

## Biokjemi i Kjemi 2

En analyse av samsvaret mellom  
kompetansemål, læreverk og skriftlig  
eksamen

**Kristine Skibeli**

Master i realfag

Innlevert: mai 2018

Hovedveileder: Per-Odd Eggen, PLU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for lærerutdanning



# FORORD

Da jeg gikk på videregående skole husker jeg at kompetansemålene ble presentert for oss i de fleste fag, men i realiteten så vi på lærebøkene og tidligere eksamensoppgaver for å finne ut hva vi skulle lære. Det er først under utdanningen på NTNU jeg har fått en forståelse for at det er kompetansemålene som er "fasiten", ikke læreverk eller eksamener. Gjennom masteroppgaven har jeg fått utforske sammenhengen mellom disse komponentene videre og blitt mer oppmerksom på tolkningsrommet som ligger i kompetansemålene.

Med denne masteren setter jeg et punktum på en 5-årig lektorutdanning i realfag på NTNU. Det har vært et krevende studie med mange oppturer og nedturer, noe som gjør at mestringsfølelsen er ekstra stor når jeg nå sitter her med en ferdig masteroppgave og kan kalle meg lektor. Å skrive denne oppgaven har vært en lærerik prosess preget av mye fortvilelse og frustrasjon, men også aha-opplevelser, mestringsfølelse, smil og latter.

Jeg vil starte med å rette en stor takk til min hovedveileder Per-Odd Eggen, førsteamanuensis ved institutt for lærerutdanning, og leder for skolelaboratoriet ved NTNU. Takk for all støtte og nyttige tilbakemeldinger, og for oppmuntringen til å gjøre oppgaven til min egen. Spesielt vil jeg takke for alle de kritiske spørsmålene som har vært med på å utvikle oppgaven.

Jeg hadde ikke kommet meg gjennom denne masteren uten støtte fra venner og familie. Takk for alle hyggekvelder i bestemorkollektivet, fruktpauser, lunsjer, bollepauser, kveldsturer og telefonsamtaler. Takk for gode klemmer og støttende ord. Sist men ikke minst vil jeg rette en ekstra stor takk til min fantastiske pappa, Trygve Skibeli, som har vært til uvurderlig hjelp i rettingen av oppgaven.

Mvh.

Kristine Skibeli

Juni 2018

NTNU, Trondheim



## SAMMENDRAG

To faktorer som ser ut til å ha stor innvirkning på undervisningen i norske klasserom i tillegg til læreplanen er læreverkene og skriftlig, sentralgitt eksamen. Eksamen og læreverkene er utarbeidet ut fra kompetansemålene i læreplanen, men kompetansemålene kan være lite presise og krever tolkning. I denne studien har jeg undersøkt i hvilken grad det er samsvar mellom lærebokforfatterens og eksamensnemndas tolkning av to kompetansemål innenfor biokjemi i faget Kjemi 2:

- *Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding*
- *Gjør rede for struktur og egenskaper til ... ATP*

Jeg har brukt kvalitativ dokumentanalyse av typen *rettet innholdsanalyse* og analysert hvordan disse 2 kompetansemålene er fremstilt og testes i 3 læreverker (*Kjemi 2*, *Kjemien stemmer 2*, *Aqua 2*) og 10 skriftlige eksamener fra 2013-2017. Kompetansemålene er først brutt ned til enkeltkompetanser basert på mine egne tolkninger av målene. Disse er videre benyttet til å analysere hvilke temaer som er vektlagt i læreverker og eksamener i Kjemi 2. I tillegg til å analysere hvilke temaer som er vektlagt, ble kategoriseringsverktøyet til Davila & Talanquer (2010) brukt til å kategorisere eksamensoppgavene og oppgavene fra læreverkene etter kognitivt nivå.

Gjennom disse analysene har det store tolkningsrommet i kompetansemålene kommet til syne. Lærebokforfatterne har valgt ulike løsninger med tanke på hva de vektlegger, hvor mange detaljer de inkluderer i forklaringene, og hva de tester i oppgavene. Eksamen har generelt oppgaver på høyere kognitive nivåer enn læreverkene, og har i tillegg en tydelig større andel oppgaver om hydrogenbæreren NADH. Mange av oppgavene som omhandler NADH på eksamen kan løses ved å bruke andre kjemikompetanser som f.eks. massebalanse. Det er derfor usikkert om disse oppgavene gir uttrykk for elevenes kompetanse knyttet til læreplanmålet i biokjemi.



## SUMMARY

Two elements that seem to have great impact on the teaching in Norwegian classrooms are, in addition to the curriculum, the textbooks and the written exams. The competence goals in the subject curriculum are important when exams and textbooks are created. The competence goals can, however, have a low precision level and require interpretation. In this study I have investigated to what extent there is direct correlation between how the textbook writers and the examining board have interpreted the following two competence goals related to biochemistry from the subject *Kjemi 2* (Chemistry 2).

- *Explain hydrogens role as an energy carrier in photosynthesis and cellular respiration.*
- *Give an account of the structure and properties of...ATP*

I have as an investigation method used qualitative document analysis, more specifically *directed content analysis*, and I analyzed how the two competence goals are represented in 3 textbooks (*Kjemi 2*, *Kjemien stemmer 2*, *Aqua 2*) and 10 written exams from 2013-2017. The competence goals are broken down to individual competences based on my own interpretation of the goals. These individual competences have further been used to analyze which of the topics that are the most emphasized in the textbooks and in the written exams for the subject *Kjemi 2*. As well as analyzing which topics are most emphasized, a categorization tool from Davila & Talanquer (2010) was used to categorize the tasks from the exams and tasks from the textbooks according to their respective cognitive level.

The different interpretations of the competence goals have been evident throughout this study. The textbook authors have made different choices regarding which topics to emphasize, the level of details used, and which competences to test. The exams generally test on a higher cognitive level than the textbooks, and they have a larger portion of the tasks related to the hydrogen carrier NADH. Many of these tasks related to NADH in written exams can be solved using other chemistry skills, e.g. mass balance. It is therefore far from certain that the results achieved in these tests expresses a student's competence associated with the curriculum in biochemistry.





## OVERSIKT OVER FIGURER OG TABELLER

<b>Figur 1:</b> Illustrasjon av analyseoppsettet i oppgaven .....	2
<b>Figur 2:</b> Prosentvis fordeling av hovedområder i skriftlige eksamener i kjemi 2, 2009-2013, hentet fra Baardsgaard (2014) .....	12
<b>Figur 3:</b> Karakterfordeling i kjemi 2 våren 2013, hentet fra utdanningsdirektoratet (2015)...	14
<b>Figur 4:</b> Illustrasjon av celleåndingen hentet fra Kjemi 2 (Brandt & Hushovd, 2011, s.246)	28
<b>Figur 5:</b> Figur av krebs-syklus/sitronsyresyklusen hentet fra Aqua 2 (Steen et al., 2011, s.232) .....	29
<b>Figur 6:</b> Modell av hvordan energi fra ATP kan brukes til å danne maltose, hentet fra læreverket Kjemi 2 (Brandt & Hushovd., 2011, s.240) .....	31
<b>Figur 7:</b> Oppgave 2C fra eksamen i Kjemi 2, høsten 2017 .....	37
<b>Figur 8:</b> Oppgave 1t fra eksamen i Kjemi 2, våren 2017 .....	38
<b>Figur 9:</b> Oppgave 4e fra eksamen i Kjemi 2 våren 2016.....	39
<b>Figur 10:</b> Oppgave 1m fra eksamen i Kjemi 2 våren 2015 .....	48
<b>Figur 11:</b> Oppgave som finnes i alle tre læreverkene for Kjemi 2, her hentet fra Brandt & Hushovd (2011).....	49
<b>Tabell 1:</b> Oversikt over hvor mange sider som er satt av til de ulike temaene i læreverkene for kjemi 2.....	27
<b>Tabell 2:</b> Fordeling av oppgaver innen ulike delmål og kompetansemål, antall oppgaver og prosentvis fordeling.....	33
<b>Tabell 3:</b> Oppsummering av resultatene fra analysen av oppgaver i læreverket etter oppgavetype/kognitivt nivå .....	34
<b>Tabell 4:</b> Fordeling av oppgaver etter hvilke delmål eksamensoppgavene tester .....	37
<b>Tabell 5:</b> Oppsummering av resultatene fra analysen av eksamensoppgaver etter oppgavetype .....	39
<b>Tabell 6:</b> Kategorisering av oppgaver fra tre læreverker i kjemi 2 etter innhold .....	63
<b>Tabell 7:</b> Kategorisering av oppgaver fra tre læreverker i kjemi 2 etter kognitivt nivå .....	65
<b>Tabell 8:</b> Kategorisering av eksamensoppgaver etter innhold.....	67
<b>Tabell 9:</b> Kategorisering av eksamensoppgaver etter kognitivt nivå .....	69



## Innhold

FORORD.....	i
SAMMENDRAG.....	iii
SUMMARY .....	v
OVERSIKT OVER FIGURER OG TABELLER.....	vii
1. INNLEDNING.....	1
2. TEORI.....	3
2.1. Læreplanen .....	3
2.1.1. Læreplanutvikling i Norge .....	3
2.1.2. Fem versjoner av læreplanen.....	5
2.1.3. Læreplan i Kjemi 2.....	5
2.2. Lærebøker.....	6
2.2.1. Lærebok som sjanger .....	6
2.2.2. Hvordan brukes lærebøkene?.....	8
2.2.3. Fordeler og ulemper .....	9
2.2.4. Oppgaver .....	9
2.3. Vurdering.....	10
2.3.1. Historisk perspektiv.....	11
2.3.2. Skriftlig eksamen.....	12
2.3.3. Krav til eksamen.....	13
2.3.4. Eksamens påvirkning .....	15
2.4. Biokjemi som fagfelt .....	15
3. METODE .....	17
3.1. Forskningsdesign.....	17
3.2. Dokumentanalyse .....	17
3.3. Kvalitet .....	20
3.4. Konkretisering av kompetansemål .....	22

3.5.	Forskningsetiske betraktninger .....	22
4.	ANALYSE .....	23
4.1.	Hvilke kompetanser skal elevene tilegne seg ut fra kompetansemålene? .....	23
4.2.	Hvordan reflekteres kompetansemålene i lærebøkene for Kjemi 2?.....	24
4.2.1.	Presentasjon av læreverkene .....	24
4.2.2.	Analyse av læreboktekstene .....	26
4.2.3.	Hva testes i læreverkene?.....	32
4.2.4.	Er det samsvar mellom faktatekst og oppgaver i læreverkene? .....	35
4.3.	Hvordan testes kompetansemålene i skriftlige eksamener? .....	36
4.4.	Samsvarer kompetansen som testes i læreverkene med eksamensoppgavene? .....	40
4.4.1.	Vektlegging av de ulike temaene .....	40
4.4.2.	Kognitivt nivå.....	41
5.	DISKUSJON.....	43
5.1.	Læreverkene og eksamens påvirkning på undervisningen .....	43
5.2.	Kunnskap versus kompetanse.....	44
5.3.	ATP.....	46
5.4.	Utfordringer knyttet til hydrogen som energibærer.....	47
5.5.	Biokjemiens plass i faget Kjemi 2 .....	50
6.	KONKLUSJON .....	53
6.1.	Videre forskning på feltet .....	54
7.	REFERANSER .....	57
8.	VEDLEGG .....	61
	Vedlegg 1: Oppgaver fra læreverkene i kjemi 2 kategorisert etter innhold .....	63
	Vedlegg 2: Oppgaver fra læreverkene i kjemi 2 kategorisert etter kognitivt nivå.....	65
	Vedlegg 3: Oppgaver fra skriftlig eksamen i kjemi 2 kategorisert etter innhold .....	67
	Vedlegg 4: Oppgaver fra skriftlig eksamen i kjemi 2 kategorisert etter kognitivt nivå.....	69

## 1. INNLEDNING

Læreplanen er en av grunnsteinene i norsk skole, og legger føringer for hva som skal undervises i ulike fag (Forskrift til opplæringslova, 2006a). Mange av læreplanens kompetansemål er lite presise og har stort rom for tolkning, noe som gjør at målene kan forstås på ulike måter. Forskning viser at både lærebøker og tidligere eksamener har stor innvirkning på hvordan kompetansemålene tolkes, og gjennom det hvordan undervisningen legges opp (Bachmann, 2005; Utdanningsdirektoratet, 2015)

I faget kjemi 2 ligger det flere kompetansemål som representerer fagfeltet biokjemi, og disse målene mener jeg er et godt eksempel på kompetansemål med stort rom for tolkning. Biokjemi er et tema elever oppfatter som interessant, men også som vanskelig (Broman, Ekborg & Johnels, 2011).

Det er med bakgrunn i dette at temaet for denne studien dukket opp. Jeg vil se nærmere på hvordan kompetansemål, eksamen og læreverk henger sammen. I forbindelse med et pilotprosjekt til studien intervjuet jeg lærere i kjemi 2 om deres tanker rundt undervisning i temaet biokjemi. Jeg oppdaget at lærerne tolket målene ulikt, og at de i varierende grad la vekt på hvordan eksamen og læreverkene hadde tolket målene. De påpekte også at det ikke nødvendigvis er samsvar mellom hva lærebøkene presenterer og hva som testes på eksamen. Dette gjorde at jeg fikk lyst til å undersøke sammenhengen mellom komponentene videre. Jeg har derfor valgt å se på følgende problemstilling:

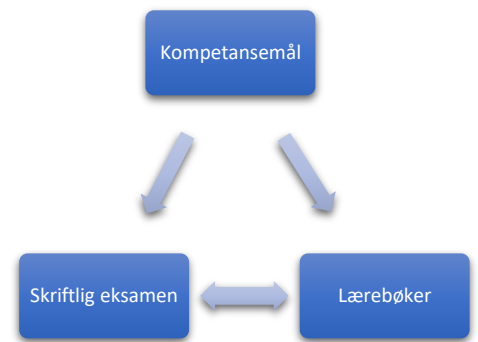
**Hva vektlegges når fagstoff i biokjemi presenteres og testes i læreverkene for kjemi 2, og hvordan samsvarer dette med det som testes i skriftlige eksamener i faget?**

For å begrense omfanget av oppgaven har jeg valgt å ikke ta for meg alle kompetansemålene i biokjemi, men kun plukket ut to som ofte presenteres sammen i læreverkene:

- *Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding*
- *Gjør rede for struktur og egenskaper til ... ATP*

For å kunne svare på problemstillingen har jeg tatt utgangspunkt i følgende fire forskningsspørsmål:

- 1) Hvilke kompetanser skal elevene tilegne seg ut fra kompetansemålene?
- 2) Hvordan reflekteres disse kompetansemålene i lærebøkene i kjemi 2?
- 3) Hvordan testes kompetansemålene i skriftlig eksamen?
- 4) Samsvarer kompetansen som testes i læreverkene med eksamensoppgavene?



Figur 1: Illustrasjon av analyseoppsettet i oppgaven

Før jeg presenterer funnene i denne studien har jeg tatt for meg en del teori og forskning som studien bygger på. Det innebærer en gjennomgang av læreplan, læreverk og eksamen, samt en liten presentasjon av biokjemi som fagfelt. Jeg har i tillegg beskrevet og begrunnet hvilke metoder som er benyttet i studien.

Resultatene er organisert etter de fire forskningsspørsmålene presentert over. Ut fra resultatene har jeg plukket ut noen funn jeg drøfter videre i kapittel 5. Til slutt har jeg valgt å oppsummere med noen tenker om hva funnene kan ha å si for undervisning og vurdering i biokjemi, og for videre forskning.

## 2. TEORI

### 2.1. Læreplanen

Norske læreplaner er utarbeidet etter initiativ fra sentrale myndigheter og har forskriftstatus i Norge (Engelsen, 2012, s. 20). De er et redskap for å sikre et likeverdig utdanningstilbud i hele landet, og utvikles av et utvalg bestående av både lærere, skoleledere og representanter for universitet- og høyskolesektoren (Utdanningsdirektoratet, 2018b).

#### 2.1.1. Læreplanutvikling i Norge

Læreplaner er et resultat av samfunnets utvikling på tidspunktet planen ble skrevet. Jeg har derfor tatt et kort historisk tilbakeblikk for å få en bedre forståelse for hvorfor dagens læreplan, LK06, er utformet slik den er.

I 1889 kom det som regnes som de første nasjonale læreplanene (Imsen, 2016, s. 268). Disse var utformet som et mønster skolene kunne følge, men det var kommunene som valgte om de ville ta planene i bruk eller ikke. I 1922 kom det en ny læreplan for landsfolkeskolene og i 1925 en ny for byfolkeskolene. Disse planene var fokusert på innhold og preget av et behavioristisk læringssyn, noe som innebar at fagstoffet skulle foreleses for elevene. I 1939 kom *Normalplanen* som fastsatte et minstekrav for fagene, og dette minstekravet skulle være bindende for alle skoler. *Normalplanen* var preget av en mer moderne pedagogikk med fokus på elevaktivitet, men det viste seg å være utfordrende for lærerne å både ta i bruk elevaktiviteter og samtidig komme seg gjennom minstekravet i faget.

I 1959 kom *Læreplan for forsøk med 9-årig skole*, den første læreplanen som var felles for både byskoler og landskoler (Imsen, 2016, s. 269). Forsøksplanene hadde i likhet med *Normalplanen* spesifisert et pensum i hvert fag, og det ble i tillegg innført kursplaner. Kursplaner gikk ut på å dele elevene inn etter nivå i forskjellige fag, slik at hver elev kunne få undervisning tilpasset sitt nivå. Denne ordningen ble mye kritisert for å danne unødvendige skiller mellom elever, og den ble derfor avviklet før *Mønsterplanene av 1974 (M74)*.

*M74* skilte seg ut fra de foregående læreplanene ved å være en rammeplan (Imsen, 2016, s. 270). Rammeplanen var friere ved at innholdet ikke var obligatorisk og derfor kunne byttes ut dersom læreren synes det var hensiktsmessig. I tillegg fikk lærerne større metodefrihet. *M74* ble kritisert for å være litt for fri, og neste revisjon, *M87*, tok derfor over med flere retningslinjer for fagenes innhold. I 1993 kom *Den generelle læreplanen* som var felles for grunnskole,

videregående skole og voksenopplæring. Planene ble kalt et måldokument, men fremstår mer som en rekke ideer og idealer som legger grunnlaget for skolekulturen.

*Den generelle læreplanen* ble videreført i L97, den første læreplanen for den 10-årige grunnskolen (Imsen, 2016, s. 272). L97 var preget av fokus på læringsprosessen og kunnskapsformidling. Innholdet ble mer fastsatt og for første gang ble det satt krav til hvilke arbeidsformer som skulle benyttes. I den videregående skolen skjedde også store endringer på denne tiden. *Reform 94* ga alle elever mellom 16 og 19 år rett til videregående opplæring. Mange studieretninger ble slått sammen og fikk et mer teoretisk preg. En annen stor endring var at innholdet i læreplanene nå ble formulert som mål elevene skulle kunne nå. Dette gjorde det lettere for myndighetene å kontrollere om riktig fagstoff ble gjennomgått, men ga både elever og lærere lite rom for fleksibilitet og tilpasset undervisning.

Etter å ha oppnådd skuffende resultater på internasjonale tester som TIMMS og PISA kom læreplanverket for *Kunnskapsløftet i 2006* (Engelsen, 2012, s. 22). LK06 er i motsetning til tidligere læreplaner forventningsbasert, ikke betingelsesorientert. Dette betyr at målene er formulert som forventninger til hva elevene skal oppnå av kompetanse, ikke hva læreren skal ha gått gjennom. Læreplanen er felles for barneskoler, ungdomsskoler og videregående skoler, og består av tre deler:

1. Generell del (fra 1993)
2. Prinsipper og rammer for opplæringen (læringsplakaten)
3. Læreplaner for fag

Denne studien tar utgangspunkt i læreplan for fag, nærmere bestemt læreplan for kjemi 2. LK06 er i likhet med L97 er målstyrt læreplan, noe som betyr at målene skal beskrive hva elevene skal opparbeide seg av kunnskap/kompetanse (Engelsen, 2012, s. 21). LK06 er mer kortfattet en forrige læreplan, har mer metodefrihet og har innført 5 grunnleggende ferdigheter som skal øves i alle fag (Imsen, 2016, s. 276). Det er den fagspesifikke læreplanen som legger grunnlaget for utviklingen av læreverk og eksamener.

Kompetansebegrepet har fått stor plass i kunnskapsløftet. Det som i L97 kaltes kunnskapsmål kalles i LK06 kompetansemål. Utdanningsdirektoratet (Udir) definerer kompetanse som «*evnen til å løse oppgaver og mestre komplekse utfordringer. Elevene viser kompetanse i konkrete situasjoner ved å bruke kunnskaper og ferdigheter til å løse oppgaver. Det kan handle om å mestre utfordringer på konkrete områder innenfor utdanning, yrke og samfunnsliv eller på det personlige plan*» (Udir, 2016). Målet er med andre ord ikke lenger bare å tilegne seg kunnskap,



men å kunne bruke kunnskapen til å løse nye oppgaver. Kompetansemålene er ofte lite presise, noe Engelsen mener er et resultat av at læreplanene dannes i en politisk prosess, der det er lettere å bli enige om runde enn spissede formuleringer (Engelsen, 2012, s. 23).

### 2.1.2. Fem versjoner av læreplanen

Læreplaner kan ikke følges slavisk, men krever tolkning (Engelsen, 2012, s. 19). Læreplaner har mange sider, og Goodlad (1979) presenterer 5 ulike måter å se på de på:

1. Ideenes læreplan er de tanker som finnes om hvordan en læreplan bør være, både med tanke på form og innhold. Ideenes læreplan vil være påvirket av politiske debatter, næringsliv og samfunnsutviklingen.
2. Den formelle læreplanen er selve læreplandokumentet som blir offentlig publisert og fungerer som rammer for skolens virksomhet.
3. Den oppfattede læreplanen er de tolkninger lærere og andre gjør når de leser den formelle læreplanen. Det er denne versjonen av læreplanen som legger grunnlaget for lærebøker, planlegging av undervisning, nasjonale tester osv. Den oppfattede læreplanen vil derfor variere fra person til person.
4. Den operasjonaliserte læreplanen er det som faktisk skjer i undervisningen, altså utførelsen av den oppfattede læreplanen.
5. Den erfarte læreplanen er i stor grad elevenes oppfattelse av undervisningen, men også foreldres og samfunnets oppfattelse av hva som skjer på skolen.

Hvert ledd i denne rekken er en tolkning av punktet over, noe som igjen vil si at veien er lang fra intensjon til elevenes opplevelser. Det er mange tolkningsledd på veien som gjør at undervisningen kan oppleves veldig forskjellig fra klasserom til klasserom.

I denne studien fokuserer jeg på overgangen fra den formelle til den oppfattede læreplanen.

### 2.1.3. Læreplan i Kjemi 2

Læreplanen i *Kjemi 2* består av 26 kompetansemål fordelt på 5 hovedområder:

- Forskning
- Analyse
- Organisk kjemi 2

- Redoksreaksjoner
- Materialer

Noen av kompetansemålene bygger på kompetanser fra kjemi 1, mens andre representerer nye temaer. Biokjemi er et eksempel på et nytt tema som ble innført i læreplanen i *LK06* under hovedområdet *Organisk kjemi 2* (Baardsgaard, 2014). Organisk kjemi er det største hovedområdet, bestående av 8 kompetansemål, hvorav 4 omhandler biokjemi. Om hovedområdet *Organisk kjemi 2* står det i *LK06* følgende: «Hovedområdet handler om hvordan organiske stoffer reagerer. Laboratoriearbeid er sentralt. I tillegg dreier det seg om kartlegging og beskrivelse av organiske molekylers oppbygning, funksjoner og reaksjoner. Hovedområdet omfatter også biokjemiske reaksjoner, knyttet til energiomsetningen i levende celler» (Utdanningsdirektoratet, 2006).

Det at det er mange temaer som skal dekkes i faget, kommer klart til syne i en spørreundersøkelse fra 2015. Undersøkelsen viste at ca. 70% av lærerne i *Kjemi 2* mente at læreplanen var for omfattende, og 53% mente det var vanskelig å gå i dybden i faget (Utdanningsdirektoratet, 2015).

## 2.2. Lærebøker

Læremidler har stor plass i skolen og defineres som: «*Alle trykte og ikke-trykte element, enkeltstående eller slike som går inn i ein heilskap som er utvikla til bruk i opplæringa, og som aleine eller til saman dekkjer kompetansemål i Læreplanverket for Kunnskapsløftet. Læremiddel kan være trykte og digitale*» (Forskrift til opplæringslova, 2006a).

Lærebøker er kanskje de mest brukte av læremidlene i skolen. I denne undersøkelsen har jeg valgt å definere lærebøker som «*litteratur skrevet for regelmessig bruk i undervisning på bestemte undervisningstrinn, og som dermed dekker målene og emnene gjengitt i læreplanen*» (Bruun, 2011, s. 11).

### 2.2.1. Lærebok som sjanger

Lærebøker er en kompleks form for litteratur og skrives ofte av lærere. Bøkene skal representere forfatterens tolkninger av gjeldende læreplan, og fungere ofte som en bro mellom den formelle og den gjennomførte læreplanen (Engelsen, 2012, s. 19; Rønning et al., 2008). De har et faglig,

pedagogisk og ideologisk innhold som er påvirket av forfatterne, og samfunnet forfatterne lever i (Johnsen, 1999, s. 9-15).

For å dele opp fagstoffet er de fleste lærebøker innen realfag delt inn i kapitler og underkapitler. Kapitlene er ofte bygget opp med faktatekst først, deretter oppgaver og elevforsøk. Noen læreverk har oppgaver og faktatekst samlet i samme bok, mens andre har delt det opp i en grunnbok med faktatekst og en studiebok med oppgaver og forsøk. I tillegg har bøkene ofte nettressurser med for eksempel oppgaver og animasjoner, og en lærerveiledning.

Dagens lærebøker er multimodale, en betegnelse som brukes om tekst som inneholder både tekst, bilder, figurer, inforammer osv. Bakgrunnen for den økte bruken av multimodalitet er trolig å gjøre stoffet mer tilgjengelig for elevene, men Mork og Erlie (2010, s. 51-58) argumenterer for at det kan være utfordrende for elevene å lese disse tekstene. For at figurer, inforammer, grafer osv. skal være til hjelp for elevene må elevene være i stand til å se de ulike elementene i læreverkene i sammenheng, noe som kan være utfordrende for mange.

Det er ofte fokus på definisjoner av fagbegreper i lærebøkene, spesielt innen realfag (Johnsen, 1999, s. 19-24). Naturfagene har mange fagspesifikke uttrykk som elevene må bli kjent med. Noen ord er formelle fagbegreper som er nye for elevene, mens andre er kjente ord fra hverdagspråket som har en annen, eller mer spesifikk, betydning i fagspråket (Mork & Erlie, 2010, s. 23-32; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 51-55). I tillegg til disse ordene preges naturfaglige tekster av høy informasjonstetthet, bindeord og nominalisering. Alt dette kan føre til at elever opplever språket som en barriere for å lære faget (Sirhan, 2007). Å lære det naturvitenskapelige språket blir derfor en viktig del av undervisningen, og lærebøkene viktige hjelpemidler. I lærebøkene benyttes en kombinasjon av fagspråk og hverdagspråk for å hjelpe elevene i overgangen til et mer naturvitenskapelig språk (Baardsgaard, 2014; Mork & Erlie, 2010).

Modellene har også fått en viktig plass i kjemilæreverk. Med modeller menes her figurer, bilder, diagrammer og grafer. De brukes blant annet til å illustrere fenomener som er usynlig for øyet og til å forklare komplekse fenomener på en forenklet måte (Mork & Erlie, 2010, s. 51-58; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 161). Vi er helt avhengige av modeller i naturvitenskapen, men de kan også by på noen utfordringer. En utfordring kan være at elevene sliter med å skille hvilke deler av modellen som stemmer godt med virkeligheten og hvilke deler som ikke stemmer (Mathianssen, 2015; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 162). En annen utfordring kan være å finne den rette balansen i modellenes kompleksitet. Dersom en modell blir for stilisert, eller for langt

fra noe elevne har sett før, må de selv danne de koblingene som mangler, noe som fort kan føre til misoppfatninger (Mathianssen, 2015). Om modeller blir for detaljerte og kompliserte kan det bli vanskelig for elevene å trekke ut vesentlig informasjon. Modellen kan derfor ende opp med å bli en kilde til forvirring, ikke forståelse (Schönborn & Anderson, 2006; Stylianidou, 2002).

### 2.2.2. *Hvordan brukes lærebøkene?*

En undersøkelse publisert i 2005 viste at 87% av norske lærere tok utgangspunkt i lærebøkene når de planla undervisningen, og andelen var størst i naturvitenskaplige fag (Bachmann, 2005, s. 318). De oppga at elevene ofte ble satt til å jobbe med både lærebokteksten og oppgavene (76-78%). Selv om disse undersøkelsene ble gjort under en annen læreplan er det lite som tyder på at situasjonen har endret seg nevneverdig (Engelsen, 2012, s. 19).

I 2012 ble det publisert en rapport om læreres praksis og deres tenkning under *Kunnskapsløftet*, hvor det står at læreverkene fremdeles har en sterk stilling i norske klasserom (Hodgson, Rønning & Tomlinson, 2012). Det har vært en markant økning i bruken av internett de siste årene, både til å skaffe informasjon, til kommunikasjon og til produksjon, men forskning viser at 70-90 % av undervisningen internasjonalt fremdeles er lærebokstyrt (Imsen, 2016, s. 425-428; Kunnskapsdepartementet, 2015). I 2013 ble det skrevet en rapport i forbindelse med TIMSS resultatene, hvor de blant annet spurte lærere om hvordan de brukte lærebøkene (Onstad & Grønmo, 2013). I undersøkelsen kom det frem av over 90% av naturfagslærere på 8.trinn brukte lærebøker som undervisningsgrunnlag. Det betyr ikke at alle lærerne følger lærebøkene slavisk, men tallene kan tyde på at lærere i stor grad har tiltro til bøkene.

Frem til år 2000 måtte alle læremidler gjennom en godkjenningsordning (Kunnskapsdepartementet, 2015). Ordningen skulle sikre at læreverkene i skolen var av god kvalitet og dekket de kravene som læreplanen satte. Begrunnelsen for avviklingen av ordningen var blant annet at fylkeskommunene og kommunene skulle få et større ansvar for opplæringen, og at skolene og lærerne skulle frigjøre seg fra læreverkene. Kvalitetssikring av bøkene skulle nå være opp til forlag, forfattere og fagmiljøer. Det betyr at dagens læreverk ikke er kvalitetssikret av staten, de er kun et resultat av forfatterens tolkninger av kompetansemålene i læreplanen.

Siden læreplanen er kompetanserettet og ikke innholdsstyrt, og godkjenningsordningen av lærebøker er avvirket, har lærebokforfatterne fått et større ansvar for valg av lærestoff enn tidligere (Juuhl, Hontvedt & Skjelbred, 2010).

### *2.2.3. Fordeler og ulemper*

Lærebøker har en sentral plass og har mange fordeler i undervisningssammenheng, men de blir også kritisert. I lærebøker skal fagstoffet være presentert på en måte som er tilpasset til den aktuelle målgruppen (Baardsgaard, 2014). Fagteksten skal være pedagogisk skrevet, og er ofte et sammendrag av det elevene skal lære. Lærebokforfatterne prøver å presentere faktatekst om temaene læreplanene dekker, slik at både elever og lærere slipper å lete frem alt på egenhånd i andre kilder (J. Nelson, 2012). Likevel må lærere være oppmerksomme på at læreverkenes ikke er det samme som den formelle læreplanen, men kun er en versjon av den oppfattede læreplanen.

Mange av fordelene med lærebøker i undervisningen avhenger av at bøkene er faglig- og pedagogisk oppdaterte, noe J. Nelson (2012) mener kan være utfordrende. Det tar lang tid å utvikle en lærebok, og når en ny utgave publiseres er det ikke alltid skolene har råd til å bytte ut læreverkenes. Bøkens oppgaver kan prege hvordan det jobbes med fagstoffet (Baardsgaard, 2014). Dersom disse oppgavene ikke er i tråd med nye didaktiske synspunkter kan læreverkenes utgjøre en hindring for didaktisk utvikling i skolen (Imsen, 2016).

### *2.2.4. Oppgaver*

Oppgaver elevene kan jobbe med er viktige komponenter i alle de tre norske læreverkenes i Kjemi 2. Elever bruker mye tid på å jobbe med oppgaver fra læreboka, og det er derfor viktig at oppgavene er varierte og gjenspeiler den kompetansen elevene skal opparbeide seg (Skjelbred, Solstad & Aamotsbakken, 2005).

I denne studien skal jeg blant annet se på oppgavene bøkene presenterer som omhandler de gitte kompetansemålene. Alt en elev får beskjed om å gjøre kan beskrives som en oppgave men for avgrense undersøkelsen har jeg valgt å bruke definisjonen til Kvam (2015, s. 12) og definerer «oppgave» som: *«oppgaver i lærebøker som er tydelig merket som en oppgave fra forfatterens side, og som krever et svar fra elevene»*.

Kjemiundervisningen har lenge vært preget av en kvantitativ tilnærming der faktagjengivelse, formler og utregninger har fått stor plass (Nakhleh & Mitchell, 1993; Zoller, 1993). Typiske oppgaver har vært reproduksjonsoppgaver, beregningsoppgaver og prosedyreoppgaver. De siste årene har det blitt økt fokus på konseptuelle oppgaver som skal teste elevers forståelse, i tråd med endringen fra kunnskapsmål til kompetansemål (Imsen, 2016, s. 276). I konseptuelle oppgaver blir elevene ofte presentert for en situasjon de ikke har lært om på forhånd (Surif, Ibrahim & Dalim, 2014). Elevene kan derfor ikke pugge ett svar, men må bruke sin forståelse av kjemikonsepter til å forklare en reaksjon, forutsi hva som vil skje eller argumentere for et valg. Oppgaver påvirker elevene ved å rette oppmerksomheten mot deler av pensumet og spesifisere hvordan informasjonen skal brukes (Doyle, 1983). Hvordan informasjonen skal brukes er nært knyttet til kompetansemålene i *LK06*. Hvis elevene skal oppnå kompetansene læreplanen presenterer bør oppgavene i lærebøkene reflektere denne kompetansen.

### 2.3. Vurdering

I skolen handler vurdering om å samle inn informasjon om elevers kompetanse og vurdere disse opp mot gitte kriterier (Engh, 2011, s. 17). Vurderingen kan kategoriseres som formativ eller summativ etter hva som er formålet med vurderingen.

Med formativ vurdering menes «vurderingsformer som har til hensikt å skape positive forandringer for det videre læringsarbeidet» (Engh, 2011, s. 19). Formålet er med andre ord å vurdere hvordan elever kan utvikle sine kompetanser videre. En annen tilnærmingen kalles summativ vurdering. Summativ vurdering kan defineres som «Vurderingsformer som utelukkende har til hensikt å kartlegge elevenes nåværende kompetanse» (Engh, 2011, s. 28). Eksempler på summative vurderingssituasjoner er avsluttende tentamen og eksamen. I denne studien skal jeg kun se på skriftlig eksamen som vurderingsform, og vil derfor kun belyse summativ vurdering videre.

Den summative vurderingen, også kalt sluttvurdering (Forskrift til opplæringslova, 2006b), har siden 1997 vært av målrelatert karakter. Det vil si at elevene skal vurderes etter i hvilken grad de har oppnådd kompetansemålene i læreplanen. Resultatene skal ikke sammenlignes med andre elevers resultater (grupperelatert), og man skal ikke ta hensyn til elevenes forutsetninger (individrelatert) (Engh, 2011, s. 24).

Selv om vurderingen offisielt skal være målrelatert er det mye som tyder på at sluttvurderingen fortsatt bærer preg av å være grupperelatert. Vurderingen resulterer i en karakter fra 1-6 som skal si noe om nivået til eleven. Karakterer har fått kritikk for å ikke gi så mye informasjon, men allikevel brukes de ofte blant annet fordi de gjør det lett å sammenligne elever (Tveit, 2009). Det høres kanskje ut som en selvmotsigelse at vurderingen er målrelatert, og at den samtidig brukes til å sammenligne elever. Selve vurderingen skal være målrelatert og skal ikke være påvirket av hvordan andre elever gjør det. Det er resultatet av vurderingen (karakteren) som benyttes til å sammenligne og selekere mellom elever. Karakterene har fått en betydelig plass i samfunnet ved at de er utslagsgivende i å bestemme hvem som skal få plass på ulike studier og i noen tilfeller også hvem som får jobb (Prøitz & Borgen, 2010). For å sikre at nivået på ulike skoler ikke er for ulikt har nasjonale prøver og sentralgitte eksamener blitt innført.

### 2.3.1. Historisk perspektiv

For å få en forståelse for dagens eksamensoppsett i Kjemi 2, har jeg valgt å presentere noen trekk i utviklingen av eksamen de siste 40 årene.

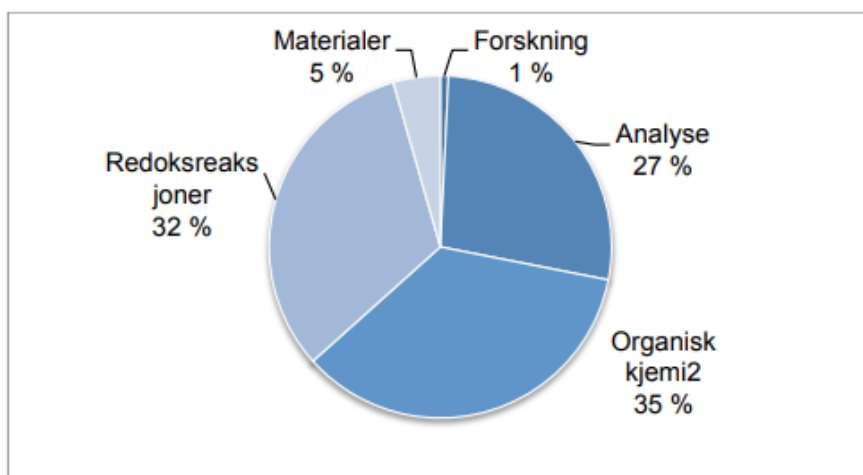
I 1979 fantes det to kjemikurs, ett tretimers kurs og et femtimers kurs (Baardsgaard, 2014). I tretimerskurset (3 undervisningstimer per uke) ble det avholdt en muntlig eksamen der eleven skulle høres i alle fagets temaer, samt legge frem rapporter på praktisk og teoretisk utført arbeid i faget. I femtimerskurset (5 undervisningstimer per uke) kunne eleven enten komme opp i muntlig eksamen, tilsvarende den i tretimerskurset, eller i skriftlig eksamen som omhandlet læreplanenes kjernestoff.

Med *R94* kom det nye læreplaner for kjemifagene som blant annet inneholdt retningslinjer for hva, hvordan og hvorfor drive med vurdering (Baardsgaard, 2014). Målet med vurderingen var å danne en nasjonal standard for å sikre en god undervisning. Ny eksamensordning ble tatt i bruk fra 1999 og hadde mange likhetstrekk med reformen fra 1979. I *2KJ* kunne elevene komme opp i muntlig-praktisk eksamen (lokalt utarbeidet), mens elevene i *3KJ* kunne trekkes ut til muntlig-praktisk eller skriftlig eksamen (sentralgitt). Skriftlig eksamen varte i 5 timer og elevene hadde kun tabeller i kjemi og en enkel kalkulator som lovlige hjelpemidler. I 2003 kom en prøveordning som innebar at elevene fikk ha med seg 20 sider med egne notater som hjelpemiddel. Denne ordningen ble videreført til første eksamen etter *Kunnskapsløftet* i 2006. I dag kan fremdeles Kjemi 2 elevene trekkes ut til enten muntlig-praktisk eller skriftlig eksamen (Utdanningsdirektoratet, 2006), og det er skriftlig eksamen jeg har tatt for meg i denne studien.

### 2.3.2. Skriftlig eksamen

Dagens skriftlige eksamener består av to deler. Del 1 skal besvares uten hjelpemidler mens elevene under del 2 kan bruke alle skriftlige dokumenter som hjelpemidler (Utdanningsdirektoratet, 2016). Del 1 skal teste basiskunnskaper i kjemi og skal leveres etter 2 timer. I denne delen er oppgavetyperen flervalgsoppgaver og kortsvarsoppgaver. Del to skal leveres etter 5 timer (inntil 3 timer etter del 1 er levert) og inneholder mer sammensatte oppgaver (Utdanningsdirektoratet, 2018a). Fokuset i del 2 er å anvende kunnskaper, ikke bare huske den.

Denne vurderingsformen kan sees i sammenheng med at *LK06* har fokus på anvendelse av kompetanser, ikke reproduksjon av fakta. Å ha hjelpemidler kan være et forsøk på å tilpasse vurderingsformen etter det vi ønsker elevene skal lære (Raaheim & Hauge, 2007). Eksamen utarbeides av en eksamensnemnd utnevnt av Utdanningsdirektoratet. Nemda består av både lærere og fagpersoner og sammen skal de sikre en god prøve som dekker kompetansemålene i læreplanen (Baardsgaard, 2014). I 2014 ble det skrevet en mastergrad som blant annet undersøkte hvor stor plass ulike temaer fra læreplanen fikk i skriftlig eksamen. Resultatet er vist i Figur 2 (Baardsgaard, 2014)



Figur 2: Prosentvis fordeling av hovedområder i skriftlige eksamener i kjemi 2, 2009-2013, hentet fra Baardsgaard (2014)

Selv om det var variasjoener fra år til år (Baardsgaard, 2014) viste undersøkelsen at tre hovedområder fikk større plass enn de andre; analyse, redoksreaksjoner og organisk kjemi 2.



Hva som testes på eksamen viser seg også å kunne å ha innvirkning på hvilke kompetansemål som blir vektlagt eller nedprioritert i undervisningen (Hestbek, 2014).

### *2.3.3. Krav til eksamen*

Det stilles en rekke krav til eksamen fra både elever, lærere, staten og samfunnet generelt (Lauvås & Jakobsen, 2002, s. 53-64).

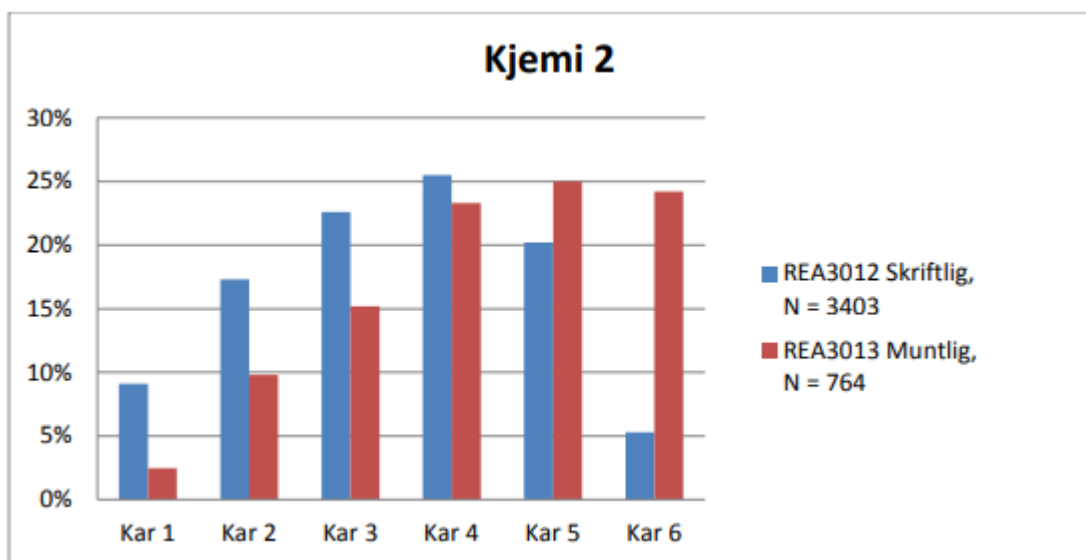
- Eksamen skal oppfattes som rimelig og rettferdig. Det innebærer at alle får de samme oppgavene, med like lang tid og med de samme hjelpemidlene.
- Eksamen skal vurderes objektivt og likt, slik at det har minst mulig å si hvilken sensor som retter (høy reliabilitet). Derfor er både elevbesvarelser og sensorer anonyme, og sensor får utdelt en sensorveiledning med retningslinjer for vurderingen.
- Eksamen skal teste relevant kompetanse på riktig nivå (høy validitet). I Norge vil dette si at eksamen er i tråd med gjeldende læreplan.
- Samfunnet skal få innsyn i eksamensoppgaver og vurderingskriterier. For at eksamen skal ha tillitt utover skolen er det viktig at både foreldre, lærere, elever og andre interesserte får innblikk i hvordan eksamen er bygget opp, hva som testes og hvordan den vurderes.

Forventningene er høye til sentralgitte eksamener. Tidligere fungerte eksamen som en garanti for at kandidaten hadde gitte kompetanser (Lauvås & Jakobsen, 2002, s. 11), men vi skal se at det kanskje ikke er så lett likevel. Eksamen har fått mye kritikk for å ha for stort fokus på kontroll av reprodusert kunnskap (Lauvås & Jakobsen, 2002).

Det kan være utfordrende å sikre både høy reliabilitet og høy validitet. Oppgaver med kun ett rett svar øker tilsynelatende reliabiliteten. Da har det mindre betydning hvem som retter, men dette legger en del begrensninger for hva som kan testes. Hadde alle spørsmål på eksamen kun hatt ett rett svar hadde trolig validiteten blitt lav fordi store deler av pensum ikke kunne testes (Lauvås & Jakobsen, 2002, s. 55). I tillegg er slike oppgaver lite egnet for å for å vise kompetanse i å vurdere alternativer, vise kreativitet, problemløsning m. m.

For at eksamen skal være "rettferdig" har det blitt dannet mange regler rundt eksamenssituasjonen, for eksempel hva som er lov å ha med seg, hvor lang tid elevene har til disposisjon, eksamensvakter skal passe på at ingen jukser, og alle får vite på samme tidspunkt hvilke fag de er trukket ut til å ha eksamen i. Raaheim og Hauge (2007) argumenterer for at

disse tiltakene ikke vil gjøre eksamen rettferdig. Elever vil oppleve eksamenssituasjonen ulikt, noe som fører til at de har ulike forutsetninger for å få vist hva de kan. Eksamen kan ende med å teste stressmestring og tidsplanlegging, ikke utelukkende faglig kompetanse. Sammenligner vi elevers standpunktkarakterer og karakter på skriftlig eksamen i Kjemi 2 i 2017 er det mye som tyder på at eksamenssituasjonen skiller seg ut fra elevenes hverdag. Mens gjennomsnittlig standpunktkarakter i Kjemi 2 var 4,1 i 2017, var gjennomsnittlig eksamenskarakter på skriftlig eksamen 3,3 (Utdanningsdirektoratet, 2017). Ser vi på resultatene for skriftlige eksamener versus muntlige eksamener (se Figur 3) i Kjemi 2 fra 2013 kommer det også frem at spriket er stort.



Figur 3: Karakterfordeling i kjemi 2 våren 2013, hentet fra utdanningsdirektoratet (2015)

Om årsaken til den store forskjellen kommer av eksamenssituasjonen, subjektivitet i standpunktkarakteren eller noe annet er vanskelig å si, men med så stort sprik i karakterene er det kanskje flere faktorer som har innvirket. I en rapport fra Utdanningsdirektoratet (2015) påpekes det at eksamensformen kanskje ikke er tilpasset dagens læreplan ved at ikke alle mål kan testes. Tilgangen på hjelpemidler i del to har gitt rom for å teste elevene på et høyere kognitivt nivå, men tolkningen av oppgavene kan ende med å bli vel så utfordrende som kompetansemålet som skal testes.

#### 2.3.4. Eksamens påvirkning

Som nevnt tidligere påvirker eksamen måten lærere legger opp undervisningen og hvordan elever jobber med fagstoffet (Raaheim & Hauge, 2007). I 2015 oppga 77% av lærere i Kjemi 2 at eksamen var styrende i valg av vurderingsform i faget, og 70 % var svært enige eller noe enig i at eksamen var styrende for hvilke arbeidsformer som ble benyttet (Utdanningsdirektoratet, 2015). Både elever og lærere ser på gamle eksamensoppgaver for å se hva som kreves av ferdigheter og kunnskaper (Eggen & Vidnes, 2015). Kompetansemål som sjeldent testes på eksamen, som mål knyttet til praktiske aktiviteter, kan fort bli nedprioritert (Utdanningsdirektoratet, 2015). Eksamen kan derfor i likhet med lærebøker sees på som en konkretisering og tolkning av læreplanen, og vurderingsformen kan bli utslagsgivende for fagets fokus og innhold.

## 2.4. Biokjemi som fagfelt

Kompetansemålene som skal undersøkes i denne studien ligger innenfor fagfeltet biokjemi. Fagfeltet ble etablert i Tyskland rundt 1861 (Campbell, 1992) og er et krysningspunkt mellom kjemifaget og biologifaget. Biokjemi kan enkelt beskrives som «*the science that deals with the chemistry of living organisms*» (Campbell, 1992, s. 158).

En biokjemiker forsøker å forklare levende organismer ut fra hvilke kjemiske komponenter de består av, og hvilke kjemiske reaksjoner som skjer i dem (D. L. Nelson & Cox, 2013). I de siste årene har biokjemi kommet inn i læreplanene både for kjemi og biologi, og med det har det dukket opp mange spørsmål om hvordan biokjemien skal integreres (E. J. Wood, 1987). Godwin og Davis (2005) mener pensumet i fagene må integreres bedre for å få en mer effektiv undervisning og derigjennom bedre forståelse. I en svensk undersøkelse utført av Broman et al. (2011) kom det frem at biokjemi oppfattes av elever som et av de mest interessante temaene i kjemi, men også et av de vanskeligste. Biokjemi er et bredt tema som preges, både på videregående nivå og på universitetsnivå, av høyt grad av detaljer og bruk av både mikro-, makro- og symbolsk nivå (Broman et al., 2011). Disse skiftene mellom nivåer kan være en av grunnene til at temaet oppfattes som vanskelig.

Det er etablert mange misoppfatninger i biokjemien. En vanlig misoppfatning er at bryting av bindingen til en fosfatgruppe i ATP er en eksoterm reaksjon (Hardtke, Galley & Brown, 2005). En mulig forklaring på denne misoppfatningen tar utgangspunkt i en artikkel publisert i 1941 med tittelen *Metabolic Generation and Utilization of Phosphate Bond Energy* (Lipmann, 1941).

I artikkelen introduserte Franz Lipmann begreper som "*the energy-rich phosphate bond*", og markerte disse bindingene som en bølget strek i figurene. Lipmann var en pioner innen sitt felt og han har ofte blitt referert mye i ettertid. Dette har ført til at begrepene fremdeles brukes av mange i dag (Hardtke et al., 2005). Utfordringen med begreper som *energirike bindinger* er at elever (og lærer) fort kan trekke konklusjonen om at energien ligger i bindingen, slik at den frigis når bindingen brytes. For at misoppfatninger som denne skal endres må elevene konfronteres direkte med eksempler som viser at deres tidligere oppfattelse ikke kan stemme. På den måten kan elevene blir villige til å endre oppfatning (Hapkiewicz, 1991).

### 3. METODE

I denne studien har jeg valgt en kvalitativ forskningsmetode. Dette fordi problemstillingen min har en subjektiv tilnærming der forståelse for en hendelse eller et fenomen er i fokus (Robson & McCartan, 2016). Jeg ønsker å gå i dybden i et begrenset datamateriale, og ta hensyn til konteksten datamaterialet er hentet fra. Dette samsvarer med Thagaard (2013) sin beskrivelse av kvalitativ metode.

#### 3.1. Forskningsdesign

Denne studien har et fleksibelt design, med mange likhetstrekk til en casestudie. Jeg undersøker i dette prosjektet ett enkelt fenomen i lys av konteksten fenomenet befinner seg i (Robson & McCartan, 2016). Studien kan klassifiseres som en *intrinsic case study*, noe som betyr at studien er interessant fordi casen i seg selv er interessant, ikke fordi casen skal representere andre caser eller fenomen (Stake, 2000).

I denne oppgaven er casen som skal undersøkes lærebøkene og eksamens representasjon av temaet biokjemi. Jeg tar utgangspunkt i to spesifikke kompetansemål fra læreplanen, og målet er å få innsikt i hvordan akkurat disse kompetansemålene presenteres og testes, ikke å finne trekk som gjelder alle temaer eller alle bøker. Jeg vil likevel ikke definere undersøkelsene som en casestudie fordi det kun er kvalitativ dokumentanalyse som benyttes som metode.

#### 3.2. Dokumentanalyse

For å kunne svare på problemstillingen har jeg tatt utgangspunkt i kvalitativ dokumentanalyse. Kvalitativ dokumentanalyse kan defineres som en forskningsmetode der innholdet i tekstdata tolkes subjektivt gjennom systematisk klassifisering i koder og mønstre (Hsieh & Shannon, 2005, s. 1278).

Jeg har i denne studien analysert 2 kompetansemål, 10 skriftlige eksamener i kjemi 2 (høst og vår, 2013-2017) og følgende lærebøker:

- Aqua 2 (Steen, Fimland & Juel, 2011)
- Kjemi 2 (Brandt & Hushovd, 2011)
- Kjemien stemmer 2 (Grønneberg, Hannisdal, Pedersen & Ringnes, 2013)

I denne analysen har jeg kun tatt for meg de trykkede lærebøkene, ikke læreverkens nettressurser.

Jeg har valgt å bruke kompetansemålene «*Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding*» og «*Gjøre rede for struktur og egenskaper til ... ATP*» samt Davila og Talanquer (2010) sin kategorisering av oppgaver som grunnlag for analysen av lærebøker og eksamener. Studien havner derfor innen kategorien rettet innholdsanalyse (Hsieh & Shannon, 2005).

Davila og Talanquer (2010) har utviklet et kategoriseringssystem for oppgaver etter kognitivt nivå, basert på Blooms taksonomi. Jeg har tatt utgangspunkt i denne kategoriseringen i analysen av lærebøker og eksamen. Ulike oppgavetyper er plassert under trinnene i Blooms taksonomi, og er beskrevet med eksempler under:

#### Kunnskap

1. Huske: elevene skal gjengi kunnskap som allerede er gjennomgått. Eksempler på dette er «hva er definisjonen på ..., hva heter denne kjemiske forbindelsen ...»
2. Finne: elevene får beskjed om å finne spesifikk informasjon, enten i læreboka eller i andre kilder. Et eksempel på dette er «bruk tabeller i kjemi og finn to metaller som ...»

#### Forståelse

3. Oversette fra spesifikk til symbolsk form: elevene skal forklare en spesifikk hendelse på en symbolsk form. Et eksempel på dette er «hvilken reaksjonstype finner sted her? Skriv generell reaksjonslikning for reaksjonen».
4. Representasjon: elevene skal presentere data på grafisk eller symbolsk form. Et eksempel på dette er «lag en skisse av fasediagrammet til en væske gitt at ...»
5. Tolke: elevene skal trekke informasjon ut fra ulike typer representasjon. Et eksempel på dette er «beskriv situasjonen i de markerte punktene på titreringskurven».
6. Klassifisere: elevene skal klassifisere reaksjoner, stoffer, bindinger osv. på ulike nivåer. Et eksempel på dette er «hvilke av følgende stoffer er et salt?»
7. Forklare: Eleven skal forklare et fenomen eller begrunne et valg. Et eksempel på dette er «Forklar hvorfor kokepunktet til vann endres med endret trykk»

## Bruke

8. Utføre (kvantitativt): elevene skal bruke bestemte formler eller prosedyrer kvantitativt. Et eksempel på dette er «Hvor mange gram ... trengs for å danne 2 liter 0,1 M løsning»
9. Utføre (kvalitativt): elevene skal bruke bestemte formler og prosedyrer kvalitativt. Et eksempel på dette er «Skriv elektronkonfigurasjonen til følgende atomer ...»

## Analysere

10. Sammenligne: elevene skal sammenligne egenskaper til ulike stoffer. Et eksempel på dette er «hvilke av følgende stoffer ville du valgt til dette formålet?»
11. Utlede – forutsi: elevene skal bruke egen kunnskap og oppgitt informasjon til å forutsi egenskaper til systemer. Et eksempel på dette er «Ut fra det du kan om syrer og baser, skisser hvordan du tror titreringskurven vil se ut gitt følgende ...»

## Syntese

12. Utforme: elevene skal utforme en prosedyre for å løse et gitt problem. Et eksempel på dette er «Du får utdelt tre prøver med ukjente organiske løsninger. Lag et oppsett for å finne ut hvilke stoffgrupper prøvene inneholder».

## Vurdere

13. Vurdering: elevene skal bruke sin faglige kompetanse til å vurdere en påstand eller prosedyre. Et eksempel på dette er «Evaluer følgende påstand om plast ...»

En utfordring med dette analyseverktøyet er at verktøyet kun tar for seg individuelle kompetanser, ikke samarbeid. Dette er noe som står i en viss motsetning til Vygotskys sosialkonstruktivisme (Angell et al., 2016), som står sterkt i dagens skole.

I tillegg til å se på hvilke kognitive nivåer oppgavene i læreverk og eksamener tester, har jeg også sett hvilke temaer som testes. Jeg har tatt utgangspunkt i de 2 kompetansemålene og delt de inn i 5 enkeltkompetanser slik at det blir lettere å bruke disse som koder i den videre analysen. Utarbeidningen av delmål fra kompetansemål er presentert i kapittel 3.4.

I analysen av læreverkene ble både oppgavene og faktateksten analysert ved hjelp av de utarbeidede delmålene. I tillegg ble teksten vurdert etter detaljgrad, biologifokus og i hvilken grad tekstene bidro til eller hindret misoppfatninger om bindinger i ATP. Jeg har valgt å se på

disse punktene fordi jeg mener de er relevante for problemstillingen, pluss at de blir nevnt som utfordringer i tidligere forskning på feltet.

Jeg valgte å utarbeide et best mulig analyseverktøy før jeg satte i gang selve analysen, istedenfor å utvikle analyseverktøyet underveis. Ved å danne et sett med koder i forkant kan det være lettere å holde fokus gjennom analysen. Siden det er 3 lærebøker og 10 eksamener som undersøkes er det et poeng å ha klart et analyseapparat på forhånd, slik at analyseapparatet i minst mulig grad blir påvirket av det første datamaterialet som blir analysert.

### 3.3. Kvalitet

Når det er snakk om kvaliteten på forskning er validitet og reliabilitet mye brukte begreper, men de fungerer bedre for kvantitativ forskning. Jeg har derfor valgt å ta utgangspunkt i Lincoln og Gubas begrepsapparat (1985), som vurderer forskning etter:

- Troverdighet
- Pålitelighet
- Overførbarhet
- Bekreftbarhet

Hver av disse kriteriene er diskutert i avsnittene nedenfor.

#### **Troverdighet**

Kvalitativ forskning er bygget på en tanke om at det ikke er én sannhet, men mange konstruerte sannheter (Lincoln & Guba, 1985). Troverdighet i kvalitativ forskning vil derfor handle om hvorvidt resultatene stemmer overens med forskerens oppfattede virkelighet. Jeg har prøvd å bedre troverdigheten gjennom å presentere konteksten jeg har tatt utgangspunkt i. Dette er gjort gjennom presentasjon av bakenforliggende teori, og nøyaktig beskrivelse av metodevalg, slik at leseren kan få innblikk i mitt utgangspunkt.

Et annet spørsmål relatert til troverdighet er om man måler det man tror man måler. En utfordring er at det kan være lett for en forsker å gjøre selektive observasjoner, bevisst eller ubevisst, som støtter forventningene (Lincoln & Guba, 1985, s. 302). For å prøve å forhindre dette har jeg alliert meg med to studenter i realfagsdidaktikk som jeg har diskutert med, som



kritiske venner. Dette er studenter som har mye metodekunnskap og som jeg har jobbet med før. Jeg har tiltro til at de tør å gi kritiske tilbakemeldinger når det er nødvendig.

Noe som er med på å øke troverdigheten er at studien kun er basert på skriftlig datamateriale som ikke påvirkes av at det blir forsket på. For å øke troverdigheten ytterligere har jeg gitt alle lærebokforfatterne mulighet til å komme med kommentarer om hvordan de har tenkt når bøkene ble skrevet, spesielt med tanke på biokjemi. På denne måten kunne jeg få en bedre forståelse av konteksten bøkene ble skrevet i, og ved det kanskje en bedre analyse av læreverkene.

### **Pålitelighet**

For å få et mest mulig representativt datagrunnlag har jeg tatt utgangspunkt i de tre mest brukte læreverkene i kjemiundervisningen i Norge. Jeg har valgt å analysere 10 skriftlige eksamener for å få oversikt over hva det spørres om, men samtidig ikke valgt flere for å begrense oppgavens omfang. Både bøker og eksamener er publiserte og tilgjengelige for alle slik at resultatene kan etterprøves. Jeg har også prøvd å øke påliteligheten ved å beskrive metodene brukt i prosesseringen av datamaterialet grundig.

### **Overførbarhet**

Denne undersøkelsen gir bare grunnlag for å si noe om en spesifikk situasjon i en spesifikk kontekst. Overførbarhet handler derfor om å beskrive konteksten så nøye som mulig og bruke fornuftige eksempler slik at leseren kan settes inn i situasjonen på best mulig måte (Lincoln & Guba, 1985, s. 316). Dette har jeg prøvd å gjøre gjennom å presentere eksempler i resultatkapittelet, samt beskrive hvorfor jeg har tatt de valgene jeg har tatt underveis.

### **Bekreftbarhet**

For å opprettholde bekræftbarheten i oppgaven har jeg lagt ved analysetabeller med oversikt over alle oppgavene, og i hvilke kategorier de er plassert, slik at andre forskere kan få innsikt i hvordan jeg har tenkt, og gjennom dette kan de vurdere disse valgene.

For å kontrollere egne analyser har jeg gått gjennom analysene etter at alle bøker var analysert, slik at jeg kunne oppdage om jeg eventuelt hadde analysert bøkene og eksamenene på ulikt grunnlag.

### 3.4. Konkretisering av kompetansemål

Kompetansemålene i LK06 er ofte komplekse og åpne for tolkning (Stranden, 2014). For at de utvalgte kompetansemålene enklere skulle kunne brukes i analysen av læreverk og eksamen valgte jeg å operasjonalisere målene gjennom å bryte dem ned til enkeltkompetanser. Med operasjonalisering menes i denne sammenheng å gjøre noe målbart, slik at det kan brukes som analyseverktøy (Kleven, 2011)

Det jeg presenterer her er kun en av mange mulige tolkninger av kompetansemålene. Jeg har derfor i analysen sett på i hvor stor grad min tolkning av målene stemmer med det jeg finner i lærebøker og tidligere eksamener, som også er eksempler på tolkninger av kompetansemålene. Mine tolkninger av kompetansemålene er vist gjennom presentasjonen av enkeltkompetansene/delmålene under.

«Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding»

1. Kjenne til de ulike prosessene i fotosyntesen
2. Kjenne til de ulike prosessene i celleåndingen
3. Forklare hvordan hydrogen fungerer som energibærer

«Gjøre rede for struktur og egenskaper til ... ATP»

4. Gjør rede for strukturen til ATP
5. Gjør rede for egenskaper til ATP

### 3.5. Forskningsetiske betraktninger

Alt datamateriale som er brukt i studien er tilgjengelige som publiserte tekster. Det er derfor liten fare for at forskningen påvirker enkeltindivider eller sårbare grupper. Jeg har likevel informert forlagene om oppgaven og spurt om de ønsker å komme med noen kommentarer om hvordan de har tenkt i arbeidet med å lage lærebøkene. 2 av 3 forlag sendte kommentarer som har blitt tatt hensyn til i oppgaven.

Både læreplanen, lærebøkene og eksamenene er skrevet i en kontekst og med et formål de kan tolkes ut fra. I vitenskapen er målet å komme nærmere sannheten, men i en kvalitativ dokumentanalyse må vi være åpne for at det ikke finnes en gitt sannhet, og at resultatet vil avhenge av forskeren som gjennomfører analysen (Robson & McCartan, 2016). For å øke

sjansene for å få en helhetlig analyse har jeg alliert meg med en student som jeg har diskutert med, for eksempel dersom det er vanskelig å bestemme hvordan utsagn skal kategoriseres.

## 4. ANALYSE

Denne seksjonen har jeg valgt å bygge opp rundt de 4 forskningsspørsmålene som ble presentert i innledningen.

- 1) Hvilke kompetanser skal elevene tilegne seg ut fra **kompetansemålene**?
- 2) Hvordan reflekteres disse kompetansemålene i **lærebøkene** i faget «Kjemi 2»?
- 3) Hvordan testes tilegnet kompetanse i skriftlig **eksamen**?
- 4) Samsvarer kompetansen som testes i læreverkene med eksamensoppgavene?

### 4.1. Hvilke kompetanser skal elevene tilegne seg ut fra kompetansemålene?

I denne studien har jeg tatt utgangspunkt i følgende kompetansemål:

- «Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding» og
- «Gjøre rede for struktur og egenskaper til ... ATP».

Kompetansemålene har jeg tolket og brutt ned til 5 delmål, som vist i kapittel 3.4.

Denne tolkningsprosessen er som nevnt et eksempel på overgangen fra den formelle- til den oppfattede læreplanen (Goodlad, 1979), og representerer kun en av mange mulige tolkninger av kompetansemålene. For å formulere delmål har jeg både tolket hva elevene skal lære seg (innhold) og på hvilket nivå.

Verbene som er brukt i utformingen av kompetansemålene er viktige for å indikere på hvilket nivå elevene skal opparbeide seg kompetanse. En utfordring i analysen var at verbene ikke er definert av Utdanningsdirektoratet. For hva betyr det egentlig å *gjøre rede for noe*, *forklare noe* eller *kjenne til noe*? Jeg har valgt å ikke definere disse begrepene, men heller undersøke hvordan læreverkene og eksamen har tolket dem.

Det første kompetansemålet var vanskeligst å tolke. Det var en utfordring å vite hva som menes med begrepet *energibærer*, og hvor mye kunnskap som kreves om fotosyntesen og celleåndingen. Jeg har valgt å ta utgangspunkt i ISO (International Organization for Standardization) sin definisjon av begrepet energibærer; «*Substance or phenomenon that can be used to produce mechanical work or heat or to operate chemical or physical processes*» (ISO 13600, 1997). Videre valgte jeg å dele kompetansemålet i 3 deler. For å kunne si noe om hydrogenets rolle i celleånding og fotosyntese tenker jeg at elevene først må kunne noe om celleånding og fotosyntese.

Det andre kompetansemålet var enklere å tolke og bryte ned. I kompetansemålet står det at elevene skal gjøre rede for struktur og egenskaper til ATP, og jeg valgte derfor å dele målet i to deler, en del om struktur og en om egenskaper.

Denne nedbrytingen fra kompetansemål til delmål er bare en av mange mulige tolkningen av målene. I den videre analysen kommer tolkningsrommet i kompetansemålene til syne, både i undersøkelsen av ulike læreverk og skriftlig eksamen.

## 4.2. Hvordan reflekteres kompetansemålene i lærebøkene for Kjemi 2?

Denne analysen har tatt utgangspunkt i de tre mest brukte læreverkene i faget Kjemi 2. Før jeg presenterer analysen av bøkens tekst og oppgaver vil jeg gi en kort presentasjon av de ulike læreverkene, med eventuelle kommentarer fra forfatterne.

### 4.2.1. Presentasjon av læreverkene

#### *Kjemi 2*

*Kjemi 2* er et læreverk utgitt av Aschehoug i 2011 (Brandt & Hushovd). I dette læreverket er både teori, oppgaver og elevforsøk samlet i samme bok. Boken er i høy grad organisert etter læreplanen, med 5 hovedkapitler som har samme navn som hovedområdene i læreplanen for Kjemi 2. Videre er kapitlene delt i underkapitler som representerer de ulike kompetansemålene. Dette kommer tydelig frem ved at det ved siden av hver overskrift er presisert hvilket kompetansemål som dekkes i kapitlet. Forfatterne har valgt denne strukturen for å tydeliggjøre

for elevene hvordan læreplanen kan tolkes (Baardsgaard, 2014). Hvert kapittel er bygget opp på følgende måte:

- Faktatekst og prøv-deg-selv oppgaver først
- Egen oppgaveseksjon til slutt
- Alle elevforsøk er samlet bakerst i boka.

Kompetansemålene som er relevante for denne undersøkelsen er dekket gjennom delkapittel 4.9 *Energibærere i celler*. Brandt og Hushovd har valgt å ha fokus på ATP og dets rolle som energibærer, samt NADH med fokus på reaksjonstyper. Om celleånding og fotosyntese skriver Hushovd følgende: «Når det gjelder selve celleåndingen og fotosyntesen har vi valgt ikke å gå i detaljer, bare antyde hva som skjer og hvor, og vise hvor ATP og NADH genereres, og hvordan NADH i elektrontransportkjeden kan overføre energi til ATP» (Personlig kommunikasjon). Han oppgir også at tidligere eksamener har vært en medvirkende faktor i utviklingen av læreverket.

#### *Kjemien stemmer 2*

*Kjemien stemmer 2* er et læreverk fra Cappelen Damm som ble gitt ut i 4. utgave i 2013 (Grønneberg et al., 2013). Boken har 5 forfattere, alle med tilknytning til Skolelaboratoriet i kjemi ved universitetet i Oslo. *Kjemien stemmer 2* er et læreverk bestående av to bøker.

- En grunnbok med teori
- En studiebok med oppgaver og elevforsøk.

Begge bøkene er delt inn i 10 kapitler som til sammen skal dekke kompetansemålene i faget. Rekkefølgen er ikke lagt opp etter læreplanen. Redoksreaksjoner er for eksempel plassert tidlig, sannsynlig vis fordi andre temaer, som biokjemi, krever kunnskaper om dette. Grunnboka inneholder et stort antall illustrasjoner som kan gjøre boka mer elevvennlig (Baardsgaard, 2014).

De aktuelle kompetansemålene for masteroppgaven dekkes gjennom følgende delkapitler

- 8.2 *ATP og andre bæremolekyler*
- 8.3 *Forbrenning av glukose i cellene*
- 8.4 *Fotosyntesen.*

Det var ikke mulig å få kommentarer fra forfatterne om tanker rundt utforming av disse temaene.

## *Aqua 2*

*Aqua 2* er et læreverkt utgitt av Gyldendal i 2011 (Steen et al.). Dette læreverket er i likhet med *Kjemien stemmer 2* delt opp i en grunnbok og en studiebok. *Aqua 2* er skrevet av en overingeniør fra høgskolen i Telemark og to lærere fra videregående skoler. Også disse bøkene består av 10 kapitler som heller ikke tar hensyn til læreplanens rekkefølge, men som er plassert i den rekkefølgen forfatterne anså som pedagogisk riktig (personlig meddelelse fra Steen).

Biokjemi er i *Aqua 2*, i likhet med de andre bøkene, plassert ganske langt bak, i kapittel 8: *Biokjemi*. Forfatterne ville lage en bok som var mer utfyllende enn de andre læreverkene, noe som blant annet har ført til en ganske detaljert fremstilling av biokjemien (Baardsgaard, 2014). Kapittelet inneholder mange detaljerte figurer, men det presiseres flere ganger at målet ikke er at elevene skal kunne detaljene. Steen forklarer at de ikke ville ta noe lettere på kjemien enn biologibøkene og at de derfor valgte en forholdsvis detaljert forklaring, der elevene skulle kunne kjenne igjen ulike reaksjonstyper som skjer (personlig meddelelse fra Steen).

### *4.2.2. Analyse av læreboktekstene*

I denne studien har det ikke blitt gjennomført en fullstendig tekstanalyse. Det er mye man kan analysere i en læreboktekst, men jeg har valgt ut noen punkter basert på hvilke utfordringer som beskrives i litteraturen, samt hvordan lærebokforfatterne har vektlagt de ulike kompetansemålene og delmålene. Dette har resultert i at følgende 4 punkter har blitt undersøkt i studien:

- Hvordan vektlegges de ulike delene av kompetansemålene?
- Hvor stor er informasjonsmengden/detaljgraden i læreverkene?
- Hvordan kombineres kjemisiden og biologisiden av biokjemien i læreverkene?
- Forhindrer- eller bidrar læreverkene til misoppfatninger rundt bindinger i ATP?

### *Hvordan vektlegges de ulike delene av kompetansemålene?*

Det finnes mange mulige fremgangsmåter for å se på hvilke temaer som blir vektlagt. Jeg har valgt å begynne med å se på antall sider de ulike læreverkene har satt av til hver av delmålene fra analysen av kompetansemålene (se Tabell 1). Kommentarer til analysen:

- Jeg ser på de to delmålene om ATP i fellesskap fordi de er vanskelige å skille.

- Antall sider er grovt regnet, og det er ulikt hvor mye informasjon som er på hver side, men jeg mener likevel at tabellen under gir et godt bilde av fordelingen i de ulike bøkene.
- Det er ikke slik at en side i en lærebok nødvendigvis kun inneholder ett tema. ATP og hydrogen tas opp og brukes i forklaringen av både fotosyntese og celleånding, noe som gjør at disse temaene har en litt større plass i lærebøkene enn det tabell 1 viser.

Tabell 1: Oversikt over hvor mange sider som er satt av til de ulike temaene i læreverkene for kjemi 2

	ATP	Hydrogenbærere	Celleånding	Fotosyntese
Kjemi 2	3	3	5	2,5
Kjemien stemmer 2	2	2,5	7	4
Aqua 2	1,5	1,5	8,5	5,5

I alle tre læreverkene utgjør ATP kun en liten del av kapitlene som dekker de aktuelle kompetansemålene (1,5-3 sider). Når det gjelder lærebøkernes tolkning av kompetansemålet «Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding» ser det ut til å være litt større forskjeller.

- *Kjemi 2* er den boka som har brukt mest plass på presenter energibærerne, både ATP og de ulike hydrogenbærerne, og minst plass til celleånding og fotosyntese. Dette samsvarer med hva forfatterne selv oppgir at de valgte å ha fokus på.
- *Aqua 2* skiller seg ut i motsatt retning ved å være det læreverket som har satt av mest plass til celleånding og fotosyntese, og minst til energibærerne.
- *Kjemien stemmer 2* ligger mellom *Kjemi 2* og *Aqua 2* i antall sider satt av til de ulike delmålene.

#### *Hvor stor er informasjonsmengden/detaljgraden i læreverkene?*

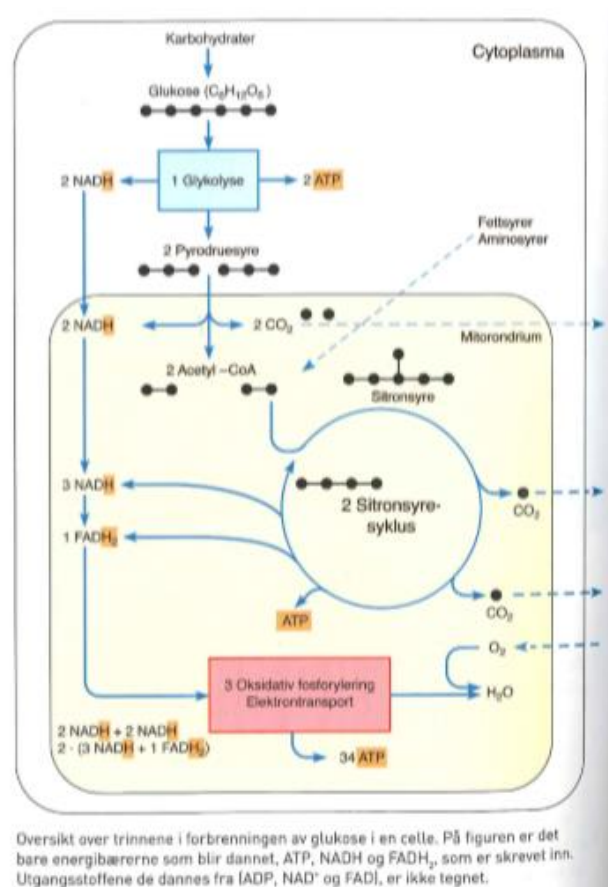
Det er ganske store forskjeller i detaljgraden i læreverkene. I presentasjonen av ATP bruker *Kjemien stemmer 2* og *Kjemi 2* mange like figurer, dog har *Kjemi 2* en litt mer detaljert forklaring av figurene. *Aqua 2* har med mye av det samme, men bruker færre figurer og mindre detaljert forklaring. Det samme gjelder i noe grad presentasjonen av hydrogenbærerne.

Fremstillingen av hydrogenbærerne er et godt eksempel på hvordan bøkene har valgt litt ulike løsninger.

- *Kjemi 2* viser hele strukturen til både NADH, FADH<sub>2</sub> og NADPH.
- *Kjemien stemmer 2* har en mer stilisert versjon av NADH og FADH<sub>2</sub>. NADPH vises ikke.
- *Aqua 2* presenterer en detaljert figur av NADH men viser hverken FADH<sub>2</sub> eller NADPH.

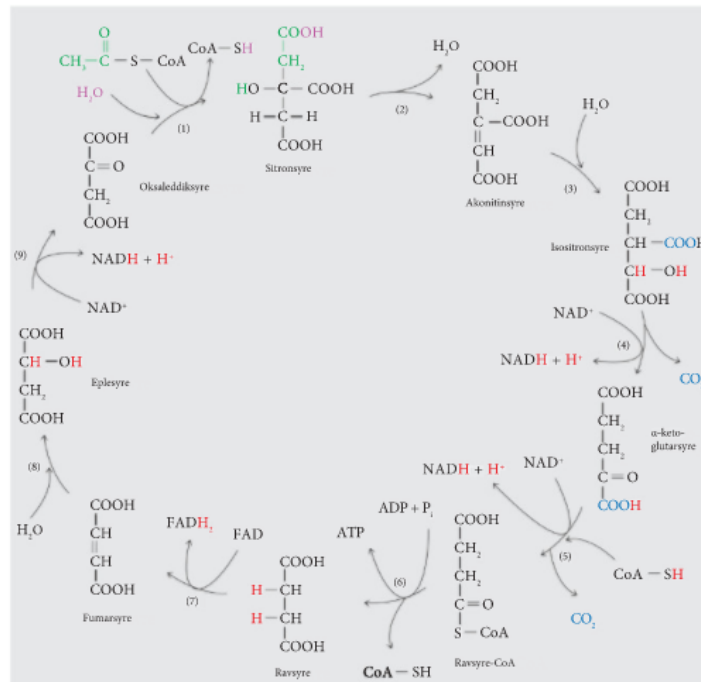
Når det gjelder celleånding og fotosyntesens snus rollene. *Kjemi 2* forklarer i hovedsak celleåndingen gjennom Figur 4 pluss en liten illustrasjon som forklarer den oksidative fosforyleringen. Detaljnivået er forholdsvis lavt sammenlignet med *Kjemien stemmer 2* og *Aqua 2*.

Både *Kjemien stemmer 2* og *Aqua 2* har med en detaljert oversikt over sitronsyresyklusen, vist i Figur 5. Illustrasjonen er hentet fra *Aqua 2* (Steen et al., 2011) men lignende illustrasjon finnes også i *Kjemien stemmer 2*.



Figur 4: Illustrasjon av celleåndingen hentet fra *Kjemi 2* (Brandt & Hushovd, 2011, s.246)





Figuren viser Krebs-syklusen. Vi har markert de H-atomene som skal reagere i neste trinn, i rødt, og de C- og O-atomene som avgis som CO<sub>2</sub>, i blått. Vi har markert atomer i grønt og blått i starten av syklusen for at vi lettere skal se overgangen.

Figur 5: Figur av krebs-syklus/sitronsyresyklusen hentet fra Aqua 2 (Steen et al., 2011, s.232)

Videre har Aqua 2 en detaljert forklaring av den oksidative fosforyleringen, mens Kjemien stemmer 2 har valgt et lavere detaljnivå. Situasjonen er ganske lik for fotosyntesen, men alle bøkene har en mindre detaljert forklaring av fotosyntesen enn for celleåndingen.

Totalt sett er det altså Kjemii 2 og Aqua 2 som representerer ytterpunktene ved å være mest detaljerte på hvert sitt område, mens Kjemien stemmer 2 utgjør en mellomting.

Et interessant funn fra analysen av læreboktekstene er at læreverkene har gjort noen ulike ordvalg. Et eksempel er at både Aqua 2 og Kjemii 2 benytter begrepet *cytokrom*, mens Kjemien stemmer 2 velger og holder seg til å si *et protein*. Lærebokforfatterne har med andre ord lagt seg på ulikt detaljnivå.

Det finnes også ordforskjeller som er på samme detaljnivå. I beskrivelse av fotosyntesen bruker for eksempel alle tre bøkene ulike begreper for fotosyntesens andre del.

- Kjemii 2 bruker *mørkereaksjon*
- Aqua 2 bruker *syntesereaksjon*
- Kjemien stemmer 2 bruker *Calvinsyklus*.

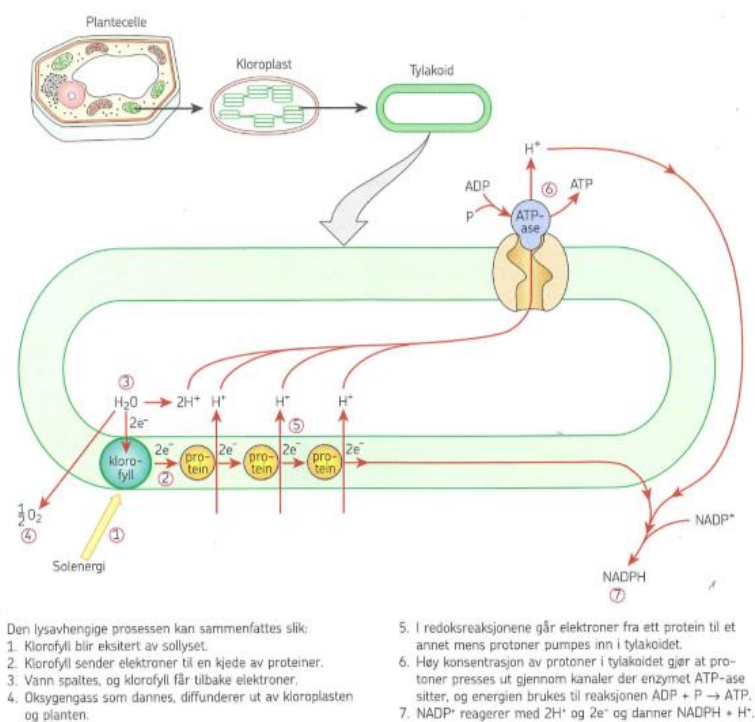
Hva disse forskjellene har å si for elevene blir drøftet videre i kapittel 5.

### Hvordan kombineres kjemi-siden og biologi-siden av biokjemien i læreverkene?

En av utfordringene med å lære biokjemi er at det krever innblikk i to ulike fagfelt. Det var derfor interessant å undersøke hvor stor plass biologifaget har fått i kjemilæreverkene.

I læreboken *Kjemi 2* har biologifaget fått en ganske begrenset plass. Forfatterne har valgt å ha fokus på energibærere og reaksjonstyper, og har satt av mindre plass til selve celleåndingen og fotosyntesen. Kjente kjemiske konsepter som redoksreaksjoner og reaksjonstyper implementeres i biokjemiske molekyler som ATP og NAD<sup>+</sup>.

I *Kjemien stemmer 2* kommer biologidelen av temaet litt tydeligere frem, spesielt i delkapitlene om celleånding og fotosyntese. Reaksjonen kobles mer til hva som skjer i kroppen, og figurene er mer like de som finnes i læreverkene for biologi. Et eksempel er modellen av lysreaksjonen i fotosyntesen, vist i Figur 7.



Figur 7: Modell av lysreaksjonen, hentet fra *Kjemien stemmer 2* (Grønneberg et al., 2013, s.196)

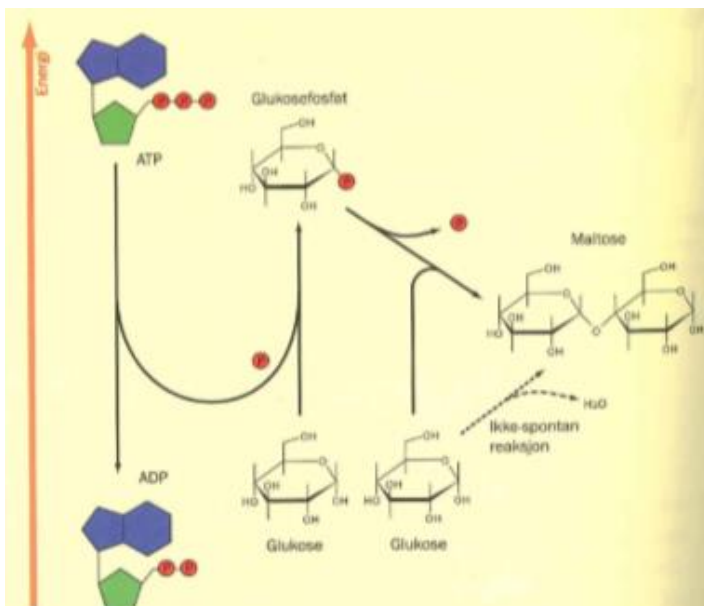
Etter å ha lest gjennom kapitlene om biokjemi i alle de tre bøkene er det likevel *Aqua 2* som oppleves som mest biologirelatert. Figurene er i samme sjanger som figurene i *Kjemien stemmer 2*, men teksten omhandler i større grad biologiske prosesser. Et eksempel er setninger som: «Calvin-syklusen har ikke glukose som sitt eneste produkt. Alle mellomproduktene blir brukt til å bygge opp viktige molekyler som planten trenger» (Steen et al., 2011, s. 241).

Gjennom denne setningen kobles calvin-syklusen til en større biologisk kontekst ved å si noe om funksjonen til syklusen utover å lage glukose.

#### *Forhindrer- eller bidrar læreverkene til misoppfatninger rundt bindinger i ATP?*

En vanlig misoppfatning elever har, knyttet til biokjemi, er at det kreves energi for å danne bindinger og at energi frigis når en binding brytes (Cooper & Klymkowsky, 2013; Villafañe, Loertscher, Minderhout & Lewis, 2011). Jeg har valgt å undersøke presentasjonen av ATP for å se om læreverkene gjør noe for å forhindre denne vanlige misoppfatningen, eller om det er elementer i bøkene som kan bidra til å opprettholde- eller skape- misoppfatningen.

*Kjemi 2* er det læreverket som har satt av mest plass til å forklare ATP. I starten av forklaringen er det sitater som «Når en prosess i cellen trenger energi, blir ett eller flere ATP-molekyler spaltet» (Brandt & Hushovd, 2011, s. 239). Dette er et korrekt utsagn, men det er også et utsagn som kan være med på å bygge oppunder den nevnte misoppfatningen om at energi frigis når en binding brytes. Videre i teksten kommer det bedre frem at det er snakk om mer og mindre energirike forbindelser, og at en forbindelse kan bli mer energirik ved at en binding dannes. Dette kommer blant annet frem gjennom Figur 6 som skal vise hvordan energien fra ATP kan brukes til å binde to glukosemolekyler og danne maltose.



Figur 6: Modell av hvordan energi fra ATP kan brukes til å danne maltose, hentet fra læreverket *Kjemi 2* (Brandt & Hushovd., 2011, s.240)

*Kjemien stemmer 2* er etter min mening det læreverket som best bidrar til å forhindre misoppfatningen. I stedet for å si at energien ligger i bindingen mellom fosfatgruppene, beskriver læreverket det konsekvent som at energien ligger i selve fosfatgruppen og blir overført gjennom koblede reaksjoner. Jeg finner ingen spesielle påstander i denne teksten som bidrar til misoppfatningen, men det poengteres heller ikke at det krever energi for å bryte en binding, så om eleven har med seg misoppfatningen fra før er det godt mulig den blir opprettholdt.

*Aqua 2* kommer dårligst ut akkurat på dette punktet. I teksten er det flere elementer jeg mener kan bidra til at elever får- eller bevarer sine misoppfatninger rundt temaet. Et eksempel er sitatet: «*I kroppen er det bryting av bindinger i et helt spesielt molekyl ... ATP- som gir nyttbar energi*» (Steen et al., 2011, s. 226). I dette sitatet skrives det rett ut at bryting av bindinger gir energi. Misoppfatningen kan bli forsterket av at bindingene mellom fosfatgruppene er tegnet som røde bølger i figuren av ATP, med beskrivelse om at de røde bølgene symboliserer energirike bindinger. Det er en del utfordringer med beskrivelsen av ATP i *Aqua 2*, men forfatterne har kommet med et endringsforslag til neste utgave av boka, der de tingene som kritiseres her er endret.

#### 4.2.3. Hva testes i læreverkene?

I tillegg til faktateksten er oppgavene i læreverkene med på å spesifisere for elevene hva de skal kunne, og hvordan denne kunnskapen skal brukes (Davila & Talanquer, 2010; Doyle, 1983). Jeg har gått gjennom alle oppgavene knyttet til de aktuelle kompetansemålene i læreverkene og kategorisert de på følgende måter:

- Etter innhold: oppgavene er kategorisert etter hvilke av de 5 delmålene de tester
- Etter oppgavetype: oppgavene er kategorisert etter kategoriseringsverktøyet til Davila og Talanquer (2010).

#### Analyse av oppgaver etter innhold

Resultatene fra analysen av oppgaver etter innhold (delmål og kompetansemål) er oppsummert i Tabell 2. Tabellen viser antall oppgaver som faller innenfor de ulike målene og prosentvis fordeling. Noen av oppgavene tester flere mål i samme oppgave og er derfor plassert under flere kategorier. Hvilke oppgaver som er plassert i de ulike kategoriene er vist i vedlegg 1.

Tabell 2: Fordeling av oppgaver innen ulike delmål og kompetansemål, antall oppgaver og prosentvis fordeling

	Kjemi 2	Kjemien stemmer 2	Aqua 2
Totalt antall oppgaver	66	76	50
Delmål 1 (Fotosyntese)	17 = 25,8%	11 = 14,5%	18 = 36%
Delmål 2 (Celleånding)	22 = 33,3%	24 = 31,6%	24 = 48%
Delmål 3 (Hydrogen)	21 = 31,8%	26 = 34,2%	13 = 26%
Delmål 4 (ATP struktur)	3 = 4,5%	15 = 19,7%	1 = 2%
Delmål 5 (ATP egenskaper)	9 = 13,6	11 = 14,5%	3 = 6%
Oppgaver knyttet til kompetansemål om hydrogenbærere	57 = 86,4%	51 = 67,1%	47 = 94%
Oppgaver knyttet til kompetansemål om ATP	12 = 18,2%	26 = 32,9%	3 = 6%

Ut fra tabellen ser det ut til at lærebokforfatterne har tolket kompetansemålene ulikt og valgt ulik grad av fokus på de forskjellige temaene. Det er likevel noen som er felles for alle læreverkene:

- Alle har en tydelig større andel oppgaver knyttet til kompetansemålet «Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding» enn oppgaver knyttet til «Gjøre rede for struktur og egenskaper til ... ATP».
- Alle har flere oppgaver om celleånding enn om fotosyntese.

*Kjemien stemmer 2* skiller seg ut fra de andre bøkene ved å ha en større andel oppgaver som omhandler ATP (32,9% mot 18,2% i *Kjemi 2* og 6% i *Aqua 2*). Boken er også den som har høyest prosentandel oppgaver innenfor det jeg har kalt delmål 3, om hydrogen som energibærer.

Ser vi på resultatene fra *Aqua 2* tegner de et litt annet bilde. Dette læreverket skiller seg ut ved å ha en klart større andel oppgaver om både fotosyntesen og celleåndingen (36% og 48% mot 14,5% og 31,6% i *Kjemien stemmer 2* og 25,8% og 33,3% i *Kjemi 2*). Noe som er spesielt med *Aqua 2* er også at de har valgt å ta med en del oppgaver fra tidligere biologieksamener. *Aqua 2* har kun 3 oppgaver som omhandler kompetansemålet om ATP, og en mindre andel oppgaver om hydrogen som energibærer (26%).

Kjemi 2 ligger mellom de to andre læreverkene på samtlige punkter i denne analysen.

### *Analyse av oppgaver etter oppgavetype*

Det er ikke bare interessant å se på hva som testes i læreverkene, men også hvordan det testes. I Tabell 3 er resultatene fra analysen av oppgaver etter oppgavetype/kognitivt nivå oppsummert. Hvilke oppgaver som er plassert under de ulike kategoriene er vist i vedlegg 2.

*Tabell 3: Oppsummering av resultatene fra analysen av oppgaver i læreverker etter oppgavetype/kognitivt nivå*

	Kjemi 2	Kjemien stemmer 2	Aqua 2
<b>Totalt antall oppgaver</b>	66	76	50
<b>Huske</b>	57 = 86,4%	57 = 75%	41 = 82%
<b>Representasjon</b>	0 = 0%	1 = 1,3%	1 = 2%
<b>Tolke</b>	4 = 6,1%	7 = 9,2%	4 = 8%
<b>Klassifisere</b>	3 = 4,5%	2 = 2,6%	2 = 4%
<b>Forklare</b>	1 = 1,5%	6 = 7,9%	2 = 4%
<b>Utføre kvantitativt</b>	0 = 0%	1 = 1,3%	0 = 0%
<b>Utføre kvalitativt</b>	0 = 0%	2 = 2,6%	0 = 0%
<b>Sammenligne</b>	1 = 1,5%	0 = 0%	0 = 0%
<b>Totalt kunnskap</b>	57 = 86,4%	57 = 75%	41 = 82%
<b>Totalt forståelse</b>	8 = 12,1%	16 = 21,1%	9 = 18%
<b>Totalt bruke</b>	0 = 0%	3 = 3,9%	0 = 0%
<b>Totalt analysere</b>	1 = 1,5%	0 = 0%	0 = 0%

Av kategoriene til Davila og Talanquer (2010) var det ikke alle jeg fant oppgaver som passet til. Disse er derfor ikke tatt med i tabellen. Jeg vil presisere at det ikke alltid var like lett å plassere oppgavene under de ulike kategoriene, noe som betyr at resultatene vil være påvirket av mine tolkninger.

Analysen viser at det er reproduksjonsoppgaver (kategorien *huske*) som er dominerende i samtlige av de aktuelle læreverkene ved å stå for minst 75% av oppgavene. Oppgavene ligger totalt sett på et lavt kognitivt nivå der elevene stort sett kan gå tilbake til faktateksten og finne svaret direkte.

I *Aqua 2* ligger alle oppgavene under hovedkategoriene *kunnskap* og *forståelse*. Læreverket har 4 tolkningsoppgaver der eleven skal svare på spørsmål knyttet til å forstå en figur/representasjon. Det er også to klassifiseringsoppgaver som begge er av typen «*hvilke reaksjonstyper skjer...*», noe som kanskje tester kompetansemål innen organisk kjemi og redoksreaksjoner mer enn de aktuelle kompetansemålene i denne undersøkelsen.

*Kjemien stemmer 2* har, i likhet med de andre, flest oppgaver innen *kunnskap* og *forståelse*, men har også 3 oppgaver i hovedkategorien *bruke*. Oppgavene i *Kjemien stemmer 2* er generelt knyttet mer til andre kjemifaglige temaer enn de andre læreverkene. Et eksempel er oppgave 8.2.10:

- a) *Tell opp antall atomer av ulik type i ATP ut fra strukturformelen i oppgave 8.2.2. Beregn så den molare massen til ATP.*
- b) *I hvile er vårt energibehov ca. 7MJ per døgn. Beregn massen av ATP som er nødvendig for å dekke dette energibehovet når vi regner med at det frigjøres ca. 50 kJ per mol ATP.*

Oppgaven omhandler ATP, men tester ikke forståelse for ATP, kun evnen til å beregne molar masse og energibehov.

*Kjemien stemmer 2* er også det læreverket som har flest tolkningsoppgaver, noe som kan sees i sammenheng med at læreverket generelt bruker figurer og modeller mer aktivt enn *Kjemi 2* og *Aqua 2*. *Kjemien stemmer 2* har 7 tolkningsoppgaver, hvor samtlige handler om å tolke figurer fra læreverket. Slike oppgaver kan gi et signal til elevene om at de ikke trenger å huske figurene, men at de må kunne forstå dem og kunne trekke ut relevant informasjon.

*Kjemi 2* er læreverket med høyest antall reproduksjonsoppgaver, 86,4%. En del av disse oppgavene er av typen «*er påstanden rett eller gal?*». Mange oppgaver er knyttet til om det skjer reduksjoner eller oksidasjoner. Læreverket skiller seg ut ved å ha en sammenligningsoppgave på høyere kognitivt nivå, hvor eleven skal sammenligne fotosyntesen og celleåndingen.

#### *4.2.4. Er det samsvar mellom faktatekst og oppgaver i læreverkene?*

Det er som beskrevet over forskjeller mellom læreverkene i hvordan forfatterne har tolket kompetansemålene, men er det samsvar mellom hva som står skrevet i faktateksten og hva som testes i oppgavene i hver av bøkene?

- *Kjemi 2* er det læreverket som har viet mest plass til ATP og hydrogenbærere i teoridelen. Likevel legger *Kjemi 2* seg midt mellom de andre læreverkene i analysen av oppgaver rundt disse temaene.
- *Kjemien stemmer 2* er det læreverket som har flest oppgaver knyttet til ATP og hydrogenbærere, selv om de ikke har satt av like stor plass til å presentere temaene. Det er altså ikke helt samsvar mellom fokuset i teoridelen og hva som testes i oppgavene i læreverket.
- *Aqua 2* har bedre samsvar mellom faktatekst og oppgaver. Biologifokuset i læreverket kommer også til syne både i faktateksten og i oppgavene, ved at forfatterne har valgt å inkludere flere oppgaver fra tidligere biologieksamener. Et punkt hvor faktateksten og oppgavene ikke samsvarer så godt handler om hydrogenets rolle. *Aqua 2* er det læreverket der hydrogenets rolle kommer tydeligst frem i teksten, men det er svært få oppgaver som omhandler dette temaet.

### 4.3. Hvordan testes kompetansemålene i skriftlige eksamener?

Eksamen har stor betydning både for lærere og elever, og jeg har derfor analysert eksamensoppgaver for å se på hvordan eksamensnemda har tolket de aktuelle kompetansemålene. Jeg har sett på 10 tidligere eksamener i faget *Kjemi 2*, høst og vår 2013-2017. Totalt i disse eksamenssettene fant jeg 13 oppgaver som kunne knyttes de aktuelle kompetansemålene, 5 i del 1 og 8 i del 2.

I likhet med analysen av læreverkene har jeg først analysert oppgavene etter hvilke av de konstruerte delmålene de tester, for så å kategorisere etter oppgavetype basert på kategoriseringsverktøyet til Davila og Talanquer (2010).

#### *Analyse av oppgaver etter innhold*

Resultatene fra analysen av eksamensoppgaver etter innhold (kompetansemål/delmål) er oppsummert i Tabell 4. Enkelte oppgaver tester flere delmål, og er derfor registrert flere steder. For oversikt over hvilke oppgaver som er plassert under de ulike målene, se vedlegg 3.



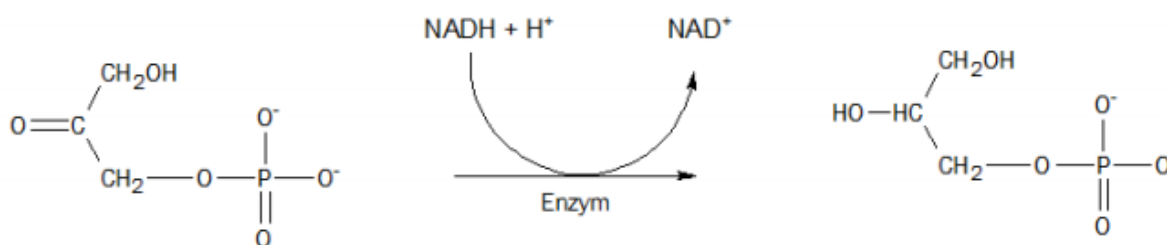
Tabell 4: Fordeling av oppgaver etter hvilke delmål eksamensoppgavene tester

Delmål:	Totalt antall oppgaver	Prosentvis fordeling
1 (Fotosyntese)	0	0%
2 (Celleånding)	5	38,5%
3 (Hydrogen)	12	92,3%
4 (ATP struktur)	0	0%
5 (ATP egenskaper)	1	7,7%

Resultatene viser at det er store ulikheter i hvor mange eksamensoppgaver som havner innenfor de ulike delmålene. Mine tolkninger av kompetansemålene ser med andre ord ut til å avvike fra eksamensnemda sine tolkninger. Dette kommer til syne for eksempel ved at delmål 1 (*Kjenne til de ulike prosessene i fotosyntesen*) og delmål 4 (*Gjør rede for strukturen til ATP*) ikke er representert i det hele tatt de siste 5 årene. Delmål 5 (*Gjør rede for egenskaper til ATP*) er kun inkludert i en oppgave, noe som til sammen fører til at kompetansemålet «*Gjøre rede for struktur og egenskaper til ... ATP*» kun står for 7,7% av de aktuelle oppgavene i denne undersøkelsen. Samtlige av de analyserte oppgavene kan knyttes til kompetansemålet «*Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding*».

Det kan være verdt å merke seg at nesten alle oppgavene som er plassert under delmål 2 også er plassert under delmål 3. Et eksempel på en slik oppgave er oppgave 2C fra eksamen høst 2017 (se Figur 7).

- 2) Når glyserol brytes ned i cellene, er et av mellomproduktene dihydroksyacetonfosfat. Denne forbindelsen kan overføres til glyserol-3-fosfat, slik figur 9 viser.



Figur 9

Forklar hvilken funksjon NADH har i slike reaksjoner.

Figur 7: Oppgave 2C fra eksamen i Kjemi 2, høsten 2017

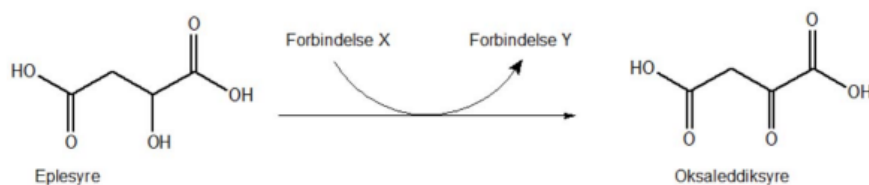
Denne oppgaven handler om en prosess i celleåndingen, og er derfor plassert under delmål 2, men den tester i hovedsak forståelse av rollen til NADH, som ligger under delmål 3. Videre kan en spørre seg om elevene trenger å forstå rollen til NADH for å besvare spørsmålet, eller om forståelse for massebalanse og redoksreaksjoner er nok. Jeg kommer tilbake til denne problemstillingen i kapittel 5.4.

#### Analyse av oppgaver etter oppgavetype

Det var utfordrende å gruppere en del av eksamensoppgavene etter kategoriene til Davila og Talanquer (2010). Et eksempel er oppgave 1t fra eksamen våren 2017 (se Figur 8).

#### t) Biokjemi

Reaksjonen som er vist i figur 7, er en vanlig biokjemisk reaksjon i cellene våre.



Figur 7

Hvilket utsagn i forbindelse med denne reaksjonen er **ikke** korrekt?

- A. Forbindelse X er NAD<sup>+</sup>.
- B. Forbindelse X blir oksidert til forbindelse Y.
- C. Eplesyre har et kiralt C-atom.
- D. Oksaleddiksyre tester positivt med 2,4-dinitrofenylhydrazin.

Figur 8: Oppgave 1t fra eksamen i Kjemi 2, våren 2017

Utfordringen med å plassere denne oppgaven i riktig kategori er at de ulike alternativene krever ulike evner. Mens alternativ A og B går på å tolke figuren, må eleven i alternativ C kunne kjenne igjen et kiralt atom, og i alternativ D må de huske hva som reagerer med 2,4-dinitrofenylhydrazin. Jeg har valgt å kategorisere disse oppgavene etter det alternativet som tester på høyest kognitive nivå, og som er relevant for de utvalgte kompetansemålene. I dette tilfellet er oppgaven kategorisert som en tolkningsoppgave.

Resultatet av analysen av eksamensoppgavene etter oppgavetype er oppsummert i Tabell 5. Hvilke oppgaver som er plassert under de ulike kategoriene er vist i vedlegg 4.

Tabell 5: Oppsummering av resultatene fra analysen av eksamensoppgaver etter oppgavetype

Kognitivt nivå	Totalt antall oppgaver	Prosentvis fordeling
Huske	1	7,7%
Representasjon	2	15,4%
Tolke	5	38,5%
Klassifisere	2	15,3%
Forklare	1	7,7%
Utføre (kvantitativt)	1	7,7%
Utlede-forutsi	1	7,7%

Ut fra tabellen over ser vi at det er en del variasjon i hvilke kognitive nivåer oppgavene er lagt på. Den største andelen ligger innenfor hovedkategorien *forståelse* (76,9%), og av disse er flest gruppert under kategorien *tolkningsoppgaver* (38,5%). Veldig mange av disse er av typen vist i Figur 8. Elevene skal tolke ulike representasjoner og modeller for å finne svarene. Det er hele 8 oppgaver (61,5%) som har en slik figur som skal brukes til å finne svaret. Samtlige av disse handler om NADH eller NADPH og redoksreaksjoner. Det er også verdt å merke seg at det hverken kreves eksplisitt kunnskap om celleånding, fotosyntese eller energibegrepet for å løse mange av disse oppgavene.

Det er en oppgave som jeg mener skiller seg ut ved å være tydeligere knyttet til kompetansemålet om hydrogen som energibærer enn de andre, og det er oppgave 4e fra eksamen våren 2016, som er vist i Figur 9.

- e) Enzymet cytokrom c oksidase, i elektrontransportkjeden, inneholder en kofaktor med  $\text{Fe}^{3+}$ .  $\text{CN}^-$  binder seg sterkt til  $\text{Fe}^{3+}$  og er derfor en inhibitor for cytokrom c oksidase.
- Hvilken effekt har dette for konsentrasjon av  $\text{H}^+$  og forbruk av  $\text{O}_2$  i mitokondriene?
  - Forklar hvorfor dette er spesielt kritisk for aktive muskler, slik som hjertemuskelen.

Figur 9: Oppgave 4e fra eksamen i Kjemi 2 våren 2016

Denne eksamensoppgaven er direkte knyttet til mekanismer i celleåndingen og har fokus på hydrogenets rolle, samt sammenhengen mellom disse mekanismene og energi. Oppgaven er gitt i del 2 av eksamen der elevene har hjelpemidler tilgjengelig.

#### 4.4. Samsvarer kompetansen som testes i læreverkene med eksamensoppgavene?

Nå som jeg har tatt for med læreverkene og eksamenene hver for seg er det på tide se på de i sammenheng. I hvilken grad det er samsvar mellom det lærebøkene presenterer og tester, og det skriftlige eksamener tester?

Som nevnt er både delmålene, læreverkene og eksamensoppgavene tolkninger av den formelle læreplanen. Det er derfor ikke et mål å si hvem som har rett eller feil, men å bli oppmerksom på de forskjeller og likheter som finnes.

##### 4.4.1. Vektlegging av de ulike temaene

Det er en del variasjon mellom læreverkene i hvilke temaer som vektlegges, både i faktateksten og i oppgavene. Et fellestrekk ved alle bøkene var at ATP, og i noe grad hydrogenbærerne, ble prioritert lavest, altså fikk minst plass i faktateksten og ble etterspurt minst i oppgavene. Også på eksamen er ATP veldig lite testet. I løpet av de 5 siste årene har det kun vært en oppgave der det kunne være relevant å trekke inn ATP. Eksamen følger også samme trend som læreverkene i prioriteringen av celleånding over fotosyntesen, og NADH over NADPH og FADH<sub>2</sub>.

Et spennende funn i sammenligningen av eksamensoppgavene og læreverkene er den store forskjellen i fokus på hydrogenbærere. Det var variasjoner i læreverkene på hvor stor plass hydrogenbærerne hadde, og på hvilket detaljnivå de ble presentert. Sammenligner vi *Kjemien stemmer 2*, som hadde høyest prosentandel oppgaver om energibærere, og skriftlige eksamener er spriket fortsatt veldig stort.

- 34,2% av de aktuelle oppgavene fra *Kjemien stemmer 2* omhandler temaet hydrogenbærere.
- 92,3% av de aktuelle oppgavene fra eksamen i Kjemii 2 de siste 5 årene har omhandlet hydrogenbærere. Det betyr at nesten alle oppgavene som omhandler biokjemi på

eksamen (sett bort fra oppgaver om enzymer) konsentrerer seg om hydrogenbærerene, i hovedsak NADH.

Som nevnt var det ulikt hvor stor plass biologien hadde fått i læreverkene, men samtlige av bøkene har tydeligere biologifokus enn eksamensoppgavene. Eksamensoppgavene knyttes gjerne til en biologisk kontekst, for eksempel slik som oppgaven i Figur 8, men tester kun kjemikunnskap, ofte også fra andre områder enn biokjemi.

#### 4.4.2. *Kognitivt nivå*

Det er store forskjeller mellom læreverker og eksamen i hvilket kognitivt nivå oppgavene ligger på. I læreverkene er minst 75% av oppgavene reproduksjonsoppgaver (*huske*), mens det kun er en av de aktuelle eksamensoppgavene som havner i denne kategorien. Den nest mest brukte oppgavekategorien i lærebøkene er tolkningsoppgaver, der elevene skal finne svaret gjennom å tolke en figur eller en representasjon. Det er nettopp tolkningsoppgaver, slik som vist i Figur 8, som er mest brukt på eksamen (38,5%).

Generelt kan vi si at eksamen ligger på et høyere kognitivt nivå enn det elevene får trening i gjennom læreverkene. Det betyr at dersom ikke læreren selv lager mer utfordrende oppgaver eller gir ut tidligere eksamensoppgaver kan elevene risikere å møte på oppgavetyper ved eksamen de ikke har erfaring med- eller trening i å løse.



## 5. DISKUSJON

Til nå har jeg presentert resultatene fra de ulike analysene og sagt litt om hvordan eksamen og lærebøker har tolket kompetansemålene i forhold til hverandre. Gjennom analysene har jeg blitt oppmerksom på en del interessante punkter jeg vil drøfte videre i dette kapittelet.

### 5.1. Læreverkenes og eksamens påvirkning på undervisningen

Som nevnt i innledningen til denne studien er det kompetansemålene som skal være utgangspunkt for undervisningen (Opplæringslova, 1998), men som vist under er kanskje ikke dette tilfellet i dagens undervisning.

Rapporten for naturfagenes status (Utdanningsdirektoratet, 2015) sier at eksamen i høy grad er styrende for undervisningen i faget. Forskningen til Bachmann (2005) viser at læreverkene også til en viss grad er styrende for undervisningen.

Både eksamen og læreverk er tolkninger av den formelle læreplanen. Ut fra analysene i denne studien vil jeg si at tolkningsrommene i læreplanen kommer godt til syne gjennom ulikheter, både mellom de ulike læreverkene og mellom eksamen og læreverk. Det er meningen at kompetansemålene skal ha tolkningsrom, men jeg syntes det er interessant at ca. 45% av lærer i kjemi 2 mener for mange av kompetansemålene er for dårlig presisert (Utdanningsdirektoratet, 2015). Jeg tror dette kan være en medvirkende årsak til at lærebøker og eksamen har så stor innvirkning på undervisningen.

Når formuleringene i læreplanen blir for upresise og tolkningsrommet for stort, er det forståelig at mange lærere trekker mot eksamen og lærebøker for hjelp i tolkningsarbeidet.

Tolkningsrommet kan gjøre lærernes jobb mer utfordrende, men de ulike tolkningene kan også påvirke elevene. For mange elever er læreboka et viktig hjelpemiddel, og mange tenker trolig at dersom de kan det som står der og det som testes har de oppnådd høy grad av måloppnåelse. Ulike skoler bruker ulike læreverk, og jeg tror derfor at elever går ut av skolen med ulik

kompetanse avhengig av hvilket læreverk de har benyttet. Dette er ikke noe jeg kan si sikkert, men noe som det hadde vært interessant å få utforsket videre.

Hvilket læreverk som benyttes kan også ha innvirkning på hvor godt rustet elevene er til å gjøre det godt på eksamen. Dette vises blant annet gjennom oppgaven vist i Figur 9. Oppgaven handler om konsekvensene av inhibering av cytokrom-c-oksidasen. To av læreverkene benytter cytokrom som begrep, mens *Kjemien stemmer 2* bare beskriver cytokromene som proteiner. En elev som bruker læreverket *Kjemien stemmer 2* vil derfor trolig ha dårligere forutsetninger for å klare oppgaven enn en elev som bruker en av de andre læreverkene. Det er lite føringer i kompetansemålet om hvor detaljert eleven må lære seg celleånding og fotosyntese. Det er derfor opp til den enkelte lærebokforfatter hvor detaljert fagstoffet presenteres, hvilke fagbegreper som skal benyttes og hvilke som skal utelates. At ordet cytokrom ikke brukes i læreverket trenger ikke bety at elevene aldri har hørt begrepet, men det vil være mer opp til den enkelte lærer om de har introdusert begrepet eller ikke.

## 5.2. Kunnskap versus kompetanse

LK06 er en målstyrt, kompetanserettet læreplan, noe som betyr at det ikke er tydelig definert hvilke kunnskaper elevene skal lære seg eller hvilke arbeidsmåter som skal benyttes (Imsen, 2016). Noen krav til kunnskaper og metoder mener jeg likevel ligger implisitt i kompetansemålene. For at en elev skal kunne forklare rollen til hydrogen som energibærer i celleånding og fotosyntese må eleven trolig ha god kunnskap om både hydrogen, energibærere, redoksreaksjoner, celleånding og fotosyntese. Tolkingsrommet ligger i hvor dypt og hvor detaljrikt elevene skal lære seg temaet, og på hvilken måte det skal skje.

Ser vi på oppgavene i læreverkene er det lite som tyder på at vi har gått fra kunnskapsmål til kompetansemål.

Oppgavene i læreverkene er med på å gi elevene en pekepinn på hva de skal lære og på hvilket nivå (Doyle, 1983). Ut fra oppgavene i lærebøkene kan det virke som at målet er å pugge fakta, ikke forstå prosessene eller bruke kunnskapen til å løse nye problemer. Elevene kan få inntrykk av at forståelse av konseptene er unødvendig så lenge de kan finne svarene i teksten (Surif et



al., 2014). Biokjemi er et fagfelt som lenge har blitt kritisert for å være preget av reproduksjon (Broman et al., 2011), så tradisjoner innen fagfeltet kan ha hatt innvirkning på det store antallet reproduksjonsoppgaver i lærebøkene.

Den samme tendensen vises derimot ikke på eksamen. Det er kun en av de analyserte eksamensoppgavene som er plassert under kategorien *huske*. Dette kan være et tegn på at eksamensnemda har tatt hensyn til endringen fra kunnskapsmål til kompetansemål og laget oppgaver som ikke bare krever hukommelse, men faktisk forståelse av pensum. Igjen vil jeg trekke frem oppgave 4e fra våren 2016, vist i Figur 9. Dette er en oppgave hvor elevene må forutsi hva konsekvensene vil bli dersom et spesifikt enzym i elektrontransportkjeden blir inhibert. Siden oppgaven er gitt i del 2 trenger ikke elevene ha pugget elektrontransportkjeden for å kunne svare, men må ha en forståelse for hvilken rolle ulike komponenter i elektrontransportkjeden har. Jeg tolker dette som en oppgave som tester elevenes kompetanse i biokjemi, ikke bare deres kunnskap om temaet.

Det er vanskelig å si hva som er grunnen til den store forskjellen i vanskelighetsgraden på oppgavene mellom lærebøker og eksamen. En mulig forklaring kan være at lærebøker og eksamen har ulike formål.

- Lærebøkene er et verktøy som brukes til innlæring av nye temaer, og kanskje er det nødvendig med en del oppgaver på lavt kognitivt nivå i oppstartsfasen. Det er mange ord, begreper og konsepter som skal læres før eleven har nok kompetanse til å forstå helheten.
- Eksamen skal teste kompetansen etter endt opplæringsperiode og kan derfor ha mer krevende oppgaver. I tillegg kan den nye eksamensformen ha bidratt til færre reproduksjonsoppgaver. På del 2 av eksamen får elevene ha med seg alle skriftlige hjelpemidler, noe som gjør reproduksjonsoppgaver lite hensiktsmessig. Eksamensnemda blir derfor "tvunget" til å lage oppgaver som krever et høyere kognitivt nivå.

For elever kan forskjellene i oppgavenes vanskelighetsgrad (kognitivt nivå) mellom læreverkene og eksamen være en utfordring.
---

Lærebøkene brukes ofte som kilde til oppgaver som eleven oppfordres til å jobbe med (Bachmann, 2005), og tolkes derfor av mange elever som fasiten på hva som skal læres. Innen

temaet biokjemi vil jeg påstå at oppgavene i læreverkene i liten grad bidrar til at elevene blir i stand til å løse eksamensoppgavene. Eksamen er ingen fasit på hvordan kompetansemålene skal tolkes, men realiteten er at eksamen er viktig for elevene, og legger derfor noen føringer på undervisningen.

Skjelbred et al. (2005) poengterte viktigheten av at oppgavene i lærebøkene gjenspeiler kompetansen elevene skal oppnå. I denne studien argumenterer jeg for at læreverkene ikke nødvendig gjenspeiler kompetansen elevene skal oppnå nå som forskjellen i krav til kognitivt nivå er så forskjellig. Videre skal jeg drøfte tolkningene som er gjort av de to kompetansemålene, og til slutt skal jeg diskutere biokjemiens rolle i faget Kjemi 2.

### 5.3. ATP

ATP er et tema som blir behandlet ganske likt i alle de tre læreverkene. Alle presenterer strukturen til ATP og sier noe om egenskapene til stoffet. Fremstillingen i læreverkene samsvarer med andre ord ganske godt med min egen tolkning av kompetansemålet «gjøre rede for struktur og egenskaper til... ATP» .

Forklaringen og detaljnivået er noe ulikt fra bok til bok, men forskjellene bøkene imellom er mye mindre på dette temaet enn for kompetansemålet om hydrogenbærere. Kompetansemålet har rom for tolkning, men er mer konkret og ikke så komplekst som målet om hydrogenbærer, noe som trolig er medvirkende til at forskjellene mellom bøkene er små. Kompetansemålet krever mindre forkunnskaper, og det er enklere å forstå hva elevene skal lære. Dette kan være medvirkende til at ATP har fått mindre plass i bøkene enn hydrogenbærerne.

Det er interessant å se på hvordan temaet ATP kommer til syne på eksamen.

Totalt i de 10 eksamenene som er analysert i denne studien er det kun en oppgave hvor ATP er et relevant tema. En av grunnene til dette kan være at ATP kun er en liten del av et mer komplekst kompetansemål; «*gjøre rede for struktur og egenskaper til aminosyrer, proteiner, lipider, karbohydrater og ATP*».

Læreplanen i kjemi 2 omfattende, noe som gjør at ikke alt kan testes i hver eksamen. Kanskje bli kompetansemålet sett på som dekket dersom det gis spørsmål om aminosyrer, proteiner, lipider eller karbohydrater, og at ATP derfor ofte faller utenfor.

I kapittel 4.2.2 kom det frem at noen av læreverkene har en utfordring knyttet til forklaringer av funksjonen til ATP.

- *Aqua 2* har flere sitater som jeg tenker kan bidra til at elevene utvikler misoppfatninger knyttet til bindinger i ATP.
- *Kjemi 2* har sitater som ikke direkte er feil, men som kan misforståes.
- *Kjemien stemmer 2* har valgt en annen strategi ved å si at energien ligger i selve fosfatgruppen, ikke i bindingen. Forfatterne kommer med en alternativ forklaring men kommenterer ikke hvorfor misoppfatningen ikke kan stemme.

For å oppsummere vil jeg si kvaliteten på forklaringene er varierende, men jeg vil kommentere at ingen av bøkene adresserer misoppfatningen om at energien frigjøres når bindingen brytes direkte. I følge Hapkiewicz (1991) vil ikke misoppfatninger endres dersom de ikke blir konfrontert direkte, noe jeg mener de ikke blir i bøkene. Biokjemi er et forholdsvis nytt tema i skolefaget kjemi, og kanskje trenger læreverkene litt tid på å utvikle gode forklaringsmodeller som både er enkle nok, korrekte, og som forhindrer misoppfatninger. Dette funnet viser også viktigheten av at lærere ikke stoler blindt på bøkene, men bruker dem med et kritisk blikk.

## 5.4. Utfordringer knyttet til hydrogen som energibærer

Kompetansemålet om hydrogen som energibærer er mer komplekst enn målet om ATP, og var mer utfordrende for meg å tolke. Det jeg opplevde som utfordrende var blant annet at kompetansemålet krever en del forkunnskaper om celleånding og fotosyntese, men læreplanen beskriver ikke på hvilket nivå. Tolkingsutfordringen mener jeg også kommer til syne ved at lærebokforfattere og eksamensnemnd har valgt ganske ulike løsninger i sin presentasjon av/testing av måloppnåelse for dette kompetansemålet.

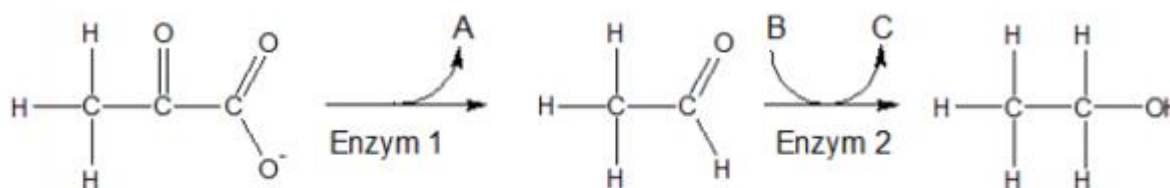
### *Eksamensoppgavene*

Hydrogenbærere har en sterkere posisjon i eksamenssettene enn ATP, og er tilstede i 8 av 10 eksamener. Jeg vil likevel stille spørsmål ved om dette kompetansemålet egentlig blir testet på eksamen. Kompetansemålet presiserer at det er hydrogenets rolle som energibærer i fotosyntese og celleånding som skal forklares.

I eksamenssettene er hovedvekten av oppgavene hverken koblet til fotosyntese eller celleånding, og det er ikke fokus på energiaspektet i overføringen av hydrogen i reaksjonene.

Basert på disse observasjonene tolker jeg det som at elevene ikke trenger å ha forståelse for at overføringen av hydrogen har noe med energi å gjøre, eller forståelse for de biokjemiske prosessene i fotosyntese og celleånding for å gjøre det bra på eksamen. Et eksempel er oppgave 1m fra eksamen våren 2015, se Figur 10.

Figur 5 viser omdanning av pyruvat til etanol i en type organismer.



Figur 5

m) Enzymer

Hva er A og B i figur 5?

- A. A er H<sub>2</sub> og B er NADH + H<sup>+</sup>.
- B. A er H<sub>2</sub>O og B er NAD<sup>+</sup>.
- C. A er CO<sub>2</sub> og B er NAD<sup>+</sup>.
- D. A er CO<sub>2</sub> og B er NADH + H<sup>+</sup>.

Figur 10: Oppgave 1m om energibærere, hentet fra eksamen i Kjemi 2 våren 2015

Eksamensoppgaven som er vist over står under overskriften «enzymer» og handler blant annet om energibæreren NADH. Jeg vil hevde at en elev vil kunne svare på oppgaven uten forståelse for hverken enzymer eller energibærere. Dersom eleven tar for seg massebalansen, ser hva som legges til og fjernes i hvert ledd, kan han/hun finne svaret enkelt uten å ha noe kunnskap om biokjemi. Med forståelse av redoksreaksjoner kan elevene også komme langt. Jeg vil derfor argumentere for at oppgaven har lav validitet, altså at den ikke nødvendigvis tester det den oppgir at den skal teste.

Eksemplet over er bare ett av mange lignende eksempler på hvordan eleven enkelt kan finne svaret på oppgaver uten å ha kompetanse innen biokjemi. Det jeg vil få frem er at selv om det er mange oppgaver som i analysen er plassert under delmål 2 og 3, betyr ikke det at

kompetansemålet «forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding» nødvendig vis testes på en god måte.

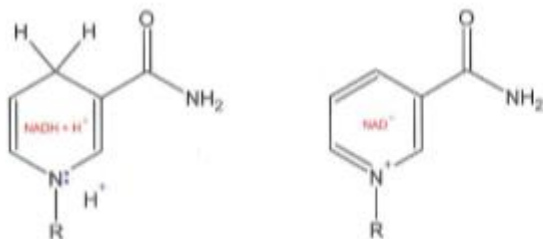
### Læreverkene

I læreverkene støter vi på noen av de samme problemene som er beskrevet over for eksamensoppgavene. Det var forholdsvis greit å plassere oppgaver fra læreverkene innenfor delmål 1,2,4 og 5, mens det å plassere oppgaver under delmål 3 (*forklare hvordan hydrogen fungerer som energibærer*) var et tilbakevendende problem. Mange oppgaver i alle bøkene handler om NADH, FADH<sub>2</sub> eller NADP, men i hovedsak handlet de om hva som er oksidert og redusert form. Et eksempel er at alle tre læreverkene har valgt å ta med samme eksamensoppgave fra våren 2010, vist i Figur 11.

#### \*4.135 (Eksamen V2010, del 1 [1s])

NAD<sup>+</sup> er en energibærer som deltar i cellenes energiomsetning. NAD<sup>+</sup> veksler mellom oksidert form og redusert form. Figuren nedenfor viser en liten del av strukturformelen til de to formene.

Marker for hvert alternativ om det er riktig eller galt.



<b>A</b> NADH + H <sup>+</sup> er den reduserte formen.	Riktig	Galt
<b>B</b> Reaksjonen NADH + H <sup>+</sup> → NAD <sup>+</sup> + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> er en oksidasjon.	Riktig	Galt
<b>C</b> Reaksjonen under viser at NAD <sup>+</sup> frakter hydrogen fra Y-2H til X.	Riktig	Galt
<b>D</b> NADH + H <sup>+</sup> er den energirike formen for NAD <sup>+</sup> .	Riktig	Galt

Figur 11: Oppgave som finnes i alle tre læreverkene for Kjemi 2, her hentet fra Brandt & Hushovd (2011)

I oppgaveteksten står det at NAD<sup>+</sup> er en energibærer i celler, men oppgaven omhandler kun hva som er oksidert og redusert form. Jeg stiller derfor spørsmålstegn ved om oppgaven bidrar til at elevene utvikler den kompetansen kompetansemålet beskriver.

Faktateksten i læreverkene er etter min mening mer i tråd med kompetansemålene enn oppgavene fra de samme læreverkene.

Spesielt *Aqua 2* har et tydelig fokus på hydrogenets rolle gjennom presentasjonen av både celleåndingen og fotosyntesen. Hydrogenet er markert i rødt i samtlige figurer og det forklares

ganske detaljert hvilken rolle hydrogenet har i de ulike prosessene. Forklaringen i *Aqua 2* er veldig detaljert, og det er derfor en risiko for at informasjonsmengden blir så stor at det blir vanskelig for elevene å trekke ut det som er viktig. Når oppgavene i boka ikke har det samme fokuset på hydrogen, kan oppgavene motvirke fokuset i faktateksten. Temaer som ikke testes blir av mange elever sett på som lite relevant, og blir derfor nedprioritert (Doyle, 1983; Utdanningsdirektoratet, 2015).

Samlet sett kommer altså kompetansemålet til syne på ganske ulike måter i eksamensoppgavene, oppgavene i lærebøkene og i faktateksten. Min tolkning av kompetansemålet ser ut til å ligge nærmest faktateksten, mens eksamen er mest ulik ved at celleånding og fotosyntese har fått så begrenset plass. Det betyr ikke at den ene har mer rett enn den andre, men jeg tror det er viktig å være oppmerksom på at det er ganske store ulikheter i tolkningen av målene når lærere legger opp undervisningen.

## 5.5. Biokjemiens plass i faget Kjemi 2

Biokjemi er et stort og komplekst fagfelt som har fått tildelt en relativt liten plass i læreplanen for Kjemi 2. Under arbeidet med et pilotprosjekt til denne studien intervjuet jeg to lærer i kjemi om deres tanker rundt undervisningen av biokjemi. Begge kommenterte at biokjemi var et krevende tema for elevene, og en lærer beskrev undervisningen i biokjemi som en anvendelsesarena for andre temaer i kjemifaget. Dette er et inntrykk også jeg har fått, spesielt gjennom analysen av eksamensoppgavene.

Forståelse av redoksreaksjoner og organiske reaksjonsmekanismer testes ved å bruke biokjemiske molekyler.
---

Det kan være en utfordring for elever å bruke opparbeidet kjemikunnskap i nye biologiske kontekster (Villafañe et al., 2011). Ikke bare kan de komplekse strukturformlene i biokjemien virke skremmende for mange elever, også språket kan være utfordrende. Det brukes mange nye biologord i læreverkene, og forkortelser blandes med kjemiske formler. Dette kan være en barriere for forståelsen av temaet for elevene (Sirhan, 2007). Vi har sett at læreverkene har valgt å bruke ulike begreper på samme fenomen, noe som kan gjøre språkutfordringene enda større, spesielt når eksamen bruker andre begreper enn enkelte av lærebøkene.

Biologiens rolle i kjemiundervisningen ser ut til å være et punkt hvor forskjellene er store både mellom lærebøker og mellom lærebøker og eksamen. Flere har uttrykt at kjemi- og biologifaget

må kombineres bedre for at elevene skal ha mulighet til å forstå temaet på en mer effektiv måte (Godwin & Davis, 2005; Grunwald, 1986). Jeg har ikke grunnlag for å si hva som er best av mye eller lite biologi i kjemiundervisningen, og kanskje vil det variere fra elev til elev. For noen elever vil det trolig være nyttig å få en innføring i biologiaspektet ved biokjemi, slik at kjemikunnskapen kan settes inn i en kontekst. For andre kan biologibiten føre til en så stor informasjonsmengde at elevene ikke klarer å trekke ut hva som er viktig (Sirhan, 2007).

Biokjemi har blitt kritisert for å være for detaljrikt både på videregående og universitetsnivå (Broman et al., 2011). Dette kommenterte også begge de intervjuede lærerne fra pilotprosjektet til studien. Et eksempel fra det ene intervjuet er gjengitt under.

*Lærer: Det er mengden informasjon som jeg tenker er hovedproblemet*

*Intervjuer: At det blir for mye for veldig mange elever?*

*Lærer: Både med ord og reaksjoner, på detaljnivå og oversikt, at man egentlig burde kunne håndtere begge deler like godt. Elevene skjønner kanskje ikke alltid hva det blir spurt etter på grunn av alle orda. Også fordi det er et lite tema, og derfor blir det veldig overveldende, så hvis man skal kutte ut et tema i kjemi 2, og spare seg masse jobb må det jo være dette.*

Det at informasjonsmengden blir for stor på for kort tid er noe som ser ut til å gå igjen i kjemifaget generelt. I naturfagsrapporten fra 2015 (Utdanningsdirektoratet) svarte lærerne i kjemi 2 følgende om temaet:

- Ca. 70% svarte at omfanget av læreplanen er for stort, og
- Ca. 50 % svarte at det var for lite mulighet til å gå i dybden

Det er ikke lett å vite hva som er riktig mengde informasjon og detaljer. Dersom for mange detaljer utelates kan det bli vanskelig for elevene å se sammenhengene, og misoppfatninger kan lett dannes. Blir det imidlertid for mye detaljer kan det bli så mye støy at elevene ikke klarer å trekke ut den viktige informasjonen (Sirhan, 2007; E J Wood, 1990). Det er forskjeller mellom lærebøkene i detaljnivå, så hva som er fordeler og ulemper ved mengden detaljer tenker jeg kan være nyttig å ha med i beslutningsgrunnlaget når læreverk skal velges.

Resultatene fra analysen av eksamen er med på å vise hvor beskjeden rolle biokjemien har blitt tillagt.
---

Gjennom analysen av læreverkene har jeg også innsett at det kreves mye av elevene for at de skal ha mulighet til å få en forståelse for temaet. Tilsammen betyr dette at elevene må jobbe mye dersom de skal opparbeide seg kompetansen læreplanen beskriver, men at de trolig får lite utbytte av jobbingen på eksamen. Dette kan derfor resultere i at elevene nedprioriterer temaet og at biokjemien ender med en enda mindre rolle i faget Kjem 2 enn tiltenkt.



## 6. KONKLUSJON

Problemstillingen jeg har forsøkt å besvare gjennom denne studien er «*Hva vektlegges når fagstoff i biokjemi presenteres og testes i læreverkene for Kjemi 2, og hvordan samsvarer dette med det som testes i skriftlige eksamener i faget*».

Første del av problemstillingen handler om hva som vektlegges, og her viste det seg å være store forskjeller, både mellom bøkene, og mellom bøker og eksamensoppgaver. Likevel finnes den noen fellestrekk mellom alle læreverkene og skriftlige eksamener i Kjemi 2.

- Kompetansemålet «*gjøre rede for struktur og egenskaper til...ATP*» tildeles lite plass sammenlignet med kompetansemålet «*Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding*». Dette kan ha sammenheng med at ATP kun er en liten del av et større kompetansemål.
- Alle ser ut til å prioritere celleånding over fotosyntese, og NADH over NADPH og FADH<sub>2</sub>.

Tidligere eksamener ble benyttet i utarbeidingen av flere av læreverkene, noe som trolig betyr at lærebokforfatterens tolkninger av kompetansemålene kan være påvirket av eksamensnemda sine tolkninger. Når det er sagt vil jeg også tro at påvirkningen går motsatt vei. Det er blant annet lærere som er med på å lage eksamensoppgavene, som sannsynlig vis er påvirket av de læreverkene de benytter i undervisningen. Det er derfor ikke overraskende at det er visse likheter i prioriteringene av temaer, for eksempel prioriteringen av celleånding over fotosyntese.

Studiens kanskje mest interessante funn ligger under problemstillingens andre del, hvordan kompetansemålene testes i de ulike læreverkene og i eksamensoppgavene. Det er tydelig at tolkningsrommet er stort på dette punktet, kanskje delvis grunnet at målene er lite spesifikke (spesielt målet om hydrogen som energibærer), samt at verbene ikke er definert av *Utdanningsdirektoratet*. Spesielt interessant var det å se på hvordan kompetansemålet «*Forklare rollen til hydrogen som energibærer i fotosyntese og celleånding*» testes

- Lærebøkene har høy grad av reproduksjonsoppgaver, og tester fotosyntese- og celleåndingsaspektet av kompetansemålet mer enn hydrogenets rolle i disse prosessene.
- Eksamensoppgavene ligger på et høyere kognitivt nivå, og er mer rettet mot hydrogenbærere enn lærebokoppgavene. Oppgavene på eksamen er hovedsakelig knyttet til hydrogenbæreren NAD<sup>+</sup>, men utformingen av oppgavene gjør at de med stor

sannsynlighet tester kompetanser knyttet til massebalanse, redoksreaksjoner og organiske reaksjonsmekanismer, ikke elevenes forståelse av hydrogen som energibærer.

Eksamensnemda har med andre ord valgt en annen tilnærming til kompetansemålet enn læreverkene. Med referanse til funnene i eksamensoppgavene vil jeg argumentere for at de analyserte kompetansemålene i realiteten nesten aldri testes på eksamen (med unntak at oppgave 4e, vår 2016). Det er også verdt å merke seg at elever kan risikere å møte på oppgavetyper på eksamen de ikke har erfaring med å løse dersom de kun tar utgangspunkt i læreverkene. Det er med andre ord lite samsvar mellom hva som testes i læreverkene for Kjemi 2 og hva som testes i eksamensoppgavene i faget.

Biokjemi er et krevende tema for mange elever, både på grunn av nye begreper, mye detaljer og komplekse molekyler. Dersom elevene skal få en forståelse for de viktigste biokjemiske prosessene må kanskje temaet tillegges mer vekt enn det gjør i dag, blant annet ved å få en større plass i eksamensoppgavene. Et tema som ikke testes blir lett nedprioritert, noe jeg tror er tilfellet i mange klasserom. Kanskje er det slik den ene intervjuede læreren fortalte, at biokjemiundervisningen ikke fungerer optimalt slik det er i dag. Tolkningsrommet i kompetansemålene kan være en medvirkende faktor til dette, men biokjemiens plass i Kjemi 2-undervisningen er et område jeg mener bør forskes videre på for å finne bedre løsninger.

Etter å ha gjennomført denne studien sitter jeg igjen med noen svar, men enda flere spørsmål. Jeg har derfor valgt å avslutte med å presentere noen tanker om videre forskning på feltet.

## 6.1. Videre forskning på feltet

Jeg har i mine undersøkelser kun tatt for meg dokumentanalyse som metode, og kan derfor ikke si så mye om hva som skjer i norske klasserom. Jeg har sett på overgangen fra den formelle til den oppfattede læreplanen ved å se på hvilke valg lærebokforfattere og eksamensnemda har gjort. Det kunne vært spennende å undersøke veien videre til den operasjonaliserte- og til slutt den erfarte læreplanen. Dette kan blant annet gjøres gjennom intervju av lærere og elever om deres tolkninger av kompetansemålene, læreverkene, eksamensoppgavene, samt observasjon av undervisningen i temaet.

Det hadde også vært interessant å observere/intervjue elever som løser eksamensoppgavene og oppgaver fra læreverkene for å få innblikk i hvordan de tenker for å løse oppgavene. På den

måten kunne vi fått bedre innblikk i hva som faktisk testes og hvordan elevene takler overgangen fra lærebokoppgaver på lavere kognitivt nivå, til eksamensoppgaver på høyere kognitivt nivå.



## 7. REFERANSER

- Angell, Carl, Bungum, Berit, Henriksen, Ellen, Kolstø, Stei Dankert, Persson, Jonas & Renstrøm, Reidun. (2016). *Fysikkdidaktikk*. Oslo: Cappelen Damm.
- Baardsgaard, Margrete Marine. (2014). *Innhold i kjemifaget: Hovedområdenes omfang i læreplan, lærebøker og på skriftlig eksamen i kjemi 2*. NTNU, Trondheim.
- Bachmann, Kari. (2005). *Læreplanens differens : formidling av læreplanen til skolepraksis*. NTNU, Trondheim.
- Brandt, Harald & Hushovd, Odd Toralf. (2011). *Kjemi 2 : studiespesialiserende utdanningsprogram* (Bokmål). Oslo: Aschehoug.
- Broman, Karolina, Ekborg, Margareta & Johnels, Dan. (2011). Chemistry in crisis? Perspectives on teaching and learning chemistry in Swedish upper secondary schools. *Nordic Studies in Science Education*, 7(1), 43-53.
- Bruun, Anne Line. (2011). *En analyse av læreverv i matematikk i forhold til Læreplanverket for Kunnskapsløftet* Masteroppgave i tilpassa opplæring
- Campbell, P. N. (1992). Biochemistry and molecular biology. *Biochemical Education*, 20(3), 158-165. doi:[https://doi.org/10.1016/0307-4412\(92\)90061-P](https://doi.org/10.1016/0307-4412(92)90061-P)
- Cooper, Melanie M & Klymkowsky, Michael W. (2013). The trouble with chemical energy: why understanding bond energies requires an interdisciplinary systems approach. *CBE-Life Sciences Education*, 12(2), 306-312.
- Davila, Kariluz & Talanquer, Vicente. (2010). Classifying End-of-Chapter Questions and Problems for Selected General Chemistry Textbooks Used in the United States. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 97-101. doi:10.1021/ed8000232
- Doyle, W. (1983). Academic Work. *Review of Educational Research*, 53(2), 159-199. doi:10.3102/00346543053002159
- Eggen, Per-Odd & Vidnes, Bjørn. (2015). *Vurdering i biologi*. I Peter van Marion & Alex Strømme (red.), *Biologididaktikk*. Oslo: Cappelen Damm.
- Engelsen, Britt Ulstrup. (2012). *Kan læring planlegges? : arbeid med læreplaner - hva, hvordan, hvorfor* (6. utg. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Engh, Knut Roar. (2011). *Vurdering for læring i skolen : på vei mot en bærekraftig vurderingskultur*. Kristiansand: Høyskoleforlaget
- Forskrift til opplæringslova. (2006a). *Forskrift til opplæringslova §17-1*. Hentet fra [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-23-724/KAPITTEL\\_19#KAPITTEL\\_19](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-23-724/KAPITTEL_19#KAPITTEL_19).
- Forskrift til opplæringslova. (2006b). *Forskrift til opplæringslova § 3-17*. Hentet fra [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-23-724/KAPITTEL\\_4#KAPITTEL\\_4](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-23-724/KAPITTEL_4#KAPITTEL_4).
- Godwin, Hilary Arnold & Davis, Benjamin Lee. (2005). Teaching undergraduates at the interface of chemistry and biology: challenges and opportunities. *Nature Chemical Biology*, 1, 176. doi:10.1038/nchembio0905-176
- Goodlad, John I. (1979). *Curriculum inquiry : the study of curriculum practice*. New York: McGraw-Hill.
- Grunwald, P. (1986). The relation between chemical education and the life sciences — A main topic of the 8th ICCE in Tokyo 1985. *Biochemical Education*, 14(3), 116-117. [https://doi.org/10.1016/0307-4412\(86\)90168-8](https://doi.org/10.1016/0307-4412(86)90168-8)
- Grønneberg, Truls, Hannisdal, Merete, Pedersen, Bjørn & Ringnes, Vivi. (2013). *Kjemien stemmer : kjemi 2 : grunnbok* (Bokmål, 4. utg.). Oslo: Cappelen Damm.
- Hapkiewicz, Annis. (1991). Clarifying chemical bonding. *The Science Teacher*, 58(3), 24-27.

- Hardtke, Christian, Galley, William C. & Brown, Gregory. (2005). Exban. Hentet 26.04.2018, fra <http://exban-group.mcgill.ca/index.htm>
- Hestbek, T. A. (2014). Fra demokratisk danning til markedstilpasning av utdanning? I C. R. Haugen & T. A. Hestbek (red.), *Pedagogikk, politikk og etikk*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Hodgson, Janet, Rønning, Wenche & Tomlinson, Peter. (2012). *Sammenhengen mellom undervisning og læring. En studie av læreres praksis og deres tenkning under Kunnskapsløftet, sluttrapport*.
- Hsieh, Hsiu-Fang & Shannon, Sarah. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277-1288.
- Imsen, Gunn. (2016). *Lærerens verden : innføring i generell didaktikk* (5 utg.). Oslo: Universitetsforlag.
- ISO 13600. (1997). Technical energy systems — Basic concepts. Hentet 03.04, 2018, fra <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13600:ed-1:v1:en>
- Johnsen, Egil Børre. (1999). *Lærebokkunnskap : innføring i sjanger og bruk*. Oslo: Tano Aschehoug.
- Juuhl, Gudrun Kløve, Hontvedt, Magnus & Skjelbred, Dagrund. (2010). *Læremiddelforskning etter LK06 : eit kunnskapsoversyn Rapport* (Høgskolen i Vestfold), Vol. 1/2010.
- Kleven, Thor Arnfinn. (2011). Data og datainnsamlingsmetoder. I Thor Arnfinn Kleven (red.), *Innføring i pedagogisk forskningsmetode* (2 utg.). Oslo: Unipub.
- Kunnskapsdepartementet. (2015). *Fag – Fordypning – Forståelse — En fornyelse av Kunnskapsløftet*. (Meld. St. 28). Hentet fra [https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-28-20152016/id2483955/sec7?q=godkjenningsordning#match\\_0](https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-28-20152016/id2483955/sec7?q=godkjenningsordning#match_0).
- Kvam, Katarina Helena. (2015). Oppgaver i kjemilærebøker i perioden 1900-2015: The University of Bergen.
- Lauvås, Per & Jakobsen, Arne. (2002). *Exit eksamen - eller? : former for summativ evaluering i høgre utdanning*. Oslo: Cappelen akademisk forl.
- Lincoln, Yvonna S. & Guba, Egon G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, Calif: Sage.
- Lipmann, Fritz. (1941). Metabolic generation and utilization of phosphate bond energy. *Adv. Enzymol. Relat. Areas Mol. Biol*, 1, 99-162.
- Mathianssen, Ketil. (2015). Bruk av modeller i biologiundervisningen. I Peter van Marion & A Strømme (red.), *Biologididaktikk* (2 utg.). Oslo: Cappelen damm.
- Mork, Sonja M. & Erlien, Wenche. (2010). *Språk og digitale verktøy i naturfag*. Oslo: Universitetsforl.
- Nakhleh, Mary B. & Mitchell, Richard C. (1993). Concept learning versus problem solving: There is a difference (Vol. 70, s. 190-192).
- Nelson, David L & Cox, Michael M. (2013). *Lehninger principles of biochemistry* (6th ed. utg.). New York: W.H. Freeman.
- Nelson, Johan. (2012). Hur används läroboken av lärare och elever? *Nordic Studies in Science Education*, 2(2), 16-27.
- Onstad, Torgeir & Grønmo, Liv Sissel. (2013). *Opptur og nedtur : analyser av TIMSS-data for Norge og Sverige*.
- Opplæringslova. (1998). *Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1998-07-17-61?q=1%C3%A6replan>.
- Prøitz, Tine Sophie & Borgen, Jorunn Spord. (2010). *Rettferdig standpunktvurdering—det (u) muliges kunst? Læreres setting av standpunktkarakter i fem fag i grunnopplæringen: NIFU STEP*.
- Raaheim, Arild & Hauge, Helge. (2007). Eksamen og eksamensangst. I Sverre Tveit (red.), *Elevvurdering i skolen - grunnlag for kulturendring*: Universitetsforlaget.

- Ringnes, Vivi & Hannisdal, Merete. (2014). *Kjemi fagdidaktikk : kjemi i skolen* (3. utg.). Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Robson, Colin & McCartan, Kieran. (2016). *Real world research : a resource for users of social research methods in applied settings* (4. utg.). Chichester: Wiley.
- Rønning, Wenche, Fiva, Toril, Henriksen, Espen, Krogtuft, Marit, Nilsen, Nils Ole, Skogvold, Anne Sofie & Solstad, Anne Grete. (2008). *Læreplan, læreverker og tilrettelegging for læring. Analyse av læreplan og et utvalg læreverker i naturfag, norsk og samfunnsfag* (0805-4460).
- Schönborn, Konrad J. & Anderson, Trevor R. (2006). The importance of visual literacy in the education of biochemists\*. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 34(2), 94-102. doi:10.1002/bmb.2006.49403402094
- Sirhan, Ghassan. (2007). Learning Difficulties in Chemistry: an Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2-20.
- Skjelbred, Dagrun, Solstad, Trine & Aamotsbakken, Bente. (2005). *Kartlegging av læremidler og læremiddelpraksis Rapport* (Høgskolen i Vestfold), Vol. [1/2005].
- Stake, Robert E. (2000). Case studies. I N. Denzin & Y. Lincon (red.), *Handbook of qualitative research* (2 utg.). Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- Steen, Bjørn-Gunnar, Fimland, Nina & Juel, Lars Arne. (2011). *Aqua 2 : kjemi 2 : grunnbok* (Bokmål). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Stranden, Martin Farstad. (2014). Digitale ferdigheter i lærebøker - En analyse av hvordan læreverket Senit legger til rette for arbeid med grunnleggende ferdigheter, og spesielt de digitale ferdighetene: NTNU.
- Stylianidou, Fani. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24(3), 257-283. doi:10.1080/09500690110078905
- Surif, Johari, Ibrahim, Nor Hasniza & Dalim, Siti Fairuz. (2014). Problem solving: Algorithms and conceptual and open-ended problems in chemistry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116, 4955-4963.
- Thagaard, Tove. (2013). *Systematikk og innlevelse* (Vol. 4). Bergen: Fagbokforlaget.
- Tveit, Sverre. (2009). *-De la veldig mye vekt på det derre "rette med grønt" da ... : en kvalitativ studie av hva slags opplæring i elevvurdering fire norske allmennlærerstudenter som avsluttet utdannelsen i 2007 fikk, sammenlignet med fire lærerstudenter utdannet i samme periode i Queensland, Australia*
- Udir. (2016). Å forstå kompetanse. Hentet 25.01, 2018, fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/forsta-kompetanse/>
- Utdanningsdirektoratet. (2006). *Læreplan i kjemi - programfag i utdanningsprogram for studiespesialisering*. (KJE1-01). Hentet fra <https://www.udir.no/kl06/KJE1-01>.
- Utdanningsdirektoratet. (2015). *Naturfagene i norsk skole anno 2015 - Faggjennomgang av naturfagene - Rapport fra ekstern arbeidsgruppe oppnevnt av Utdanningsdirektoratet*. Hentet fra <https://www.udir.no/globalassets/filer/tall-og-forskning/forskningsrapporter/naturfag-rapport.pdf>.
- Utdanningsdirektoratet. (2016). Forberede og ta eksamen. fra <https://www.udir.no/eksamen-og-prover/eksamen/forberede-og-ta-eksamen/#hjelpemidler>
- Utdanningsdirektoratet. (2017). Statistikkportalen. fra <https://statistikkportalen.udir.no/vgs/Pages/Karakterer-i-videregaende.aspx>
- Utdanningsdirektoratet. (2018a). Eksamensveiledning -om vurdering av eksamensbesvarelser.
- Utdanningsdirektoratet. (2018b). Forslag til personer som kan være med å utvikle læreplaner. fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/fagfornyelsen/foresla-personer-som-kan-vare-med-a-utvikle-lareplaner/>

- Villafañe, Sachel M, Loertscher, Jennifer, Minderhout, Vicky & Lewis, Jennifer E. (2011). Uncovering students' incorrect ideas about foundational concepts for biochemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 210-218.
- Wood, E J. (1990). Biochemistry is a difficult subject for both student and teacher. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 18(4), 170-172.
- Wood, E. J. (1987). Biochemistry in biology and chemistry courses. *Biochemical Education*, 15(4), 173-174. doi:[https://doi.org/10.1016/0307-4412\(87\)90004-5](https://doi.org/10.1016/0307-4412(87)90004-5)
- Zoller, Uri. (1993). Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS (s. 195-197): ACS Publications.



## 8. VEDLEGG

### Innhold:

Vedlegg 1: Oppgaver fra læreverkene i kjemi 2 kategorisert etter innhold.....	63
Vedlegg 2: Oppgaver fra læreverkene i kjemi 2 kategorisert etter kognitivt nivå .....	65
Vedlegg 3: Oppgaver fra skriftlig eksamen i kjemi 2 kategorisert etter innhold .....	67
Vedlegg 4: Oppgaver fra skriftlig eksamen i kjemi 2 kategorisert etter kognitivt nivå.....	69



## Vedlegg 1: Oppgaver fra læreverkene i kjemi 2 kategorisert etter innhold

Tabell 6 viser hvilke oppgaver fra de ulike læreverkene i Kjemi 2 som er plassert under hver av de 5 benyttede delmålene. Noen oppgaver er merket Pds, noe som betyr at de er *prøv deg selv* oppgaver.

Tabell 6: Kategorisering av oppgaver fra tre læreverker i kjemi 2 etter innhold

	Kjemi 2	Kjemien stemmer 2	Aqua 2
<b>1 Kjenne til de ulike prosessene i fotosyntesen</b>	Pds x 5	8.4.1 a-d	8.4.1
	4.142a	8.4.2	8.4.2
	4.142b	8.4.3 a-c	8.4.3
	4.142c	8.4.4	8.4.4
	4.143a	8.4.5	8.4.5 a
	4.143b		8.4.5 b
	4.144 a-f		8.4.6
	4.145		8.4.7
			8.4.8
			8.4.9
			8.4.10
			8.6.7 a
			8.6.7 b
			8.6.8 c
		8.6.9 a	
		8.6.10	
		8.6.11 b	
		8.6.11 c	
<b>2 Kjenne til de ulike prosessene i celleåndingen</b>	Pds x 4	8.3.1	8.3.1
	4.136	8.3.2 a-d	8.3.2
	4.137 a-g	8.3.4 a-d	8.3.3 a
	4.138 a-e	8.3.5 a-c	8.3.3 b
	4.139a	8.3.6b	8.3.4
	4.139b	8.3.6c	8.3.5
	4.140a	8.3.7 a-e	8.3.6 a
	4.140b	8.3.8	8.3.6 b
	4.145	8.3.9	8.3.7
		8.3.10	8.3.8
		8.3.11	8.3.9
		8.3.12	8.3.10
			8.3.11
			8.3.12 a-c
		8.4.2	

			8.6.6 b 8.6.7 c 8.6.7 d 8.6.8 b 8.6.9 b 8.6.9 c 8.6.11 a
<b>3 Forklare hvordan hydrogen fungerer som energibærer</b>	Pds x 6 4.130 4.131 4.132 4.133d 4.133f 4.134 4.135a 4.135b 4.135c 4.135d 4.139c 4.140c 4.141 4.143a 4.145	8.2.4a 8.2.4d 8.2.5a 8.2.5b 8.2.6a 8.2.6b 8.2.6c 8.2.7 8.2.8 a-d 8.2.9 (8-11) 8.3.2b 8.3.3 b-d 8.3.5 a-c 8.3.11 8.3.12 8.4.4	8.1.6 8.3.6 a 8.3.6 b 8.3.8 8.3.11 8.4.6 8.6.2 8.6.3.2 a-d 8.6.6 b 8.6.8 b
<b>4 Gjøre rede for strukturen til ATP</b>	Pds x 1 4.131 4.133a	8.2.1a 8.2.1b 8.2.2 a-e 8.2.4b 8.2.4c 8.2.9 (2,5,6,7) 8.2.10a 8.3.12	8.6.8 a
<b>5 Gjøre rede for egenskapene til ATP</b>	Pds x 2 4.129 4.133b 4.133c 4.133e 4.143b 4.144d 4.145	8.2.3a 8.2.3b 8.2.9 (1,3,4) 8.2.10b 8.3.3a 8.3.4b 8.3.12 8.4.4 8.4.5	8.2.1 8.2.2 8.6.8 a
<b>Oppgaver som faller utenfor delmålene</b>	4.133g	8.3.6a 8.3.6d	

## Vedlegg 2: Oppgaver fra læreverkene i kjemi 2 kategorisert etter kognitivt nivå

Tabell 7 viser hvilke oppgaver fra de ulike læreverkene i Kjemi 2 som er plassert under de ulike oppgavekategoriene i Davila og Talaquers kategoriseringssystem (2010). Pds står for *prøv deg selv oppgaver*, og oppgaver markert med stjerne (\*) er i læreverkene markert som ekstra vanskelige.

Tabell 7: Kategorisering av oppgaver fra tre læreverker i kjemi 2 etter kognitivt nivå

Antall oppgaver totalt	Kjemi 2	Kjemien stemmer 2	Aqua 2
	65 stk.	76 stk	50 stk
Huske	Pds x 17	8.2.1a	8.1.6
	4.129	8.2.1b	8.2.1
	4.130	8.2.2b	8.2.2
	4.131	8.2.2c	8.3.1
	4.133 a-g	8.2.2e	8.3.2
	4.134*	8.2.3a	8.3.3 a
	4.135a*	8.2.3b	8.3.3 b
	4.135b*	8.2.4 a-d	8.3.4
	4.135d*	8.2.5a	8.3.5
	4.137 a-g	8.2.5b	8.3.6 a
	4.138a**	8.2.6 a-c	8.3.6 b
	4.138b**	8.2.7	8.3.8
	4.139 a-c	8.2.8a	8.3.11
	4.140a*	8.2.8b	8.3.12 a
	4.141	8.2.8d	8.3.12 b
	4.142 a-c	8.2.9 1-11*	8.4.1
	4.143a	8.2.10a	8.4.2
	4.143b	8.3.1	8.4.3
	4.144 a-f	8.3.2a*	8.4.4
		8.3.2c*	8.4.5 b
		8.3.3 a-d	8.4.6
		8.3.4b	8.4.7
		8.3.4c	8.4.8
		8.3.4d	8.4.9
		8.3.5 a-c	8.6.2
		8.3.6b	8.6.3-2b
		8.3.6c	8.6.3-2d
		8.3.7b	8.6.7 a-d
		8.3.9	8.6.8 a-c
		8.3.10	8.6.9 a-c

		8.3.12* (kryssord) 8.4.1 a-d 8.4.2 8.4.3a*	8.6.10 8.6.11 a-c
<b>Representasjon</b>		8.2.2d	8.4.5 a
<b>Tolke</b>	4.135c* 4.138c** 4.138d** 4.138e**	8.2.8c 8.3.4a 8.3.7a 8.3.7c-e 8.4.3c*	8.3.9 8.3.10 8.6.3-2a 8.6.3-2c
<b>Klassifisere</b>	4.132 4.140b* 4.140c*	8.3.2b* 8.3.8	8.3.7 8.6.6 b
<b>Forklare</b>	4.136	8.2.2a 8.3.2d* 8.3.6d 8.3.11 8.4.4 8.4.5	8.3.12 c* 8.4.10
<b>Utføre (kvantitativt)</b>		8.2.10b	
<b>Utføre (kvalitativt)</b>		8.3.6a 8.4.3b*	
<b>Sammenligne</b>	4.145*		

## Vedlegg 3: Oppgaver fra skriftlig eksamen i kjemi 2 kategorisert etter innhold

Tabell 8 viser hvilke eksamensoppgaver fra Kjemi 2 (som er knyttet til de aktuelle kompetansemålene) som er plassert under hver av de 5 benyttede delmålene. Oppgavene er markert med årstall, om de er fra høst (H) eller vår (V) og oppgavenummeret fra eksamenssettet.

Tabell 8: Kategorisering av eksamensoppgaver etter innhold

Delmål:	Oppgaver
<b>1: kjenne til de ulike prosessene i fotosyntesen</b>	Ingen oppgaver
<b>2: kjenne til de ulike prosessene i celleåndingen</b>	2017H 2c 2016V 4e 2015H 4c 2015H 4d 2014H 4d
<b>3: forklare hvordan hydrogen fungerer som energibærer</b>	2017V 1t 2017V 3d 2017V 5c 2017H 2c 2016V 1t 2016V 4e 2015V 1m 2015H 1p 2015H 4d 2014V 4e 2014H 4d 2013V 4c
<b>4: gjøre rede for strukturen til ATP</b>	Ingen oppgaver
<b>5: gjøre rede for egenskapene til ATP</b>	2016V 4e





## Vedlegg 4: Oppgaver fra skriftlig eksamen i kjemi 2 kategorisert etter kognitivt nivå

Tabell 9 viser hvilke eksamensoppgaver fra Kjemi 2 (som er knyttet til de aktuelle kompetansemålene) som er plassert under de ulike oppgavekategoriene i Davila og Talaquers kategoriseringssystem (2010). Oppgavene er markert med årstall, om de er fra høst (H) eller vår (V) og oppgavenummeret i eksamenssettet.

Tabell 9: Kategorisering av eksamensoppgaver etter kognitivt nivå

Kognitivt nivå	Oppgaver
Huske	2013V 4c
Representasjon	2017V 3d 2015H 4d
Tolke	2017V 1t 2016V 1t 2015V 1m 2015H 1p 2014V 4e
Klassifisere	2017V 5c 2015H 4c
Forklare	2017H 2c
Utføre (kvantitativt)	2014H 4d
Utlede-forutsi	2016V 4e