålene legger dermed til rette for at elevene skal oppnå en dypere forståelse av fotosyntesen gjennom ti års skolegang.

2.2 Hva menes med tegning i vår studie?

Før det var normalt at alle kunne skrive og lese, og til og med før skriftspråkene var funnet opp, har mennesker tegnet (Katz, 2017). Tegning kan dermed ses på som essensielt for menneskets intellektuelle utvikling (Katz, 2017). Det samme kan sies om utviklingen av naturvitenskapen. Tegning har vært en grunnleggende metode for å tilegne seg, oppdage og ikke minst for å formidle ny kunnskap innenfor vitenskapen (Katz, 2017; Quillin & Thomas, 2015).

Selv om tegning er en stor del av manges oppvekst, mister flere interessen for tegning i tenårene (Cohn, 2012). Barna ser at de ikke klarer å gjenskape de estetiske bildene de har i hodet på arket, og blir demotiverte. Dette fenomenet ser vi igjen i klasserommet der flere elever og lærere synes det er ubehagelig å tegne, fordi de er usikre på egne

tegneferdigheter (Cohn, 2012; Edens & Potter, 2003; Quillin & Thomas, 2015). Tegning som læringsstrategi har derimot en annen hensikt enn tegning for kunstens skyld. For at det skal føles trygt å tegne i klasserommet er det viktig å understreke at kunstneriske ferdigheter ikke er en betingelse for å bruke tegning som et verktøy for læring (Quillin & Thomas, 2015). Den fagdidaktiske ressursen har som hensikt å gi naturfaglærere et relevant verktøy for å integrere tegning i undervisningen. Det betyr å lage hensiktsmessige representasjoner av prosesser i fotosyntesen ved bruk av symboler, figurer og verbale forklaringer.

2.3 Hvorfor skal elever tegne?

Tegning er en nyttig ressurs i skolen, spesielt med tanke på å fremme læring og øke motivasjonen blant elever (Glynn & Muth, 2008; Koester, 2014). I dette underkapittelet ser vi på forskning som utforsker hvordan tegning kan bidra både til å utvikle elevenes kreative og kritiske tenkning (Adams, 2017), samtidig som det gir dem muligheten til å konkretisere abstrakte konsepter (Glynn & Muth, 2008). Underkapittelet viser hvordan tegning ikke bare er en læringsstrategi, men også en motiverende aktivitet som kan styrke elevenes engasjement og mestringsfølelse i naturfag.

2.3.1 Tegning fremmer læring

Ludvigsen-utvalget i 2015 konkluderte med at skolen bør konsentrere seg mer om dybdelæring, for å kunne forberede elever på fremtidens krav til nye kompetanser (NOU 2015: 8, 2015). Ifølge Kunnskapsdepartementet (2017), innebærer dybdelæring å anvende kunnskaper og ferdigheter for å mestre faglige utfordringer individuelt og sammen med andre. For å tilrettelegge for dybdelæring har den nye læreplanen blant annet vektlagt praktiske læringsaktiviteter og kreative arbeidsmetoder (Kunnskapsdepartementet, 2017).

Det er skolens ansvar å sørge for læring som holder mål både i tiden vi er i nå og tiden som kommer (Staberg et al., 2020). Imsen (2020) definerer læring som en tolkningsprosess med sikte på å forstå virkeligheten. Det man lærer skal være nyttig kunnskap som elevene kan bruke i samfunnet rundt seg. Læring kan oppnås gjennom det Dewey (1938) kalte "learning by doing", altså elevaktivt arbeid med fagstoffet (Imsen, 2020). Tegning er en aktiv, samt kreativ arbeidsmetode som har dokumentert effekt på å fremme elevers dybdelæring (Ainsworth et al., 2011; Koester, 2014; Prain & Tytler, 2012). For å forberede elever på mangfoldet av faglige utfordringer, må læreren legge vekt på å utvikle elevers kreative evner. Adams (2017), blant andre, har påpekt at tegning kan hjelpe elevene med å utvikle deres kreative og kritiske refleksjonsevne, og dermed utvikle en dypere forståelse av verden. Kreativ tankegang og kritisk refleksjonsevne legger grunnlaget for problemløsning, som er en nyttig ferdighet å ha med seg i tiden som kommer.

2.3.2 Tegning gir økt motivasjon

Før vi skriver om hvordan tegning gir økt motivasjon for læring, ønsker vi å definere hva motivasjon for læring kan være. Motivasjon for læring kan sies å være grunnen til at en elev finner skoleaktiviteter meningsfulle og dermed verd å bruke tiden sin på (Brophy, 1988). Motivasjon fremmer læring indirekte ved at de yter høyere innsats, har mer

utholdenhet i møte med utfordringer og viser mer engasjement (Skaalvik & Skaalvik, 2015). Motivasjonen elevene har for både læring og skolearbeid, går gradvis nedover fra 4. klasse til 10. klasse, samt at de legger mindre energi og innsats i det de gjør (Skaalvik & Skaalvik, 2011). Dette mener forskerne er fordi de sjeldnere søker støtte fra læreren.

Tegning i skolen kan anses å være både konstruktivt og motiverende for elever (Glynn & Muth, 2008). Når elevene arbeider med naturfag kan det virke abstrakt og teoretisk, og dermed utfordrende å arbeide med. Tegning kan da oppleves som en motiverende læringsstrategi for elevene ettersom de får arbeide praktisk, samtidig som de bruker sine kognitive evner (Glynn & Muth, 2008). Ettersom tegning hjelper elevene med å konkretisere abstrakte fenomen, kan det også føre til mestringsfølelse ved at man klarer å gjøre kunnskapen tilgjengelig for seg selv og andre. Mestringsfølelse kan igjen gi økt motivasjon og selvtillit til å utforske (Skaalvik & Skaalvik, 2014). Prain og Tytler (2012) argumenter for at elever opplever økt engasjement når de får generere egne representasjoner i faget. Engasjement kan indikere motivasjon. For å kunne produsere egne representasjoner som bidrar til læring trenger elevene imidlertid opplæring i hvordan (Quillin & Thomas, 2015; Wilson & Bradbury, 2021).

2.4 Hvorfor skal elever tegne i naturfagundervisning

Som beskrevet ovenfor, er det positivt for elever å tegne i klasserommet. Her vil vi gå gjennom hvorfor elever skal tegne i naturfagundervisning. Vi begynner med at tegning er en essensiell del av naturvitenskapens egenart (Quillin & Thomas, 2015; Katz, 2017), før vi ser på hvordan tegning av metaforer kan gjøre fenomener mer tilgjengelig og tegning for å forstå kompliserte prosesser i naturfag.

2.4.1 Tegning er en essensiell del i naturvitenskapens egenart

Innledningsvis nevnes det at tegning er en vesentlig del av naturvitenskapelig praksis (Quillin & Thomas, 2015). Tegning brukes av forskere i hypotesedanning, design av eksperimenter, visualisering av data, samt formidling av resultater. Tegning er en stor del av det å lære seg og forstå naturvitenskap, og burde være en del av elevers naturfagutdanning (Koester, 2014; Quillin & Thomas, 2015). Forskerne Quillin og Thomas (2015) legger vekt på at elever fra og med 16 år burde instrueres i både å tolke representasjoner, samt lage dem. Påstanden begrunnes i at tegning er et viktig verktøy for kommunikasjon og tenkning, og en essensiell del av naturvitenskapens egenart. Dette kommer tydelig frem i naturvitenskapen, hvor tegning er inkludert i flere aspekter ved de naturvitenskapelige metodene (Quillin & Thomas, 2015).

2.4.1.1 Tegning av metaforer i naturvitenskap for å gjøre vitenskapelige fenomen mer tilgjengelig

Metaforer er gunstig i naturfaglig formidling da det tillater forskere å skape konkrete forbindelser mellom abstrakt vitenskap og hverdagslige erfaringer (Taylor & Dewsbury, 2018). I tillegg vil visuelle metaforer støtte elevers læring, da de ikke kun baserer seg på verbale formuleringer. Quillin og Thomas (2015) nevner utfordringene det menneskelige sinn har med å tolke makroskopiske konsept (eks. solsystemer og galakser) og mikroskopiske konsept (celler, molekyler og atomer). I slike tilfeller blir metaforer grunnleggende for å tilegne oss en viss forståelse av verden rundt oss. Særlig bruk av

metaforer finner vi i biologien. Eksempler på metaforer kan være økologiske *fotoavtrykk*, *næringskjede*, cellen som *fabrikk*, *mat* til planten, og *byggesteiner* for å modellere karbohydrater.

I undervisning benytter naturfaglærere og læreverk, på alle nivå, ofte metaforer og analogier for å forklare naturvitenskapelige fenomen og prosesser (Edlund & Balgopal, 2021; Taylor & Dewsbury, 2018). Selv om metaforer kan hjelpe elever å visualisere abstrakte begreper på en forståelig måte, kan de også føre til misoppfatninger dersom elevens tolkning av metaforen ikke samsvarer med lærerens tolkning (Edlund & Balgopal, 2021). Eksempelvis er *cellen som fabrikk* gunstig dersom elevene vet hvordan en fabrikk fungerer. Erfaringsmessig har ikke alle elever et forhold til fabrikk. En fabrikk får inn råvarer, og har arbeidere og maskiner som bruker energi for å omforme råvarene til et nytt sluttprodukt. Det er viktig at elever og lærere har samme tolkning av en metafor eller sammenligning når man illustrerer et fenomen, ellers kan eleven konstruere en egen oppfatning som ikke stemmer overens med virkeligheten (Edlund & Balgopal, 2021). Naturfagpedagoger er dermed nødt til å erkjenne helheten av en metafor når de skal lage eller bruke den, slik at elevens forståelse styrkes av metaforen.

Lærernes oppgave med å formidle verdien av representasjoner i skolen er utfordrende (Eilam & Gilbert, 2014). Vitenskapelige fenomen og deres modeller er ofte vanskelige å forstå. Modellene kan være komplekse, bestå av både makro- og mikronivå. Det kan brukes piler og andre aksjonssymbol for å vise til eksplisitte eller implisitte interaksjoner. De kan være konkrete eller abstrakte, og de kan være både dynamiske og statiske. Man trenger opplæring for å kunne tolke vitenskapens representasjoner. Lærerne må være klar over bruk og produksjon av modeller, samt eventuelle utfordringer som kan oppstå blant elever, noe Eilam og Gilbert (2014) kaller metarepresentasjonell kompetanse.

2.4.2 Tegning bidrar til at elever kan forstå kompliserte prosesser i naturfag

Naturvitenskapen er både dynamisk og kompleks, og dermed strekker ikke alltid verbale formuleringer til når den skal beskrives og formidles (Eilam & Gilbert, 2014). I denne sammenhengen bruker derfor forskere både modeller og visuelle representasjoner som kommunikasjonsmetode. For at elever skal integreres i vitenskapens verden, der abstrakte konsepter blir konkretisert, og kompliserte prosesser blir forklart, kreves det at lærere underviser om modeller og representasjoner for å eksplisitt vise elevene representasjoners verdi i naturfag. Det er skolens ansvar å utvikle elevens evne til å produsere og bruke egne representasjoner (Eilam & Gilbert, 2014).

I naturfag må lærere kommunisere abstrakt kunnskap på måter som gjør kunnskapen tilgjengelig for elevene (Scheiter et al., 2017). En måte for lærere å gjøre abstrakt kunnskap tilgjengelig, er å lage illustrasjoner (Katz, 2017). Når kunnskapen oppleves tilgjengelig for elevene, kan de bruke den til å konstruere en dypere og mer differensiert forståelse. Elevene kan anvende denne forståelsen for å tilegne seg og tilpasse ny informasjon, noe som bidrar til dybdelæring (Kunnskapsdepartementet, 2017). Når læreren bruker tegning sammen med elevene, skapes en mulighet for å diskutere og få innsikt i elevenes forståelse (Chang, 2017). Dette bidrar til at elevene kan benytte tegning som en læringsstrategi for å forstå kompliserte prosesser i naturfag. I neste underkapittel vil vi utdype dette ytterligere.

2.5 Hvorfor skal lærere tegne med elevene

Dette underkapittelet begrunner hvorfor lærere bør integrere tegning i undervisningen, med fokus på betydning for kommunikasjon, læring og elevenes forståelse av naturvitenskapelige konsepter. Tegning gir lærere og elever en unik måte å kommunisere på som kan treffe flere elever, uavhengig av språklige barrierer (Edlund & Balgopal, 2021; Katz, 2017; Stears & Dempster, 2017). Ved å bruke tegning som en læringsstrategi i klasserommet, kan lærere skape et miljø som fremmer motivasjon, engasjement og dypere forståelse (Edens & Potter, 2003; Skaalvik & Skaalvik, 2015). Samtidig understrekes betydningen av lærerens pedagogiske og profesjonelle kompetanse i å veilede og tilpasse bruken av tegning, for å maksimere dens potensiale som et verktøy for visuell kommunikasjon og læring.

2.5.1 Når elevene støttes av læreren, blir de motivert for faget

Skaalvik og Skaalvik (2015) forklarer at elevene blir motivert når de opplever instrumentell støtte fra læreren. Det vil si at når lærere støtter elevene i å forstå fagstoffet gir det elevene en mestringsfølelse som igjen resulterer i motivasjon for faget. En slik støtte kan bestå i gode forklaringer, forslag til fremgangsmåter og demonstrasjoner. En fremgangsmåte for innlæring av naturfag kan være å tegne (Quillin & Thomas, 2015). For at elevene skal klare å tegne naturfaglige prosesser trenger de instruksjoner (Fiorella & Mayer, 2020). Dersom elevene instrueres i tegning gjennom demonstrasjon og instrumentell støtte fra læreren, vil elevene kunne oppleve en mestringsfølelse som gir de motivasjon til å arbeide med naturfag.

2.5.2 Tegning gir læreren en kommunikasjonsmåte som kan treffe flere elever

Tegning som kommunikasjonsmetode gir, som skrevet, økt tilgjengelighet for flere elever (Katz, 2017). Gjennom tegning kan elever gjøre tankene sine tilgjengelig for omverden uten at det krever skrivekompetanse (Adams, 2017; Chang, 2017). Ved at elevene støtter opp sine verbale formuleringer med visuelle representasjoner, kan kommunikasjonen mellom lærer og elev forsterkes (Edlund & Balgopal, 2021). Dette er spesielt gunstig for elever som strever med verbal kompetanse, eksempelvis ved et annet morsmål. I case-studien til Stears og Dempster (2017) skulle læreren utforske elevens forkunnskaper om organsystemer gjennom tegning. Et viktig funn var at læreren fikk en bedre oversikt over elevens forståelse enn gjennom skriftlige aktiviteter. Flere studier viser at tegning er en gunstig strategi i situasjoner med språkbarrierer (Cainey et al., 2017; Stears & Dempster, 2017). Dagens klasserom inneholder et mangfold av elever som kan komme fra ulike land og med flere språk. Ved bruk av tegning får alle elevene samme tilgang til informasjonen uavhengig av språkkunnskaper. Å implementere tegning som læringsstrategi kan derfor gi et stort læringsutbytte for elever med språkvansker (Cainey et al., 2017).

2.5.3 Læreren introduserer tegning som læringsstrategi for elevene

Tegning som læringsstrategi i skolen har flere fordeler (Adams, 2017; Edlund & Balgopal, 2021; Wilson & Bradbury, 2021). Når læreren tegner med elevene i klasserommet, blir

elevene introdusert for tegning som læringsstrategi. Edens og Potter (2003) viser at tegneoppgaver støtter kognitive prosesser som er nødvendige for meningsfull læring. Dette støttes av Kunnskapsdepartementet som legger vekt på at elevene skal lære og utvikle seg gjennom sansning og tenkning, estetiske uttrykksformer og praktiske aktiviteter (Kunnskapsdepartementet, 2017). Å tegne innholdet fra en tekst, kontra å skrive en oppsummering, hjelper elever med å rette blikket mot det som er mest relevant i teksten (Wu & Rau, 2019). Dersom læreren representerer tekstens viktigste elementer gjennom tegning, kan det medføre at når fagstoffet leses i etterkant av elevene, vil elevenes blikk rettes mot innholdet i teksten som er mest relevant (Wu & Rau, 2019). Tegning vil derfor fungere som en god læringsstrategi for å få elever til å trekke ut det essensielle i en fagtekst. Gjennom systematisk opplæring kan skolene gi elevene de verktøyene de trenger for å kunne bruke tegning både som læringsstrategi, og for å kommunisere fag (Cohn, 2012; Koba & Tweed, 2009). For at elevene skal bruke tegning som læringsstrategi på best mulig måte, er det avgjørende at lærerne føler seg trygge både på det naturfaglige emnet de skal presentere og i sine egne tegneferdigheter (Achurra et al., 2022; Areljung et al., 2022).

2.5.4 Elever trenger instruksjoner for å tegne naturvitenskapelig

For at elevene skal få størst utbytte av tegning i naturfag må de ha tilstrekkelig instruksjon fra en lærer (Fiorella & Mayer, 2020). Instruksjonen må både være i hvordan å tegne og om hva som skal tegnes. Barn legger eksempelvis sjelden vekt på realistiske proporsjoner eller beskrivelser når de tegner, da det må vike for barnas kunstneriske valg (Wilson & Bradbury, 2021). For å lære seg å tegne naturfaglig kan modellering gjennom kopiering av lærer være en hensiktsmessig strategi i begynnelsen (Cohn, 2012). I tillegg kan læreren vise at det i naturfag ofte kan være hensiktsmessig å bruke beskrivende ord tilhørende tegningene, samt piler og andre aksjonssymboler (Einarsdottir et al., 2009; Quillin & Thomas, 2015). Et eksempel på dette er å tegne organeller med tilhørende merkelapper, da det ikke nødvendigvis er noe elever har en forestilling om hvordan det ser ut fra før av (Quillin & Thomas, 2015). Slike taktikker må læreren illustrere for elevene sine for at de skal kunne ta dem i bruk.

Uten veiledning fra en lærer kan elevene slite med å hente ut og representere det relevante faglige innholdet (Wu & Rau, 2019). Når elever er usikre på hva de skal tegne, eller hvordan de skal tolke tegningene sine, bruker de opp kapasitet som kunne vært brukt til generativ læring (Fiorella & Mayer, 2020; Wu & Rau, 2019). Generativ læring er en prosess som har som mål å hjelpe elever med å engasjere seg i faglig innhold gjennom å organisere og oversette innhold i en tegning (Wu & Rau, 2019). Ved slike utfordringer vil effekten tegning har for læring stagnere, og læringsstrategien vil ta opp kognitiv plass som heller kunne blitt brukt på å bearbeide fagstoffet (Fiorella & Mayer, 2020). Ved at elevene skal tegne med læreren, kan overbelastning unngås fordi det er læreren som bestemmer hva som skal tegnes, og instruerer tegneprosessen. Dette kan bidra til å fremme elevens selvregulering, og hjelpe elever med å reflektere over egen forståelse (Wu & Rau, 2019).

2.5.5 Læreren har pedagogisk og profesjonell kunnskap som vil være vesentlig for tegning i klasserommet

Lærerens oppmerksomhet og profesjonelle «blikk», vil være vesentlig når læreren skal tegne med elevene (Skjelbred & Digranes, 2023). "Blikket" er med på å fange opp helheten og atmosfæren i klasserommet, slik at læreren kan tilrettelegge og tilpasse bruken av tegning som læringsstrategi. Ved hjelp av «blikket» kan læreren bruke en kombinasjon av verbal og visuell kommunikasjon med elevene, og samtidig vise og konkretisere begreper og prosesser gjennom tegning. Når læreren sitter vendt mot elevene, som hen blir oppfordret til i ressursen, blir det lettere for læreren å se elevenes respons på undervisningen kontra hvis læreren bruker tavlen. Når lærer tegner på tavlen kan hen bli stående å prate mot tavlen, som senker informasjonsflyten til elevene, og læreren kan bli blind på det som skjer bak seg i klasserommet. Ved å tegne vendt mot elevene i klasserommet vil læreren kunne fange oppmerksomheten til elevene og engasjere dem aktivt i læringsprosessen (Skjelbred & Digranes, 2023). En tegnende lærer vil tilrettelegge for at elevene får tid nok til å legge merke til relevant innhold, samtidig som elevene får tid til å kunne tegne selv (Koester, 2014). Dette aspektet av lærerens rolle, med fokus på oppmerksomhet for elevenes behov, atmosfære og helhet i klasserommet, er en stor del av å være klasseleder (Imsen, 2020).

2.6 Læring og dannelse av misoppfatninger

En misoppfatning er en alternativ forståelse som man konstruerer ut fra den tilgjengelige informasjonen man har rundt seg (Allen, 2020). Misoppfatninger dannes på flere måter. De kan blant annet oppstå gjennom dårlig tilpasset undervisning, mangelfulle forkunnskaper om temaet det læres om, eller hvis elevene har utfordringer med å konkretisere det abstrakte. En annen viktig årsak er at læreren viderefører egne misoppfatninger til elevene sine (Urey, 2018). Etter misoppfatningen har oppstått vil den fortsette å styrkes ettersom elevene vil tilpasse den nye informasjonen inn i sitt eget kognitive skjema.

2.6.1 Tegning for å identifisere og korrigere misoppfatninger

For å endre en misoppfatning må den først identifiseres og så adresseres. Når elever tegner, kan deres misoppfatninger identifiseres gjennom at elevene må konkretisere sin egen forståelse (Svandova, 2014; Edlund & Balgopal, 2021; Glynn & Muth, 2008; Koester, 2014). Når verbale forklaringer og mentale bilder blir gjort om til fysiske avtegninger, kan læreren identifisere hvor spenningene og forvirringen ligger (Edlund & Balgopal, 2021). Læreren bør være klar over hvilke misoppfatninger som er i klasserommet for å kunne legge opp til en undervisning som kan sørge for å unngå å forsterke dem. Etter at spenningen er avdekket kan læreren tilpasse undervisningen ut ifra vanlige misoppfatninger og informasjonsområdene som må utdypes (Allen, 2020). Et forslag til undervisning som kan korrigere misoppfatninger er å fremstille fagstoffet grafisk (Svandova, 2014). Ved å konfrontere eleven med ny informasjon som er lett tilgjengelig gjennom tegning, kan eleven se at informasjonen ikke stemmer overens med sin tidligere antakelse. Dette kan skape en kognitiv konflikt, som gjennom veiledning av lærer, kan løse opp misoppfatningen til eleven (Allen, 2020).

Tegning er også et verktøy for å bli klar over egen forståelse og kunnskap om et tema (Chang, 2017; Koester, 2014). Koester (2014) viser til flere studier som har forsket på

bruk av tegning i undervisning, blant annet for å oppdage egne kunnskapshull. Det vises blant annet til en lærer som lagde en modell av nitrogensyklusen, og oppdaget underveis i prosessen hvilke faglige hull hun hadde om temaet. En tegnende lærer vil utvikle nok grunnleggende faglig kunnskap for å kunne oppdage misoppfatninger både hos elevene og seg selv (Koester, 2014).

2.6.2 Misoppfatninger om fotosyntesen

Det biologiske temaet fotosyntese har vært gjenstand for rapporterte og dokumenterte misoppfatninger gjennom flere år (Allen, 2020; Karakaya et al., 2021; Svandova, 2014; Özay & Öztaş, 2003). I 2003 gjennomførte Özay og Öztaş en omfattende studie som avdekket betydelige misforståelser blant ungdomsskoleelever angående fotosyntesen etter endt undervisning. Resultatene viste at elevene hadde utfordringer med å forstå fotosyntesens konseptuelle natur, da spesielt formål og betydning av biomasseproduksjon. Samlet sett viste resultatene at elevene hadde en generell lav forståelse av fotosyntesens essensielle rolle i økosystemet (Özay & Öztaş, 2003). En rapport fra Karakaya mfl. (2020) trekker frem at når lærere underviser om fotosyntesen legger de spesielt vekt på karbondioksid som reaktant og oksygen som produkt. Denne fremstillingen gjør at fotosyntesen kan bli oppfattet som plantens respirasjonsteknikk. Elever kobler nye abstrakte fenomen med noe de kjenner til fra før av. I denne sammenheng respirasjon.

Blant flere misoppfatninger har vi samlet de mest fremtredende misoppfatningene, samt de misoppfatningene vi mener begrenser elevenes muligheter for å tilegne seg en helhetlig forståelse av fotosyntesen og dens rolle for alt det levende i økosystemene. Misoppfatningene vi viser til i denne studien er:

- Fotosyntesen er en gassutveksling, og ikke måten planter skaffer seg næring på (Allen, 2020; Karakaya et al., 2021; Özay & Öztaş, 2003).
- Fotosyntesens hovedoppgave er å produsere oksygen som organismer kan puste inn (Özay & Öztaş, 2003).
- Plantens hovedopptak av næring kommer fra vann som inneholder oppløste mineraler (Svandova, 2014).
- Fotosyntese skjer bare i planter (Karakaya et al., 2021)

Det er verdt å merke seg at slike misoppfatninger ikke oppstår uten grunn, men kan ofte spores tilbake til undervisningsmetoder som ikke tilrettelegger for en dypere forståelse av fotosyntesens komplekse natur (Urey, 2018). Disse funnene understreker behovet for en mer effektiv undervisningstilnærming som er faglig konsistent og uten logiske hull. Da kan læreren undervise på en måte som sikter på å erstatte misoppfatninger med en grundigere faglig innføring basert på en grafisk fremstilling av fotosyntesen (Svandova, 2014).

2.6.3 Lærerens rolle i formingen av elevers misoppfatninger om fotosyntesen

Lærerens rolle i formingen av elevers misoppfatninger er vel dokumentert i forskningslitteraturen (Ecevit & Özdemir Şimşek, 2017; Karakaya et al., 2021). En betydelig observasjon er at lærere ofte deler mange av de samme misoppfatningene som

elevene gjør. Slike misoppfatninger kan omhandle fotosyntesens hovedoppgave, eller hvilke rolle de komponentene som ikke beskrives i den kjemiske reaksjonsligningen har i prosessen, eksempelvis klorofyll og energi (Urey, 2018). Dette vekker bekymring da forskere mener det kan indikere at lærere ikke har tilstrekkelig faglig forståelse innen biologi og dermed risikerer å videreformidle sin feilaktige forståelse (Ecevit & Özdemir Şimşek, 2017).

Man kan skille mellom en kjemisk og biologisk tilnærming til fotosyntesen (Urey, 2018). Lærerstudenter med en kjemisk innfallsvinkel til fotosyntesen har vist seg å ha flere misoppfatninger enn de som har en biologisk tilnærming. Studentene med en kjemisk tilnærming prioriterte å memorere den kjemiske reaksjonen, mens studenter med en biologisk tilnærming vektla helheten rundt fotosyntesen. Studien tar frem denne tilnærmingen som et grunnlag for dannelsen av flere kjente misoppfatninger, spesielt om vannets rolle. Når studenter med en biologisk tilnærming skrev reaksjonsligningen, tok de hensyn til biologiske faktorer som pigmentet klorofyll og lysenergien fra sola. Ved å ta hensyn til alle aspektene ved fotosyntesen unngikk studentene med en biologisk tilnærming, feilaktige forestillinger om vannets bidrag til fotosyntesen (Urey, 2018).

3 Metode

I dette kapitlet skal vi forklare metoden vi har benyttet oss av for å nå målet for vår master. Først vil vi presentere vår tilnærming til pedagogisk designforskning og designeksperiment (Bjørndal, 2013). Deretter går vi gjennom fasene og syklusene vi har gjennomført i utviklingsprosessen, før vi avslutningsvis går gjennom forskningsetikk.

3.1 Pedagogisk designforskning

Pedagogisk designforskning er en tilnærming innen utdanningsforskning som søker å utvikle og forbedre undervisningsmetoder, læringsmiljø og pedagogiske ressurser gjennom systematisk design, utprøving og evaluering av et produkt (Bjørndal, 2013). Denne tilnærmingen tar ofte utgangspunkt i en aktuell pedagogisk utfordring og arbeider med å utvikle løsninger forankret i relevant teori og empiri. Easterday et al. (2014) understreker viktigheten av pedagogisk designforskning ved å påpeke at teori og intervensjoner i praksis alene, ikke nødvendigvis er tilstrekkelig for å adressere pedagogiske utfordringer. Et spesielt kjennetegn ved pedagogisk designforskning er nemlig at ny kunnskap konstrueres i samarbeid mellom praktikere og forskere (Bjørndal, 2013).

Designforskning kan ha ulike tilnærminger (Bjørndal, 2013). Aksjonsforskning og pedagogisk designforskning brukes gjerne som en fellesbetegnelse på de relaterte tilnærmingene. Pedagogisk designforskning har mange likhetstrekk med aksjonsforskning. I begge forskningsmetodene vil forskningsarbeidet vokse frem i et samarbeid mellom forskeren og praktikeren (Bjørndal, 2013). Hva som gjør at vi bruker den ene metoden over den andre, er fokuset på hva som skal utvikles. Vi har hatt hovedfokuset vårt på utvikling av pedagogisk design. Aksjonsforskning har et bredere fokus på utvikling av praksis, mens pedagogisk designforskning har hovedfokus på selve designet (Bjørndal, 2013). Fokuset til forskningen har vært å designe en fagdidaktisk ressurs lærere kan bruke i forkant av undervisningen. For vår del, betyr det at blikket rundt designet har vært rettet mot bruken av ressursen, heller enn bruken av tegning generelt i skolen. Fokuset har vært både på den faglige formidlingen, om den er anvendbar for lærere og om den kan bidra til at lærere bruker tegning i egen undervisning.

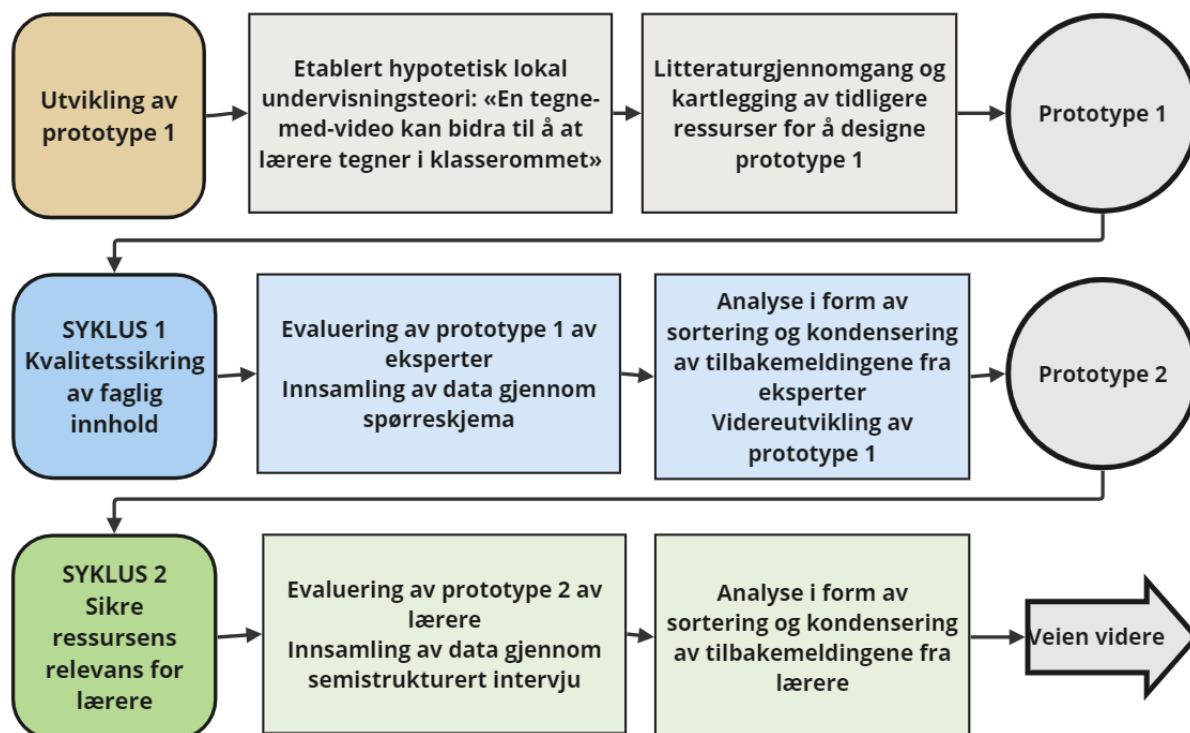
I utviklingsprosessen har vi som forskere vært avhengig av et samarbeid med biologer og praktikere, altså lærere, for å utvikle en relevant fagdidaktisk ressurs, som er en tegne-med-video om fotosyntesen. Ressursen er utarbeidet etter kompetansemål i naturfag etter 10. klasse, vanlige misoppfatninger om fotosyntesen, litteratur og inspirasjon fra andre instruksjonsvideoer.

3.2 Vår utvikling av den fagdidaktiske ressursen er et designeksperiment

Et designeksperiment er en spesifikk metode innenfor rammene av pedagogisk designforskning (Cobb et al., 2003). I denne metoden designer forskeren pedagogiske intervensjoner, i vårt tilfelle, design av en tegne-med-video. Videoen er ment som ressurs til lærere for at de skal bruke tegning som læringsmetode til å undervise om fotosyntesen. En vesentlig målsetting med et designeksperiment er å utvikle teorier som støtter læring (Bjørndal, 2013).

Designeksperiment fungerer som en testarena for innovasjon innen utdanning (Bjørndal, 2013). Som fremtidige lærere ønsker vi å kontinuerlig utvikle vår praksis, og en slik testarena har gitt oss muligheten til å gjøre nettopp dette. I designeksperimentet har vi gjennomført to sykluser der vi har testet tegne-med-videoen, fått tilbakemeldinger og videreutviklet ressursen. I siste syklus kommer vi med forslag til videreutvikling, da tidsrammen til masteren ikke tillot revideringen av en siste prototype.

Designeksperiment kan ha flere tilnærminger, men felles er at den vanligvis består av tre faser som kjennetegnes ved fem gjennomgående egenskaper (Cobb et al., 2003). Fasene er: forberedelse av design, testing av design og til slutt, refleksjon og retrospektiv analyse av data. Ved retrospektiv analyse mener vi en analyse som inkluderer refleksjon rundt hele utviklingsprosessen. De gjennomgående egenskapene for designeksperiment er teoriutvikling, utvikling av nyskapende undervisningsopplegg, design av analyser, gjentakende sykluser og utviklingen av ydmyke og praksisrelaterte teorier (Wæge, 2007). Egenskapene vil gjenspeiles i fasene til designeksperimentet vi skriver om nedenfor. Utviklingsprosessen i designeksperimentet, som den ble gjennomført i studien, er vist i figur 1.



Figur 1: Figuren viser utviklingsprosessen i vårt designeksperiment basert på Bjørndal (2013). De ulike delene av prosessen er vist tidskronologisk.

3.2.1 Forberedelse av design og utvikling av prototype 1

Målet i den første fasen i designeksperimentet er å utvikle et pedagogisk bidrag med utgangspunkt i en hypotetisk lokal undervisningsteori (Bjørndal, 2013). Ifølge Bjørndal (2013), bør en hypotetisk lokal undervisningsteori etableres i forberedelsesfasen, da den gir retning til designeksperimentet (Gravemeijer & Cobb, 2006). I forberedelsesfasen skal man også se på tidligere forskning og andre kilder på tema (Bjørndal, 2013) noe vi gjorde gjennom en systematisk litteraturgjennomgang.

For å utvikle prototype 1 integrerte vi litteraturbasert kunnskap med egne erfaringer fra tegneprosessen, støttet av inspirasjon fra eksisterende ressursen om fotosyntesen og sjekklisten utarbeidet av Seethaler mfl. (2020). Sjekklisten, som blir grundigere forklart i kapittel 4, ble utviklet med formål om å veilede produksjon av instruksjonsvideoer. Den ga oss retningslinjer for valg av innhold og hvilke hensyn som må tas i en instruksjonsvideo. Etter flere iterasjoner med produksjon av manus og systematisk utforskning av alternative illustrasjonsforslag, kom vi frem til et utkast vi presenterte for veilederne våre. Etter ytterligere revidering filmet vi prototype 1 av den fagdidaktiske ressursen vår.

3.2.2 Syklus 1: Kvalitetssikring av faglig innhold

Målet med syklus 1 var å kvalitetssikre det naturfaglige innholdet i ressursen og fremstillingen av fotosyntesen gjennom tegninger. For å oppnå målet sendte vi ressursen til tre fagekspertter med kompetanse innen biologi og naturfagdidaktikk, som skulle kvalitetssikre fagstoffet. Ved å prøve ut designet, får man mulighet til å samle inn data, som kan bearbeides og legge grunnlag for videre revidering i den retrospektive analysen (Bjørndal, 2013; Easterday et al., 2014). Tilbakemeldingene ble samlet inn gjennom et spørreskjema (Vedlegg 2) og deretter analysert gjennom en systematisk sortering og kondensering, og anvendt til videreutvikling av prototype 1 til prototype 2.

3.2.2.1 Evaluering av prototype 1 av fagekspertter

Utvelgelsen av informanter var basert på strategisk utvalg. Det vil si at vi valgte informanter på bakgrunn av egenskaper eller kvalifikasjoner som er strategiske i forhold til målene vi har med ressursen (Bjørndal, 2013). For fagekspertene var kriteriene som nevnt at de var utdannede biologer og hadde naturfagdidaktisk kompetanse. Informantene fikk tilsendt en informasjonsmail (Vedlegg 1) i forkant av studien der de svarte om de ville delta. Hver informant fikk tilsendt den fagdidaktiske ressursen sammen med det tilhørende spørreskjemaet (Vedlegg 2).

3.2.2.2 Kvalitativ datainnsamling gjennom spørreskjema med åpne svaralternativer

Spørreskjemaet (Vedlegg 2) var en datainnsamlingsmetode vi brukte for å samle inn kvalitative data fra ekspertene (Postholm & Jacobsen, 2021). Kvalitative studier baserer seg på å samle inn informasjon om virkeligheten gjennom ord og språk (Postholm & Jacobsen, 2021). For å forstå hvordan mennesker opplever verden, kan den kvalitative metoden gi utdypende svar på de spørsmålene forskerne har. Vi anså det som mest hensiktsmessig å samle inn data gjennom et spørreskjema (Vedlegg 2), ettersom informantene kunne bruke egne ord for å forklare sin forståelse av videoen. Da vil man få med nyansene og variasjonene som gir de ulike tolkningene.

Spørsmålene i spørreskjemaet var kategorisert i tre hovedområder: evaluering av videoens fremstilling, evaluering av fremstilling av teori og vurdering av tegningenes samhörighet til teorien, i tillegg til et åpent kommentarfelt for andre betraktninger (Vedlegg 2). Spørreskjemaet besto av spørsmål med åpne svaralternativer. Åpne svaralternativer i et spørreskjema er blant annet hensiktsmessig når det finnes for mange ulike svaralternativ og hvis man ikke vet om alle de mulige svaralternativene på forhånd (Postholm & Jacobsen, 2021). Ettersom vi ønsket ekspertenes egenerfarte opplevelse av vår ressurs, måtte vi ha åpne svaralternativ da vi ikke kunne forutsi hva de ville si på forhånd.

Spørreskjemaet tillot ekspertene tilstrekkelig med tid til å reflektere over det faglige innholdet og formulere veloverveide tilbakemeldinger. Fagsekspertene fikk mulighet til å lese seg opp på litteratur, notere kommentarer underveis, spole frem og tilbake i videoen og sende inn svar. I tillegg kunne vi som forskere lese nøye gjennom data og diskutere og reflektere underveis i analysen.

Når man bruker et spørreskjema, er informasjonen som skal samles inn, predefinert av forskerne (Postholm & Jacobsen, 2021). Det vil si at vi fikk tilbakemeldinger på de spesifikke områdene vi ønsket å forbedre ved ressursen. På den andre siden begrenser kategoriene informantene, da de kun svarer på det vi spør om. For å gi informantene muligheten til å dele ytterligere informasjon, avsluttet vi med en åpen kategori: «annet».

3.2.2.3 Analyse av data, refleksjon og utvikling av prototype 1 til prototype 2

For å skaffe oss en oversikt over helheten av informantenes tilbakemeldinger gjennomførte vi en systematisk sortering og komprimering av datamaterialet. Vi startet med å grovsortere materialet inn i tre forhåndsbestemte deler: teori, tegning og videoteknisk. Deretter sorterte vi datamaterialet inn i undertemaer, basert på tilbakemeldingene fra ekspertene. Eksempler på undertemaer er fremstilling av vannets rolle og begrepsbruk under teori, utenfor og innenfor plantecellen under tegning. Målet med sorteringen var å gjøre det tydelig hva vi ønsket å beholde videre og hva vi burde endre for å utvikle prototype 1 til prototype 2. Dette er det Bjørndal refererer til som den reflekterende siden av designforskning (Bjørndal, 2013). En retrospektiv analyse og refleksjon av tilbakemeldingene fra utviklingsarbeidet, bidro til en videreutvikling av prototype 1 av tegne-med-videoen til en prototype 2.

3.2.3 Syklus 2: Sikre at ressursen er relevant for naturfaglærere

Målet med syklus 2 var å evaluere om den fagdidaktiske ressursen var relevant for målgruppen. Prototype 2 ble derfor sendt ut til tre naturfaglærere på ungdomstrinnet. Vi samlet data gjennom et semistrukturert intervju (Vedlegg 5) i etterkant av evalueringen fra lærerne, som ble brukt som grunnlag for en retrospektiv analyse.

3.2.3.1 Evaluering av prototype 2 av naturfaglærere på ungdomsskolen

Kriteriene vi hadde til informantene i dette utvalget, var at de skulle være utdannede naturfaglærere som har undervist i naturfag, og som jobber på en ungdomsskole eller med elever som følger kompetansemålene til ungdomsskolen. Hver informant fikk

tilsendt en informasjonsmail (Vedlegg 3) for å melde seg på. Informantene som ville delta, fikk deretter tilsendt tegne-med-videoen, i tillegg til et informasjonsskriv om ressursen (Vedlegg 4).

3.2.3.2 Kvalitativ datainnsamling gjennom semistrukturert intervju

For å sikre at vi fikk informasjonen vi trengte for å svare om ressursen var relevant for lærere, gjennomførte vi semistrukturerte intervjuer. Semistrukturerte intervjuer er delvis strukturerte intervjuer som har som målsetting å forstå deltakernes perspektiv (Postholm & Jacobsen, 2021). Det som kjennetegner et semistrukturert intervju er at forskerne har bestemt temaet for intervjuet, samt utarbeidet noen spørsmål på forhånd. Spørsmålene er derimot ikke nødvendige å følge, men kan være ledende eller ikke stilles i det hele tatt. Dette ga oss muligheten til å stille oppfølgingsspørsmål, samtidig som intervjuobjektene tok opp temaer som interesserte dem underveis.

Vi hadde en intervjuguide (Vedlegg 5) for å sikre at vi fikk svar på det vi lurte på. Intervjuene varte fra 30-45 minutter per informant. Fordelen med å gjennomføre et semistrukturert intervju i syklus 2, fremfor et spørreskjema, er at et intervju får frem kunnskap som vi ikke ville fått hvis vi hadde samlet data med et spørreskjema (Krumsvik, 2019). Dataene la grunnlaget for diskusjonen av videreutvikling og veien videre.

Den ene masterstudenten tok notater, mens den andre holdt intervjuet. Det foregikk dermed en kontinuerlig analyse av datamaterialet i intervjuet, ettersom vi måtte bestemme oss underveis for hva vi ønsket å gå videre med og følge opp (Postholm & Jacobsen, 2021).

3.2.3.3 Analyse av data, refleksjon og videreutvikling av fagdidaktisk ressurs

På samme måte som i syklus 1, gjennomførte vi først en grovsortering av datamaterialet i forhåndsbestemte temaer (Vedlegg 6). Temaene samsvarte med spørsmålene fra det semistrukturerte intervjuet. Etter grovsorteringen, ble tilbakemeldingene sortert i temaer etter hva vi mente var de viktigste funnene (Vedlegg 7).

Den retrospektive analysen skal ifølge Bjørndal (2013) bidra til utviklingen av en lokal undervisningsteori. Intensjonen med undervisningsteorien er at den skal tjene som referanseramme for lærere som ønsker å tilpasse undervisningsoppleggene sine (Wæge, 2007). Den retrospektive analysen vi har gjennomført i denne syklusen ser tilbake på alle fasene i designeksperimentet, med hovedfokus på tilbakemeldingene fra naturfaglærerne. Den retrospektive analysen førte til forslag til veien videre for den fagdidaktiske ressursen.

3.3 Forskningsetikk

Vi har verken brukt personopplysninger, eller informanter under 16 år i vår studie. Vi anonymiserte informantene, og tok ikke opptak av intervjuene med naturfaglærerne. Det ble heller ikke lagret informasjon eller etablert koblingsnøkler. Dermed opprettholdt vi retningslinjene til Sikt (kunnskapssektorens tjenesteleverandør), ettersom vi skrev for hånd og ikke lagret informasjon om informantene (Sikt, u.å.). Det vil likevel alltid være viktig å tenke over retningslinjene til Sikt, da disse er med på å beskytte informantene.

Som forsker er man pålagt å følge de etiske retningslinjene som eksisterer innenfor forskningsfeltet. Ettersom vi har arbeidet med voksne i skolen er det viktig at vi tar personvern til vedkommende på alvor (Postholm & Jacobsen, 2021). I forkant av datainnsamlingen sendte vi derfor ut en informasjonsmail til deltakerne (Vedlegg 1 og Vedlegg 3). Dette var for å forsikre oss om at informantene forsto at det var helt frivillig å delta, samt at de hadde muligheten til å trekke seg til enhver tid uten videre begrunnelse. I mailen sto det om undersøkelsens hensikt, metode for datainnsamling, hvem som har hovedansvaret og om de ønsket å delta.

4 Resultat og diskusjon

Kapittelet er delt opp etter rekkefølgen på utviklingen av ressursen basert på pedagogisk designforskning (Bjørndal, 2013). Innledningsvis vil vi beskrive og begrunne valgene vi gjorde i forberedelsesfasen. Videre tar vi for oss de to syklusene vi har gjennomført, og den retrospektive analysen av den fagdidaktiske ressursen.

4.1 Forberedelse av fagdidaktisk ressurs og utvikling av prototype 1

I denne delen skal vi beskrive forberedelsedelen og utviklingen av prototype 1. Først går vi gjennom litteratursøk og retning for utvikling av tegne-med-video, før vi beskriver og forklarer valg vi tok i design av prototype 1. Valgene vi har tatt i utviklingen er basert på forskning, litteratur, diskusjoner med veiledere og egne erfaringer, samtidig som vi har støttet oss på sjekklisten til Seethaler et al. (2020) for å kunne lage en god instruksjonsvideo.

4.1.1 Retning for utviklingen og litteratursøk

Vi startet med å utforme en hypotetisk lokal undervisningsteori, som ga oss en retning til videre forberedelse av design og utvikling. Teorien lyder slik: «En tegne-med-video kan bidra til at lærere tegner i klasserommet». Teorien sammen med det overordnede målet om å bidra til at naturfaglærere og elever tegner sammen i undervisning, ga oss et grunnlag for å danne den fagdidaktiske ressursen.

Etter vi fikk etablert den hypotetiske lokale undervisningsteorien ble det utført en systematisk litteraturgjennomgang. Litteraturgjennomgangen besto av faglitteratur og forskning om tegning generelt, tegning som læringsstrategi, litteratur om misoppfatninger, samt et dypdykk i fotosyntesens faglige bakgrunn i og hvordan den presenteres i ulike ressurser og læreverk.

Før vi kunne utvikle vår egen ressurs ble vi nødt til å utforske allerede etablerte ressurser om fotosyntesen og tegne-med-videoer. Å få innsikt i tidligere løsninger og ressurser er avgjørende i utviklingen av nye produkter (Gravemeijer & Cobb, 2006). Da vi kartla de allerede etablerte ressursene om fotosyntesen, noterte vi hva vi mente manglet i ressursene og hva vi ønsket å tilføye. Det som manglet, var en fagdidaktisk tilnærming til hvordan lærere kunne bruke videoene interaktivt med elevene i klasserommet. Vi ønsket at videoene var lagt opp til at læreren kunne tegne med elevene. Et eksempel på en av ressursene er NRK skole sin video om fotosyntesen. Illustrasjonsvideoen til NRK skole fremstiller fotosyntesen på en grundig måte akkompagnert av estetiske og tydelige illustrasjoner (NRK skole, 2016). Tegnemessig tok vi inspirasjon fra denne ressursen, men det hurtige tempoet i gjennomgangen legger ikke opp til at seeren kan tegne-med. De fleste videoene vi fant om temaet lignet denne videoen, da de alle var illustrasjonsvideoer med et hurtig tempo.

Etter litteratursøket var fullført startet vi å utarbeide manus, innhold og illustrasjoner til prototype 1. Det faglige innholdet i prototype 1 er basert på faglitteratur fra Campbell et al. (2006) (se Vedlegg 8 for informasjon om fotosyntesen). Det faglige nivået i prototype 1 er lagt opp etter kompetansemålene etter 10. trinn (Kunnskapsdepartementet, 2019) og læreverkene Element fra Gyldendal og Naturfag fra Cappelen Damm. For utformingen av videoen og illustrasjonene tok vi inspirasjon fra Brattetaule (2022) sin utvikling av tegne-med-video, samt NRK skole sin video om fotosyntesen.

4.1.2 Design av prototype 1

Ettersom et av studiens delmål er å gi naturfaglærere en ressurs som møter dokumenterte misoppfatninger om fotosyntesen, tok vi utgangspunkt i misoppfatningene da vi utformet videoen. I utviklingen av manus tok vi hensyn til kompetansemål i naturfag etter 10. trinn og dokumenterte misoppfatninger elever har om fotosyntesen. Det la grunnlag for hva og hvordan vi ville legge frem de forskjellige komponentene i fotosyntesen. Vi ville lage en undervisningsvideo om fotosyntesen som ikke bare var illustrerende, men også fagdidaktisk rettet mot hvordan lærere kan tegne med elevene i undervisning. Her var sjekklisten til Seethaler et al. (2020) en viktig artikkel å støtte seg på i utviklingen.

Seethaler et al (2020) er et tverrfaglig forfattersamarbeid som har samlet anbefalinger fra flere kilder og laget en 12-punkts sjekkliste om hva en bør tenke på når man lager en instruksjonsvideo. Sjekklisten gir en grundig gjennomgang av design og produksjon av instruksjonsvideoer, som skal bidra til effektive og engasjerende videoer innen matematikk og naturfag. Sjekklisten er delt opp i tre kategorier av design-avgjørelser: innhold og sekvensering, kognitiv støtte og affektive hensyn. Kategoriene er igjen delt opp i undertemaer, som blant annet «språk» og «visualisering», som utgjør selve punktene på sjekklisten. Tabellene nedenfor er en gjengivelse av sjekklisten presentert av Seethaler et al. (2020). For hvert punkt på sjekklisten vil vi legge til hvordan sjekkpunktet bidro til utviklingen av prototype 1.

Vi har fordelt innholdet i tre tabeller (Tabell 1, Tabell 3 og Tabell 4), der hver tabell tar for seg en kategori av design-avgjørelser. Innholdet i kolonnen «Forklaring av undertema», er tatt ut fra artikkelen til Seethaler et al. (2020), og oversatt til norsk. Innholdet i kolonnen «Valg» tar for seg de spesifikke valgene vi tok, og en grundigere forklaring av valgene kommer under hver tabell.

4.1.2.1 Innhold og sekvensering

Innhold og sekvensering (Tabell 1) er en kategori av design-avgjørelser som forsikrer seg at videoens faglige innhold avklarer konseptene uten logiske feil, at innholdet i starten av videoen skaper nysgjerrighet og at det faglige språket blir brukt konsekvent og passer til elevgruppen (Seethaler et al., 2020).

Tabell 1: Tabellen viser beskrivelse av de valg vi gjorde i utviklingen av prototyp 1 knyttet til de ulike undertemaene innenfor kategorien "innhold og sekvensering" (Seethaler et al., 2020).

Kategori: Innhold og sekvensering		
Undertema	Forklaring av undertema	Valg
Konseptet i videoen	Videoen bør avklare konseptene som dekkes og knytte dem til elevenes tidligere kunnskap, samt tilhørende misoppfatninger	<ul style="list-style-type: none"> • Ta med intro som forklarer hensikten med ressursen
Logisk fremstilling av konsepter	Hvert konsept i videoen bygger på de foregående konseptene uten logiske mangler eller feil	<ul style="list-style-type: none"> • Fremstiller fotosyntesen steg for steg basert på litteratur og diskusjon med biologer og veilederne våre
Historien	Bruk en innledende historie, problem eller spørsmål for å starte et narrativ som gjør brukeren nysgjerrig. Det kan også være et problem som løses gjennom videoen	<ul style="list-style-type: none"> • Innledning til mottaker om hvorfor ressursen er nyttig • Innlede med et spørsmål i den fagdidaktiske delen av ressursen om fotosyntesen som skal svares på i løpet av videoen
Språk	Tonen i videoen bør være samtalepreget og faglig terminologi passende til mottaker. Det vil si at begrepene passer det faglige nivået til mottaker, samt at definisjonene brukes konsekvent. Elever presterer bedre når de først introduseres til vitenskapelige konsept og deretter fagterminologien	<ul style="list-style-type: none"> • Tilpasset språket til elever på ungdomstrinnet, slik at lærere kan ta utgangspunkt i vår faglige fremstilling i egen undervisning om fotosyntesen • Grundig vurdering av hvilke begreper som skal brukes i ressursen (Tabell 2)

Valg og begrunnelser fra innhold og sekvensering:

Konseptet i videoen:

Vi startet videoen med en intro for å gjøre mottakeren klar over konseptene som dekkes. Introen forklarer hva vi skal bruke av utstyr, hva vi skal snakke om og at misoppfatninger rundt fotosyntesen er vanlig hos elever. Læreren bør være klar over misoppfatningene som kan være i eget klasserom før man starter undervisningen, for å bedre kunne adressere misoppfatningene og endre forståelsen til elevene (Allen, 2020).

Logisk fremstilling av konsepter og historien:

For å oppnå en logisk fremstilling av fotosyntesen, valgte vi å dele opp prosessen i en foto- og en syntesedel. Med todelingen ønsket vi å få frem at fotosyntesen ikke er en kjemisk reaksjon, men en prosess med flere deler (Campbell et al. 2006). Denne

fremstillingen tydeliggjør blant annet rollen til komponenter som klorofyll og energi, som Urey (2018) nevner lærere ofte har misoppfatninger om.

For å løse punktet om å bruke en innledende historie for å gjøre mottakerne nysgjerrige, la vi til en innledning som forklarte hvorfor lærere burde tegne og, som nevnt, at det finnes mange misoppfatninger om fotosyntesen. Vi tok utgangspunkt i spørsmålet om hvor plantene får energi og masse fra for at den faglige historien om fotosyntesen skulle starte et narrativ som gjør mottakerne nysgjerrige. Spørsmålet går ut fra en misoppfatning om at planten får massen sin fra jorda, eller næring som er oppløst i vann (Svandova, 2014). Ved å starte videoen med dette spørsmålet aktiverer vi forkunnskaper, både rette og gale, og gir læreren et tips til hva hen kan si for å koble på elevene.

Språk:

For å gi naturfaglærere en ressurs som møter dokumenterte misoppfatninger om fotosyntesen, var vi bevisst hvilke begreper vi introduserte i videoen og hvilke vi utelot. Begrunnelsen for valg av begreper er presentert i tabell 2. Noen begrep som næring eller byggesteiner tror vi kan bygge opp under allerede etablerte misoppfatninger, som blant annet at planten henter sin masse fra jorda. Som beskrevet ønsker vi i tillegg å bruke et språk som er tilpasset elevgruppene til lærerne. Å bruke et presist språk med naturfaglig begreper er viktig for at elever skal prestere godt i naturfag (Seethaler et al., 2020).

Tabell 2: Tabellen viser begrunnelse for hvilke begreper som er med i den faglige forklaringen av fotosyntesen og hvilke som ble utelatt

Begrep	Begrunnelse
Næring	Vi fjernet ordet «næring» da det kan assosieres med næringsstoffer som mineraler og vitaminer.
Byggesteiner	Vi erstattet «byggesteiner» med byggeklosser, da byggesteiner kan assosieres med noe planten henter opp fra jorda.
Elektroner og protoner	Vi har valgt å ikke ta med ordene «elektroner» og «protoner», og å ikke forklarer mekanismer på det nivået, da det kan bli for mange detaljer med tanke på læreplan og kompetansemål.
Energipakker	Vi valgte å bruke «energipakker» for å betegne både ATP og NADPH og dermed forenkle forklaringen om energibærerne.
Klorofyll, stroma, Calvin, absorbere, biomasse	Vi har valgt å ta i bruk fagbegrepene da vi ser at de er nevnt i læreverkene vi har tatt utgangspunkt i, samt at vi mener det er begrep som kan støtte læringen av fotosyntesen fremfor å hindre den.

4.1.2.2 Kognitiv støtte

En undervisningsvideo må gi elevene kognitiv støtte (Seethaler et al., 2020). I denne kategorien kommer punkter som er viktige for at informasjonen i videoen ikke oppleves

som overveldende. Undertemaene i kategorien fremhever viktigheten av visuelle elementer, klar veiledning og passende varighet for videoen (Seethaler et al., 2020).

Tabell 3: Tabellen viser beskrivelse av de valg vi gjorde i utviklingen av prototyp 1 knyttet til de ulike undertemaene innenfor kategorien «kognitiv støtte» (Seethaler et al., 2020).

Kategori: Kognitiv støtte		
Undertema	Forklaring av undertema	Valg
Visualisering	Demonstrering, animasjoner og andre visuelle elementer bør avklare konsepter og gjøre det abstrakte konkret	<ul style="list-style-type: none"> • Fokus på at tegningene skal være lette å tegne med på • Tegningene skal bidra til å forstå kompliserte prosesser i fotosyntesen
Signaler og representasjoner	Piler, markeringer og verbal veiledning hjelper elevene med å bevege seg gjennom fysiske fenomener, symboler og andre representasjonsformer	<ul style="list-style-type: none"> • Bruke piler for å symbolisere aksjon • Bruke V-formede streker til å symbolisere at noe blir forstørret • Være tydelig i vår verbale forklaring til tegningene
Synkronisering	Grafikk og fortelling forsterker hverandre gjensidig og er godt synkronisert	<ul style="list-style-type: none"> • Utvikle et manus i samsvar med tegningene
Segmentering	Forsvarlig varighet, pauser og gjentakelser for å fremheve viktige poeng	<ul style="list-style-type: none"> • Basere lengden på videoen ut ifra innhold • Gjentakelse av det vi vil at mottakeren skal legge vekt på, som eksempelvis produktet i fotosyntesen • Nok pauser i tegneprosessen for å legge til rette for at mottakeren kan tegne med
«Streamline/streamlining» Oversatt til tydeliggjøring videre i teksten*	Presentasjonen unngår å overbelaste elevene med distraksjoner eller samtidig bearbeiding av informasjon i konflikt	<ul style="list-style-type: none"> • Unngå overbelastning av detaljer som ikke er essensielt for budskapet vi vil få frem om fotosyntesen

*Streamlining er et omfattende begrep. På grunn av mangel på en god norsk oversettelse av dette begrepet, har vi valgt å bruke «tydeliggjøring».

Valg og begrunnelser fra kategorien kognitiv støtte:

Visualisering

I og med at vi har utviklet en tegne med-video, har visualisering av konsepter vært en stor del av prosessen. Et av delmålene er å støtte lærere i å visualisere fotosyntesen som en prosess. Dette skal gjøres i klasserommet, sammen med elever. Vi har derfor fokusert på at tegningene i ressursen skal være overkommelig å tegne for alle. Forskning viser at både elever og lærere trenger instruksjoner på å tegne naturfaglig (Fiorella & Mayer, 2020; Koester, 2014). Derfor var det viktig for oss at det tegnetekniske ble godt forklart for lærerne som skal ta ressursen i bruk.

I ressursen har vi også hatt fokus på at tegningene skal bidra til at elevene forstår de kompliserte prosessene i fotosyntesen. Lærere må som nevnt ofte kommunisere abstrakt kunnskap på en måte som gjør den tilgjengelig for elevene (Scheiter et al., 2017), og visuelle representasjoner er et nyttig verktøy for å gjøre det abstrakte konkret (Eilam & Gilbert, 2014). Kjøkkenmaskin og solcellepanel er eksempler på slike visualiseringer. Kjøkkenmaskinen tydeliggjør hvilke ingredienser som må til for at plantene skal lage energirikt karbohydrat. Da kommer det frem at for at planten skal lage byggeklosser, trenger den kjemisk lagret energi og karbonforbindelser fra lufta. Metaforene kan bidra til å møte misoppfatningen om at fotosyntesen er en gassutveksling, og ikke måten planter skaffer seg næring på (Allen, 2020; Karakaya et al., 2021; Özay & Öztaş, 2003). Fremstillingen av klorofyll som solcellepanel tydeliggjør hovedoppgaven til pigmentet, som er å absorbere lysenergi fra sola (Campbell et al. 2006).

Signaler og representasjoner

Når man tegner med elever i naturfag får læreren mulighet til å vise at det er hensiktsmessig å bruke beskrivende ord sammen med representasjonene (Quillin & Thomas, 2015). For å veilede lærerne gjennom tegninger og muntlig forklaring, brukte vi piler for å symbolisere aksjon (eks. ved forflytting av molekyler), streker for å symbolisere at vi forstørrer noe (eks. ved forstørring av plantecelle - kloroplast) eller streker i form av bølger (eks. for å vise solstrålenes absorpsjon i klorofyllet), og streker i form av spiral (eks. i kjøkkenmaskinen når karbohydrater dannes).

Da vi designet videoen måtte vi ta aktive valg om hvilke deler av fotosyntesen vi skulle formidle og representere (Seethaler et al., 2020). Valgene baserte vi på hva vi ønsket mottakeren skulle huske og vektlegge i videoen, som for eksempel at fotosyntesen er en prosess som kan deles inn i en foto- og syntesedel der begge delene skjer i kloroplastet i plantecellen. Vi unngikk blant annet å bruke lang tid på å tegne en detaljert plantecelle, siden målet med plantecellen er å forklare en prosess inne i en av cellens organeller. Et annet eksempel på valg vi har tatt for å hjelpe lærerne gjennom representasjonene, er å kontinuerlig gi verbal veiledning gjennom ressursen. Å kombinere tegning og muntlig forklaring, støtter læringen til personen som ser på den digitale undervisningsvideoen (Seethaler et al., 2020). Når tegningen består av både ord, streker og piler for å støtte opp under forklaringen, kan det bidra til å gi mottakeren kognitiv støtte (Seethaler et al., 2020)

Valgene for hva som skulle representeres i videoen ble også vurdert ut fra hvilke misoppfatninger vi ønsket å unngå. Eksempelvis ønsket vi å møte misoppfatningen om at oksygen er formålet med fotosyntesen (Özay & Öztaş, 2003). Derfor la vi vekt på produktet til fotosyntesen, som ikke er oksygen, men energirike karbohydrater. Vi vektla de energirike karbohydratene ved å bruke plass og tid på å tegne dem, både innledningsvis og avslutningsvis i videoen. I tillegg ble karbohydratene tegnet med sterke signalfarger som rød (samme farge som karbonforbindelsene) og oransje (fargen til energi). De to tiltakene kombinert kan føre til at elevene forstår at formålet til fotosyntesen er å produsere karbohydrater til seg selv, og ikke oksygen til omgivelsene sine.

Synkronisering

Til å begynne med var vi mer opptatt av å utvikle gode representasjoner enn gode verbale forklaringer. En konsekvens av dette var at vi hadde godt bearbejdede tegninger uten et tilhørende faglig sterkt manus. Litteraturen tilsier at visuelle representasjoner og verbale forklaringer burde støtte hverandre (Quillin & Thomas, 2015). Når elevene ser på illustrasjoner vil de bruke omfattende mental aktivitet for fylle inn tomrommene og tolke det helhetlige bildet (Imsen, 2020). Vi utarbeidet derfor et nytt manus i samsvar med representasjonene, for at tomrommene skulle bli så få som mulig. Å forbedre forklaringen til vannets rolle var da spesielt viktig, for at det skulle bli tydelig at oksygenet plantene slipper ut kommer fra vann og er et avfallsstoff i fotosyntesen. Vi la til en forklaring om at oksygen kan hemme planteveksten, og at det er viktig at planten får oksygenet ut gjennom spalteåpningene. Dette er et eksempel på hvordan den verbale forklaringen forsterker representasjonene.

Vi ble også oppmerksomme på at vi i noen tilfeller kun skrev begreper uten tilhørende illustrasjoner (eksempelvis «karbohydrater»), og utforsket dermed mulighetene for å tegne en representasjon til alt vi skrev. I noen tilfeller ble vi klar over at en tegning ville gi en mer detaljert beskrivelse av forklaringen, eksemplvis med plantens bearbejdelser av karbohydrat til glukose etc. Å tegne karbohydratene som rød og gule bokser ble et viktig virkemiddel for ressursen, da vi kunne tydeliggjøre at karbohydratene var fotosyntesens hensikt. Imidlertid kunne vi ikke illustrere alt vi sa i videoen da vi så at det tok unødige med tid og fokus vekk fra målet med videoen. Vi utelot eksemplvis å tegne inn en gulrot som spises av kanin, som igjen spises av rev osv. Ved å både skrive og tegne det vi ønsket å vise, erfarte vi selv hvordan to læringsstrategier kombinert, gir et bedre læringsutbytte (Seethaler et al., 2020; Quillin & Thomas, 2015; Imsen, 2020). Dette er noe vi ønsker å vise lærerne gjennom ressursen.

Segmentering

For å ha en forsvarlig varighet på tegne-med-videoen delte vi prototype 1 inn i tre videoer med varighet på omtrent 10 minutter per del. Å dele inn videoen i tre gjorde den mer overkommelig enn én video på 30 minutter. Underveis i videoen forekommer det korte naturlige pauser i den muntlige forklaringen, når fokuset er på representasjonene. I andre tilfeller er det pauser i tegneprosessen når vi tar oss et øyeblikk for å gi en verbal beskrivelse av noe som skjer. Denne dynamikken opplever vi selv som hensiktsmessig da vi får koblet på både brukerens observasjonsevner, samt lytteferdigheter. Dette tror vi kan skjerpe brukerens fokus. Et annet virkemiddel vi bruker i tegne-med-videoen er gjentakelser. Ved å gjenta noe nok ganger håper vi at fagstoffet vil kunne feste seg bedre hos læreren. Dette gjelder eksemplvis når vi repeterer produktet som dannes

(karbohydrat), og hvor energien til karbohydratene kommer fra. Det vil si at de gjentakelsene som blir gjort i videoen, er i våre øyne hensiktsmessige.

Tydeliggjøring

Slik det blir nevnt ovenfor var det viktig for oss at det som formidles verbalt stemmer overens med tegningene som vises. Dersom man opplever en konflikt mellom det som vises og det som sies, vil det kunne skape forvirring og i verste fall en misoppfatning (Allen, 2020). Ved å tydeliggjøre forklaringene kan man unngå kognitive overbelastninger og unødvendige konflikter (Seethaler et al, 2020; Fiorella & Mayer, 2020).

I forberedelsesfasen evnet vi ikke å representere hydrogenets rolle i fotosyntesen på en hensiktsmessig måte. Ettersom vi mislyktes i å få illustrasjonene til å samsvare med den verbale forklaringen, valgte vi å fjerne hydrogen fra fremstillingen. Ved å fjerne en relativt essensiell del kan vi risikere å skape logiske hull eller nye misoppfatninger hos mottakeren. Her valgte vi å støtte oss på lærerens profesjonalitet (Skjelbred & Digranes, 2023). Lærerens profesjonalitet er med å fange opp atmosfæren i læringsfellesskapet, og er essensiell for å kunne tilrettelegge for tegning som læringsstrategi. Ingen elevgrupper er like, så læreren må bruke sin profesjonalitet til å vurdere hva elevgruppa kan dra nytte av å lære (Imsen, 2020). Dermed blir det læreren sitt ansvar å se an om hydrogenets rolle er hensiktsmessig å ta opp. Vi har valgt å ikke inkludere hydrogenet i det faglige innholdet i ressursen. Imidlertid er ressursen beregnet for lærere, og det kunne vært gunstig å vise hydrogenets rolle, slik at læreren fikk muligheten til å velge.

En annen nært beslektet forklaring vi tydeliggjorde var vannets rolle i fotosyntesen. Vi ønsket å illustrere hvilken funksjon vann har, samt at det er kilden til oksygenet, uten å legge for mye vekt på oksygenet for å unngå å gi inntrykk av oksygen som hovedprodukt (Svandova, 2014; Özay & Öztaş, 2003). Dette var en av misoppfatningene vi ønsket å møte med ressursen. For å oppnå dette måtte vi balansere forenkling av fremstilling av vann og oksygen med en klar framstilling av prosessen. Vi valgte derfor, som nevnt, å ta bort hydrogenionene i stroma og fra det splittede vannmolekylet, men beholde informasjonen om vannets viktige rolle i lagringen av kjemisk energi fra sollys, og at det ble dannet oksygenmolekyl som biprodukt fra vannmolekylet. Slike presiseringen ble gjort for å redusere risikoen for kognitiv overbelastning hos elevene (Seethaler et al., 2020).

4.1.2.3 Affektive hensyn

For at ressursen skal oppleves som relevant for lærere, var det viktig å ta affektive hensyn (Seethaler et al., 2020). De affektive hensynene går på relevans, samspill og tilgjengelighet for mottakeren.

Tabell 4: Tabellen viser beskrivelse av de valg vi gjorde i utviklingen av prototyp 1 knyttet til de ulike undertemaene innenfor kategorien «affektive hensyn» (Seethaler et al., 2020).

Kategori: affektive hensyn		
Undertema	Forklaring av undertema	Valg
Relevans	Presentasjonstonen og stilen er aldersmessig passende, og konteksten er meningsfull for målgruppen	<ul style="list-style-type: none">• Tilpasse språket og tegningene hovedsakelig til elevgruppa til læreren (mottakeren av videoen)
Samspill	Det er et bevisst samspill mellom video og mottaker	<ul style="list-style-type: none">• Henvende oss til mottakeren ved didaktiske valg
Tilgjengelighet	Videoen har tilstrekkelig mengde estetisk og teknisk kvalitet for å oppfylle læringsmålene, og den bruker prinsippene for universelt design med hensyn til funksjonelle nedsettelse	<ul style="list-style-type: none">• Hensiktsmessig rekkefølge på komponentene• Bruke A4-ark, samt vise til hvordan man kan livestream i klasserommet for å gjøre det mer tilgjengelig for mottaker å gjennomføre selv

Valg og begrunnelser fra kategorien affektive hensyn:

Relevans

Målgruppen for videoen er lærere. Forklaringen og tegningene er ment for ungdomsskoleelever. Dette skillet ble ganske vagt til tider. Det var derfor utfordrende å skrive et manus som både skulle være passende for ungdomsskoleelever, samt virke nyttig og engasjerende for lærere, da videoen er tilsiktet dem. Vi endte opp med å ha et språk tilpasset elevgruppen, men henvendte oss til lærere (tilsiktet mottaker) ved didaktiske valg. Dette valget tok vi for å gi lærerne inspirasjon til faglige forklaring, ettersom det er læreren som skal fungere som instruktøren i klasserommet. Vi kan instruere læreren, men det er lærerens oppgave å introdusere og gi en innføring i tegning som læringsstrategi til elevene (Fiorella & Mayer, 2020; Cohn, 2012).

Samspill og tilgjengelighet

Innholdet kommer tydelig frem gjennom verbal forklaring og støttende representasjoner. I tillegg er det ryddig og oversiktlig med en hensiktsmessig rekkefølge på komponentene. For at lærere skal tegne med elevene etter de har brukt ressursen, har vi gjort bevisste valg som tilrettelegger for dette. For å øke tilgjengeligheten for målgruppen har vi vist

hvordan man kan bruke noe de fleste lærere har tilgjengelig, A4-ark. Forskning viser at lærere kvier seg for å bruke tegning i undervisning (Edens & Potter, 2003; Koester, 2014). Basert på egne erfaringer er det blant annet fordi mange klasserom i dag har smartboard i stedet for whiteboard eller krittavle. Det kan være ubehagelig å bruke smartboard da det ikke alltid følger naturlige bevegelser, men kan henge seg opp. Vi har derfor valgt at det skal tegnes på A4-ark, og vist til hvordan man kan utføre livestream i klasserommet. Ved bruk av A4-ark er det lettere tilgjengelig for lærere å ta i bruk tegning som læringsmetode, og lettere for elevene å kopiere tegningene i sine egne bøker eller på et A4-ark. Denne metoden har vi valgt fordi modellering er en viktig metode for å lære seg å tegne (Cohn, 2012) og til slutt kunne generere egne representasjoner (Quillin & Thomas, 2015).

Videoen er ikke tilpasset universelt design slik som sjekklisten til Seethaler et al. (2020) anbefaler. Selv om videoen ikke er direkte tilpasset ulike funksjonsnedsettelse, har vi likevel prioritert at fargekontrastene skal være tydelige på skjermen. Vi har hovedsakelig brukt tusj i stedet for fargeblyanter for å sikre bedre synlighet. Dette kan forbedre tilgjengeligheten til videoen inntil en viss grad.

4.2 Kvalitetssikring av faglig innhold og visuell fremstilling (syklus 1)

I første syklus av designeksperimentet hadde vi som mål å kvalitetssikre det faglige innholdet i ressursen, samt den representasjonelle fremstillingen av fotosyntesen. I dette delkapittelet presenterer vi resultatene fra evalueringen av prototype 1 fra fagekspertene i biologi, samt begrunnelse av valg, refleksjon og beskrivelse av endringer gjort fra prototype 1 til prototype 2. I evalueringen av prototype 1 tok vi utgangspunkt i tilbakemeldingene fra ekspertene, og så på dem i lys av innholdet i lærebøkene Element 8-10 fra Gyldendal (Arntzen et al., 2020) og Naturfag fra Cappelen Damm (Steiniger & Wahl, 2020), samt diskuterte med våre veiledere.

Link til prototype 1 som ble sendt ut til ekspertene:

<https://youtube.com/playlist?list=PL57bbuULdw6DxxAu62iqyegqlcTsFsYQt&feature=shared>

4.2.1 Presentasjon av resultater fra datamaterialet etter evaluering av prototype 1

Fagekspertene som evaluerte prototype 1 var generelt positive til tegne-med-videoen og det faglige innholdet. De hadde imidlertid noen tilbakemeldinger til forebedring.

Tilbakemeldingene omhandlet for det meste det faglige innholdet i manus, samt et par endringsforslag til representasjonene. Resultatene fra analysen presenteres nedenfor i tabell 5. Tabellen er delt inn i tre hovedkategorier med elleve undertemaer.

Hovedkategoriene er teori, tegning og videoteknisk.

Tabell 5: Tabellen viser resultatene fra tilbakemeldingene fra de faglige ekspertene sortert etter tema, samt beskrivelse av de valg vi gjorde for den videre utviklingen av ressursen.

Teori		
Tema	Tilbakemeldinger	Valg
Fremstilling av lagring av kjemisk energi	Burde kommenteres litt mer at energien lagres i form av karbohydrater	Være mer tydelig på at energien fra sola, lagres som kjemisk energi i karbohydrater
Fremstilling av vannets rolle	Hvordan kommer vannet inn i kloroplasten?	Legge til at vannet kommer inn til cellen gjennom cellemembranen til plantecellen
	Vann gir hydrogenatomer til hydrokarbonkjeden i karbonforbindelser	Beholder forklaring slik den er
Begrepsbruk	Elever på ungdomstrinn lærer ikke begrepet «calvinsyklus».	Beholder at syntesemaskinen heter Calvin

	Hvordan O ₂ og CO ₂ kommer inn og ut av bladet. Nå gis det inntrykk at bladet aktivt suger til deg CO ₂ , mens det i virkeligheten går av seg selv gjennom diffusjon	Endre forklaringen fra at CO ₂ «trekkes inn» til at CO ₂ «kommer inn» i planten gjennom spalteåpninger
	Bruke byggemateriale fremfor byggeklosser, da materiale er mer variert og -kloss er misvisende	Endre fra byggeklosser til byggemateriale
	Ikke bruke ordet næring om CO ₂ da det kan forveksles med næringsstoffer	Skal ikke bruke ordet næring om de involverte molekylene for å unngå forveksling mellom CO ₂ og næringsstoffer
Annet	Burde dere si noe mer om mitokondriene?	Nevner mitokondrier kjapt, uten å legge noe mer vekt på forklaringene
Tegning		
Tema	Tilbakemeldinger	Valg - endring
Fargebruk	Litt uklart hvorfor vi farger stroma, og fargen vises dårlig på skjerm	Tydligere fargelegging av stroma og forklarer at vi farger stroma for å vise elever at det er et væskefylt rom
	Forvirrende at molekylene ikke har samme farge som i molekylsett	Beholde fargevalg på molekyl til tross for molekylsett
Innledning	Presentasjonen av misoppfatningene i innledningen ble vanskelig å fange opp	Tegne inn mer på misoppfatningene vi nevner. Legger til tegning på de forskjellige misoppfatningene
Utenfor plantecellen	Energirike karbohydrater er illustrert som 1 stk. kloss, men dere omtaler dem i flertall (karbohydratene, byggeklossene). Kanskje kunne dere vise at klossen består av flere deler på et vis?	Mest hensiktsmessig å beholde slik at ikke slutt-tegningen blir overfylt og virker rotete.

	Bør forklare hvorfor vi tegner de forskjellige karbohydratene slik vi gjør	Gi en kort forklaring for strukturen til hver karbohydrat-tegning vi tegner
Inne i plantecellen	Det nederste pitabrødet deres strekker seg over to stabler. Det finnes to typer tylakoider, og deres fremstilling blir en mellomting ved å tegne et pitabrød mellom to stabler.	Vi skiller mellom tylakoidene og velger å ikke tegne de langstrakte tylakoidene som går mellom stablene.
	Tegne dobbelheliksen litt tydeligere, slik at det ble lettere å se hva det var inne i kjernen.	Tegne dobbelheliksen mer som en krusedull fordi det er en uhensiktsmessig detalj
	Fremstille energi som batteri som gir kjøkkenmaskinen energi til å elte sammen "deigen"	Beholder energipakker fremfor batteri Beholder energi som ingrediens
	Kan være misvisende at vi kun tegner to molekyler som er involvert i energibærer-delen	Beholder at vi kun tegner to energibærere med tanke på faglig nivå på elevene
	Antall organeller: påpeke at det er enda fler	Beholde antall organeller, men påpeke at det er flere organeller enn de som nevnes
	Endre solstrålenes fremstilling etter at de absorberes av klorofyllet	Endre fra tykke stråler til tynnere spiraliserende streker
Videoteknisk		
Tema	Tilbakemeldinger	Valg
Lyd	Bare positive tilbakemeldinger	Beholdes slik den er
Hastighet & lengde	Bare positive tilbakemeldinger	Beholdes slik den er
Inndeling	Ok inndeling. Første del (introduksjon) kan deles inn som egen snutt. Faglig i to deler - makronivå og så mikronivå	Beholder tidsmessig inndeling

4.2.2 Begrunnelse av valg, refleksjon og beskrivelse av endringer gjort fra prototype 1 til prototype 2

Etter gjennomgang av evalueringene og resultatene fra analysen, var det mindre endringsforslag enn forventet. Dette kan tilsi at det ble utført godt arbeid i forkant av første prototype. Selv om det ikke var mange endringsforslag, har forslagene bidratt til en videreutvikling og forbedring av ressursen. Vi har gjort noen endringer, samt valgt å beholde andre deler. En detaljert forklaring av valgene vi har ut tatt fra temaene, uavhengig om de har ført til endring, vil vi skrive om her.

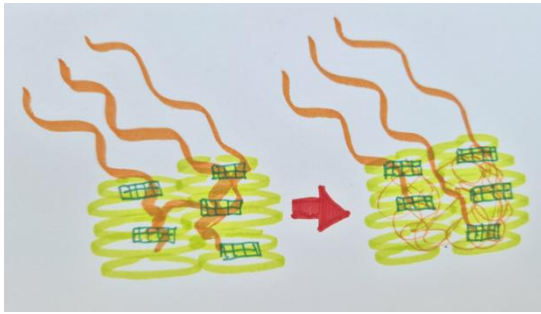
4.2.2.1 Fremstilling av energi

Lagring av kjemisk energi er et viktig konsept i det faglige innholdet i ressursen. Det er derfor essensielt at vi bruker riktig og konsekvent språk. Vi fikk, som vist i tabell 5, en kommentar på at hvor energien lagres, burde kommenteres mer. For å tydeliggjøre hvordan og hvor energien blir lagret, endret vi formuleringene i manuset slik at det alltid blir nevnt av «kjemisk energi pakkes og lagres i karbohydrater». Vi endret det ikke til at energien lagres «i form av», da vi mener at denne formuleringen er mer misvisende enn forklarende.

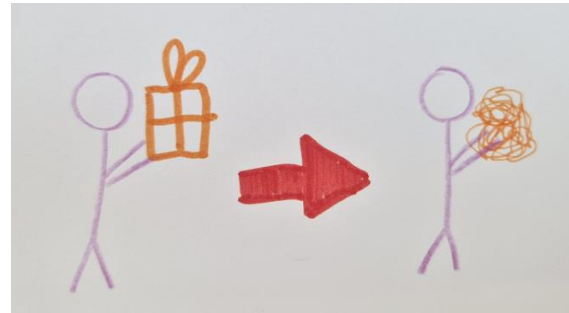
Vi er uenige om å endre fremstillingen av energi som et batteri som gir kjøkkenmaskinen energi for elting. Det kan bli forvirrende for elever på ungdomsskolen å skille mellom energi som ingrediens og energi som drivkraft bak prosessen. I videoen vil vi formidle hvordan energien pakkes sammen med karbon i karbohydrater, og velger derfor å beholde forklaringen.

Å lage representasjoner av fremstillingen av energi, fra solstrålene til de energirike karbohydratene, viste seg å være nokså krevende. Vi delte «energi» inn i ulike kategorier: fra sollys til absorbert energi, energien som del av energibærerne, energibærere og energi som pakkes og lagres i karbohydratene. Energi er et abstrakt begrep (Millar, 2014). Siden begrepet er så abstrakt, kan være vanskelig for elever å illustrere energi som noe annet enn det de kjenner fra før, eksempelvis gule lyn. Det er viktig at elevene forstår de visuelle metaforene for at de skal ha en effekt (Edlund & Balgopal, 2021). Dersom vi lager representasjoner som elevene ikke kjenner igjen eller forstår, kan det føre til dannelse av misoppfatninger hos elevene. Med dette i bakhodet ble det dermed viktig å lage tydelige fremstillinger av energiens løp gjennom fotosyntesen.

Gjennom hele videoen er energien farget oransje for at den skal være lett å se og kjenne igjen i alle delene av fotosyntesen. Det er heller ikke noe annet som er i samme farge for å hindre forvirring blant elevene. Fargen på energi beholdes, men for å representere tydelig at energien endres når den blir absorbert av klorofyllet, måtte vi endre representasjonen også (Figur 2). Energien går fra å være tjukke solstråler til å bli tynne kruseduller når den absorberes. Det var en lettfattelig måte å representere endringen i energi på. Et annet tiltak vi ble bevisst på gjennom tilbakemeldingene fra ekspertene var energipakkene. For å forebygge en misoppfatning om «energi er en pakke som kan åpnes», endret vi representasjonen av energi fra en energibærer med en pakke til en energi-krusedull (Figur 3). Vi endret også den tilhørende teksten til «når den kjemiske energien fraktes til syntesedelen, er den kjemiske energien blitt en del av molekylet, altså energibæreren».



Figur 2: Figuren viser endringen vi har gjort i representasjonen av absorbert energi i klorofyllet.



Figur 3: Figuren viser endringen vi har gjort i representasjonen kjemisk lagret energi som blir fraktet av energibærere.

4.2.2.2 Fremstilling av energibærere

En informant påpekte at det kan se ut for elever at energibærerne og energien er to ulike molekyler, fremfor et sammensatt energirikt molekyl. I prototype 1, ble energibærerne illustrert som små lilla arbeidere som tok med seg energipakker til calvinsyklusen. Energien var «pakket og lagret» i kjemiske energipakker og ble fraktet gjennom stroma. I utgangspunktet likte vi metaforen med energipakker, men i lys av kommentaren, ser vi også hvordan representasjonen kan være misvisende for elever.

Foreslåtte løsninger for å adressere kommentaren om energibærere som to molekyl, var å «kle» arbeiderne i oransje, energirike klær når de hadde hentet energien fra lysreaksjonen, som skulle fjernes når energien ble «tilsatt» i kjøkkenmaskinen. Dette viste seg å bli lite tydelig, samt vanskelig å illustrere kastingen av klær (energien) opp i bakebollen til Calvin. En annen løsning var å lage ryggsekker som fylles med energi. Her oppsto lignende problem som i de to øvrige løsningene: ryggsekken var fortsatt ikke en del av molekylet og det ble vanskelig å illustrere når energien skulle hentes ut av ryggsekken og kastes opp i bollen. Til slutt endte vi, som nevnt, opp med å illustrere energien som en oransje krusedull som energibærerne bar i hendene sine (Figur 3). Det var fungerte bedre å illustrere hvordan den kjemiske energien havnet i trakta til kjøkkenmaskinen, når den kunne bli kastet direkte fra hendene til energibærerne. Imidlertid ble det fortsatt et todelt energimolekyl. For å forebygge en oppfatning av at energibæreren og den kjemiske energien er to molekyler, endret vi manuset slik at det eksplisitt ble nevnt at «Når den kjemiske energien blir fraktet til syntesedelen, er den kjemiske energien en del av molekylet, altså energibæreren».

En annen tolkning av kommentaren ovenfor var at informanten mente det var negativt å representere ATP og NADPH som samme molekyl, «energibærere». For å være på den sikre siden, endret vi manuset til «Energibærere er ulike molekyler vi finner i stroma, men vi tegner dem inn som strekfigurer». Vi overveide ulike løsninger, men kom frem til at det var mest hensiktsmessig å ikke introdusere ulike typer energibærere for elevene. ATP og NADPH er ikke noe som nevnes i læreverkene vi har tatt utgangspunkt i og kan på bakgrunn av dette, og egne erfaringer fra praksis, konkludere med at elever på ungdomstrinnet ikke lærer om disse molekylene i gjennomgang av fotosyntesen.

Å ta i bruk en visuell metafor som energibærere kan danne misoppfatninger, men litteraturen foreslår at elever burde få opplæring i bruk av metaforer og deres begrensninger (Taylor & Dewsbury, 2018). Dette kan være en mulighet for lærerne å

formidle at modeller har sine begrensninger og aldri er en tro kopi av virkeligheten, men kan bidra til å beskrive den.

4.2.2.3 Fremstilling av vannets rolle og hydrogenioner

En av informantene etterspurte vannets vei inn i kloroplastene. For å tydeliggjøre prosessen og forhindre overbelastning av faglig innhold for elevene (Seethaler et al., 2020), valgte vi å beholde forenklingen av forklaringen om vannet, men la til en liten kommentar om at vannet kommer inn gjennom cellemembranen. I tillegg nevnes det at vannmolekyl trekkes opp gjennom røttene og føres inn i bladene via et rørsystem. Vi mener at forklaringen er tilstrekkelig for å unngå «logiske hull» samt kort nok til at forklaringen ikke tar for mye plass i ressursen. En forklaring på hvordan vannet kommer inn i kloroplasten er ikke essensielt for å få frem hovedessensen til vannets rolle i fotosyntesen. Vi har derfor valgt å tydeliggjøre denne prosessen for å redusere kompleksiteten og øke effektiviteten (Seethaler et al, 2020).

En informant nevner at vannmolekylet gir hydrogenatom til hydrogenkarbonkjeden i karbonforbindelser, og at det derfor kan være nyttig å nevne hydrogenatom i videoen. Som beskrevet i fase 1 var det en stor utfordring å fremstille hydrogenets rolle i fotosyntesen. Vi er klar over at hydrogenet spiller en viktig rolle i fotosyntesen, men vi har likevel valgt, å beholde forklaringen slik den er og ikke ha med hydrogenionet i vår ressurs. Fra vårt synspunkt blir det for avansert å skulle introdusere hydrogenets rolle for elever på ungdomsskolen.

4.2.2.4 Fremstilling og valg gjort rundt calvinsyklus

Et endringsforslag som kom fra ekspertene var at vi kunne navngi kjøkkenmaskinen stroma fremfor Calvin, da det likner mer på det stedet syntesedelen skjer. Vi har valgt å beholde Calvin som navn på kjøkkenmaskinen da vi tenker at Calvin er et begrep som kan introdusere elevene for ny kunnskap uten å legge for mye fokus på det. Ved at vi sier «... Calvin, etter mannen som oppdaget denne delen ...», kan dette bidra til at elevene får en innføring i at det ikke nødvendigvis er samme forsker som oppdager en hel prosess, men at det er flere forskjellige forskere som oppdager informasjon og kunnskap. Selv om Calvin ikke er et begrep som står i fagbøker per dags dato, mener vi at begrepet ikke vil være unødvendig informasjon. Imidlertid vil det å bytte fra Calvin til stroma vist elevene at syntesedelen skjer generelt i stroma og ikke i et spesifikt område (her: kjøkkenmaskinen). Ettersom vi valgte å representere calvinsyklusen som et spesifikt område, og som en metafor, ville det blitt komplisert å navngi maskinen det samme som området rundt. Vi tror elevene ville blitt mer forvirret av at bakgrunnen og maskinen het det samme, enn at de hører at kjøkkenmaskinen sitt navn er Calvin etter han som oppdaget den. Dette er også noe læreren kan vurdere ut fra sin elevgruppe.

4.2.2.5 Valg av begreper

Begrepene må passe det faglige nivået til mottakeren (Seethaler et al., 2020). I valg av begreper diskuterer vi noen av de mest sentrale begrepene som ekspertene har kommentert. I tillegg til Calvin, innebærer det næring og næringsstoff, mitokondrie og byggekloss.

Næring og næringsstoffer

En informant minner oss på at vi ikke burde bruke ordet næring om CO₂, da det kan forveksles med næringsstoffer. Et av hovedkonseptene vi vil få frem i ressursen, er hvor plantene henter massen sin fra, altså fra luften (Campbell et al., 2006) (se Vedlegg 8). Med tanke på at begrepet «næring» er noe vi diskuterte at vi ikke skulle bruke i fase 1, er det mulig at begrepet ble nevnt ved en feiltagelse i prototype 1. Som beskrevet i fase 1, vil vi unngå at elevene assosierer CO₂ med næringsstoffer som mineraler og vitaminer. Ut fra en slik assosiering, kan elevene danne misoppfatning om at planten lager massen sin fra jorda, som allerede er en vanlig misoppfatning (Svandova, 2014).

Mitokondrier

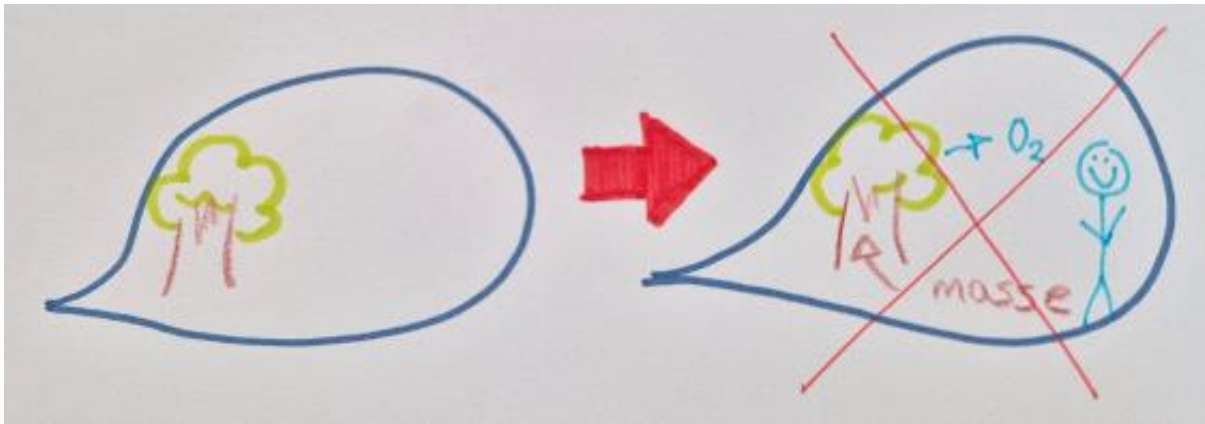
En tilbakemelding gjaldt vår korte introduksjon om mitokondrier, og om vi burde si noe mer eller fjerne det helt. Vi valgte å beholde mitokondriene i plantecellen, da vår erfaring fra praksis er at elever tenker at mitokondrier kun finnes i dyreceller. Vi fjerner derimot forklaringen på hva mitokondriene gjør, for å ikke forvirre elevene med ulike typer for energiproduksjon, når vi i denne ressursen ønsker et fokus på fotosyntesen.

Byggekloss vs. byggemateriale

En kommentar fra informantene var at vi burde bruke «byggemateriale fremfor byggekloss». Å bruke begrepet byggekloss virket hensiktsmessig i starten for å assosiere karbohydratene som noe som kunne bygges på og videre til noe annet. I lys av informantens tilbakemelding ser vi at å symbolisere energirike karbohydrater som «klosser», kan medføre en misoppfatning om at alle plantens karbohydrater er av samme struktur. For å formidle at det som bygger opp planten er av samme materialet, men ulik grunnstruktur, valgte vi å endre «byggekloss» til «byggemateriale». Byggemateriale kan være så mangt og låser dermed ikke elevens oppfatning til én form for karbohydratene.

4.2.2.6 Presentasjon av misoppfatninger i innledning manglet fyll

Vi var enige i kommentaren fra informantene om at presentasjonen av misoppfatningene i innledningen ble vanskelig å fange opp. Vi la derfor til flere elementer i tegningen, som illustrerer misoppfatningene vi nevner (Figur 4). Synkronisering handler om at grafikken og fortellingen forsterker hverandre gjensidig og er godt synkronisert (Seethaler et al., 2020). Ved å legge til flere visuelle elementer mens misoppfatningene ble presentert ble den kognitive støtten forsterket.



Figur 4: Figuren viser endringene gjort på representasjonen av misoppfatninger i innledningen.

4.2.2.7 Valg av farge

Det kom tilbakemelding fra ekspertene om at fargen på stroma vises dårlig på skjerm, og at årsaken til hvorfor stroma farges brunt, må tydeliggjøres. Vi ønsker å farge stroma brunt for å vise mottakeren at stroma ikke er et tomrom, men et væskefylt rom. Vi valgte derfor å tegne brunfargen sterkere til prototype 2. En annen kommentar på fargevalg var at det var forvirrende at molekylene ikke hadde samme farge som molekylsett. Her valgte vi å holde oss til valgene vi gjorde til prototype 1. Vi ønsker at elevene skal koble blått molekyl til vann og dermed huske det bedre gjennom prosessen. Karbondioksidet farges rødt fordi det skal vises igjen gjennom hele løpet.

4.2.2.8 Videotekniske tilbakemeldinger

En av informantene kom med et forslag om å endre inndelingen på videoen. Forslaget var å ha adskilt mikro- og makronivå på hvert sitt ark. Ettersom vi veksler en del i perspektiver underveis i forklaringen vår, mener vi det er mest hensiktsmessig å beholde det slik det er. En annen kommentar var at introduksjonen kunne være sin egen snutt. Som beskrevet i forberedelsesfasen har Seethaler et al. (2020) har et sjekkpunkt som kalles segmentering som påpeker at i en instruksjonsvideo er det viktig å ha en forsvarlig lengde som er tilpasset innholdet. Dersom introduksjonen ble en egen del ville de andre to delene ha overskredet 10 minutter, noe vi anså som en gunstig lengde på instruksjonsvideoene våre.

4.3 Sikre ressursens relevans for naturfaglærere (syklus 2)

I dette delkapittelet går vi gjennom syklus 2. Målet med syklus 2 var å evaluere om den fagdidaktiske ressursen var relevant for målgruppen. Prototype 2 ble derfor levert til tre naturfaglærere på ungdomstrinnet. Nedenfor presenteres resultatene fra de semistrukturerte intervjuene og den retrospektive analysen av hele utviklingsprosessen, samt forslag til videreutvikling av ressursen. Grovsorteringen av tilbakemeldingene er plassert i vedlegg 6 og sorteringen av de viktigste funnene finner man i vedlegg 7.

Link til prototype 2 som ble sendt ut til lærerne:

https://youtube.com/playlist?list=PL57bbuULdw6Beop53U2MQbDiRxWZZtCRf&feature=s_hared

4.3.1 Retrospektiv analyse og refleksjon til videre utvikling

Etter en systematisk gjennomgang og komprimering av data, gjennomførte vi en retrospektiv analyse (Bjørndal, 2013). I analysen tok vi hele prosessen i betraktning da vi så på de nye resultatene. Vi ble nødt til å overveie om valgene vi tok i forberedelsesfasen fortsatt var gjeldende eller om det kom nye innsikter som ville bidra til endring. Uttalelsene fra målgruppen ble analysert og sortert i fem temaer ut ifra grovsorteringen (Vedlegg 6). Temaene kan sammenfattes til fire bekreftende resultat og et resultat som viser til mangler ved ressursen (Vedlegg 7). Temaene fra analysen er: faglig innhold i ressursen, representasjoner og metaforer, ressursen kan senke terskelen til å tegne med elevene, lærerens kontakt med elevene under tegning og behov for faglig informasjon til læreren. Vi vil referere til informantene som informant 1, 2 og 3.

4.3.1.1 Faglig innhold i ressursen

Samtlige informanter var svært positive til tegne-med-videoen og hadde få kommentarer til forbedring på det faglige innholdet. Det var enighet om at det faglige nivået var godt tilpasset elevene på ungdomstrinnet. Innholdet var spesielt tilpasset «...tiendeklasse som har hatt en del grunnleggende kjemi», som ble nevnt av både informant 2 og 3. Et faglig trekk informantene trakk frem som svært hensiktsmessig, var fremstillingen av todelingen av fotosyntesen. Informant 1 poengterte at «Denne metoden gir en åpenbart bedre innlæring. Todelingen blir ofte (uten grunn) neglisjert i grunnskolen». Videre nevnte informanten at det «...ikke er poeng i å forenkle fotosyntesen når det kan gjøres så elegant». Å gjøre fotosyntesen til en fortelling var et aktivt valg vi tok i forberedelsesfasen. Vi ønsket å synliggjøre alle komponentenes tilhørighet til hverandre, uten å gjøre det for komplisert i fare for overbelastning av elevene (Seethaler et al., 2020). Basert på lærernes tilbakemeldinger, kan vi anta at beslutningene som ble tatt i syklus 1, basert på ekspertenes tilbakemeldinger, bidro til at det faglige innholdet var godt tilpasset ungdomstrinnet.

Informant 1 uttrykte en interesse for vannets rolle i fotosyntesen som «svært interessant, da det ellers bare er en smørje». Gitt den komplekse naturen til vannets funksjon, var det avgjørende for oss å klargjøre forklaringen til denne prosessen. Som beskrevet i fase 1, spiller hydrogenet som genereres fra vannet en viktig rolle i fotosyntesen, men vi valgte å la være å ta det med. Et slikt valg kan bidra til å skape logiske hull i mottakers forståelse, da en nøkkelkomponent fjernes fra historien

(Seethaler et al., 2020). Basert på tilbakemeldingene fra informantene, viste det seg å være en veloverveid beslutning å ikke inkludere hydrogenet. Informantene ga positive tilbakemeldinger om representasjonen av vannets rolle, eller så ble den ikke nevnt.

4.3.1.2 Representasjoner og metaforer

Alle informantene utpekte bruken av farger i ressursen. Informant 3 kommenterte at «... det var motiverende og bra å se farger i starten av videoen. Da vet man at «det» blir synliggjort». Informantene syntes også fremstillingene av fotosyntesens komponenter var godt illustrert. Representasjoner som ble trukket frem var kjøkkenmaskinen, vannets fremstilling, og karbohydratene som klosser.

Calvinsyklus

Informant 1 nevner hen er usikker på om elevene på 13-14 år har et forhold til kjøkkenmaskiner. Som nevnt fungerer metaforer optimalt dersom elevene har samme tolkningsgrunnlag som læreren (Taylor & Dewsbury, 2018). Å bruke kjøkkenmaskin som metafor ble grundig diskutert i forberedelsesdelen. Vi antar at elever har større kjennskap til kjøkkenmaskiner enn de har til eksempelvis fabrikker, som også ble vurdert til å representere calvinsyklusen. Fabrikk som metafor er i tillegg brukt en del i biologi fra før, som en metafor for celle (Taylor & Dewsbury, 2018). Det betyr at elevene allerede kan ha etablerte assosiasjoner til metaforen, noe som kan forkludre metaforens betydning som calvinsyklus.

Om kjøkkenmaskin som metafor utbrøt informant «Genialt! Har aldri gått så nøyte gjennom calvinsyklusen før, så det var spennende å se innsiden». Representasjonen av calvinsyklus som kjøkkenmaskin kontra fabrikk, eller som sirkelen som ofte tegnes, har både fordeler og ulemper. Når man bruker eller lager en metafor, må man ta helheten i betraktning for å se begrensningene og mulighetene (Taylor & Dewsbury, 2018). Fordelene med kjøkkenmaskinen er som nevnt, at det blir en konkret fremstilling av en relativt abstrakt prosess. Det er tydelig hvilke ingredienser som går inn i maskinen og produktet som kommer ut. Elevene får, som informanten sier, et innblikk i hva som skjer «inni» syklusen. I tillegg kan det hjelpe elevene med å se at produktet som kommer ut, og meningen med prosessen, er plantens «mat», altså massen den lager selv. Dette mener vi kaster lys over at produksjon av biomasse er oppgaven til fotosyntesen, kontra å produsere oksygen til verden rundt (Özay & Öztaş, 2003). Til slutt viser det tydelige fotosyntesens todeling, og at det er flere prosesser involvert, men at de skjer på ulike steder. Ulempen med metaforen er også det som er fordelen, at det kan være misvisende for elevene at det er en konkret «maskin» som lager karbohydratene, når det i virkeligheten skjer kontinuerlig i stroma. For elevene kan det virke som at fotosyntesen er en lineær prosess som skjer to steder i kloroplasten.

Karbohydrat som kloss:

Informantene var enige om at «karbohydratklossen» var en god fremstilling av karbohydratet i fotosyntesen. Informant 1 nevnte at det var lurt å vise klossen innledningsvis og å «avslutte med bearbeiding av samme kloss». Denne sirkelkomposisjonen gjorde at ble tydelig hva som var produktet i fotosyntesen. Informant 1 og 2 kommenterte at det var bra vi bygde videre på samme kloss for å illustrere bearbeidingen til glukose og stivelse. Å representere karbohydrat som en kloss kan anses å være en god illustrasjon. Vi nevner i syklus 1 at vi endrer ordet «byggekloss» til «byggemateriale», etter anbefaling fra en ekspert, da kloss kan være

misvisende for elevene. Det kan imidlertid se ut til at illustrasjonen ikke støtter den verbale forklaringen da informantene husker karbohydratene bedre som «kloss» enn «materiale». Litteraturen sier at illustrasjon og forklaring bør synkroniseres slik at de støtter hverandre (Seethaler et al., 2020), noe som kan tilsi at dette er en representasjon vi kan arbeide mer med.

4.3.1.3 Lærerens kontakt med elevene under tegning

Informant 3 kommenterte hvordan ressursen tillater lærere å ha blikkontakt med elevene mens de tegner. Læreren forklarte at det ble lettere å holde kontroll på elevene og motivere dem til å tegne med. Når læreren snur ryggen til elevene kan lyd forsvinne da læreren snakker mot tavlen mens det tegnes. Samme informanten nevnte også at elevene kan begynne å tulle eller slutte å følge med når lærerens blikk forsvinner. Som Skjelbred og Digranes (2023) nevner, kan lærerens «blikk» tilrettelegge for bedre læringsmiljø i klasserommet, ved at læreren kombinerer den verbale kommunikasjonen med den visuelle (Seethaler et al., 2020). Det vil si at læreren kommuniserer med blikket til elevene sine. På den måten kan også læreren fange opp atmosfæren i rommet og tilpasse den instrumentelle støtten som elevene behøver (Skaalvik & Skaalvik, 2015). Hvis de får god støtte fra læreren vil motivasjonen øke for arbeidet, og fremme læring. Informant 1 nevnte at «når man tegner med elevene blir det mer personlig, tid til spørsmål, stoppe opp, forklare». Dette forsterker lærerens insentiv til å tegne sammen med elevene sine, og med blikket vendt mot dem.

4.3.1.4 Ressursen kan senke terskelen for å tegne med elevene

I et av intervjuene ble det sagt at ressursen «... kan senke terskelen for lærere som ikke bruker tegning, fordi det gir dem konkrete hint til hvordan man fremstiller prosessen». Informantene ble i tillegg inspirert til å ta i bruk tegning for å «freshe opp» undervisningen sin, og informant 1 ønsket å ta i bruk fremgangsmåten selv. De to utsagnene viser at ressursen kan bidra til læreres ønske om å få konkrete instruksjoner i hvordan å tegne i naturfag (Koester, 2014). I tillegg ble det nevnt at ressursen viser hvordan man ikke behøver å kunne tegne alt «noe kan bare være bokser med ord også». Her refererte informanten til karbohydratklossen. Utsagnene viser også at det trengs en bevisstgjøring om at tegning i naturfag ofte er kombinert med ord og aksjonssymbol, og ikke trenger å være estetisk pene (Quillin & Thomas, 2015). «Jeg tror andre lærere kan bli inspirert til å lage sine egne versjoner av tegneprosessen», sa en informant. Med andre ord virker det som at lærerne hadde tiltro til at ressursen kan bidra til at både de selv, og andre lærere tar i bruk tegning med elevene sine.

4.3.1.5 Behov for faglig informasjon til læreren

Informantene var alle enige i at det burde legges ved et informasjonsskriv til videoen. De nevnte at informasjonsskrivet de fikk sammen med linken til videoen (Vedlegg 4) var nyttig og burde være en del av ressursen. Informasjonsskrivet burde inneholde teori om fotosyntesen, misoppfatninger og kompetansemål. Informant 3 begrunnet behovet i at «en slik time stiller krav til læreres kompetanse, spesielt faglig, da vi går sånn i dybden». Informanten ønsket derfor at det var inkludert en faglig forklaring av fotosyntesen, eller at det ble henvist til hvilken kilde vi har brukt om fotosyntesen i ressursen. Dette var alle informantene enige om.

To av informantene mente også det var nyttig å ha informasjon om hvilke misoppfatninger elevene kan ha. Informant 3 legger til at det kan gjøre det lettere å tilrettelegge undervisningen da hen mistenker at flere lærere ikke er bevisst elevenes misoppfatninger og hvilke fallgropene som lærere kan havne i. Dette støttes av Allen (2020) som skriver at når misoppfatningen er oppdaget kan læreren ta utgangspunkt i forståelsen for videre undervisning. Dersom læreren er klar over misoppfatningene kan hen bedre tilrettelegge for en god undervisning for elevene sine.

To av tre informanter nevner også at de selv har skyld i at elevene danner misoppfatninger. Informant 1 nevner at en årsak er at «vi dropper todelinga og forenkler for mye». Informant 2 mener at misoppfatningene kan oppstå fordi hen ikke har så mye fokus på «historien», men heller den kjemiske ligningen, noe som gjør at mange faller av. Det er som nevnt vanlig at læreren spiller en stor rolle i dannelsen av elevers misoppfatninger (Karakaya et al., 2021). Lærerens tilnærming til fagstoffet vises som hovedårsakene (Urey, 2018). Lærere som har en kjemisk tilnærming og bruker den kjemiske ligningen for å representere fotosyntesen, har også flere misoppfatninger om fotosyntesen. Dersom lærerne har flere misoppfatninger øker også sjansen for at de videreformidles til elevene. Informant 3 sa at tror at misoppfatninger kunne vært unngått dersom hen hadde «gått mer i dybden, og forklart hensikten med fotosyntesen og kanskje mer hvor det skjer». Slik det står i fase 1, har vi tatt et aktivt valg om å fortelle historien og vise til et dynamisk bilde av fotosyntesen som en prosess, fremfor å vise til den kjemiske ligningen som fremstiller fotosyntesen som en reaksjon. Ved å gjøre lærere oppmerksomme på egne misoppfatninger, samt gi lærere et godt utgangspunkt til å undervise fotosyntesen, kan vi hindre overføringen av mye misoppfatninger.

Informant 3 forklarer at hen setter pris på at vi som studenter med oppdatert kunnskap og tid kan utarbeide kvalitetssikrede ressurser som lærere ute i skolen kan bruke, noe som er et behov (Koester, 2014). Informant 2 nevner også at det er ønskelig med en ressursbank med lignende videoer, da lærere ofte har liten tid til forberedelse. For å videreutvikle prototype 2, ville vi på bakgrunn av tilbakemeldingene til informantene ikke endret noe på den faglige fremstillingen, eller representasjonene, men lagt til et vedlegg som kan støtte ressursen.

5 Oppsummerende diskusjon

I løpet av våren 2024 har vi gjennom masteroppgaven utviklet en tegne-med-video til naturfaglærere på ungdomstrinnet. Tegne-med-videoen er delt inn i tre sammenhengende deler på rundt 10 minutter hver. Videoen er spilt inn slik at man ser ned på hendene som tegner fotosyntesen på A4-ark. Nivået på det faglige innholdet er tilpasset elever på ungdomsskolen, slik at lærerne som ser på ressursen i forkant av egen undervisning, kan støtte seg på våre forklaringer. Videoen både viser og forklarer hvordan man kan illustrere komponenter i fotosyntesen, samt gir en faglig gjennomgang av fotosyntesen som prosess.

Målet for oppgaven var å bidra til at naturfaglærere og elever tegner sammen i undervisning. For å nå målet formulerte vi i tre delmål hvorav det første var *å utvikle en tegne-med-video som gir naturfaglærere et relevant verktøy for å integrere tegning i undervisning om fotosyntesen*. Det andre delmålet var *å gi naturfaglærere en ressurs som møter dokumenterte misoppfatninger om fotosyntesen*, og det tredje delmålet var *å støtte lærere i å visualisere fotosyntesen som en prosess*. I tillegg til målene, formulerte vi en hypotetisk lokal undervisningsteori: «En tegne-med-video kan bidra til at lærere tegner i klasserommet». Teorien ble også formulert i tråd med Brattetaules (2022, s.16) hypotetiske loka undervisningsteori. I løpet av utviklingen har vi undersøkt om resultatene fra syklusene støtter den hypotetiske teorien, og kan ta den et skritt nærmere mot en lokal undervisningsteori (Bjørndal, 2013).

For å nå målene har vi gjennomført to sykluser hvor vi samlet inn kvalitative data for å utvikle tegne-med-videoen. Delmålet om å utvikle en tegne-med-video for naturfaglærere anser vi som nådd ut fra tilbakemeldingene fra informantene i syklus 2. Naturfaglærerne ga tilbakemeldinger på ressursens faglige relevans, at den er gjennomførbar, inspirerende og kan senke terskelen for at lærere tegner med elevene sine. Spesielt med tanke på at den gir konkrete tips til hvordan å tegne fotosyntesen. Samtidig har vi fått tilbakemeldinger på hva som kan styrke den fagdidaktiske ressursen, blant annet å utarbeide et tilhørende vedlegg med informasjon om misoppfatninger og en faglig forklaring av fotosyntesen.

Med hensyn til det andre delmålet har vi gitt naturfaglærere en ressurs som møter dokumenterte misoppfatninger om fotosyntesen. Naturfaglærerne innrømte hvordan de forenkler prosessen ved å legge vekt på den kjemiske reaksjonen, og at de innså at dette kan bidra til å skape misoppfatninger for elevene. Derfor la lærerne vekt på at de likte hvordan vi vektla fotosyntesens todeling gjennom historiefortelling, hvordan vi fremstilte karbohydrater som produkt i fotosyntesen og at vi tok tak i vannets rolle i fotodelen. En informant nevnte også at hen ble bevisst over at man bør vektlegge hensikten med fotosyntesen. Dette er et steg mot god naturfagundervisning. Selv om antallet informanter er begrenset, kan vi utlede fra syklusene at lærere ikke bare har fått en fagdidaktisk ressurs, men også at ressursen møter dokumenterte misoppfatninger om fotosyntesen.

Vårt tredje delmål var å støtte lærere i å visualisere fotosyntesen som prosess. Som nevnt beskriver lærerne at videoen kan senke terskelen for å tegne med elevene fordi de får konkrete tips til hvordan å tegne komponentene i fotosyntesen. I tillegg likte lærerne metaforene vi tok i bruk, som blant annet kjøkkenmaskinen, og ønsket å bruke den selv. En informant nevnte at det kan klargjøre prosessen for elevene ved å vise dem hvor fotosyntesen egentlig skjer. Utsagnene fra lærerne og tolkningene vi gjorde underveis i intervjuene, viser oss at vi har utarbeidet en ressurs som kan støtte lærerne i å visualisere fotosyntesen som prosess.

Innledningsvis beskriver vi at lærere ser behovet for tegning i naturfag, men at de mangler kompetanse for å bruke tegning som læringsmetode og konkrete instruksjoner for å tegne i praksis (Achurra et al., 2022; Koester, 2014). Lærere mangler også erfaringer med å generere visuelle representasjoner selv, og har derfor utfordringer med å instruere elevene sine i en tegneprosess (Eilam & Gilbert, 2014). For å styrke selvtilliten foreslår studien til Achurra et al. (2022) blant annet å forbedre læreres naturfaglige kunnskap, samt utvikle deres tegnekompetanse allerede i lærerutdanningen.

Ved å ta tidlig tak i læreres forhold til tegning som undervisningsstrategi kan man gi lærerne de verktøyene og erfaringene som må ligge til grunn for at lærere skal føle seg selvsikre nok til å bruke tegning, og som bidrar til at elever bruker tegning som læringsstrategi (Achurra et al., 2022). Kompetansen kan utvikles ved å støtte lærere under opplæring i tegning, slik at de kan tilegne seg kunnskap om de aksepterte normene og aksjonssymbolene som er karakteristiske for tegning i vitenskapen. I tillegg bør det være en bevisstgjøring av fordelene ved tegning i forhold til andre læringsstrategier, samt begrensningene tegning i undervisning kan ha (Achurra et al., 2022).

5.1 Begrensninger og veien videre

Det er imidlertid viktig å erkjenne begrensningene ved studien. Ideelt sett skulle vi hatt en tredje syklus hvor vi utforsket hvordan elevene opplevde undervisningen der lærerne tok i bruk kunnskapen de fikk fra ressursen. Dette ville vært neste steg i utviklingsarbeidet. I tillegg til en tredje syklus, var det et punkt på sjekklista til Seethaler et al. (2020) vi ikke har møtt. Dette punktet handler om tilgjengelighet som er innunder «affektive hensyn». Seethaler et al. (2020) anbefaler at videoen bruker prinsippene for universelt design med hensyn til funksjonelle nedsettelse. Vi har ikke tatt hensyn til universell utforming i videoen, noe som begrenser tilgjengeligheten og anvendelse i enkelte situasjoner. Et steg videre i utviklingen ville dermed vært å gjøre ressursen mer tilgjengelig for flere, blant annet ved å legge til teksting.

En utfordring vi møtte på tidlig i utviklingen av prototype 1 av tegne-med-videoen, var hydrogenionet. For at det faglige innholdet ikke skal føre til kognitiv overbelastning, valgte vi å ikke ha det med, da vi ikke presterte å finne en god måte å representere og tegne hydrogenionets reise på. Et steg videre i ressursen ville derfor vært og jobbet mer med hydrogenionet, slik at det kan bli implementert i den faglige forklaringa av vannets reise i fotosyntesen. Dette kan bidra til at ressursen møter dokumenterte misoppfatningene om vannets rolle i fotosyntesen.

Et viktig funn fra utviklingsprosessen var at lærerne som bidro som informanter ville ha flere lignende ressurser. I vår studie har vi resultater som viser at et utvalg lærere har blitt inspirert til å ta i bruk tegning i klasserommet, og at de mener at videoen kan inspirere andre. I tillegg ytrer de et ønske om flere ressurser om andre temaer, da de mener det er et behov for det. Informantene trekker da spesielt frem fysiske fenomen som energi og kraft, og innen biologi nevner de nitrogensyklusen og kropp og helse. Vi ser ut fra resultatene at videoen kan bidra til at lærere tegner i klasserommet, ettersom de får opplæring og tips til hvordan man kan gjøre det. Ut fra studien er den hypotetiske lokale undervisningsteorien blitt styrket. Utvalget er imidlertid for begrenset til å etablere den hypotetiske teorien som bekreftet teori, men sammen med Brattetaules studie (2022) utgjør den et grunnlag for videre utforskning.

5.2 Avsluttende ord

Studien vår er en forskningsbasert evaluering av egen ressurs etter pedagogisk designforskning. Til tross for at ressursen ikke er generaliserbar, ser vi at arbeidet har inspirert lærere til å ta i bruk tegning for å gi elevene en kvalitetssikret innføring i fotosyntesen. Informanter i begge sykluser uttrykte glede over den fagdidaktiske ressursen, og lærerne i syklus 2 uttrykte eksplisitt sitt behov for lignende ressurser innen naturfag, og da spesielt innen fysikk.

En viktig observasjon vi gjorde under arbeidet med vår utviklingsrettede masteroppgave, var den direkte muligheten slike oppgaver gir studenter til å støtte lærere i skolen. Dette semesteret har vi hatt tid og mulighet til å fordype oss i litteratur om tegning, fotosyntesen, misoppfatninger og didaktiske valg. Denne fordypningen har ikke bare styrket vår faglige og didaktiske kompetanse, men også vært glimrende for ressursen, som både er forskningsbasert og sterkt forankret i det praktiske feltet. Videre viser vårt arbeid et behov for flere utviklingsrettede masteroppgaver blant lærerstudenter. Vår studie har dermed ikke bare videreført Brattetaules (2022) arbeid innen tegne-med-videoer og bidratt til utviklingen av en konkret fagdidaktisk ressurs, men også pekt på fremtidige muligheter for videre forskning og utvikling innen dette feltet i norsk skole. Dette understreker Bjørndals (2013) kjennetegn ved designforskning at ny kunnskap konstrueres i samarbeid med praktikere og forskere.

Et råd til fremtidige og nåværende lærere er å legge bort tanken om at man ikke kan tegne. Tegning i vår studie har blitt brukt som en læringsmetode for at elever kan ta det i bruk selv som en læringsressurs. Tegning er mye mer enn estetikk og bør brukes mer som læringsstrategi i skolen.

6 Litteraturliste

- Achurra, A., Zamalloa, T., & Uskola, A. (2022). EARLY CHILDHOOD PRE-SERVICE TEACHERS' READINESS FOR USING DRAWING AS A SCIENCE TEACHING STRATEGY. *Journal of Baltic Science Education*, 21(6), 911–927.
<https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.911>
- Adams, E. (2017). Thinking drawing. *International Journal of Art & Design Education*, 36(3), 244–252.
- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science*, 333(6046), 1096–1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>
- Allen, M. (2020). *Misconceptions in primary science* (Third edition). Open University Press.
- Areljung, S., Skoog, M., & Sundberg, B. (2022). Teaching for Emergent Disciplinary Drawing in Science? Comparing Teachers' and Children's Ways of Representing Science Content in Early Childhood Classrooms. *Research in Science Education*, 52(3), 909–926. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10036-4>
- Arntzen, M., Bækkedal, K. S., Fossetøl, K. O., & Fægri, K. (2020). *Element 8-10*. Gyldendal.
- Bjørndal, K. E. W. (2013). Pedagogisk Designforskning: En forskningsstrategi for å fremme bedre undervisning og læring. I I. M. Brekke & T. Tiller (Red.), *Læreren som forsker: Innføring i forskningsarbeid i skolen* (s. 245–259). Universitetsforlaget.
- Brattetaule, I. (2022). *Få tegning tilbake i naturfagundervisning* [Masteroppgave]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for lærerutdanning.
- Brophy, J. (1988). Educating teachers about managing classrooms and students. *Teaching and Teacher Education*, 4(1), 1–18. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(88\)90020-0](https://doi.org/10.1016/0742-051X(88)90020-0)

- Caine, J., Humphrey, L., & Bowker, R. (2017). Drawing Experiences in Marine Conservation. I P. Katz (Red.), *Drawing for Science Education: An International Perspective* (s. 97–109). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-875-4_9
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Taylor, M. R., & Simon, E. J. (2006). *Biology: Concepts & connections* (5th ed.). Pearson/Benjamin Cummings.
- Chang, N. (2017). *Drawing for science education: An international perspective* (P. Katz, Red.). Sense Publishers.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001009>
- Cohn, N. (2012). Explaining 'I Can't Draw': Parallels between the Structure and Development of Language and Drawing. *Human Development*, 55(4), 167–192. <https://doi.org/10.1159/000341842>
- Dewey, J. (1938). *Logic: The theory of inquiry* (s. viii, 546). Holt.
- Easterday, M. W., Lewis, D. R., & Gerber, E. M. (2014). Design-Based Research Process: Problems, Phases, and Applications. *International Society of the Learning Sciences*, 1, 317–324.
- Ecevit, T., & Özdemir Şimşek, P. (2017). Öğretmenlerin Fen Kavram Öğretimleri, Kavram Yanılgılarını Saptama ve Giderme Çalışmalarının Değerlendirilmesi. *İlköğretim Online*, 16(1). <https://doi.org/10.17051/io.2017.47449>
- Edens, K. M., & Potter, E. (2003). Using descriptive drawings as a conceptual change strategy in elementary science. *School science and mathematics*, 103(3), 135–144.
- Edlund, & Balgopal, M. M. (2021). Drawing-to-Learn: Active and Culturally Relevant Pedagogy for Biology. *Frontiers in Communication*, 6, 739813. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.739813>
- Eilam, B., & Gilbert, J. K. (2014). The Significance of Visual Representations in the Teaching of Science. I B. Eilam & J. K. Gilbert (Red.), *Science Teachers' Use of*

- Visual Representations* (Bd. 8, s. 3–28). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7_1
- Einarsdottir, J., Dockett, S., & Perry, B. (2009). Making meaning: Children's perspectives expressed through drawings. *Early Child Development and Care*, 179(2), 217–232. <https://doi.org/10.1080/03004430802666999>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2020). *Learning as a generative activity: Eight learning strategies that promote understanding* (First paperback edition). Cambridge University Press.
- Glynn, S. M., & Muth, K. D. (2008). Methods and Strategies: Using Drawing Strategically. *Science and Children*, 45, 48–51.
- Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. I J. J. H. van den Akker (Red.), *Educational design research*. Routledge.
- Imsen, G. (2020). *Elevens verden: Innføring i pedagogisk psykologi* (6. utgave). Universitetsforlaget.
- Karakaya, F., Yilmaz, M., & Ince Aka, E. (2021). Examination of Pre-Service Science Teachers' Conceptual Perceptions and Misconceptions about Photosynthesis. *Pedagogical Research*, 6(4), em0104. <https://doi.org/10.29333/pr/11216>
- Katz, P. (2017). Introduction: Drawing and Science are Inseparable. I P. Katz (Red.), *Drawing for Science Education: An International Perspective* (s. 1–8). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-875-4_1
- Koba, S., & Tweed, A. (2009). *Hard-to-teach biology concepts: A framework to deepen student understanding*. NSTA Press.
- Koester, M. A. (2014). *Science teachers who draw: Study of metasemiotic curriculum inquiry* [Doktorgradsavhandling]. University of South Carolina, College of Education.
- Kunnskapsdepartementet. (2017). *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen*.
- Kunnskapsdepartementet. (2019). *Læreplan i naturfag (NAT01-04)*.

- Millar, R. (2014). Towards a Research-Informed Teaching Sequence for Energy. I R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Red.), *Teaching and Learning of Energy in K – 12 Education* (s. 187–206). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_11
- NOU 2015: 8. (2015). *Fremtidens skole—Fornyelse av fag og kompetanser*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-8/id2417001/>
- Postholm, M. B., & Jacobsen, D. I. (2021). *Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanning*. Cappelen Damm.
- Prain, V., & Tytler, R. (2012). Learning Through Constructing Representations in Science: A framework of representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2751–2773. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.626462>
- Prain, V., & Tytler, R. (2013). Representing and learning in science, in Constructing representations to learn science. *Sense Publications*, 1–14.
- Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-Learn: A Framework for Using Drawings to Promote Model-Based Reasoning in Biology. *CBE—Life Sciences Education*, 14(1), es2. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128>
- Scheiter, K., Schleinschok, K., & Ainsworth, S. (2017). Why Sketching May Aid Learning From Science Texts: Contrasting Sketching With Written Explanations. *Topics in Cognitive Science*, 9(4), 866–882. <https://doi.org/10.1111/tops.12261>
- Sikt. (u.å.). *Barnehage og skuleforskning*. <https://sikt.no/tjenester/personverntjenester-forskning/personvernhandbok-forskning/b-arnehage-og-skuleforskning>
- Skjelbred, B. H., & Digranes, I. (2023). En tegnende lærer. I O. B. Øien, S. L. Heggernes, & A. M. F. Karlsen (Red.), *Flerstemmige perspektiver i norsk utdanningsforskning. Spenninger og muligheter* (s. 147–168). Cappelen Damm Akademisk/NOASP. <https://doi.org/10.23865/noasp.212.ch8>

- Skaalvik, E. M., & Skaalvik, S. (2011). *Motivasjon for skolearbeid*. Tapir akademiske forlag.
- Skaalvik, E. M., & Skaalvik, S. (2014). *Skolen som læringsarena. Selvoppfatning, motivasjon og læring* (2. utg.). Universitetsforlaget.
- Skaalvik, E. M., & Skaalvik, S. (2015). *Motivasjon for læring: Teori og praksis*. Universitetsforlaget.
- Staberg, R. L., Tandberg, C., & Grindeland, J. M. (2020). *Biologididaktikk for lærere*. Gyldendal Norsk.
- Stears, M., & Dempster, E. R. (2017). Changes in Children's Knowledge about their Internal Anatomy Between First and Ninth Grades. I P. Katz (Red.), *Drawing for Science Education: An International Perspective* (s. 147–154). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-875-4_13
- Steiniger, E., & Wahl, A. (2020). *Naturfag 8-10*. Cappelen Damm.
- Taylor, C., & Dewsbury, B. M. (2018). On the Problem and Promise of Metaphor Use in Science and Science Communication. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 19(1), 19.1.40. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v19i1.1538>
- Urey, M. (2018). Defining the Relationship between the Perceptions and the Misconceptions about Photosynthesis Topic of the Preservice Science Teachers. *European Journal of Educational Research*, 7(4), 813–826. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.7.4.813>
- Wilson, R. E., & Bradbury, L. U. (2021). Assessing early primary students' growth in a science unit using multiple modes of representation: Investigating the promise of explicit drawing instruction. *International Journal of Science Education*, 43(8), 1341–1364. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1909774>
- Wu, S. P. W., & Rau, M. A. (2019). How Students Learn Content in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Through Drawing Activities. *Educational Psychology Review*, 31(1), 87–120. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09467-3>

Wæge, K. (2007). Elevenes motivasjon for å lære matematikk og undersøkende matematikkundervisning [Doktorgradavhandling]. *Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet*.

Özay, E., & Öztaş, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), 68–70.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655853>

Vedlegg

Vedlegg 1: Informasjonsmail til fageksperter

Vedlegg 2: Spørreskjema

Vedlegg 3: Informasjonsmail til lærere

Vedlegg 4: Informasjonsskriv

Vedlegg 5: Intervjuguide

Vedlegg 6: Grovsortering av data (syklus 2)

Vedlegg 7: Sortering og kondensering av data (syklus 2)

Vedlegg 8: Faglig forklaring av fotosyntesen fra Campbell et al. (2006)

Vedlegg 1

Informasjonsmail om Tegne-med-video til lærere om fotosyntese

Link til digital fagdidaktisk ressurs:

<https://youtube.com/playlist?list=PL57bbuULdw6DxxAu62iqyegqlcTsFsYQt&feature=shared>

Hei,

Til vårt masterprosjekt har vi valgt å utvikle en didaktisk ressurs til naturfaglærere på ungdomstrinnet. Ressursen er en tegne-med-video, der vi tegner den kjemiske prosessen fotosyntesen. Videoen er tredelt, der hver del er på ca. 10min. Målene for ressursen er:

1. Utvikle en tegne-med-video som gir naturfaglærere et relevant verktøy for å integrere tegning i undervisning om fotosyntesen.
2. Gi naturfaglærere en ressurs som møter dokumenterte misoppfatninger om fotosyntesen
3. Støtte lærere i å visualisere fotosyntesen som en prosess

Videoen skal være grundig nok til at lærere på ungdomstrinnet kan se den i forkant av egen undervisning for å så kopiere tegningene til egen økt.

Før vi sender ressursen vår til naturfaglærere, ønsker vi tilbakemelding på den fra eksperter. Eksperter vil i vår sammenheng bety noen som har mye kunnskap om tema (fotosyntesen), samt didaktisk forståelse. Vi ønsker derfor hjelp fra deg! :)

For å samle inn data, vil det brukes et spørreskjema. Målet med spørreskjemaet er å få tilbakemeldinger og innsikter på teorien vi fremstiller og de tilhørende tegningene. Vi ønsker at ressursen er relevant og legger til rette for å gi elevene kunnskap om fotosyntesen slik at de ikke får de samme misoppfatningene som finnes i dag.

Besvarelsen vil bli anonymisert før de analyseres, og det er frivillig å trekke seg når som helst, uten videre begrunnelse.

Er dette noe du kunne tenke deg å bli med på?

Hvis du har spørsmål, kan du kontakte oss på:

ellenkbu@stud.ntnu.no

toragk@stud.ntnu.no

Vi ser frem til å høre fra deg!

Vedlegg 2

Spørreskjema

Video:

1. Har du kommentarer på fargebruk, lydnivå eller hastighet på tegningene?
2. Med tanke på at ressursen er ment for naturfaglærere, burde vi legge mer vekt på hvordan vi tegner enn det faglige?
3. Har du noen kommentarer på lengde og oppdeling av video?

Fremstilling av teori

1. Kommer det tydelig fram i videoen hvordan energi fra sollys blir utnyttet av planten til å lagre energien i karbohydrater?
2. Er det tydelig at næringen (maten) til plantene kommer fra CO₂ i lufta og ikke fra H₂O fra bakken?
3. Hva synes du om hvordan vi presenterer vannets rolle i fotodelen?
4. Er det noe som mangler, eventuelt noe som kan strykes?
5. Hvordan tenker du at vi kan forbedre vår faglige forklaring av fotosyntesen?

Fremstilling av tegningene:

1. Måten vi fremstiller prosessen gjennom tegning har som hensikt å gi elevene kunnskapen om fotosyntesen slik at de ikke får de samme misoppfatningene som nevnt over. Er det noe ved vårt design som kan skape andre misoppfatninger?
2. Kommer det tydelig frem i videoen hva de forskjellige komponentene i fotosyntesen er?
 - Burde vi gjøre noen endringer på rekkefølgen?
 - Er det noen komponenter som bør formidles på andre måter?
3. Hvilke tanker har du rundt fremstillingen av energi som en pakke i videoen?

Annet:

Har dere andre innspill som kan bidra til utvikling av denne ressursen, så skriv dem gjerne ned her:

Vedlegg 3

Informasjonsmail om Tegne-med-video til lærere om fotosyntese

Link til digital fagdidaktisk ressurs:

https://youtube.com/playlist?list=PL57bbuULdw6Beop53U2MQbDiRxWZZtCRf&feature=s_hared

Hei,

Til vårt masterprosjekt har vi valgt å utvikle en didaktisk ressurs til naturfaglærere på ungdomstrinnet. Ressursen er en tegne-med-video, der vi tegner den kjemiske prosessen fotosyntesen. Videoen er tredelt, der hver del er på ca. 10min. Målene for ressursen er:

1. Utvikle en tegne-med-video som gir naturfaglærere et relevant verktøy for å integrere tegning i undervisning om fotosyntesen.
2. Gi naturfaglærere en ressurs som møter dokumenterte misoppfatninger om fotosyntesen
3. Støtte lærere i å visualisere fotosyntesen som en prosess

Videoen skal være grundig nok til at du som lærer kan se den i forkant av egen undervisning for å så kopiere tegningene til egen økt. For å forsikre at ressursen er relevant for naturfaglærere på ungdomsskolen, har vi kontaktet deg.

Slik vil din deltagelse fungere:

Etter at du har lest vedlagt informasjonsskrivet, skal du se på ressursen. Det er frivillig om du ønsker å tegne med. Etter at du har sett ferdig videoen, kontakter du oss med et tidspunkt for videre samtaler. Samtalen vil fungere som et digitalt intervju. Vi kommer ikke til å ta opp lyd, men ta notater for hånd.

Det er helt frivillig å delta og du kan trekke deg til enhver tid, uten videre begrunnelse. Vi vil samle inn data i tråd med retningslinjer fra Sikt, og all data vil bli anonymisert.

Er dette noe du kunne tenke deg å bli med på?

Hvis du har spørsmål, kan du kontakte oss på:

ellenkbu@stud.ntnu.no
toragk@stud.ntnu.no

Vi ser frem til å høre fra deg!

Vedlegg 4

Informasjon

Til vårt masterprosjekt har vi valgt å utvikle en didaktisk ressurs til naturfaglærere på ungdomstrinnet. Målene for ressursen er:

1. Utvikle en tegne-med-video som gir naturfaglærere et relevant verktøy for å integrere tegning i undervisning om fotosyntesen.
2. Gi naturfaglærere en ressurs som møter dokumenterte misoppfatninger om fotosyntesen
3. Støtte lærere i å visualisere fotosyntesen som en prosess

Videoen skal være grundig nok til at lærere på ungdomstrinnet kan se den i forkant av egen undervisning for å så kopiere tegningene til egen økt.

Målet med denne syklusen er å få tilbakemeldinger fra naturfaglærere om den fagdidaktiske ressursen oppnår målene vi har satt.

Det som skiller vår ressurs fra de som allerede finnes om fotosyntesen, er at vi spesifikt har designet ressursen på bakgrunn av teori om vanlige misoppfatninger om fotosyntesen. Fotosyntesen er en prosess man lærer om fra barneskolen og ut videregående. Til tross for dette, er det ikke uvanlig å ha misoppfatninger om tema.

Vi mener at teorien vi fremstiller legger et grunnlag for at elevene oppnår relevante kompetansemål fra LK20. Vi har i tillegg til kompetansemålene basert valgene vi har tatt på bakgrunn av vanlige misoppfatninger som er å finne både hos elever og fremtidige lærere.

Misoppfatninger:

- Fotosyntesen er en gassutveksling, og ikke måten planter skaffer seg næring på (Allen, 2020; Karakaya et al., 2021; Özay & Öztaş, 2003).
- Fotosyntesens hovedoppgave er å produsere oksygen som vi kan puste inn (Özay & Öztaş, 2003).
- Plantens hovedopptak av næring kommer fra vann som inneholder oppløste mineraler (Svandova, 2014).
- Fotosyntese skjer bare i planter, og ikke i alger eller bakterier (Karakaya et al., 2021)

Kompetansemål (Udir):

- Gjøre rede for hvordan **fotosyntese** og celleånding **gir energi** til alt levende gjennom karbonkretsløpet
- Utforske sammenhenger mellom abiotiske og biotiske faktorer i et økosystem og diskutere hvordan **energi** og materie **omdannes** i kretsløp

Vedlegg 5

Semistrukturert intervjuguide:

Før vi starter med intervjuet vil vi presisere at dine tilbakemeldinger vil være anonyme. Det er også viktig for oss at du er helt ærlig og ikke er redd for å gi ressursen konstruktive eller negative tilbakemeldinger. Selv om vi er fornøyde med tegne-med-videoen, er den ikke perfekt og vi er derfor avhengige av dine innputt.

Oppstart:

Hvor lenge har du jobbet som lærer?

Bruker du tegning i egen undervisning?

- Hvordan bruker du tegning?
- I hvilke settinger bruker du tegning?

Førsteintrykk av video:

Hva var førsteintrykket ditt av videoen?

- Var det noe nytt med denne videoen kontra andre videoer?
- Hvilke elementer appellerte mest til deg?
- Var det noe du synes var spesielt nyttig?
- Hva synes du om at vi tegner på ark og ikke på smartboard eller tavle?
- Er det gjennomførbart i klasserommet?

Fremstilling av komponenter:

Hvordan synes du metaforen om kjøkkenmaskinen fungerer i videoen?

- Er det noen andre metaforer du tenkte på da du så videoen?

Bruk av tegning i undervisning:

Tror du at denne videoen kan senke terskelen for naturfaglærere når det gjelder å tegne sammen med elevene sine? På hvilken måte?

- Kan du tenke deg å bruke tegning i undervisning etter å ha sett denne videoen? Hvorfor/hvorfor ikke?
- Hva tenker du er den læringsmessige styrken i å bruke tegning med elevene dine som en del av undervisningen?
- Hva tenker du om å bare vise denne videoen i stedet for å tegne med elevene?

Faglig relevans:

Tror du at denne metoden kan bidra til en bedre forståelse og læring av fotosyntesen hos elevene? På hvilken måte?

- Synes du at det faglige nivået er passende for en ungdomsskoleelev?

Misoppfatninger:

Har du noen misoppfatninger selv?

Er det noen misoppfatninger du selv har opplevd i en elevgruppe?

Ellers:

- Ville du ønsket deg flere slike ressursvideoer for hvordan å tegne naturlige temaer med elever?
Hvorfor/hvorfor ikke? Om hvilke tema?
- Ser du noe som du kunne tenke deg å forbedre ved en slik type video?
- Burde vi lagt med noe mer ved ressursen?
- Er det noe annet du ønsker å diskutere angående videoen eller generelt slike fagdidaktiske ressurser?

Vedlegg 6

Grovsortering av data fra syklus 2

Tema	Informant 1	Informant 2	Informant 3
Oppstart	25 år i skolen, bruker alltid tegning. Tegner sammen med elevene, elevene kopierer eller lager selv.	1 år i skolen, bruker tegning, men ikke så konsekvent.	30 år i skolen, brukte mye tegning i starten, men har mindre motivasjon for å gjøre det nå. Viser bilder og video ettersom alt er digitalisert.
Førsteinntrykk	<p>Veldig bra! Inspirert til å bruke samme fremgangsmåte med to ark.</p> <p>Gjennomførbart, kan bygges på eller minimeres, elevene kan stille spørsmål underveis.</p> <p>Lurt å gjøre om til fortelling.</p> <p>Bra med oppsummeringen til slutt på ark 1.</p>	<p>Likte at vi delte inn fotosyntese i foto og syntese.</p> <p>Fin flyt, ikke overveldende med informasjon i starten.</p> <p>Tegningene støtter opp de verbale forklaringene.</p>	<p>Kjempeflott video, fine tegninger. Ressursen er analog og annerledes,</p> <p>Virker lenge med tegning og monolog i 30 minutter for elevene. Mistenker at elevgruppen han har nå, ville falt av.</p> <p>Lærer sitt ansvar å lage det om til en dialog med elevene.</p>
Elementer som appellerer	<p>Fint med farger.</p> <p>Enkel fremstilling. Ikke poeng å forenkle fotosyntesen når det kan gjøres så elegant.</p> <p>Likte de små minifigurene av molekylene</p> <p>Vannets rolle ble svært interessant. Det ble ikke bare en smørje i midten av bladet, men bra. Faglig nivå er godt tilpasset.</p>	<p>Bra med ulike farger til ulike deler.</p> <p>Likte fremstillingen vår av karbohydrat som boks, og som ble bearbeidet til glukose og stivelse.</p>	<p>Farger! Synes det var motiverende og bra å se farger i starten av videoen. Da vet man at «det» blir synliggjort.</p> <p>Ble observant på at jeg har brukt for lite farger før.</p> <p>Likte todeling av ark, og at det ble tydelig hva som var på hvert ark.</p> <p>Elsket at meningen var å holde blikket mot elevene. Lettere å holde kontroll på</p>

	Lurt å starte med karbohydratklossen innledningsvis og avslutte med bearbeiding av samme kloss.		dem og få dem til å henge med.
Kjøkkenmaskin	Elevene vil kunne lære gjennom kjøkkenmaskinen. Bra metafor, men litt usikker på hvilket forhold elevene har til kjøkkenmaskin.	Fin. Likte trakta og ned i bollen.	Genialt! Har aldri gått så nøye gjennom calvinsyklusen før, så det var spennende å se innsiden, altså energiens løp og dannelse av næring. Tydeliggjorde at det var en todelt prosess.
Ark og ikke smartboard	Skolen har ikke overhead, så det blir å tegne på smartboard. Smartboard er lett å tegne på over tid, og har mye plass.	Likte godt ark. Mer taktilt og man tegner med en hensikt.	Likte det, men kommer an på skolens ressurser om man har overhead. Bra for å holde kontakten med elevene.
Misoppfatninger	Ser at misoppfatningene som elevene har er selvforskyldt av lærere. Vi dropper todeling og forenkler for mye.	Har ikke bemerket seg misoppfatninger i klassen før.	Har ikke hatt fokus på historien og hva som egentlig skjer. Mer fokus på kjemisk ligning, og der merkes det at man mister mange. Klar over at jeg selv kan ha bidratt til misoppfatningen ved å ikke ha gått mer i dybden. Ble mer bevisst over at man må forklare hensikten med fotosyntesen, og kanskje mer hvor det skjer.
Faglig relevant	Ja. Denne metoden gir en åpenbart bedre innlæring. Todelingen blir ofte (uten grunn) neglisjert i grunnskolen.	Ja, men burde ha forkunnskaper om grunnleggende kjemi (molekyler). Ikke alle på 10. som har det. Tror elevene ville fulgt bedre med, lettere å se innholdet og huske hva de har	Ja, det passer godt for en tiendeklassing som har hatt en del grunnleggende kjemi.

		tegnet, elevene ville blitt mer fornøyde med sluttproduktet og gjort seg flid.	
Bruk i forkant av undervisning	<p>Ja. Elever vil få brukt hele sitt register hvis læreren tegner. De må lytte, se, lage, modellere for å memorere og forstå.</p> <p>Det er hands-on, enkelt og man må ikke kunne tegne.</p>	<p>Ja, ville brukt før undervisning. Måtte sett videoen et par ganger og skulle gjerne hatt tekst på siden.</p> <p>Nyttig i fotosyntese og celleånding med mange begrep og fort at det blir abstrakt.</p>	<p>Ser hva som kunne blitt gjort i alle år, og får "freshet" opp idéene sine. Lurer på hvordan elevene ville reagert hvis de skulle tegnet en time, må i så fall tvinge dem til å tegne med.</p>
Senke terskelen for lærere å bruke tegning	<p>Ressursen burde deles ut til hele Norge for inspirasjon.</p> <p>Kan senke terskelen for lærere som ikke bruker tegning, fordi det gir dem konkrete hint til hvordan man fremstiller prosessen. Må ikke kunne tegne alt, noe kan være bokser også.</p> <p>Håper lærerne bruker denne videoen og tegner med elevene sine. Ikke nyttig å vise frem. Når man tegner med elevene blir det mer personlig, tid til spørsmål, stoppe opp, forklare. Med video kan det bli falskt, og elever kan falle av.</p>	<p>Vanskelig å svare på da jeg ikke har vært borti lærere som ikke tegner. Det kan være nyttig å bare se videoen med elevene også.</p>	<p>Tror andre lærere kan bli inspirert til å lage sine egne versjoner av tegneprosessen.</p>
Flere ressurser:	<p>Gjerne. Tar imot alt som er. Gjerne om potensiell og kinetisk energi, og generelt innen fysikk.</p>	<p>Ja, lærere har ofte dårlig tid til forberedelse.</p> <p>Spesielt om nitrogensyklusen og kropp og helse. Det som er usynlig, og det man ikke kan konkretisere.</p>	<p>Ja. Elever liker praktisk arbeid, og dette kan de få gjennom tegning. Ønskes spesielt i fysikk, energi og kraft.</p>

Vedlegg	Kunne hatt med infoskriv om misoppfatninger, kompetansemål og noe om de didaktiske valgene som er tatt.	Ville hatt med et infoskriv med kilder til ressurser om fotosyntesen, ekstra info om calvinsyklus og misoppfatninger som er vanlige å ha. Da kan lærere konfronteres med dem, og se hva som kan være i egen klasse.	Skulle gjerne hatt med et vedlegg om misoppfatninger som er vanlige, for å unngå fallgroper. Ikke så mange lærere som er bevisst disse. Kan også ta med mål med videoen.
Annet:	Er det nyttig for elevene å vite at energipakker leveres til syntesedelen?		Ser at en slik time stiller krav til læreres kompetanse, spesielt faglig, da vi går sånn i dybden. Fint at dere som studenter som har oppdatert kunnskap og tid kan lage gode ressurser til lærere ute i skolen som har mindre tid, men fortsatt ønsker god undervisning.

Vedlegg 7

Sortering av de viktigste funnene etter grovsorteringen i syklus 2

Tema	Informant 1	Informant 2	Informant 3
<p>Faglig innhold i ressursen</p>	<p>Veldig bra! Inspirert til å bruke samme fremgangsmåte med to ark. Faglig nivå er godt tilpasset.</p> <p>Denne metoden gir en åpenbart bedre innlæring. Todelingen blir ofte (uten grunn) neglisjert i grunnskolen. Enkel fremstilling. Ikke poeng å forenkle fotosyntesen når det kan gjøres så elegant.</p> <p>Gjennomførbart, kan bygges på eller minimeres av lærer, elevene kan stille spørsmål underveis.</p> <p>Lurt å gjøre om til fortelling.</p> <p>Ser at misoppfatningene som elevene har er selvforskyldt av lærere. Vi dropper todeling og forenkler for mye.</p>	<p>Likte at dere delte inn fotosyntese i foto og syntese.</p> <p>Elevene burde ha forkunnskaper om grunnleggende kjemi (molekyler).</p> <p>Tror elevene ville fulgt bedre med, lettere å se innholdet og huske hva de har tegnet, elevene ville blitt mer fornøyde med sluttproduktet og gjort seg flid, enn ved vanlig tavleundervisning.</p> <p>Fin flyt, ikke overveldende med informasjon i starten.</p>	<p>Passer godt for en tiendeklassing som har hatt en del grunnleggende kjemi.</p> <p>Kjempeflott video. Ressursen er analog og annerledes.</p> <p>Jeg har ikke hatt fokus på historien og hva som egentlig skjer. Mer fokus på kjemisk ligning, og der merkes det at man mister mange.</p> <p>Klar over at jeg selv kan ha bidratt til misoppfatningen ved å ikke ha gått mer i dybden. Ble mer bevisst over at man må forklare hensikten med fotosyntesen, og kanskje mer hvor det skjer.</p>
<p>Representasjoner og metaforer</p>	<p>Fint med farger. Bra med ulike farger til ulike deler.</p> <p>Elevene vil kunne lære gjennom kjøkkenmaskinen. Bra metafor, men litt usikker på hvilket forhold elevene har til kjøkkenmaskin.</p>	<p>Bra med ulike farger til ulike deler.</p> <p>Likte trakta ned i bollen.</p> <p>Likte fremstillingen av karbohydrat som boks, og som ble bearbeidet til glukose og stivelse.</p>	<p>Fine tegninger.</p> <p>Synes det var motiverende og bra å se farger i starten av videoen. Da vet man at "det" blir synliggjort. Ble observant på at jeg har brukt for lite farger før.</p>

	<p>Likte de små minifigurene av molekylene</p> <p>Vannets rolle ble svært interessant. Det ble ikke bare en smørje i midten av bladet, men bra.</p> <p>Elever vil få brukt hele sitt register hvis læreren tegner. De må lytte, se, lage, modellere for å memorere og forstå. Det er hands-on, enkelt og man må ikke kunne tegne.</p> <p>Kan senke terskelen til lærere som ikke vil tegne. Det kan gi dem noen hint om hvordan man kan fremstille prosesser. Må ikke kunne tegne alt, noe kan være bokser også. Ressursen burde deles ut til hele Norge for inspirasjon.</p>	<p>Tegningene støtter opp de verbale forklaringene.</p> <p>Nyttig i fotosyntese og celleånding med mange begrep og fort at det blir abstrakt.</p>	<p>Genialt med kjøkkenmaskin! Har aldri gått så nøye gjennom calvinsyklusen før. Det var spennende å se innsiden, altså energiens løp og dannelse av næring. Det tydeliggjør at det er en todelt prosess.</p> <p>Ser hva som kunne blitt gjort i alle år, så nå får jeg "freshet" opp idéene mine.</p> <p>Elever liker praktisk arbeid, og dette kan de få gjennom tegning.</p>
<p>Lærerens kontakt med elevene under tegning</p>	<p>Håper lærerne bruker denne videoen og tegner med elevene sine. Ikke nyttig å vise frem. Når man tegner med elevene blir det mer personlig, tid til spørsmål, stoppe opp, forklare. Med bare video kan det bli falskt, og elever kan falle av.</p>	<p>Likte godt ark. Mer taktilt og man tegner med en hensikt.</p>	<p>Elasket at meningen var å holde blikket mot elevene. Lettere å holde kontroll på dem og få dem til å henge med.</p> <p>Lærer sitt ansvar å lage det om til en dialog med elevene.</p> <p>Bra med ark for å holde kontakten med elevene.</p>

<p>6.1.1.1 Ressursen kan senke terskelen for å tegne med elevene</p>	<p>Kan senke terskelen for lærere som ikke bruker tegning, fordi det gir dem konkrete hint til hvordan man fremstiller prosessen. Må ikke kunne tegne alt, noe kan være bokser også.</p>		<p>Jeg tror andre lærere kan bli inspirert til å lage sine egne versjoner av tegneprosessen</p>
<p>Behov for faglig informasjon til læreren</p>	<p>Kunne hatt med infoskriv om misoppfatninger, kompetansemål og noe om de didaktiske valgene som er tatt.</p> <p>Flere ressurser. Tar imot alt som er. Gjerne om potensiell og kinetisk energi, og generelt innen fysikk.</p>	<p>Ville hatt med et infoskriv med kilder til ressurser om fotosyntesen, ekstra info om calvinsyklus og misoppfatninger som er vanlige å ha. Da kan lærere konfronteres med dem, og se hva som kan være i egen klasse.</p> <p>Nyttig med flere ressurser. Spesielt om nitrogensyklusen og kropp og helse. Det som er usynlig, og det man ikke kan konkretisere. Lærere har ofte dårlig tid til å forberede seg.</p>	<p>Skulle gjerne hatt med et vedlegg om misoppfatninger som er vanlige, for å unngå fallgroper. Ikke så mange lærere som er bevisst disse. Kan også ta med mål med videoen. Ser at en slik time stiller krav til læreres kompetanse, spesielt faglig, da vi går sånn i dybden.</p> <p>Fint at dere som studenter som har oppdatert kunnskap og tid kan lage gode ressurser til lærere ute i skolen som har mindre tid, men fortsatt ønsker god undervisning.</p>

Vedlegg 8

Fotosyntesen

Fotosyntesen er en fundamental biologisk prosess som utføres av fotoautotrofe organismer, hvor de konverterer karbondioksid og vann til karbohydrat ved hjelp av sollys (Campbell et al., 2006). Karbohydratene som dannes fungerer som egenprodusert næring for plantene og danner grunnlaget for all biomasse i verden. Prosessen skjer hovedsakelig i kloroplaster, organeller i plantecellen som inneholder klorofyll, det grønne pigmentet som absorberer solenergi. Fotosyntesen kan hensiktsmessig deles inn i to hoveddeler: lysreaksjoner, der solenergi omdannes til kjemisk energi, og syntesedelen, der den kjemiske energien brukes til å produsere karbohydrater fra karbondioksid (Campbell et al., 2006).

I lysreaksjoner absorberer klorofyllet solenergi, som pakkes og lagres som kjemisk energi i energibærere kalt ATP og NADPH. Her spaltes vann og danner oksygen som et biprodukt. Syntesedelen skjer i stroma, det væskefylte rommet inne i kloroplastene. Her brukes energien fra lysreaksjonen til å omdanne karbondioksid og energi til energirike karbohydrater gjennom en syklus kalt Calvinsyklusen. Karbohydratene kan så omdannes til andre organiske forbindelser som stivelse, cellulose, fett og proteiner, gjennom kompliserte kjemiske prosesser (Campbell et al., 2006).

