

"Det står liksom ikke: regn med abc-formelen"

En casestudie av matematikkens plass i
Kjemi 1

Magreth Ndayirragize

Master i realfag

Innlevert: mai 2016

Hovedveileder: Frode Rønning, MATH

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for matematiske fag

Førord

Denne masteroppgaven markerer slutten av en femårig lektorutdanning ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Arbeidet med masteroppgaven, og ikke minst studieløpet generelt, har vært både spennende og lærerikt, men også utfordrende til tider. Læringen tar ikke slutt her, og jeg har med meg mange verktøy i «verktøykassen», som fagdidaktikere og pedagoger ved NTNU ville ha sagt. Disse verktøyene ville jeg ikke vært foruten. Gjennom alt har jeg hatt personer rundt meg som har stilt opp gjennom tykt og tynt, støttet, oppmuntret, og heiet på meg. Jeg ønsker derfor å rette en spesiell takk til disse som har bidratt til å gjøre hverdagen min enklere.

Først og fremst vil jeg takke min veileder, Frode Rønning, for konstruktive tilbakemeldinger og god veiledning. Sammen med min veileder vil jeg rette en takk til skoleledelsen, lærere, og ikke minst elevene som gjorde det mulig for meg å gjennomføre studien. Uten dere hadde denne oppgaven ikke blitt til.

En spesiell takk rettes til min familie og mine nærmeste. Jeg setter stor pris på hver og en av dere. Dere har betydd mye mer enn jeg kan beskrive. Jeg takker for samtalene, rådene, støtten, og oppmuntringen. Dere har alltid stilt opp. Min storesøster fortjener en ekstra takk. Takk for alle måltidene du har stelt i stand, uten å forlange noe tilbake. Jeg hadde ikke hatt et like godt og variert kosthold gjennom studieperioden uten deg.

Avslutningsvis vil jeg takke mine medstudenter ved NTNU for 5 fine år. Årene hadde ikke vært like minneverdige uten dere. Takk for den fine samarbeidskulturen vi har hatt. Denne har betydd mye, spesielt under eksamensperiodene.

Trondheim, mai 2016.

Magreth Ndayirragize

Sammendrag

Målet med denne casestudien er å undersøke matematikkens plass i Kjemi 1. Studien har to overordnede problemstillinger. Den første problemstillingen er: *Hvilken betydning har regning som grunnleggende ferdighet i Kjemi 1?* Denne problemstillingen har to delproblemstillinger: a) *Hvilke aspekter ved regning vektlegger Kjemi 1-læreplanen?* og b) *Hvilke aspekter ved regning vektlegger oppgaver en gruppe Kjemi 1-elever arbeider med?* Den andre problemstillingen er: *Hvilken betydning har kompetanse i regning for elever i deres oppgavearbeid i Kjemi 1?*

For å svare på problemstillingene har jeg foretatt observasjon og intervju av en gruppe Kjemi 1-elever, og samlet inn elevarbeid. Datainnsamlingen ble gjennomført i en periode på 8 uker, hvor elevene arbeidet med temaet «syrer og baser». Det ble også foretatt en læreplananalyse, der læreboka elevgruppen benyttet ble brukt aktivt for å utdype læreplanmålene. Studien forsøker å synliggjøre hvilke aspekter ved regning som er nødvendig for å kunne nå kompetansemålene i «syrer og baser», og kunne løse oppgaver knyttet til det nevnte temaet. Til denne synliggjøringen ble Kilpatrick et al. (2001) sine tråder: *forståelse, beregning, anvendelse*, og *resonnering* brukt som aspekter ved regning. Ved bruk av Matematikksenteret (2014) sitt bakgrunnsdokument i regning, trekker studien frem at Kilpatrick et al (2001) sine tråder henger tett sammen med Kunnskapsdepartementet (2012) sin beskrivelse av regning som grunnleggende ferdighet. Regning som grunnleggende ferdighet blir videre koblet til Polya (1945/2014) sin beskrivelse av problemløsning som en matematisk metode. Fra analysen og drøftingen kommer det frem at regning spiller en essensiell rolle i kjemifaget.

Studien viser også at behovet for regneferdighet i oppgaveløsning er både til hjelp og til hinder for elevene. Hinderet kommer av manglende ferdighet i regning, og da spesielt manglende problemløsningsferdighet. Beregningene i faget er ikke avanserte, men elevene må kunne anvende matematikk for å løse kjemiproblemer. Det kreves at elevene har evne til å omformulere problemene, som er uttrykt ved naturlig språk, til matematiske formler. Forskningsresultatene bekrefter Duval (2006) sine teorier om at slike omformuleringer, skifter mellom ulike representasjonsregister, er krevende. I tillegg blir kontekstens betydning for elevenes evne til å bruke verktøy fra matematikkfaget i kjemifaget drøftet. Denne drøftingen knyttes til den sosiokulturelle læringsteoriens beskrivelse av læring som situert (Dysthe, 2001).

Summary

The aim of this case study is to investigate the place mathematics has in Chemistry 1¹. This study has two main research questions. The first research question is: *Which value has numeracy² as a basic skill in Chemistry 1?* This question has two sub questions: *a) which aspects of numeracy does the Chemistry 1 curriculum emphasize?* and *b) Which aspects of numeracy are emphasized by tasks a group Chemistry 1 students work with?* The second research question is: *Which value has mathematical proficiency for students in their task solving in Chemistry 1?*

In order to answer these research questions I have conducted a series of interviews and observations on a group of chemistry 1 students. I have also assembled tasks that they've been working on. Data collection has been carried out on a period of 8 weeks, where the students have been working with the topic "acids and bases" A curriculum analysis was conducted, where the students textbooks is used to actively elaborate learning objectives. The study tries to highlight which aspects of numeracy are necessary to achieve the learning objectives, and solving tasks in "acids and bases". For the highlighting, this study uses Kilpatrick et al.'s (2001) four strands, *conceptual understanding, procedural fluency, strategic competence, and adaptive reasoning*, as aspects of numeracy. By using the background document for numeracy, provided by the Norwegian Centre for Mathematics Education (2014), the study links these strands with the Norwegian Ministry of Education and Research's (2012) definition of the basic skill "numeracy". Numeracy as a basic skill is then connected to Polya's (1945/2014) description of problem solving as a mathematical method. The result shows that numeracy is essential in the chemistry course.

This study also shows that the need of numeracy in task solving can be both a tool and an obstacle for students. The obstacles are caused by lack of proficiency in mathematics, and especially a lack of problem solving skills. The calculations are not advanced, but students must be able to apply mathematics to solve chemistry problems. It is required that students have the ability to transform problems from natural language to mathematical formulas. Research results confirm Duval's (2006) theory that says these switches between different representation registers are demanding.

¹ Chemistry 1 is the first course of chemistry in upper secondary education in Norway.

² In this study understood as "mathematical literacy"

In addition, the study discusses the importance of context for students' ability to use the tools from mathematics in chemistry. This discussion bases on the sociocultural view of learning as situated (Dysthe, 2001).

Innhold

| | |
|--|----|
| 1 Innledning | 3 |
| 1.1 Bakgrunn for studien | 3 |
| 1.2 Problemstillinger | 5 |
| 1.3 Studiens oppbygging | 6 |
| 2 Matematikk og regning | 7 |
| 2.1 Hva er matematikk | 7 |
| 2.1.1 Matematikk er struktur | 7 |
| 2.1.2 Matematikk er språk | 8 |
| 2.1.3 Matematikk er et verktøy..... | 8 |
| 2.1.4 Matematikk er sannhet | 9 |
| 2.2 Mathematical literacy | 9 |
| 2.3 Regning som en grunnleggende ferdighet..... | 10 |
| 3 Teoretisk rammeverk | 12 |
| 3.1 Matematikkens plass i kjemi | 12 |
| 3.2 Overføring av kunnskap | 12 |
| 3.2.1 Sosiokulturell læringsteori..... | 12 |
| 3.2.2 Overføring fra matematikk til kjemi..... | 13 |
| 3.3 Transformasjoner..... | 14 |
| 3.4 God matematisk kompetanse..... | 15 |
| 3.4.1 Forståelse..... | 16 |
| 3.4.2 Beregning | 16 |
| 3.4.3 Anvendelse | 17 |
| 3.4.4 Resonnering..... | 17 |
| 3.4.5 Engasjement | 17 |
| 3.4.6 Kobling til regneferdighet | 18 |
| 3.5 Forståelse i matematikk..... | 19 |
| 4 Metode | 21 |
| 4.1 Posisjonering og forskningsdesign | 21 |
| 4.1.1 Konstruksjonistisk kvalitativ forskning..... | 21 |
| 4.1.2 Casestudie..... | 22 |
| 4.1.3 Utvalg | 23 |
| 4.2 Datainnsamlingsmetoder | 24 |
| 4.2.1 Observasjon..... | 25 |
| 4.2.2 Oppgaveløsning..... | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.3 Intervju | 28 |
| 4.2.4 Triangulering | 29 |
| 4.3 Analysemetoder | 30 |
| 4.3.1 Dokumentanalyse | 30 |
| 4.3.2 Åpen koding | 31 |
| 4.4 Etikk | 32 |
| 4.5 Validitet og reliabilitet..... | 33 |
| 4.5.1 Validitet | 33 |
| 4.5.2 Reliabilitet | 35 |
| 5 Analyse | 36 |
| 5.1 Læreplananalyse | 36 |
| 5.1.1 Regning som grunnleggende ferdighet i kjemi..... | 36 |
| 5.1.2 Regning i kompetansemålene for syrer og baser..... | 38 |
| 5.2 Oppgaveanalyse..... | 45 |
| 5.3 Regning i oppgavearbeid..... | 53 |
| 5.3.1 Hjelper | 53 |
| 5.3.2 Hinder..... | 58 |
| 6 Drøfting og oppsummering..... | 74 |
| 6.1 Matematikkens plass i Kjemi 1 | 74 |
| 6.2 Drøfting av metodene | 77 |
| 7 Avslutning og perspektivering | 80 |
| Referanseliste | 82 |
| VEDLEGG | 85 |
| Vedlegg A: Kapittelprøve, syrer og baser | 85 |
| Vedlegg B: Intervjuguide | 87 |
| Vedlegg C: Transkripsjonskoder..... | 88 |
| Vedlegg D: Tillatelse til deltagelse | 89 |
| Vedlegg E: Tabeller knyttet til syrer og baser..... | 91 |

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for studien

From the point of view of the scientist, mathematics is a tool of science; from the point of view of the mathematician, science is a field for the application of mathematical truth; from the viewpoint of both, mathematics is a method of science. In fact, it may be called the ultimate method of science; the more perfectly a science is developed, the more mathematical does it become, until it reaches a stage when it is classified as mathematics. (Comstock, 1905, s. 82)

Svaret på hvilke nytteområder matematikk har, avhenger av hvem spørsmålet blir stilt til. I følge sitatet over er matematikk et redskap i naturvitenskapen, en naturvitenskapelig metode. Siden kjemi er et naturvitenskapelig fag, blir altså matematikk ut i fra et naturvitenskapelig perspektiv sett på som et redskap i faget. Men hvordan fungerer dette i praksis for kjemielevne? Denne studien forsøker å beskrive matematikkens plass i programfaget Kjemi 1, noe som vil bli gjort ved å analysere deler av læreplanen i Kjemi 1, oppgaver elevgruppen i denne forskningen utfører, og elevbesvarelser av oppgavene. Studien vil spesielt se på hvordan en gruppe Kjemi 1-elever opplever bruken av regning i kjemifaget.

Nytt med LK06 kom vektlegging av de «grunnleggende ferdighetene». I kjemilæreplanen kommer matematikk best til uttrykk gjennom én av disse ferdighetene, nemlig regning. Regning er en av fem grunnleggende ferdigheter som ifølge Kunnskapsdepartementet (2013) er nødvendige for læring og utvikling i skole, arbeid og samfunnsliv. Styrking av den grunnleggende ferdigheten regning i blant annet kjemi, signaliserer et ønske om å heve kompetansen i regning i faget. Før LK06 var regning og matematikk nesten uten unntak knyttet til matematikkfaget. 2006 ble et vendepunkt. Regning ble løftet fram, og ferdigheten hører nå ikke lenger til bare i matematikkfaget. Det betyr at kjemi som skolefag i større grad er et fag der symboler, formler og utregninger har en sentral plass. Hovedårsaken til dette vendepunktet er resultater fra internasjonale undersøkelser, med da spesielt PISA i spissen (Kjærstad, 2011).

PISA (Programme for International Student Assessment) er en internasjonal undersøkelse som OECD (Organisation for Economic and Cooperation and Development) står bak. Målet med undersøkelsene er å kartlegge 15-åringers kompetanser innen matematikk, lesing og naturfag, og tar i hovedsak sikte på å måle elevenes evne til å bruke kunnskaper og erfaringer i aktuelle situasjoner (Kjærnsli, 2007). Disse undersøkelser fokuserer på grunnleggende kunnskap og ferdigheter innen de tre navngitte områdene, som sies å være viktige i en hverdagskontekst og som utgjør et grunnlag for videre læring (Klette, Lie, Ødegaard, Anmarkrud, Arnesen, Bergen & Roe, 2008). Undersøkelsene viser at norske elever stort sett presterer rundt og under middels,

noe som har skapt store debatter i norsk skolepolitikk (Kjærnsli & Roe, 2010). I denne studien vil fokuset bli rettet mot hvordan en elevgruppe opplever behovet for regneferdighet i faget.

Internasjonalt og i PISA brukes begrepet «Mathematical literacy» for det som er oversatt til matematikk i nasjonale rapporter. «Mathematical literacy» gir matematikkompetansen som måles i PISA et bredere spektrum av kunnskaper og ferdigheter enn det som tradisjonelt forbindes med matematikk i skolen. Det legges vekt på elevenes evne til å tolke informasjon og trekke slutninger på bakgrunn av den matematiske kunnskapen de har (Kjærnsli, 2007). Dette er noe regneferdigheten, slik Kunnskapsdepartementet (2012) definerer den, også vektlegger. I kapittel 2 kommer jeg tilbake til dette, og hvordan denne ferdigheten utgjør en helhetlig problemløsningsferdighet (Matematikksenteret, 2014). Hvordan det å kunne regne i kjemi egentlig vil si å kunne løse matematiske problemer i kjemi. I kapittel 2 vil det også komme en avklaring av hvordan matematikk blir forstått i denne studien.

Som PISA-undersøkelsen, er mye av forskning på læring og utvikling gjort blant grunnskoleelever. Spesielt gjelder dette nasjonalt. En av de få rapportene rettet mot en eldre aldersgruppe er gjort av en ekstern arbeidsgruppe utnevnt av Utdanningsdirektoratet, der matematikkens sentrale rolle i blant annet kjemi blir belyst (Utdanningsdirektoratet, 2015). Arbeidsgruppen bestående av representanter fra skoler, universiteter og høyskoler, i tillegg til Naturfagsenteret, skulle utarbeide et bredt kunnskapsgrunnlag om de naturvitenskapelige programfagene i norsk grunnopplæring. De skriver at matematikk er et viktig støttfag for kjemi og at beregninger er sentralt i faget, noe som gjør «god kompetanse i matematikk» til en stor fordel for kjemielever. De påpeker også at elever trenger mer trening i å anvende matematikk i kjemifaget (Utdanningsdirektoratet, 2015).

I denne oppgaven vil uttrykket «god kompetanse i matematikk» bli forstått ut i fra det engelske begrepet «mathematical proficiency» (Kilpatrick, Swafford, Findell & Bradford, 2001). Dette innebærer å kunne forstå matematikk og matematiske begreper, kunne utføre matematiske beregninger, kunne anvende matematikk på relevante problemer, kunne begrunne løsninger, og kunne se på matematikk som nyttig og verdifullt.

Kilpatrick et al. (2001) har beskrevet matematisk kompetanse med utgangspunkt i matematikkfaget. Denne studien tar i bruk Matematikksenteret (2014) sin kobling mellom denne matematiske kompetansebeskrivelsen og regning som grunnleggende ferdighet. Denne koblingen viser at både Kilpatrick et al. (2001) sin beskrivelse av matematisk kompetanse og

Kunnskapsdepartementet (2012) sin definisjon av regning som en grunnleggende ferdighet, bygger på å kunne forstå matematiske begreper og beherskelse av matematiske strategier i problemløsning. Studien vil belyse hvorvidt en gruppe elever opplever behovet av å ha regneferdighet, som vil kobles til Polya (1945/2014) sin beskrivelse av problemløsning som en matematisk metode, i møte med kjemioppgaver knyttet til temaet «syrer og baser».

Som utgangspunkt for denne studien ligger sosiokulturell læringsteori, da bruken av matematikkunnskaper i kjemifaget vil omhandle å kunne overføre kunnskaper fra matematikkfaget til kjemifaget. I denne læringsteorien er sosial samhandling og kontekst vektlagt i beskrivelser av kunnskapskonstruksjon, noe som påvirker kunnskapsoverføring (Dysthe, 2001). Et sentralt aspekt ved denne læringsteorien er at læring er situert i teksten den utvikles i. Tenkning, handlinger og måten en løser problemer må da sees i sammenheng med konteksten det foregår i, og tilgjengelige redskaper under problemløsningsprosessen. Redskaper kan være fysiske eller intellektuelle (Dysthe, 2001). Det sosiokulturelle perspektivet vil komme til uttrykk gjennom diskusjonen av elevenes evne til å ta i bruk matematikk i kjemifaget. I denne studien vil redskap bli betraktet som ulike deler ved regning, som igjen forstås ut i fra Kilpatrick et al. (2001) sin beskrivelse av matematisk kompetanse. Disse vil bli nærmere belyst i delkapittel 3.4.

Da denne studien omhandler bruk av matematikk og løsning av matematiske problemer, vil den også drøfte rollen matematikkens store spekter av semiotiske representasjoner spiller for elevenes mulighet til å løse kjemioppgaver. Studien tar da i bruk Duval (2006) sin beskrivelse av semiotiske representasjoner, og skille mellom de ulike representasjonene.

1.2 Problemstillinger

Formålet med studien er å karakterisere matematikkens plass i kjemifaget. Dette vil bli gjort ved å identifisere språk, uttrykk, symboler og andre matematiske redskaper elevene bruker i kjemifaget. For å avgrense forskningsområdet, vil jeg i denne oppgaven undersøke hvordan regning som en grunnleggende ferdighet, fra et elevperspektiv, oppleves som et redskap i møte med kjemioppgaver. Som blant annet Eva Maagerø og Dagrun Skjelbred (2010) skriver, er oppgaver sentrale i skolen og mye tid går med til oppgaveløsning.

Studien har følgende problemstillinger og delproblemstillinger:

- 1. Hvilken betydning har regning som grunnleggende ferdighet i Kjemi 1?**
 - a) Hvilke aspekter ved regning vektlegger Kjemi 1-læreplanen?
 - b) Hvilke aspekter ved regning vektlegger oppgaver en gruppe Kjemi 1-elever arbeider med?
- 2. Hvilken betydning har kompetanse i regning for elever i deres oppgavearbeid i Kjemi 1?**

For å besvare mine problemstillinger har jeg gjennomført en kvalitativ undersøkelse blant en gruppe Kjemi-1-elever. Datainnsamlingen strekte seg over 8 uker, i perioden den aktuelle kjemiklassen arbeidet med temaet «syrer og baser». Jeg har gjennom deltakende observasjon av elever i kjemiundervisning, innsamling av elevarbeid, oppgaveanalyse og intervju av elever, samlet informasjon om deres tanker om, opplevelser av, og ikke minst deres bruk av matematikk i faget. I tillegg har jeg analysert deler av Kjemi 1-læreplanen, læreboka «*Kjemi 1*» av Harald Brandt og Odd T. Hushovd (2010). Under dataanalysen vil fokuset være på hvilke matematiske kompetanser kjemielever har bruk for i arbeid med kjemioppgaver, og hvilken betydning regnekompetansen har for dette arbeidet. Hva er det som hjelper elevene i arbeid med kjemioppgaver, og hva er det som hindrer dem?

1.3 Studiens oppbygging

Denne oppgaven består av 7 kapitler. Etter innledningen kommer kapittel 2 som inneholder ytterligere beskrivelse av hvordan matematikk og regning blir forstått i denne oppgaven. I kapittel 3 vil det teoretiske rammeverket som ligger til grunn for studien bli lagt frem, før metodene blir presentert i kapittel 4. Analysen av innsamlete dataene kommer i kapittel 5. Kapittel 6 inneholder drøfting av analysen, før oppgaven avsluttes med et avslutningskapittel som peker på mulig utvikling og videre forskning.

2 Matematikk og regning

Matematikk og regning blir ofte brukt om hverandre. Fokuset i dette kapitlet er å avklare hvordan «matematikk» og «regneferdighet» blir forstått i denne oppgaven. Det vil komme frem at det, spesielt gjennom begrepet «mathematical literacy», ikke er et klart skille mellom disse begrepene.

Regning fikk et spesielt fokus med den nåværende læreplanen LK06. Men heller ikke denne læreplanen, i likhet med tidligere læreplaner, definerer et klart skille mellom matematikk og regning. Regning blir i læreplanen omtalt som bruk av matematikk (Kunnskapsdepartementet, 2012). Med dette tolker jeg at læreplanen definerer regning som en handling der man bruker matematikk. I forbindelse med en pilotoppgave jeg gjennomførte høsten 2015, uttrykker også en gruppe Kjemi 2-elever en lignende forståelse av begrepet regning. Elevene uttrykte at de *regner*, når de bruker matematikk. Og da jeg spurte dem hva matematikk var for dem, var de hyppigste svarene tall, de fire regnearter og formler. Regning er altså for elevene en handling, mens matematikk er et redskap som brukes i handlingen. Denne studien har også en slik forståelse av regning, som både læreplanen og Kjemi 2-elevne uttrykker. Men studien har en bredere forståelse av begrepet matematikk, enn det elevene i studien i høst uttrykte. Denne studiens forståelse av matematikk bygger først og fremst på Lisa Lorentzens bok «Hva er matematikk» (2012). Jeg vil først starte med å beskrive denne studiens forståelse av matematikk, før jeg kommer dypere tilbake til studiens forståelse av regning.

2.1 Hva er matematikk

Mange forbinder matematikk først og fremst med tall, men andre oppfatninger eksisterer også. For noen er matematikk regnestykker, for andre er det en måte å tenke på. Mens noen ser på det som et språk og verktøy for å formulere og løse problemer, ser andre på matematikk som en samling av logiske resonnementer som bygger absolutte sannheter i en usikker verden, og sunn fornuft satt i system (Lorentzen, 2012). Lorentzen skriver at matematikk er alt dette og mer. «Skal man lære matematikk og bruke matematikk, må man løse problemene selv» (s. 8). Under vil jeg ta for meg fire sider ved matematikk, som er sentrale i dennes studien. Jeg vil ta for meg matematikk som struktur, språk, et verktøy, og sannhet.

2.1.1 Matematikk er struktur

Matematikk handler om å se struktur, ordne struktur og strukturere struktur (Lorentzen, 2012). Lorentzen skriver at «struktur» er det begrepet som beskriver matematikk aller best. Ved

løsning av problemer prøver man gjerne å finne en underliggende struktur som allerede finnes i situasjonen, og som kan lede mot en løsning. Selv om det er til god hjelp at noen allerede har funnet smarte måter å tenke på, må man gjøre arbeidet selv også. «Man kan ikke lære bare ved å sitte stille og lytte – man må kaste seg ut i det, tenke selv og løse problemer» (s.13). Hun skriver videre at en matematikers styrke er nettopp det å kunne gå til kjernen i problemet, å skrelle vekk uvesentligheter slik at bare den nakne strukturen står igjen. Dette, skriver hun, kan ofte være nok til å se hvordan problemet skal løses.

2.1.2 Matematikk er språk

Språk er til for at vi skal kunne kommunisere med hverandre. For å kunne kommunisere ved hjelp av språk, må man selv kunne sette sammen ordene i et språk slik at de kommuniserer det man ønsker. Matematikk er strukturert i formler, symboler og tegn. For de som kjenner til språket, hjelper det veldig å få strukturen beskrevet på en så kort og oversiktlig måte. Likevel er det ikke alle som ser formler som en forenkling av fremstillingsformen. Dette matematiske språket letter forståelsen for dem som mestrer det, men bidrar til å holde andre utenfor (Lorentzen, 2012).

2.1.3 Matematikk er et verktøy

Matematikken er sprunget ut av et behov for å løse praktiske problemer. Det er et verktøy vi tar i bruk for å løse konkrete oppgaver og utfordringer (Lorentzen, 2012). Teknikken minner om løsning av «tekstoppgaver» i skolen, der problemet er formulert som en praktisk oppgave i vanlig språk. Det kalles matematisk modellering. Men som Lorentzen skriver må problemene ofte omformes før de kan løses ved hjelp av matematikk, og det er her utfordringer oppstår. Utfordringen er å overføre informasjon til et «regnestykke». Med andre ord er det spørsmål om oversettelse fra ett språk til et annet – fra naturlig språk til matematisk formelspråk. «Ved å omforme et problem til matematisk språk, er vi mer enn halvveis til en løsning av problemet» (s. 17). I denne studien vil dette handle om å oversette kjemioppgaver gitt i naturlig språk til matematiske formler for å kunne løse oppgavene. Denne omformuleringen av et problem til matematisk språk i form av formler, symboler og tegn vil knyttes opp mot det Duval (2006) beskriver som skifte mellom ulike representasjonsformer.

Dette verktøyet som brukes til å løse problemer vil også sammenfattes med Polya (1945/2014) sin beskrivelse av problemløsning som en matematisk metode. Lorentzen (2012) skriver at det handler om å tenke seg til hvordan problemene kan angripes. Dette gjøres ved å søke ut hvilken

informasjon man har eller kan skaffe, og prøve ved hjelp av egen tankevirksomhet og/eller kjente ideer og resultater, å finne nyttige sammenhenger som kan føre til en løsning.

2.1.4 Matematikk er sannhet

Matematikk er sagt å være absolutt og evig sann (Lorentzen, 2012). Men som Lorentzen videre skriver gjelder sannheten sjelden betingelsesløst. Som andre sannheter gjelder matematikkens sannhet innenfor gitte forutsetninger og betingelser, i matematikkens rammer. «For å løse praktiske problemer matematisk, må problemene først tilpasses matematikkens språk, struktur, og metoder» (s. 89). Med andre ord må man konstruere en matematisk modell for problemet. I denne modellen kan vi finne en sann løsning, men denne løsningen er ikke nødvendigvis sann for det praktiske problemet. Løsningen må tolkes i den konteksten problemet er beskrevet i.

«Mathematical literacy», som jeg kommer til i neste delkapittel, handler om det å kunne ta i bruk matematikk i ulike kontekster. Som man vil se, vil dette omhandle alle de fire sidene ved matematikk som er beskrevet i dette delkapitlet.

2.2 Mathematical literacy

I innledningen skrev jeg at bruk av matematikk i denne studien blir forstått ut i fra det internasjonale begrepet «mathematical literacy».

Mathematical literacy is an individual's capacity to formulate, employ, and interpret mathematics in a variety of contexts. It includes reasoning mathematically and using mathematical concepts, procedures, facts and tools to describe, explain and predict phenomena. (OECD, 2013, s. 17)

Definisjonen over forteller om det å kunne bruke matematikk som et verktøy i ulike kontekster. PISA har brukt denne definisjonen som grunnlag for hva de tester når de tester elevens kunnskaper i matematikk. Det legges vekt på elevenes evne til å tolke informasjon og trekke slutninger på bakgrunn av den matematiske kunnskapen de har. Dette, sammen med beskrivelsene fra Lorentzen (2012), vil jeg si handler om å gjenkjenne strukturer og innhold i situasjoner slik at de kan formuleres som matematisk løsbare problemstillinger. Man bruker matematikk for å bearbeide og løse problemer, og man tolker og vurderer løsninger man kommer frem til. Marit Kjærnsli og Rolf Vegar Olsen (2013) skriver i en PISA-rapport at matematisk kompetanse handler først og fremst om å løse oppgaver i kontekst. Elevene beskrives som aktive problemløser. Dette inkluderer å kunne gjøre matematiske resonnement, bruke matematiske begreper, prosedyrer, fakta og verktøy til å beskrive, forklare og forutse

eller predikere fenomener (Kjærnsli & Olsen, 2013). Som jeg vil argumentere for i denne studien, bruker man aspekter ved regning som grunnleggende ferdighet i en slik problemløsningsprosess. I neste delkapittel skal jeg beskrive hvordan regneferdigheten blir forstått i studien.

2.3 Regning som en grunnleggende ferdighet

Erfaringsmessig forbinder mange regning med å utføre matematiske beregninger. Som Eli Munkebye og Kjetil Reier-Røberg (2014) skriver er naturvitenskapelig forskning nær knyttet til ferdigheter i regning og andre matematiske metoder. Nyttige egenskaper ved regneferdigheten er blant annet ferdighet i å kunne sammenligne, vurdere og argumentere for gyldigheten av beregninger, resultater og framstillinger (Munkebye & Reier-Røberg, 2014). Regning er altså mer enn å kunne utføre matematiske beregninger.

I Kunnskapsdepartementet (2012) sitt dokument «Rammeverk for grunnleggende ferdigheter», blir regning omtalt som bruk av matematikk på en rekke livsområder. I rammeverket blir regning som en grunnleggende ferdighet delt opp i fire ferdighetsområder som blir kalt *gjenkjenne og beskrive*, *bruke og bearbeide*, *reflektere og vurdere* og sist men ikke minst *kommunisere*. Oppsummert innebærer ferdighetsområdet *gjenkjenne og beskrive* å gjenkjenne muligheter til å bruke matematikk, formulere og analysere matematiske problemstillinger i ulike faglige kontekster, og identifisere situasjoner som involverer tall, størrelser og geometriske figurer. *Bruke og bearbeide* innebærer å bruke matematiske begreper, prosedyrer, fakta og verktøy for å løse problemer i ulike faglige kontekster, utføre beregninger, og det å resonnerer og velge gode strategier for problemløsning. *Reflektere og vurdere* innebærer å kunne reflektere over, tolke og vurdere både konteksten og hvor gyldige løsningene er. *Kommunisere* er det siste ferdighetsområdet og innebærer å kunne uttrykke regneprosesser og resultater på ulike måter. I tillegg innebærer dette å kunne uttrykke fremgangsmåter, resonnementer og resultater til en mottaker, og begrunne valg av strategi og verktøy. Mens det sistnevnte ferdighetsområdet skal være en del av alle de tre andre, utgjør de tre førstnevnte en helhetlig problemløsningsprosess (Matematikksentret, 2014).

Problemløsning er noe vi utfører i mange sammenhenger, i og utenfor skolen. Denne studien fokuserer på problemløsning i skolen, og da spesielt knyttet til oppgaveløsning i kjemifaget. Når elever løser problemer kreves det at de klarer å bruke deres kunnskaper og erfaringer i nye og ukjente situasjoner. Kjærnsli, Nortvedt og Jensen (2014) beskriver kompetanse i

problemløsning som viktig for elevenes læring i skolefag. I boken *How to solve it- A new aspect of mathematical method* gir Polya (1945/2014) en beskrivelse av problemløsning som en matematisk metode. Han beskriver fire steg for å løse et matematisk problem. I det første steget er oppgaven å forstå problemet. Man analyserer et gitt problem for å finne ut hva som er kjent, ukjent, og under hvilke betingelser problemet gjelder. Som også Lorentzen (2012) skriver, må matematiske sannheter forstås og tolkes under gitte betingelser i den konteksten de gjelder. Deretter kommer steg to hvor man lager seg en løsningsstrategi. I dette steget er målet å finne forbindelsen mellom de gitte opplysningene og det som er ukjent, og som problemet etterspør. Polya skriver videre at det her kan være lurt å vurdere kjennskap til andre problemer man kjenner til, for å kunne ta i bruk kjente metoder. Dette, mener jeg, kan settes i sammenheng med det Lorentzen (2012) beskriver som å ta i bruk smarte ideer som andre kan funnet opp før oss. Man må lage seg en plan for å løse problemet og finne løsningen. Dette handler om å lage seg gode strategier for problemløsning, noe som er sentralt i ferdighetsområdet *bruke og bearbeide*.

Etter man har laget seg en løsningsstrategi er neste steg å gjennomføre planen. Polya skriver at det i dette steget er viktig å sjekke hvert steg, for å forsikre seg at det som er gjort er riktig. Dette steget mener jeg er tett knyttet med det siste steget, som egentlig ikke kan kalles et siste steg. Steget handler nemlig om å evaluere løsningen på problemet, noe som kan føre til at man må gå ett, to eller alle tre stegene tilbake. De to siste stegene mener jeg innebærer en refleksjon- og vurderingsevne som er sentralt i ferdighetsområdet *reflektere og vurdere*.

Ferdighet i problemløsning sier altså noe om elevenes evne til å ta i bruk deres kunnskaper, i dette tilfellet deres matematiske kunnskaper, til å løse ukjente problemer. Det betyr at elevene må klare å sette seg inn i og forstå ukjente situasjoner. De må identifisere størrelser som varierer, lage seg planer som de prøver ut, og vurdere løsningene sine. Det er mye som skal mestres for å løse et problem (Kjærnsli, Nortvedt, & Jensen, 2014).

Utviklingen i regneferdigheten, som jeg her har knyttet til problemløsningsferdighet, går for eksempel fra å kunne gjenkjenne konkrete situasjoner som kan løses ved regning, til å kunne bruke den i mer sammensatte og abstrakte situasjoner som er knyttet til ulike fagområder. Den går fra å kunne ta i bruk nye begreper og lære nye teknikker og strategier, til å kunne velge hensiktsmessige metoder på en målrettet og effektiv måte (Kunnskapsdepartementet, 2012).

3 Teoretisk rammeverk

3.1 Matematikkens plass i kjemi

Matematikkrådets kunnskapstest fra 2009, viser at norske begynnerstudenter ved høyere utdanning har generelt svake forkunnskaper i matematikk (Nortvedt, Elvebakk, & Lindstrøm, 2009). Annen forskning viser også at til tross for et opptakskrav om matematikk fra 2. klasse i videregående skole, er lærernes inntrykk at mange førsteårsstudenter i kjemi sliter med enkel matematikk, noe som gjør det enda vanskeligere å lære kjemi (Köller & Olufsen, 2013).

Read karakteriserer kjemi som «one of the mathematical sciences» (1996, s. 1). Faget inneholder matematikk, og matematikk er essensielt for blant annet kjemiforståelse (Comstock, 1905). I følge Clarence E. Comstock (1905) som jeg siterte helt innledningsvis i denne oppgaven, blir matematikk sett på som et verktøy for naturvitenskapen. Han viser også til korrelasjonen mellom matematikk og naturvitenskapelige felt, deriblant kjemi, og uttrykker at denne korrelasjonen må medføre en korrelasjon blant skolefagene også.

Comstock (1905) nevner videre at det er trening i matematisk tekning som er mye verdt. Han påpeker at sammenhengen mellom matematikk og naturvitenskap som regel ikke blir tatt opp, og elever sliter med å finne matematikkens plass. Han skriver at elever oftest blir trent i å manipulere matematiske formler, noe som er viktig, men at det er viktigere å lære tolkningen av de matematiske formlene som tas i bruk.

Videre skriver Comstock (1905), som Utdanningsdirektoratet (2015), at elevene trenger kunnskap innen anvendelse av matematikk og matematiske metoder, noe som bør læres tidligst mulig og ved bruk av reelle naturvitenskapelige problemer. På denne måten vil studentene få en mer reell og virkelighetsnær oppfatning av meningen med matematikken. Matematikken blir da gjort mer nyttig. Dette er i samsvar med det Lorenzten (2012) skriver om at elevene lærer matematikk og matematisk metode ved å anvende matematikk til å løse problemer.

3.2 Overføring av kunnskap

3.2.1 Sosiokulturell læringsteori

Det finnes mange forskjellige teorier som forsøker å forklare hvordan individer tilegner seg kunnskaper, kompetanse, og ferdigheter. Sosiokulturell læringsteori er en av disse, og skiller seg fra for eksempel behavioristisk og konstruktivistisk læringssyn. Der behavioristisk læringssyn sier at kunnskap direkte kan overføres mellom individer, og konstruktivistisk læringssyn sier at eleven selv må konstruere kunnskapen, vektlegger sosiokulturell læringssyn fellesskapet, kulturen, og konteksten kunnskap konstrueres i (Dysthe, 2001). Istedenfor å se på

læring som at individene passivt tar imot og absorberer informasjon, kan læring fra et konstruktivistisk perspektiv ses på som en aktiv prosess. Individet tar imot informasjon, tolker den og setter den sammen med tidligere kunnskap, for så å reorganisere de mentale strukturene dersom det er nødvendig for at den nye forståelsen skal passe inn. Sosiokulturell læringsteori flytter fokuset fra individet til læringsfellesskapet. Det hevdes at kunnskap konstrueres gjennom samhandling med andre mennesker og i en kontekst (Dysthe, 2001). På denne måten vil læring være situert i sosiale kontekster, noe som er et sentralt aspekt i den sosiokulturelle læringsteorien (Dysthe, 2001).

3.2.2 Overføring fra matematikk til kjemi

I følge Comstock (1905) er det først når fokuset blir rettet mot anvendelsen av matematikk og de matematiske metodene, at matematikk blir nyttig i andre fagområder. En tilnærming til det sosiokulturelle perspektivet ser, som nevnt over, på læring som situert. At læring er situert betyr at læringen er avhengig av konteksten den foregår i, og den distribueres og medieres gjennom mennesker og redskapene som menneskene benytter (Angell, Bungum, Henriksen, Kolstrø, Persson & Renstrøm, 2011). Basert på et slikt syn, kritiseres læringsyn som ikke tar hensyn til konteksten, for å gi elever tilgang til mange verktøy uten å vise de sammenhengen mellom dem og hvor de skal brukes (Angell et al., 2011).

Det er gjort noen studier angående elevers og studenters evne til å overføre matematisk kunnskap fra matematikkfaget til kjemifaget. To av studiene er gjort av Joseph Menis blant israelske videregående elever i 1987, og av Richard A. Hoban, Odilla E. Finlayson & Brien C. Nolan blant irske universitetsstudenter i 2011.

Med evne til overføring menes evnen til å bruke konsepter fra et område, i dette tilfellet matematikk, når det arbeides i et annet område, i dette tilfellet kjemi. Det er evnen til å kombinere konsepter og prinsipper, for så å bruke de i ulike oppgavesituasjoner (Menis, 1987). I følge Menis (1987) er matematikkunnskap en av de essensielle årsakene til elevenes vansker med å løse kjemioppgaver, slik også Köllen og Olfen (2013) skriver. I sin forskning oppdaget Menis at mange elever bare fulgte spesifikke prosedyrer for komme frem til løsninger i matematikken, og hadde vanskelighet med å overføre kunnskapen videre til kjemi. I sin konklusjon mener jeg Menis (1987) er enig med Comstock (1905) i at det er trening i matematisk tenking og anvendelse som er mye verdt, når han skriver at det er tenkelig at overføringen hadde vært mer suksessfullt dersom det var satt av mer tid til å løse matematiske

problemer logisk. Videre anbefaler han at det blir gjennomført flere matematikkøvelser i kjemi, istedenfor å bare støtte seg på elevenes tidligere læring.

Hoban et al. (2013) skriver i samme baner som Menis (1987) at selv om mengde matematikk studentene har spiller en rolle, er det ikke nødvendigvis studentenes matematiske ferdighet som fører til suksess i kjemi. Det er heller deres evne til å løse problemer og deres evne til å tenke logisk. Videre skriver de at deres funn tilsier at studentenes evne til å kunne overføre matematikken avhenger av det matematiske miljøet studentene er en del av. Altså hvor vante studentene er til å anvende matematikk.

3.3 Transformasjoner

Matematikk tar i bruk et stor spekter av semiotiske representasjoner. Selv om man kan velge hvilke representasjoner man bruker, er bruk av disse nødvendig for å kunne gjennomføre matematiske aktiviteter (Duval, 2006, s. 107). Det er kun ved bruk av semiotiske representasjoner vi har tilgang på matematiske ideer (Duval, 2006). Utvikling av disse representasjonene har gjennom historien vært avgjørende for utvikling av matematisk tankegang (2006). Matematikk tar for eksempel i bruk tallsystemer, geometriske figurer, algebraiske- og formelnotasjoner, grafiske representasjoner, og naturlig språk.

Ifølge Duval (2006) innebærer matematiske prosesser alltid å substituere enkelte semiotiske representasjoner med andre, og dette kaller han transformasjoner. Semiotiske systemer som åpner for en transformasjon av representasjoner blir omtalt som register (Duval, 2006). Elevene som behersker dette vil også kunne overføre sin matematiske kunnskap til sammenhenger som er forskjellige fra de som læres ved et bestemt tidspunkt.

Duval (2006) skiller mellom to typer transformasjoner – behandling (treatment) og omdannelse (conversion). Behandling viser til transformasjoner som skjer innenfor samme register, som for eksempel algebraisk utregning. Mens omdannelse beskriver transformasjon av representasjoner som innebærer et skifte av representasjonsregister, som for eksempel når et utsagn går fra å uttrykkes ved naturlig språk til å uttrykkes med algebraisk notasjon. Omdannelse ses på som mer komplekst enn behandling, fordi objektet som representeres må gjenkjennes mellom registrene.

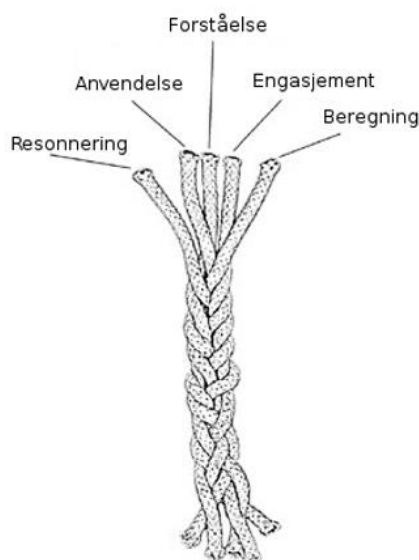
Matematisk aktivitet, i problemløsnings situasjoner, krever evne til å kunne bytte register (Duval, 2006). Og den største utfordringen i matematikkutdanning er først og fremst å utvikle evne til å skifte mellom representasjonsregister (s. 128). I denne studien brukes dette i

forbindelser med at mange av oppgavene involverer at elever omdanner fra naturlig språk til matematiske formeluttrykk.

3.4 God matematisk kompetanse

Som beskrevet i innledningen blir «god kompetanse i matematikk» i denne oppgaven forstått ut i fra det engelske begrepet «mathematical proficiency» (Kilpatrick et al., 2001). Kilpatrick et al. (2001) beskriver *mathematical proficiency* til å inneholde det de mener er nødvendig for å lykkes med å lære matematikk. De deler matematiske ferdigheter inn i fem tråder som tilsammen representerer en helhet.

De fem trådene er *forståelse* (conceptual understanding), *beregning* (procedural fluency), *anvendelse* (strategic competence), *resonnering* (adaptive reasoning) og *engasjement* (productive disposition). Den oversatte modellen som figur 1 viser er hentet fra et bakgrunnsdokument for arbeid med regning ut gitt av Matematikksenteret (2014). Den illustrerer at de ulike kompetansene må betraktes i sammenheng, og er en oversatt utgave av modellen som Kilpatrick et al. (2001) presenterer.



Figur 1: Trådene som beskriver god matematisk kompetanse er knyttet sammen³

Akkurat som man er avhengig av flere enn én tråd for å kunne flette en flette, oppnås en helhetlig matematisk kompetanse ved å fokusere på utvikling av alle fem trådene samtidig (Kilpatrick et al., 2001). Kilpatrick et al. skriver videre at den samlede utviklingen er essensiell når det gjelder å benytte kunnskapen til å løse problemer. Hvordan elever representerer

³ (Matematikksenteret, 2014, oversatt fra Kilpatrick et al, 2001, s. 117).

kunnskap, og hvordan kunnskap kyttes sammen, anses som en nøkkelfaktor for hvor dyp deres matematiske kompetanse er. Dette gjenspeiler innholdet i Hiebert og Lefevres (1986) teori, hvor det hevdes at matematisk begrepskunnskap utvikles når ulike deler informasjon knyttes sammen. Under vil jeg kort beskrive hva de fem trådene innebærer.

3.4.1 Forståelse

Den første tråden er forståelse, og innebærer forståelse av matematiske begreper, representasjoner, operasjoner og relasjoner (Kilpatrick et al., 2001). Denne tråden gir et godt grunnlag for å løse ukjente problemer. En egenskap som kjennetegner denne kompetansen, skriver de, er at ny kunnskap blir satt i sammenheng med kjent kunnskap, slik at den blir enklere å huske (2001). Kilpatrick et al. knytter forståelse til sammenhengen mellom begreper og representasjoner. For å kunne bruke matematikk er det viktig å være oppmerksom på hvordan ulike representasjoner forbindes med hverandre. Man må kjenne til likheter og ulikheter, og må kunne mer enn bare isolerte fakta (s. 119). De skriver at elever som har utviklet forståelse kan se systemer og mønster i forskjellige problemer og situasjoner. Denne tråden vil jeg, i kapittel 3.6, vise at er sammenfallende med Hiebert og Lefevre (1986) vil beskrivelse av *begrepskunnskap*.

3.4.2 Beregning

Kunnskap om matematiske beregninger er nødvendig for at elever skal kunne utdype sin forståelse av matematiske ideer eller løse matematiske problemer (Kilpatrick et al., 2001). Beregning omhandler sammenhengen mellom begrep og prosedyre. Det innebærer å kunne utføre prosedyrer som involverer tall, størrelser og figurer, effektivt, nøyaktig, og fleksibelt. Altså det å forstå hvordan prosedyrer benyttes korrekt og kunne avgjøre når de ulike prosedyrene er egnet. Kilpatrick et al. skriver at sammenhenger mellom begrep og metode er mest nyttig når de relateres på riktig måte. Fokus på å komme fram til et resultat på en enkel eller kjent måte, kan hindre muligheten til å se viktige sammenhenger som går fram av problemet. Elever som har forståelse vil også være i stand til å modifisere eller tilpasse prosedyrene til situasjonene slik at de blir enklere å bruke. Videre skriver de at forståelse for beregningene gjør at prosedyrer kan forenkles og anvendes i andre former. Når elever utfører beregninger og prosedyrer de ikke forstår, er det en fare for at de vil utføre dem feil og dermed gjør det vanskeligere å lære de riktige beregningene og prosedyrene (s. 123). Dette knytter *forståelse* og *beregning* tett sammen.

3.4.3 Anvendelse

Anvendelse viser til evnen til å formulere problemer matematisk, presentere dem, og løse dem (Kilpatrick et al., 2001, s 124). Dette sammenligner de med det som blir kalt *problemløsning* i annen matematikdidaktikk-literatur, noe jeg allerede har tatt for meg i kapittel 2.3. Erfaring og øving er nødvendig i problemløsningsaktiviteter (Kilpatrick et al., 2001). Kilpatrick et al. skriver videre at nybegynnere er tilbøyelige til å legge merke til likheter i overflatestrukturer i problemer, som tegn og scenarier som er beskrevet i problemet, mens viderekomne problemløsere evner i større grad å fokusere på strukturelle forhold innad i problemet, og leter gjerne etter sammenhenger som kan gi ledetråd til hvordan problemet skal løses. Anvendelse av prosedyrer og valg av hvilke prosedyrer som er mest effektive i en gitt situasjon, vil også bidra til å utvikle forståelsen for beregninger (Kilpatrick et al., 2001). Dette vil jeg si viser at disse tråden henger sammen, og er en del at det Lorentzen (2012) beskriver som å ta i bruk matematikk som et verktøy i problemløsning.

3.4.4 Resonnering

Tråden resonnering omhandler det å kunne tenke logisk, se sammenhenger, og forklare og begrunne en løsning til et problem (Kilpatrick et al., 2001). Kunnskapen tas i bruk for å gå gjennom alle opplysninger, prosedyrer, og begreper, og til å se at disse stemmer overens med hverandre. Evne til resonnering står sentralt for å kunne formulere og representere et problem slik at man kan utvikle en løsningsstrategi. Denne evnen er avhengig av at elevene har tilstrekkelig basiskunnskap, at oppgaven er forståelig og motiverende, og referansekonteksten er kjent (Kilpatrick et al., 2001). Det handler altså om å kunne ta i bruk gitte opplysninger, til å finne en passende løsningsstrategi. Kompetanse innenfor anvendelse av matematikk må overta når denne løsningsstrategien skal legitimeres.

3.4.5 Engasjement

Den siste tråden er engasjement. Dette handler om å være motivert for å lære matematikk, se på matematikk som nyttig og verdifullt, og tro at innsats bidrar til økt læring (Kilpatrick et al., 2001). Engasjementet er viktig for utvikling av de andre trådene, og utvikles i samspill med dem. De fem trådene har innvirkning på hverandre, og matematisk kompetanse krever at alle de fem trådene blir utviklet hos den som lærer.

Ut i fra disse beskrivelsene, vil jeg trekke følgende sammenheng; For å kunne anvende matematikk er det viktig å kunne vurdere alle opplysninger og trekke sammenhenger slik det

beskrives under *resonering*. Det er da også viktig å kunne utføre matematiske prosedyrer slik det beskrives under *beregninger*, og ikke minst forstår de matematiske representasjonene som brukes som det beskrives under *forståelse*.

3.4.6 Kobling til regneferdighet

Kilpatrick et al. sine tråder er som nevnt tenkt i forbindelse med matematikklæring, og ikke direkte i forbindelse med anvendelse av matematikk i andre fagområder slik denne studien omhandler. De trekker likevel frem at og matematisk kompetanse forenkler anvendelse av matematikk på andre områder. Matematikksenteret (2014) har i sitt bakgrunnsdokument for regning, brukt Kilpatrick et al. sitt rammeverk til å beskrive bruken av matematikk i andre fagområder. Dette gjør de ved å trekke forbindelser mellom Kilpatrick et al. (2001) sine fem kompetansetråder og Kunnskapsdepartementet (2012) sine ferdighetsområder (kapittel 2.3). Vi kan gjennom Matematikksenterets rammeverk finne igjen modellen til Kilpatrick et al. (2001) som en teoretisk bakgrunn for beskrivelsen av regning som en grunnleggende ferdighet. Det blir i Matematikksenterets rammeverket vektlagt at matematiske begreper og elementer skal knyttes til kontekster i andre fag enn matematikk. Det de har gjort, er å ta for seg hver tråd, og trekke inn hvilke ferdighetsområder denne tråden spiller en spesiell viktig rolle i.

Forståelse for elementer og representasjoner og *beregning*, skriver Matematikksenteret (2014), vil være sentral i prosessen *bruke og bearbeide. Anvendelse*, skriver de, har mange fellestrekk med matematisk modellering og vil være sentral i alle ferdighetsområder. «For eksempel vil det å formulere og avgrense problemer være helt avgjørende for prosessen *gjenkjenne og beskrive*» (Matematikksenteret, 2014, s. 15). *Resonering* vil også spille en rolle i alle ferdighetsområdene, men er mest avgjørende innen området *reflektere og vurdere*. Da engasjement er tett bundet til de andre trådene, spiller det også en rolle i alle ferdighetsområder (Matematikksenteret, 2014).

Matematikksenteret sitt dokument er riktig nok et bakgrunnsdokument tenkt for ungdomstrinnet. Men dette er bare med tanken på fageksemplene de tar opp, der eksemplene er knyttet til fag fra ungdomstrinnet. Grunnprinsippene i regneferdigheten slik Kunnskapsdepartementet (2012) beskriver de, er gjeldende for både grunnskolen og den videregående skolen, vil jeg si Matematikksenteret sitt dokument kan tilpasses til den videregående skolen også. Der matematikksenteret har tolket Kilpatrick et al. (2001) sine kompetanseområder til å gjelde regneferdighet i ulike fag på ungdomstrinnet, vil jeg i denne studien se på hvordan disse kommer til uttrykk gjennom oppgavearbeid i Kjemi 1.

Læreplananalysen og oppgaveanalysen i denne studien vil hovelsaklig dreie seg om de fire første trådene til Kilpatrick et al. (2001), men koblingen til ferdighetsområdene vil komme mer til uttrykk i drøftingen. Denne koblingen brukes til å beskrive det som er nødvendig for å lykkes med å bruke matematikk.

3.5 Forståelse i matematikk

Duval (2006) nevner forståelse for matematikk som en viktig forutsetning for evne til å gjennomføre transformasjoner. Skemp (1976) tar for seg to typer matematikkforståelse, nemlig instrumentell og relasjonell forståelse. Kunnskap om hvordan en matematisk handling utføres blir av Skemp ansett som instrumentell forståelse, mens den relasjonelle forståelsen beskriver kunnskap om hvorfor handlingen utføres. I følge Skemp (1976) er den relasjonelle forståelsen essensiell for å oppnå dyp matematisk kunnskap, og det blir reist et klart skille mellom de to typene av matematisk forståelse.

Hiebert og Lefevre (1986) har ikke like klare skiller som det Skemp har. De bruker begrepene begrepskunnskap og prosedyrekunnskap, og anser sammenhengen mellom disse typer kunnskaper som viktig. I følge Hiebert og Lefevre (1986) utvikles begrepskunnskap ved at det skapes forbindelser mellom ulike typer informasjon. Forbindelsene kan skapes mellom informasjon som allerede eksisterer i minnet, eller de kan skapes mellom informasjon som allerede eksisterer og ny informasjon. Disse forholdene preger individuelle fakta og betingelser, og knytter all informasjon sammen til et nettverk. En enhet av informasjon kan ikke eksistere som begrepskunnskap i seg selv. Informasjonen er definert som begrepskunnskap kun når den som besitter kunnskapen kan knytte informasjonen til annen informasjon (Hiebert & Lefevre, 1986). I denne studien ansees denne type forståelse å være sammenfallende med Kilpatrick et al. (2001) sin beskrivelse av *forståelse*, der de skriver at man må kunne mer en isolerte fakta. Det er lettere å huske når ny kunnskap settes i forbindelse med og kjent kunnskap (Kilpatrick et al., 2001).

Prosedyekunnskap deles, av Hiebert og Lefevre (1986), i to deler. Den ene omhandler representasjoner, symboler, og språk, mens den andre beskriver kjennskap til algoritmer, regler og prosedyrer for å utføre matematiske oppgaver. Førstnevnte inkluderer kjennskap til hvordan symboler benyttes for å uttrykke matematiske idéer, samt hvilke syntaktiske regler som gjelder for å skrive symboler på en akseptert måte. Her pekes det imidlertid på at enkelte algoritmer i seg selv representerer sentrale begreper, så det er ikke alltid mulig å lage et skille mellom de to

delene (Hiebert & Lefevre, 1986). Prosedyrekunnskap, mener jeg, kan knyttes til delen av tråden *beregning* som uttrykker det å vite hvordan prosedyrer utføres.

Kjennskap til algoritmer har likhetstrekk med Skemp (1976) sitt begrep «instrumentell forståelse», og handler om å vite den kronologiske rekkefølgen algoritmer innebærer. Hvert steg i en prosedyre skjer som følge av forrige steg og denne prosessen fortsetter til en står igjen med et svar. Dette gjelder også tilfeller hvor prosessen tar utgangspunkt i objekter som ikke representerer standardsymboler i vårt matematiske system (Hiebert og Lefevre, 1986).

I følge Hiebert og Lefevre (1986) vil god kontakt mellom prosedyrer og begrepene som inngår i dem danne et bedre grunnlag for at prosedyrene huskes og brukes riktig. En viktig årsak til dette er at prosedyrer som knyttes til begrepsforståelse lagres som en del av et informasjonsnettverk. Prosedyrene vil bli gitt mening og virke fornuftige dersom de relateres til begrepskunnskapen som er tilgjengelig. På denne måten blir det mulig å forstå hvordan og hvorfor prosedyrene fungerer. En sammenknytting av begrepskunnskap og prosedyrekunnskap vil også bidra til en mer effektiv bruk av prosedyrene. Dette kan foregå ved at begrepskunnskap gir bedre innsikt i representasjonene, og dermed forenkler kravet til prosedyren. Videre vil valg og gjennomføring av prosedyre bli klarere, og det kan bidra til å senke antall nødvendige prosedyrer for å løse et problem.

4 Metode

Ved starten av et forskningsarbeid må det foretas en rekke valg. Blant annet må det bestemmes hvilken tilnærming og metode som skal brukes i det aktuelle forskningsarbeidet, og det må tas etiske hensyn. I dette kapitlet vil jeg legge frem og begrunne valgene som ble tatt ved start og underveis i forskningsarbeidet. Jeg vil først ta for meg valg av forskningsdesign, etterfulgt av metodene som ble benyttet under datainnsamling og analysearbeidet. Etter det vil jeg ta for meg etiske betraktninger, før jeg avslutter med reliabilitet og validitet i forskningen.

Datainnsamlingsprosessen bestod av 8 uker observasjon av undervisningsaktiviteter i den aktuelle Kjemi 1 klassen og innsamling av elevarbeid, etterfulgt av gruppeintervjuer av 4 elevgrupper sammensatt av 2-3 elever. I alt ble det observert 25 klokketimer med kjemiundervisning i den aktuelle klassen. De fleste av disse timene bestod av tradisjonell tavleundervisning, med oppgaver på slutten av timen. Tre undervisningsøkter besto av kun tavleundervisning, to dobbeløkter bestod av praktisk arbeid, og én dobbelttime besto av kapittelprøve i «syrer og baser». I den første observasjonsuken avsluttet klassen temaet løselighet av salter, mens de i de resterende uker jobbet med temaet syrer og baser. Selv om interesseområdet for denne studien er «syrer og baser», ville jeg bruke den første uken på at elevene kunne bli vant til å ha meg i klasserommet. Det er data som ble samlet under «syrer og baser»-kapitlet som vil være i fokus i denne oppgaven.

4.1 Posisjonering og forskningsdesign

4.1.1 Konstruksjonistisk kvalitativ forskning

Det er to hovedretninger av forskningsdesign, en kvantitativ og en kvalitativ tilnærming. Disse retningene representerer to ulike paradigmer når det gjelder hvordan man kan framskaffe informasjon om samfunnet for å analysere det (Robson, 2011). Denne studien er ute etter å undersøke en elevgruppers tanker, opplevelse og bruk av regning i kjemifaget. Den retter blikket mot menneskers handlinger i sin naturlige kontekst, og føyer seg ifølge May B. Postholm (2010) under det kvalitative forskningsparadigmet. Handlingen i denne studien er oppgavearbeid, og konteksten er kjemiundervisning.

Kvalitativ forskning på praksis innebærer et samarbeidsforhold mellom forskere, teori, og forskningsdeltakere, men der hovedmålet er å bære frem deltakernes perspektiv (Postholm, 2010). Med dette sagt representerer kvalitativ forskning en oppfatning av at kunnskap og forståelse blir skapt i sosial interaksjon. Denne studien føyer seg under det som kalles et

konstruksjonistisk forskningsparadigme. Innenfor et slikt paradigme blir mennesket betraktet som aktiv handlende, og kunnskap som en konstruksjon av forståelse og mening skapt i møte mellom mennesker i sosiale samhandling (Postholm, 2010).

4.1.2 Casestudie

I kvalitative studier er man ikke alltid sikker på hvilken utvikling studien vil ta, og det er da naturlig å ha et fleksibelt design (Robson, 2010). Detaljene i et slikt design er ikke fastsatt på forhånd, men designet utvikles gjennom forskningsprosessen. Denne studien har et fleksibelt design, og beskrives som en kvalitativ casestudie. Det er en utforskning av et bundet system, et system som er sted- og tidsbundet (Robson, s. 50). Den fokuserer på én hendelse (oppgavearbeid), i en kontekst (kjemiundervisning), i en avgrenset periode (perioden elevene arbeider med «syrer og baser»).

«Casestudier som er gjennomført i den virkelige verden, vil kunne bidra til handlinger som utføres i denne virkeligheten» (Postholm, 2010, s. 51). Beskrivelsene og kunnskapene som casestudien bidrar med, vil dermed kunne bli tolket og brukt i praksisfeltet. Kvalitative casestudier gir mulighet til å utforske fenomener i sine naturlige kontekster, og er dermed passende metode for denne studien av regneferdighet hos Kjemi 1-elever.

I stedet for innhenting av en stor mengde data, slik det gjøres i kvantitative studier, er fokus knyttet til det informantene sier og gjør. Man er på utkikk etter å finne nyanser og variasjon, og derigjennom få tak i deltakernes perspektiv. Det gir mulighet for å inkludere utdypende detaljer. Med valg av casestudie ønsket jeg å få innsikt og oppdage flere detaljer og nyanser i elevers syn på regning i kjemi.

Det er, som Postholm (2010) skriver, en sammenheng mellom forskerens teoretiske ståsted, spørsmålene som blir stilt, og måten materialet blir samlet inn, analysert og tolket. Teori vil både kunne gi retning, og være viktig redskap, for forskningsarbeidet. Samtidig vil forskerens egne opplevelser og erfaringer kunne påvirke forskningsfokuset (Postholm, 2010). Det er altså vanlig at man innen forskning ønsker å sammenligne sine funn med tidligere forskning. Forskeren prøver med dette å forstå kompleksiteten på feltet han eller hun studerer. Da noe av det teoretiske rammeverket i denne forskningen ble valgt ut før datainnsamlingen var det med å legge føringer for innsamlingen. I casestudier er det forskeren, ved hjelp av erfaringer, observasjoner og teorier, som tolker de empiriske dataene i sin kontekstuelle sammenheng (Postholm, 2010). «Forskeren er i en fortolkede rolle gjennom hele forskningen, og er på den

måten det viktigste forskningsinstrument» (s. 32). Denne studiens fleksible design gav rom for at datamaterialet kunne være med på å endre designet, og dermed forme det teoretiske rammeverket underveis.

I motsetning til kvantitative studier, der det ofte skjer dekontekstualisering, blir kontekst sett på som viktig i kvalitative studier (Robson, 2011). Det er behov for å forstå et fenomen i sin kontekst (Robson, s. 19). Fenomen blir ikke bare beskrevet, men forskningen skal også prøve å forklare hvilken betydning fenomenet har for involverte aktører (Postholm, 2010). Elevers evne til å løse oppgaver er et komplekst område som påvirkes av mange faktorer. Denne studiens forskning prøver å forklare regningens plass i kjemi, og hvilken betydning regneferdighet har for Kjemi 1- elevers evne til å løse kjemioppgaver. I tillegg ville jeg se hvilke tanker og oppfatninger elevene har om regning og bruken av regning i kjemioppgaver.

Med denne casestudien søker jeg en generell forståelse av hvordan kjemielevens evne til å løse kjemioppgaver påvirkes av deres regneferdighet. Denne forståelsen søker jeg ved å ta utgangspunkt i én spesiell situasjon, én case, noe som gir denne studien en instrumentell karakter (Postholm, 2010). Intervjuene, observasjonene og dokumentanalysen er brukt for å belyse dette.

4.1.3 Utvalg

I mitt prosjekt var det ingen tvil om at jeg måtte ut i skolen og forske på elever for å finne svar, ettersom det er elevers erfaringer og opplevelser med bruk av regning i arbeid med kjemioppgaver jeg ville se nærmere på.

Denne forskningen er knyttet til regning som grunnleggende ferdighet i kjemifaget. Ut i fra definisjonen av denne ferdigheten i LK06, finner man igjen de aller fleste elementene fra denne i hovedområdet «syrer og baser». Med dette som bakgrunn falt valget av utvalg for denne studien naturlig på en Kjemi 1-gruppe, under arbeid med det nevnte hovedområdet.

Ikke alle elever i den aktuelle kjemiklassen var deltagende i studien. Det var til sammen 13 elever som samtykket til deltagelse. Jeg ville sikre meg data fra ulike elevperspektiver, og prøve å dekke så mange som mulig av andre påvirkende faktorer innenfor den begrensningen denne forskningen har. Etter en samtale med faglæreren, med hensyn på kjønnsfordelingen i klassen, og et innblikk i hvilken matematikkbakgrunn de ulike elevene som samtykket hadde sammenlignet med resten av klassen, virket hele gruppen til å være representativ for klassen. Jeg valgte derfor å bruke alle 13 elevene i forskningen. Det at datainnsamlingen strekte seg over

en så lang periode som den gjorde, var med å muliggjøre at jeg kunne observere så mange elever.

Selv om studien ikke først og fremst søker generaliteter i form av at den skal være representativ for store deler av befolkningen, i dette tilfellet alle Kjemi 1- elever, vil et godt representativt utvalg av elever, sammen med datamaterialet og teorigrunnlaget i studien bidra til å skape en slags generalitet.

Det viktigste er at utvalget innehar de nødvendige egenskaper som kreves for å kunne besvare forskningsspørsmålene med størst mulig validitet. Og ved ha de aller fleste matematikkombinasjonene denne skolen hadde å tilby representert, i tillegg til å ha begge kjønn representert, fikk studien ta hensyn til noen av de aktuelle påvirkningsfaktorene. Kombinasjonen 1P + 2P, er ikke representert. Men dette er for denne skolen en sjelden matematikkombinasjon for kjemielever. I tabell 1 kan du se de fiktive navnene elevene i studien fikk tildelt, sammen med deres matematikkbakgrunn. Etter ønske fra elevene, fikk de tildelt navnene av meg.

| 1P +S1 | 1T + S1 | 1T +R1 |
|---------------|----------------|---------------|
| Eva | Maria | Anders |
| Frida | | Elias |
| Grace | | Gunn |
| Marte | | Leah |
| Sara | | Pål |
| Trine | | Synnøve |

Tabell 1: Oversikt over forskningsdeltakerne og deres matematisk bakgrunn

4.2 Datainnsamlingsmetoder

Problemstillingene mine for denne studien er: *1. Hvilken betydning har regning som grunnleggende ferdighet i Kjemi 1? med delproblemstillingene a) Hvilke aspekter ved regning vektlegger Kjemi 1-læreplanen? og b) Hvilke aspekter ved regning vektlegger oppgaver en gruppe Kjemi 1-elever arbeider med?, og 2. Hvilken betydning har kompetanse i regning for elever i deres oppgavearbeid i Kjemi 1?*

For å kunne besvare disse problemstillingene er jeg avhengig av et godt datamateriale, altså et datamateriale som gir belegg for å si noe om det jeg vil forske på, og med resultater som kan

ses på som valide. Hvor valide resultatene i denne studien er, vil jeg komme tilbake til i kapittel 4.5.

Casestudier involverer ofte flere datainnsamlingsmetoder (Robson, 2011, s. 135). Det gjør denne casestudien også. I forskning med konstruksjonistisk syn er det vanlig å bruke metoder som intervju og observasjon som gir mulighet til å studere fenomen fra flere synsvinkler (Robson, 2011). I tillegg til disse to metodene benytter denne casestudie analyse av Kjemi 1-læreplanen og av innsamlete elevarbeid. Jeg vil i dette kapitlet beskrive og gjøre rede for valg av datainnsamlingsmetoder som har gjort det mulig å besvare problemstillingene mine.

4.2.1 Observasjon

«I kvalitativ forskning er man opptatt av å observere aktiviteter i sin naturlige setting» (Postholm, 2010, s.55). Observasjon som er én av datainnsamlingsmetodene i denne casestudien, er en av de vanligste metodene innenfor kvalitativ forskning (Robson, 2011). Det gir meg som forsker personlig og direkte kontakt med det elevene jobber med. Formålet med denne studien er å finne ut hvordan elever opplever regning i kjemifaget, om det er med å hjelpe dem til å løse kjemioppgaver eller ikke. Elevenes handlinger og utsagn er da sentrale aspekter i denne studien. Observasjon ble valgt som metode fordi den gir informasjon om hva som foregår i situasjonen (Robson, 2011). Det gav meg mulighet til å observere om elever bruker regning, hvilke aspekter ved regning elevene bruker, og hvordan disse aspekter brukes. Dette kunne jeg i neste omgang koble til det elevene uttrykte gjennom intervjuene, og se om det er i henhold til hverandre. Videre kunne jeg trekke sammenligninger til hvordan læreplanen legger opp til bruk av denne ferdigheten. En ting er hva man sier, en annen ting er hva man faktisk gjør.

I casestudier er observasjonens natur omdiskutert. Forskeren kan innta ulike roller i forskningsprosessen (Postholm, 2010, s. 76). Ulike teoretikere betrakter disse rollene på ulike måter, der noen skiller mellom ikke-deltagende observasjon i den ene ytterkanten og deltagende observasjon i den andre. Postholm (2010) bruker Gold (1958) sine betegnelser, og betrakter observatøren som deltagende så lenge den er til stede i undervisningen. Det er observatørens deltagelse som varierer fra «fullstendig deltaker», via «deltaker som observatør», videre til «Observatør som deltaker», og til slutt «fullstendig observatør». I denne studien inntok jeg rollen som «observatør som deltaker» ved at jeg var personlig til stede i timene, inngikk i samtaler med elevene, og hjalp elevene når de trengte hjelp under elevaktiviteter. Grunnen til at jeg valgte denne «observatør som deltaker»-tilnærming, er at denne gav meg bedre innblikk

i betydningen kompetanse i regning hadde for elever i deres arbeid med kjemioppgaver. Jeg anså det mer passende, og mer etisk korrekt, å hjelpe elevene underveis som jeg samtalte med dem om tankeprosessen, enn å gå ifra uten å tilby dem hjelp. Jeg vurderte dette til å ikke forstyrre min forskning da jeg underveis fikk innsikt i hva elevene så på som hindringer og muligheter, noe som var målet med studien.

Å være «fullstendig observatør» ville ikke ha gitt meg den samme dybde i observasjonene. De to andre tilnærmingene valgte jeg bort for å påvirke forskningen minst mulig, slik casestudier skal (Postholm, 2010, Robson, 2011). Jeg ville ha mest mulig innblikk i deltakernes perspektiv for å forstå handlingene under elevaktivitetene, men med minst mulig forstyrrelser av pågående handlinger, slik Postholm (2010) skriver. Det var faglæreren som sto for all undervisning og valg av elevaktiviteter.

Alle elever var ikke til stede alle undervisningstimene, men alle ble observert de gangene de var til stede. Klasseromstørrelsen og elevplasseringen var slik at det var oversiktlig å observere alle elever fra bakerst i klasserommet. Deltakerelever satt samlet på til sammen 4 ulike plasser slik at det ble mulig å observere flere elever samtidig. Da datainnsamlingen strakte seg over så lang tid som den gjorde, var det heller ikke nødvendig å fokusere like mye på hver elev hver gang. Jeg kunne variere fokuselever fra gang til gang. Jeg valgte meg 6 elever som jeg alltid fokuserte på når de var til stede (Anders, Elias, Frida, Leah, Maria og Trine), mens jeg varierte med resten etter hvem som ba om hjelp de ulike gangene. Dette valget ble tatt med hensyn på matematikkbakgrunn, kjønn og plassering i klasserommet. Elevene hadde faste plasser jeg ikke ville flytte om på, slik at elevaktivitetene ble gjennomført mest mulig likt situasjonen uten meg i klasserommet. De to første øktene jeg observerte var jeg fullstendig observatør, slik at elevene ble vant til å ha meg i klasserommet.

Observasjon kan dokumenteres på ulike vis, som ved for eksempel feltnotater, videoopptak eller lydopptak. I denne studien ble observasjonene dokumentert ved hjelp av lydopptak og feltnotater. Videoopptak ble ikke benyttet av to ulike grunner. Den viktigste er at ikke alle elevene følte seg fortrolig med tanken, og den andre er at ikke hele klassen samtykket til deltagelse. De som samtykket satt på ulike plasser i klasserommet, noe som gjorde det vanskelig å ikke filme noen som ikke ønsket det, uten å bruke for mye utstyr, som ville gi for mye forstyrrelser.

Jeg som observatør var til stede i alle undervisningstimene i den aktuelle klassen under arbeid med «syrer og baser». Jeg var til stede med en lydopptaker som tok opp undervisningstimene

fra start til slutt. Jeg hadde også med meg en lydopptaker rundt i klasserommet når jeg inngikk i samtaler med elevene.

4.2.2 Oppgaveløsning

Den andre problemstillingen i studien handler om elevenes opplevelse og tanker rundt bruk av regning i løsning av kjemioppgaver. Dette gjør at elevenes arbeid med kjemioppgaver er den viktigste datakilden for å kunne besvare problemstillingen. All observasjon som blir trukket frem vil omhandle elevarbeid med kjemioppgaver. Det var under arbeid med oppgavene jeg fikk mulighet til å observere elevenes bruk av regning, og høre deres opplevelser og tanker rundt temaet. Disse observasjonene ble også sammen med teori viktig grunnlag for intervjuene.

Oppgavearbeid ble gjennomført i undervisningstimene, og med oppgaver som faglæreren valgte ut. Elevene arbeidet med en rekke oppgaver i løpet av observasjonsperioden. Av ulike grunner, som fravær, hastighet og evne, gjorde ikke alle elever alle oppgavene som ble gitt. I denne studien vil dokumentasjon av oppgavearbeid ta utgangspunkt i kapittelprøven elevene hadde på slutten av datainnsamlingsperioden.

Alle deltakerne utenom Pål og Maria var til stede under gjennomføring av prøven, hvor de skulle få benytte det de hadde lært den siste perioden. Under opplæring av noe nytt kan mange ekstra faktorer være med å påvirke ens evne til å løse oppgaver. Dette gjør prøven til et bedre utgangspunkt for analysen, da elevene nå skulle ha lært og jobbet med temaet over en periode. I tillegg var det fra tidligere elevarbeid veldig varierende hvor mye elever fikk gjort og ikke, og hvor mye de fikk hjelp til og ikke. Episodene fra oppgavearbeid i timene vil først og fremst brukes til å styrke eller svekke prøvebesvarelsene og det som blir sagt under intervjuene.

Det er ved bruk av oppgavearbeid viktig å vurdere oppgavene i forhold til formålet med oppgaveløsning (Robson, 2011). Formålet med denne studien er å undersøke hvorvidt, og hvordan elever tar i bruk regning i oppgavearbeid. Som jeg vil komme tilbake til i analysen inneholdt nesten alle oppgaver som ble benyttet i denne observasjonsperioden en viss grad regning, noe som gjør alle oppgaver relevante. For å begrense datamengde, vil det bare bli valgt ut noen oppgaver, som bidrar til å nyansere dataene. Hovedkilden for oppgaveanalysen vil være kapittelprøven gjennomført på slutten av datainnsamlingsperioden, se prøven i Vedlegg A. Gjennom oppgavearbeid og samtaler med elevene under oppgavearbeid, ønsket jeg å oppdage spesielle styrker, svakheter og problemer elevene måtte ha.

4.2.3 Intervju

Intervju er ifølge Robson (2011) en vanlig datainnsamlingsmetode i kvalitative studier. Ifølge Herbert Altrichter, Peter Posch og Bridget Somekh (2005) gir intervju tilgang til menneskers oppfatninger, inkludert tankene, holdningene og meningene som ligger bak oppførselen, og kan lett kombineres med andre metoder. Formålet er å forstå sider ved intervjupersonens dagligliv fra hans eller hennes perspektiv (Kvale & Brinkmann, 2015). Denne studien er ute etter Kjemi 1-elevers oppfatninger og opplevelser, av regning i kjemifaget, noe som gjør intervju en passende kombinasjon til observasjon og dokumentinnsamling.

Det skilles vanligvis mellom strukturerte intervjuer, semi-strukturerte intervjuer og ikke-strukturerte intervjuer. I denne studien ble det brukt det Kvale og Brinkmann (2015) beskriver som semi-strukturerte intervjuer. Jeg som intervjuer hadde på forhånd laget en intervjuguide (se Vedlegg B) med noen spørsmål jeg hadde lyst til å få besvart. Jeg passet på å komme inn på alle spørsmål jeg hadde laget, men ikke i den skrevne rekkefølgen. Noen ganger ble det mer naturlig å endre rekkefølgen ut i fra utviklingen av intervjuene, eller føye til oppfølgingsspørsmål. Spørsmålene er gjerne av en åpen natur, sammenlignet med strukturerte intervjuer der spørsmålene er mer lukket (Kvale & Brinkmann, 2015). Robson (2011) skriver at semi-strukturerte intervjuer er mye brukt i fleksible design, noe denne studien har.

Å spørre direkte tilbyr en mer direkte tilgang til meningene til respondenten, mulighet til å følge opp interessante responser og undersøke underliggende motiver, på en måte som for eksempel spørreskjema ikke kan tilby (Robson, 2011). Intervjuets tilgang er allikevel begrenset og kommer i beste fall frem til hva respondentene tror, eventuelt deres oppfatning og tolkninger under intervjuet (Altrichter et al., 2005). Gjennom intervjuene var målet å finne frem til synspunkter, meninger og oppfattelser for å få en større forståelse av situasjonen, som i neste omgang kunne kobles med klasseromobservasjonene som ble gjort på forhånd.

Ledende spørsmål under intervjuene kan påvirke svaret intervjuobjektene gir (Kvale & Brinkmann, 2015). Av den grunn stilte jeg bare ledende oppklarings- og utdypningsspørsmål underveis i intervjuene, men ikke ledende intervju spørsmål. Jeg passet da også på tonefallet i stemmen min så godt som jeg kunne, slik at oppfatningene jeg på forhånd hadde ikke påvirket svarene elevgruppene gav. Fordi som Kvale og Brinkmann (2015) skriver, er det viktig å være åpen under kvalitative forskningsintervju, slik at alle relevante nyanser som blir uttrykt underveis kommer til uttrykk i studien.

I kvalitative forskningsintervjuer søker man å forstå betydningen av sentrale temaeri intervjupersonens dagligliv (Kvale & Brinkmann, 2015). «Intervjuet sikter mot nyanserte beskrivelser gjennom ord og ikke tall» (s. 47). Forskningsintervjuene i denne studien var ute etter å finne ut hva som blir sagt om regning i kjemifaget, og nyanser i det som blir sagt angående temaet, og ikke hvor mange som sier det. Av blant annet den grunn ble det gjennomført gruppeintervjuer og ikke individuelle intervjuer. En annen grunn til dette var at jeg ønsket å høre synspunkter fra flest mulig av elevene, og individuelle intervjuer hadde vært veldig tidskrevende. Ut i fra forskningsspørsmålene i denne studien var det heller ikke nødvendig å gjennomføre individuelle intervjuer. Det var ikke enkeltelevers meninger jeg var ute etter, men det som var gjentakende for en elevgruppe.

To av elevene (Maria og Sara) ønsket ikke å bli intervjuet, og da jeg ikke ønsket at gruppene skulle inneholde flere enn tre deltakere, delte jeg de resterende elevene i fire grupper. Jeg fikk da tre grupper med tre medlemmer hver, og én gruppe med to medlemmer. I samråd med klasselæreren satte vi sammen gruppene slik at elevene kom i gruppe hvor de var trygge til å uttrykke seg, uten at de følte seg overkjørt. Det ble én gruppe med de som var veldig aktive i klassen, og virket trygge til å snakke for seg uansett omgivelser. To grupper med elever som utrykte seg så lenge de var i grupper med jevnpresterende elever, og én gruppe med elever som var mer tilbaketrukkne og heller lot være å gjøre oppgavene istedenfor å spørre om hjelp.

Det ble tatt intervjunotater og lydopptak under de 35-45 minutter lange gruppeintervjuene. Ved å ta lydopptak kunne jeg fokusere på kommunikasjonen med elevene, og få et mer fullstendig datamateriale enn hva tilfellet hadde vært hvis jeg kun hadde tatt notater. Intervjuet ble senere transkribert ordrett (se transkripsjonskoder i vedlegg C), før transkripsjonene ble brukt i den videre analysen.

4.2.4 Triangulering

Bruk av flere kilder for å styrke funnene i forskning er et viktig prinsipp for datainnsamling (Postholm, 2010). Triangulering er en velkjent prosedyre for å sikre kvaliteten på en undersøkelse (Postholm, 2010; Robson, 2011). Det handler om å samle informasjon og data fra flere kilder som bidrar til å bekrefte funnene. I denne studien er det benyttet metodetriangulering i form av intervju, observasjon og dokumentanalyse, og datatriangulering i form av elevarbeid, læreplanen, og utsagnene fra elevene. Ulike datainnsamlingsmetoder kan bidra til å kompensere for hverandres svakheter, og dermed styrke funnene (Postholm, 2010).

4.3 Analysemetoder

Denne studien har to problemstillinger som jeg ønsker å gjenta her. Den første problemstillingen er 1. «*Hvilken betydning har regning som grunnleggende ferdighet i Kjemi 1?*», med underproblemstillinger a) «*Hvilke aspekter ved regning vektlegger Kjemi 1-læreplanen?*» og b) «*Hvilke aspekter ved regning vektlegger oppgaver en gruppe Kjemi 1-elever arbeider med?*». Den andre problemstillingen er 2. «*Hvilken betydning har kompetanse i regning for elever i deres oppgavearbeid i kjemi 1?*».

Datainnsamling og dataanalyse er ifølge Postholm (2010) gjentatte og dynamiske prosesser. Analysen foregår gjennom selve innsamlingsarbeidet, men kommer enda mer i fokus etter at materialet er samlet inn. Dataanalyse innebærer oppdeling og sammenfatning av ulike deler av de innsamlede dataene. Som Postholm skriver, vil analyseprosessen kunne variere med forsker og studie. Målet med prosessen er likevel å bidra til en bedre forståelse av ikke bare enkelte deler, men også en dypere helhetlig forståelse, av det som blir studert.

De essensielle elementene i en analyseprosess er å lese de innsamlede data, velge ut og presentere data, for deretter å tolke og trekke konklusjoner. Det finnes ulike metoder for å få en oversikt over dataene som skal analyseres. Postholm (2010) hevder at deskriptive analysemetoder, som for eksempel «den konstant komparative metoden», kan være nyttige. Selv om man bør være mest mulig objektiv i analyseprosessen og bevisst på sine fordommer, er det likevel umulig å legge bort all forforståelsen (Postholm, 2010; Nilssen, 2012). Denne studien tar derfor kun i bruk en tilnærming til den konstant komparative metoden kalt «koding og kategorisering» (Nilssen, 2012). Analysen vil være tredelt. De to første delene er ment å besvare problemstilling 1, ved å besvare henholdsvis underproblemstilling a) og b), mens den siste delen er ment å besvare problemstilling 2.

4.3.1 Dokumentanalyse

Til å besvare problemstilling 1, ble det gjennomført dokumentanalyse. Til analysen valgte jeg å bruke Kilpatrick et al. (2001) sine fire første tråder *forståelse, anvendelse, beregning og resonnering*, som forhåndsbestemte kategorier. Det er disse trådene denne studien viser til når det skrives om *aspekter*. Dataene i studien har lite grunnlag for å si noe om *engasjement*, og jeg har derfor valgt bort denne tråden.

For å besvare spørsmål 1a), blir det gjennomført en læreplananalyse av deler av Kjemi 1-læreplanen. Læreboka *Kjemi 1* av Brandt og Hushovd (2010) bli brukt for å operasjonalisere læreplanen. Jeg vil kort analysere hvordan regning som grunnleggende ferdighet i faget blir definert, før hovedanalysen som omhandler kompetansemålene under «syrer og baser». I analysen vil jeg trekke ut hvilke av de nevnte aspektene som belyses. For å besvare spørsmål 1b), gjennomføres det en dokumentanalyse av kapittelprøven elevene i denne studien gjennomførte. Jeg vil ta for meg utvalgte oppgaver fra prøver, de oppgavene som involverer regning, og på samme måte som i den første delen trekke ut hvilke av fire første aspektene til Kilpatrick et al. (2001) som vektlegges. Andre deler av det teoretiske rammeverket vil også bli benyttet. Spesielt gjelder dette Duval (2006) sin teori om transformasjoner, og Hiebert og Lefevre (1986) sin teori om forståelse.

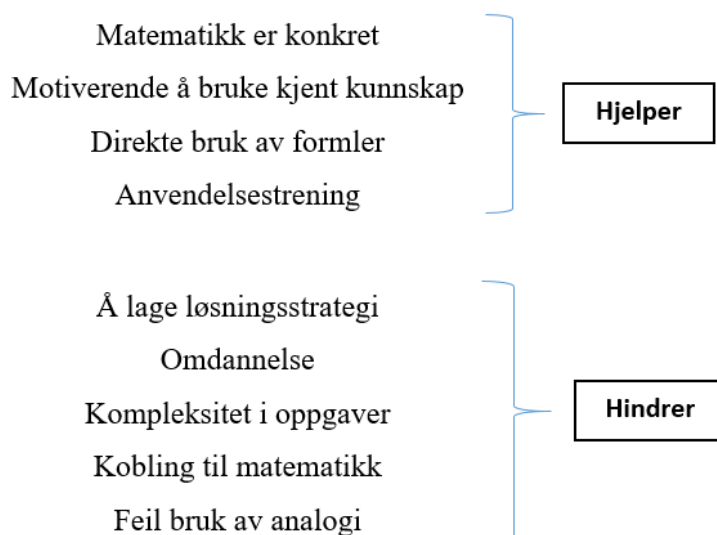
Fordelen med dokumentanalyse er at datamaterialet opptrer i en permanent form, og er dermed mulig å re-analysere innholdet ved et senere tidspunkt for å undersøke forskningens reliabilitet eller i forbindelse med replikasjonsstudier (Robson, 2011).

4.3.2 Åpen koding

Åpen koding er å identifisere, klassifisere og sette navn på viktige mønster i datamaterialet (Nilssen, 2012). Denne analysemetoden blir benyttet for å kunne besvare problemstilling 2. Det blir gjort en systematisk oppdeling og reduksjon av datamaterialet, i noen koder og kategorier. Til grunn for denne analysen ligger innsamlete elevarbeid, i form av prøvebesvarelser og andre elevbesvarelser fra klassen, observasjonene gjort i undervisningen, og ikke minst gruppeintervjuene. Under hele observasjonsperioden ble det skrevet observasjonsnotater, og notater fra lydopptakene som ble gjort i timene. Etter gruppeintervjuene ble lydopptakene derfra også transkribert ordrett. Dette var for å minske sannsynligheten for å miste meningsinnholdet i dataene. Etter endt datainnsamling, ble notatene, transkripsjonene og innsamlete elevarbeid gjennomgått. Under denne gjennomgangen ble materialet systematisert etter hva elevene uttrykker om regning i oppgavearbeid. Innsamlete elevarbeid ble brukt for å sette konkrete eksempler på det elevene uttrykte muntlig.

Fra analysen ble elevenes uttrykk kodet i mange koder, som til slutt ble redusert til ni stykker. Disse ni kodene ble *matematikk er konkret, motiverende å bruke kjent kunnskap, direkte bruk av formler, anvendelsestrening, å lage løsningsstrategi, omdannelse, kompleksitet i oppgaver, kobling til matematikk og feil bruk av analogi*. Etter det ble kodene delt opp i to kategorier. De

fire førstnevnte kodene ble satt under kategorier *hjelper*, mens de 5 sistnevnte kodene ble satt under kategorien *hindrer*. Kategoriene ble utviklet med hensyn til hvilke situasjoner kodene ble utviklet fra. Var det situasjoner hvor behov for regning var til hjelp, eller var det situasjoner hvor behovet var til hinder med tanken på manglende regneferdighet? Se oversikten under.



Noen av kodene henger tett sammen, men ble delt opp for å gi analysen mer luft. Alle kategoriene vil beskrives ved bruk av det teoretiske rammeverket.

4.4 Etikk

I forskning der forskningsobjektene er mennesker, er det viktig å passe på at forskningen er etisk forsvarlig. Det er viktig å beskytte deltakerne, og mange hensyn må tas. Cohen et al. (2011) nevner blant annet informert samtykke, vern av privatlivet, anonymitet og konfidensialitet som noen av de etiske hensynene det er viktig å ta. Den nasjonale forskningsetiske komité for samfunnsvitenskap og humaniora, NESH (2014), har utviklet forskningsetiske retningslinjer. Der står det blant annet at et prosjekt settes i gang etter deltagerens informerte og frie samtykke. I denne studien gav elevene samtykke ved å skrive under samtykkeskjema, se Vedlegg D.

Denne studien innebar behandling og lagring av elevbesvarelser og lydopptak av elevene i undervisningssituasjonen og intervjusituasjonen. Dette gjorde forskningsprosjektet meldepliktig til «Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste» (NSD). Etter godkjenning fra NSD forhørte jeg meg med skolens rektor, som henviste meg til realfagslederen ved den aktuelle skolen, om tillatelse til å gjennomføre prosjektet. Deretter ble elevene i den tildelte klassen kort informert av faglæreren, før jeg informerte dem mer detaljert om prosjektet. Som

nevnt valgte elevene å delta frivillig ved å samtykke på et samtykkeskjema som vi sammen hadde gått gjennom i klassen. Beskyttelse av privatlivet omhandler informasjon som omhandler en persons fysiske og mentale tilstand, personlige omstendigheter og sosiale forhold som ikke er offentlig kjent (Cohen et al., 2011, s. 90). I denne studien var det opplysninger om elevenes oppfatninger og bruk av regning som var av interesse, ikke sensitive opplysninger om elevene selv. Siden alle elevene som deltok i denne casestudien var over 16 år og ingen sensitive opplysninger om elevene ble innsamlet, så kunne elevene, ifølge NSD, skrive under selv. Nettopp for å beskytte elevenes privatliv ble forskningsobjektene anonymisert med fiktive navn. Jeg behandlet dataene konfidensielt.

Postholm (2010) skriver at det er viktig at forskeren er bevisst på sin rolle, og at forskningsdeltakere blir gjort oppmerksom på det, slik at deltakerne vet hvordan de skal forholde seg til forskeren. Jeg prøvde så klart og tydelig som det var mulig å forklare forskningen min til elevene, både deltakerne og resten av klassen, og var påpasselig med å holde meg til det jeg hadde sagt.

Etikk er også knyttet til litteraturen man bruker. Jeg har forsøkt å sitere og omskrive tekster fra artikler og bøkene jeg har brukt så nøyaktig som mulig, og vært tydelig på hva som er funn i studiene, hva som er andres forskeres funn, tanker og meninger, og hva som er mine tanker og meninger.

4.5 Validitet og reliabilitet

For å oppnå god kvalitet på en undersøkelse, er det ønskelig med høy reliabilitet og validitet. Dette er fordi det er ønskelig at studien skal være gyldig, troverdig og til å stole på. Det er ikke mulig å ha fullstendig validitet og reliabilitet, men det er visse forholdsregler forskeren kan ta for at truslene kan reduseres (Cohen et al., 2011). I denne delen skal jeg gå litt dypere i beskrivelsene av hva disse begrepene innebærer, og hvordan dette ble tatt hånd om i denne studien.

4.5.1 Validitet

Validitet er knyttet til gyldigheten til en studie (Robson, 2011). Begrepet handler om hvorvidt funnene i studien faktisk omhandler det de fremstår å være om, med andre ord om funnene beskriver fenomenet som undersøkes (Kvale & Brinkmann, 2015). Det skilles mellom ulike typer validitet. Jeg vil her ta for meg to av disse variantene, indre- og ytre validitet.

Den indre validiteten omhandler troverdigheten til studien, i hvilken grad datamaterialet understøtter tolkningene og konklusjonene (Robson, 2011). Dette skriver Robson (2011) videre at kan økes ved å gjennomføre studien over lengre tid. I denne studien ble utvalget mitt involvert gjennom hele datainnsamlingsprosessen som varte i 8 uker, og der jeg fulgte de i alle undervisningstimene. Dette er med å øke den indre validiteten til studien. Til datainnsamlingen ble det som tidligere nevnt brukt observasjon, intervju og innsamling av elevenes skriftlige arbeid. Det å bruke flere metoder for å samle data kalles datatrianglering, og er med til å styrke validiteten til studien ved at de ulike dataene fra de ulike kildene kan sjekkes opp mot hverandre (Robson, 2011). Innsamling av elevarbeid er med å underbygge analysen av elevenes bruk av matematikk i faget, knyttet til det de uttrykker muntlig. Denne studien er dessuten forsøkt dokumentert så nøyaktig som mulig, ved å bruke lydopptak under observasjonene og intervjuene og ved å bruke direkte sitater av det elevene uttrykker i oppgaven. Hadde alle elevene vært fortrolig med det, hadde det også blitt benyttet videopptak. Jeg mener likevel at lydopptakene og innsamling av datamaterialet er gode nok dokumentasjoner i denne studien. Spesielt da jeg tok observasjonsnotater også. Lydopptakene ble transkribert ordrett for å unngå tolkningen underveis, og øke objektiviteten. Transkripsjonene ble skrevet på bokmål, da dette ble vurdert til ikke å endre meningsinnholdet i det som ble sagt.

Ytre validitet går ut på i hvor stor grad resultatene kan generaliseres til andre situasjoner. Generalitet styrker ikke kvalitative studier på samme måte som kvantitative studier (Robson, 2011). I kvalitative studier er spørsmålet om generaliserbarhet knyttet til settingen, personene og situasjonene heller enn om studien som helhet kan generaliseres for en hel populasjon, som i dette tilfellet ville være alle Kjemi 1-elever. Det handler mer om at leseren må vurdere om han/hun kan kjenne seg igjen i beskrivelser gitt i studien og overføre funnene til egne situasjoner. Det Kvale og Brinkmann (2015) kaller *en naturalistisk* generalisering. Gjennom beskrivelser og diskusjoner av mine funn, gir jeg leseren muligheten til dette. I denne studien har jeg, som Kvale og Brinkmann (2015) nevner, spesifisert dataene og gjort argumentene eksplisitte for å tillate leserne selv å bedømme hvor holdbar generaliseringen er.

Selv om studien ikke søker generalitet i seg selv, er det allikevel viktig for meg at studien kan bidra til forskningsfeltet. Derfor har jeg fokusert på å gi detaljerte og grundige beskrivelser gjennom hele denne studierapporten, slik at leseren har mulighet til å kunne knytte disse beskrivelsene og resultatene til egne situasjoner.

4.5.2 Reliabilitet

Reliabilitet er et begrep som tar for seg kvalitetskontrollen av en studie, som omhandler studiens overensstemmelse og pålitelighet (Kvale & Brinkmann, 2015). Reliabilitet handler om studiens pålitelighet i forhold til hvordan den er utformet for å besvare forskningsspørsmålene, og er knyttet til påliteligheten til måleinstrumentene som blir brukt. For å øke denne påliteligheten er det viktig at forskeren er grundig, forsiktig og ærlig i forskningen, samtidig som at dette kommer frem gjennom forskningsrapporten (Robson, 2011). For forskeren handler det om å være så objektiv som mulig, og legge fra seg subjektive syn som kan påvirke utvelgelsen av deltakere og utvelgelsen av dataene (Cohen et al., 2011). Dette ble forsøkt gjort ved å la alle deltakere som samtykket til forskningen bli tatt med i forskningen. Det ble gjort en vurdering av om deltakerne passet for formålet med forskningen, og at temaet elevene jobbet med også var passende. Som nevnt tidligere, representerte utvalget klassen som helhet på en fin måte også. I tillegg har jeg under observasjonene og intervjuene vært bevisst på å ha så nøytral holdning som mulig og unngå å stille ladede eller ledende spørsmål til elevene. Jeg har også forsøkt å være nøye med å skille mellom mine tanker og meninger, funn, og andres tanker og meninger.

5 Analyse

Som nevnt i kapittel 4.3 vil analysen være delt i 3 deler. Jeg vil forsøke å besvare problemstillingene kronologisk slik de står beskrevet i kapittel 1.2 og 4.3. For å gjøre dette vil jeg først starte med en læreplananalyse, fortsette med oppgaveanalyse av noen av oppgavene fra kapittelprøven, før jeg avslutter med en analyse av elevbesvarelser, intervjuene og for øvrig andre observasjoner fra datainnsamlingsperioden.

5.1 Læreplananalyse

For å besvare spørsmål 1a: *Hvilke aspekter ved regning vektlegger Kjemi 1-læreplanen?* er det naturlig å ta utgangspunkt i læreplanen. Analysen vil hovedsakelig omhandle hovedområdet «syrer og baser», da der er dette hovedområdet denne studien baserer seg på. Jeg vil benytte læreboka *Kjemi 1* (Brandt & Hushovd, 2010) for å se hvordan den operasjonaliserer læreplanen. Dette er for å være bedre rustet til å trekke frem hvilke av aspektene til Kilpatrick et al. (2001) som kommer til uttrykk. Det er disse aspektene som ligger til grunn for denne analysen. Kun *forståelse*, *beregning*, *anvendelse*, og *resonnering* vil være aktuelle kategorier. Læreplananalyse gir lite grunnlag for å si noe om hvorvidt *engasjement* er vektlagt. I tillegg til kompetansemålene er det også naturlig å analysere beskrivelsen av regning som grunnleggende ferdighet i kjemi, noe jeg starter denne læreplananalysen med. For å unngå mye av den samme referansen, vil ikke jeg sette referanse hver gang jeg bruker de nevnte trådene. Jeg vil heller sette trådene i *kursiv* slik jeg har gjort her. I deler av analysen vil andre deler av det teoretiske rammeverket bli benyttet.

5.1.1 Regning som grunnleggende ferdighet i kjemi

De grunnleggende ferdighetene er ulikt definert i de ulike fagene. I kjemi er ferdigheten definert som følger: «Å kunne regne i kjemi innebærer å beregne stoffmengder, konsentrasjoner og pH, og vurdere svarene. Det betyr å bruke, bearbeide og tolke formler, modeller og ulike typer data, og å løse likninger» (Utdanningsdirektoratet, 2013, s 6). Denne beskrivelsen er gjeldende for ikke bare hovedområdet «syrer og baser», og heller ikke kun for Kjemi 1, men også Kjemi 2, i den videregående skolen. Som vi vil se er beskrivelsen av regneferdigheten på mange måter knyttet til hovedområdet «syrer og baser», selv om den ikke kun er knyttet til dette hovedområdet. Det er under det nevnte hovedområdet beskrivelsen av regneferdighet i faget kommer best til uttrykk, noe som styrker valg av tema for denne studien.

For å kunne beregne stoffmengder og konsentrasjoner, må elevene kjenne til én eller begge formlene som er gitt under.

$$n=c*v, \quad n=\frac{m}{Mm}$$

n er stoffmengde oppgitt i enhet mol⁴, c er konsentrasjon som regel oppgitt i mol/L, v er volum og angis som regel i liter(L), m er masse som regel oppgitt i gram(g), og Mm er molar masse som regel oppgitt i g/mol (Brandt & Hushovd, 2010). Dette innebærer da å kunne utføre beregninger med de gitte formlene, og ikke minst kunne manipulere de ut i fra hvilke opplysninger som er gitt og hvilke som er etterspurt. Med dette sagt krever dette kompetanse innen *beregning*. I kjemiboken er det noen ganger gitt oppgaver der elever må beregne konsentrasjon ut i fra massen, molar massen, og volum. Et slikt eksempel er tatt med i analysen av det tredje kompetansemålet lengre ned i analysen (Se Boks 2). Elevene må i disse tilfellene ta i bruk begge formlene, og har med det behov for forståelse av relasjonen mellom dem. For å kunne gjøre de riktige manipulasjonene, er det da nødvendig med kompetanse innen *forståelse*. Dette er også tilknyttet aspektet *resonnering*, som for eksempel vektlegger det å se sammenhenger. For å kunne ta i bruk begge formlene, må elevene se sammenhengen mellom formlene. I tillegg til å se sammenhenger, vektlegger *resonnering* det å kunne forklare og begrunne løsninger. Som en del av dette er det å kunne gjøre en sjekk over om opplysningene og alle stegene i beregninger stemmer overens, og er dermed et viktig aspekt i det regneferdigheten i kjemi beskriver som å kunne vurdere svarene.

All bruk av disse formlene i beregninger krever at kjemiproblemer blir oversatt til matematiske problemer, slik at de kan løses ved å bruke matematiske formler. Dette kommer jeg til å vise konkrete eksempler på i den videre analysen. Evnen til å oversette problemene er en del av aspektet *anvendelse*. Det å kunne regne i kjemi vil med andre ord si at elevene trenger kompetanse innen alle de fire aspektene til Kilpatrick et al. (2001). Dette mener jeg styrker bruk av disse aspektene som forhåndsbestemte kategorier for analysen av hvilke aspekter ved regning kompetansemålene i Kjemi 1 vektlegger.

⁴ Et mol er stoffmengden i et system som inneholder like mange entiteter (molekyler, atomer osv.) som det er karbonatomer i 12 gram karbon av nukliden ¹²C.

5.1.2 Regning i kompetansemålene for syrer og baser

I Boks 1 er det en oversikt over kompetansemålene under hovedområdet «syrer og baser».

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne:

1. *definere syre og base og gjøre rede for syre-base-reaksjoner*
2. *gjøre beregninger med K_a , K_b og K_w*
3. *måle pH med ulike metoder og beregne pH i sterke og svake syrer og baser*
4. *planlegge og gjennomføre syrebasetitreringer, begrunne valg av indikator og tolke titerkurver*
5. *gjøre rede for protolyse av salter og gasser i vann*

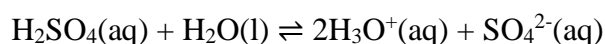
Boks 1: Kompetansemålene for «Syrer og baser» (Utdanningsdirektoratet, 2013).

«Syrer og baser»-kapitlet i *Kjemi 1* (Brandt & Hushovd, 2010) er delt opp i 4 deler, der hver del er gitt spesifikke kompetansemål de er ment å besvare. Kompetansemål 2 og 3 fra boksen er slått sammen i én del, mens de andre kompetansemålene er tildelt hver sin del. Grunnen til denne sammenslåing anser jeg å være deres overlappende natur, der kompetansemål 2 er en naturlig del av kompetansemål 3. Dette vil jeg komme nærmere innpå under.

Flere av målene vil innebære flere av Kilpatrick et al. (2001) sine aspekter. Jeg vil likevel, så langt det lar seg gjøre, prøve å trekke frem de jeg mener er mest sentrale. Til slutt vil jeg lage en tabelloversikt over dette.

1. *Eleven skal kunne definere syre og base og gjør dere for syre-base-reaksjoner*

For å kunne definere syre og base bruker man ikke nødvendigvis kompetanse innen regning. For å kunne redegjøre for syre-base-reaksjoner reaksjonene derimot, kreves det deler av aspektet *forståelse*. En del av denne redegjørelsen, er å kunne skrive og balansere syre-base-reaksjonslikninger (Brandt & Hushovd, 2010).

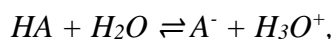


Hvis jeg for eksempel tar for meg reaksjonen over mellom svovelsyre (H_2SO_4) og vann (H_2O), må man forstå at antall atomer av hvert slag på de to sidene av likevektspilen skal være like. Ikke minst må man forstå at summen av ladningene på begge sidene skal være likt også. Uten 2-tallet foran H_3O^+ -ionet, hadde verken ladningene eller antall atomer vært balansert. Denne

forståelse krever selvsagt kjemikunnskaper, men balanseringer mener jeg krever matematikkforståelse. Å kunne balansere reaksjonslikninger krever *forståelse* for relasjonen mellom atomer og ladninger, og mellom operasjonene som gjøres for å balansere likningene. En ubalanse i reaksjonslikning vil jeg, under analysen av kompetansemål 3, vise kan føre til feilaktige beregninger og dermed feil løsning.

2. Eleven skal kunne gjøre beregninger med K_a , K_b og K_w .

Jeg vil under dette kompetansemålet kun ta for meg en av konstantene, nemlig K_a . Å ta for meg denne ene konstanten beskriver alle aspekter ved regning som dette kompetansemålet vektlegger. K_a er syrekonstant og varierer fra syre til syre. Denne konstanten beskrives ved brukt av et likevektuttrykk. Likevektsuttrykket for en generell syre (HA), med reaksjonslikning:



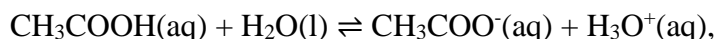
er gitt som følger:

$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]}$$

«[]» står for «konsentrasjonen av». For eksempel står $[H_3O^+]$ for «konsentrasjonen av H_3O^+ ». Ved første øyekast kan det se ut som dette kompetansemålet kun involverer tråden *beregning*, gjennom det at elevene skal kunne utføre beregninger som involverer de gitte konstantene. Oppgaver som krever beregninger med disse konstantene er likevel ofte mer komplekse, og involverer mer enn kun det å kunne bruke formlene for konstantene. Oftest i Kjemi 1 er disse beregningen knyttet til pH-beregninger. Dette anser jeg som hovedgrunnen til at læreboken denne studien benytter slår sammen kompetansemålet jeg tar for meg i dette punktet, med kompetansemål i neste punkt.

For å kunne gjøre beregningene med de gitte konstantene, må elevene forstå hvordan prosedyrer som benyttet konstantene benyttes riktig. Dette er en del av tråden *beregning*. For å kunne forstå hvordan beregninger med de nevnte konstantene benyttes korrekt er det vesentlig å vite når det er passende å bruke hver av konstantene, noe som er en del av tråden *anvendelse*. Dette er spesielt viktig da det ikke alltid går klart frem i oppgavene at det er disse beregningene som kreves, som for eksempel ved pH-beregninger i svake syrer.

I et av eksemplene fra kjemiboken er oppgaven å beregne pH i en 0.001 mol/L eddiksyreløsning ($\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$). $\text{pH} = -\log\{[\text{H}_3\text{O}^+]\}$, og $[\text{H}_3\text{O}^+]$ finner man ved hjelp av uttrykket for K_a . Konsentrasjonene i uttrykket, og der i blant $[\text{H}_3\text{O}^+]$, er konsentrasjoner ved likevekt. For å kunne finne denne konsentrasjonen, når kun startkonsentrasjon er oppgitt, må man bruke reaksjonsligningen:



til å beskrive konsentrasjonene ved hjelp av algebraiske uttrykk. Denne systematiseringen kan betegnes innenfor det Duval (2006) kaller *omdannelse*. Her omdanner man fra naturlig språk til matematiske formeluttrykk, ved å bruke systematiseringen i hjelptabellen under.

| | CH_3COOH | H_3O^+ | CH_3COO^- |
|---|--------------------------|------------------------|---------------------------|
| <i>Konsentrasjon ved start (mol/L)</i> | 0,001 | 0 | 0 |
| <i>Konsentrasjon ved likevekt (mol/L)</i> | 0,100-x | x | x |

For å sette opp tabellen over kreves det at elevene har kompetanse innenfor *anvendelse*. Elevene må være i stand til å tolke informasjonen i oppgaveteksten, og å transformere opplysningene til et algebraisk uttrykk som gir et utgangspunkt for å løse oppgaven. x beskriver i slike tabeller konsentrasjonen av mengde utgangsstoff (i dette tilfellet CH_3COOH) som har blitt omdannet til produkt (i dette tilfellet CH_3COO^- og H_3O^+). Med dette sagt vil jeg si dette krever kunnskap av typen Hiebert og Lefevre (1986) kaller *begrepskunnskap*, fordi man må kunne lage koblingen mellom opplysninger som er gitt i oppgaven, og de algebraiske uttrykkene som skal til for å kunne finne den ukjente konsentrasjonen $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ved likevekt. Dette er uansett nødvendig om man lager seg en hjelpetabell slik det er gjort her, eller om man systematiserer opplysninger på en annen måte. Man må lage seg uttrykk for den ukjente konsentrasjonen man skal finne, og bruke uttrykket videre slik er det blir gjort under. Som Duval (2006) skriver er forståelse avgjørende for elevenes evne til blant annet å gjennomføre *omdannelse*.

Likevektsuttrykket for reaksjonen vil se slik ut:

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_a$$

Som ut i fra hjelpetabellen, og tabelloversikten over syrekontanter for ulike syrer som elevene har fått utdelt (se Vedlegg E), gir uttrykket:

$$\frac{[x]*[x]}{[0,001-x]}=1,8*10^{-5}$$

Oppsett av uttrykket over krever kompetanse innenfor *forståelse*. Dette mener jeg fordi elevene må kunne trekke sammenhengen mellom elementene i tabellen, som beskriver konsentrasjoner ved ulike tidspunkt, og elementene i uttrykket for K_a . De må erstatte de ulike elementene med tilsvarende algebraiske uttrykk, og må da forstå hva de algebraiske uttrykkene representerer.

Deretter kan uttrykket omformuleres til å gi følgende andregradslikning:

$$x^2 + 1,8*10^{-5}x - 1,8*10^{-6} = 0$$

Dette er en transformasjon innen samme representasjonssystem, og er dermed en *behandling* (Duval, 2006). Dette muliggjør bruk av for eksempel «abc-formelen». Det er da behov for kompetanse i å utføre beregninger korrekt, som er en del at tråden *beregning*.

For en andregradslikning på formen:

$$ax^2 + bx + c = 0,$$

vil løsningene for likningene være gitt ved:

$$x_{1/2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Elevene må her være i stand til å huske denne generelle formelen for løsning av andregradslikninger, og tilpasse den til andregradslikningen K_a -uttrykket gir. Dette mener jeg krever at elever har det Hiebert og Lefevre (1986) kaller *begrepskunnskap*, da de må kunne trekke sammenhenger mellom ulike typer informasjon. De må trekke sammenheng mellom den nye informasjonen som dukker opp via systematiseringen og omdannelsen til andregradslikninger, og bruk av «abc-formelen».

En løsning vil se slik ut:

$$x_{1/2} = \frac{-1,8 * 10^{-5} \pm \sqrt{(1,8 * 10^{-5})^2 - 4 * 1 * (1,8 * 10^{-6})}}{2 * 1}$$

$$x_1 = 1,33 * 10^{-3} , \quad x_2 = -1,35 * 10^{-3}$$

Alternative løsningsmetoder kan være å tegne grafen i et grafisk tegneprogram, og deretter finne nullpunktene for grafen. En annen metode er å identifisere a , b og c i andregradslikningen, og sette inn disse i en digital kalkulator med denne «abc-formelen» innebygd.

Videre trenger elevene *forståelse* for hva x -verdi er ment å representere i denne oppgavekonteksten, for å kunne forkaste den negative x -verdien. Selv om beregningene er sanne og korrekte, avhenger sannheten av betingelsene og konteksten (Lorentzen, 2012). I dette tilfellet kan ikke x , som representerer konsentrasjonen av H_3O^+ -ioner, overstige startkonsentrasjon eller være negativ. Denne vurderingsevnen krever evnen til å tenke logisk som er en del av tråden *resonnering*.

Etter denne vurderingen vil man kunne finne ut at $[\text{H}_3\text{O}^+] = x_1 = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$. Dette kan man til slutt *behandle* inn i formelen for å beregne pH og få at $\text{pH} = -\log(1,33 \cdot 10^{-3}) = 2,9$.

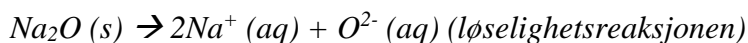
Beregninger med K_a , K_b , og K_w brukes altså ofte i samhandling med andre beregninger, og ikke isolert for seg selv. Man må kunne mer enn isolerte fakta, slik *forståelse* beskriver. Man må selvsagt også ha *prosedyrekunnskap*, for å kunne vite hvordan prosedyren gjennomføres. Men som jeg har vist, krever denne løsningsmetoden *begrepskunnskap* også. Dette understreker det Hiebert og Lefevre (1986) skriver om nødvendigheten for en kombinasjon av begge formene for kunnskap. I tillegg til *forståelse* var kunnskap innen alle de tre andre aspektene, *beregning*, *anvendelse* og *resonnering*, fremtredende her.

3. Eleven skal kunne måle pH med ulike metoder og beregne pH i sterke og svake syrer og baser.

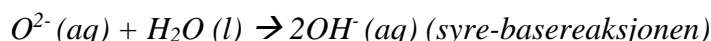
Dette målet er todelt. Den første delen, hvor elevene skal kunne måle pH ved å ta i bruk ulike metoder, involverer ikke mye regning. I den andre delen skal elevene kunne utføre pH-beregninger, og det er her kompleksiteten øker. Det er nemlig ikke én måte å gjøre dette på. Hvordan disse beregningene gjennomføres avhenger av hvilket stoff man jobber med. Metodene varierer avhengig om det er en syre eller base, og om den er svak eller sterk. Som en del av analysen av kompetansesemål 2 tok jeg med metoden for å beregne pH i svake syrer. Her vil jeg ta med et eksempel hvor man ikke trenger å bruke noen av konstantene i det forrige kompetansemålet, men der det er andre hensyn å ta. Jeg vil ta for meg beregning av pH i sterke baser. Dette eksemplet, sammen med eksemplet i forrige punkt, dekker de aller fleste hensyn man må ta i slike pH-beregninger.

I elevenes kjemibok er det et eksempel hvor det beregnes pH-verdien i en løsning når 0,620 g natriumoksid (Na_2O) løses i vann til 400 mL løsning. Jeg setter hele løsningen, som er tatt direkte ut i fra boka, i Boks 2. Analysen kommer i etterkant av løsningen.

Natriumoksid løses seg i vann slik denne reaksjonslikningen viser:



Oksidreaksjonene reagerer med vannmolekylene:



$$\text{Stoffmengde Na}_2\text{O}: n = \frac{m}{Mm} = \frac{0,620 \text{ g}}{(2 \cdot 22,99 + 16,00) \text{ g/mol}} = 0,0100 \text{ mol}$$

$$\text{Stoffmengde OH}^- = 2 \cdot 0,0100 \text{ mol} = 0,0200 \text{ mol}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{n}{v} = \frac{0,0200 \text{ mol}}{0,400 \text{ L}} = 0,0500 \text{ mol/L}$$

$$p\text{OH} = -\log\{[\text{OH}^-]\} = -\log 0,0500 = 1,3$$

$$p\text{H} = 14,0 - p\text{OH} = 14,0 - 1,3 = 12,7$$

Boks 2: pH-beregning i sterke base (Brandt & Hushovd, 2010, s. 221)

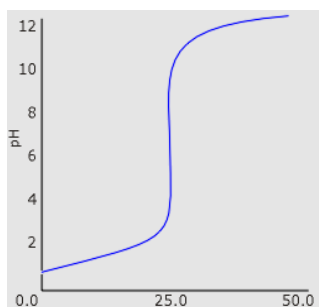
Dette er et eksempel som viser nødvendigheten av å kunne balansere reaksjonsligninger. Uten balansering ville man ikke kunne vite at det er dobbelt så mange mol OH^- sammenlignet med Na_2O som man stater med. I pH-beregningene i Boks 2, brukes det fire forskjellige formler som forbindes med hverandre. Det er dette jeg mener er mest fremtredende med denne løsningsmetoden. Man må bruke formel for å finne stoffmengden, for å finne $[\text{OH}^-]$, for å finne pOH, og til slutt for å finne pH. Det er her mange formler man må forbinde med hverandre og forstå relasjonen mellom, noe som Kilpratrack et al. (2001) beskriver som kompetanse innen aspektet *forståelse*. Bortsett fra dette aspektet mener jeg *beregning* kommer mest til uttrykk gjennom beregningen som må gjennomføres, og ikke minst at elevene må vite at det er disse beregningene som kreves.

4. Eleven skal kunne planlegge og gjennomføre syrebasetitreringer, begrunne valg av indikator og tolke titerkurver.

Dette målet krever kunnskap om måling, måleinstrumenter, måleenheter, noen ganger fortykning av løsninger, tolkning av grafer, beregninger av konsentrasjoner og stoffmengde. Slike titreringer tar i bruk forholdet mellom stoffmengde, volum og konsentrasjon ($n = c \cdot v$),

og prinsipp om nøytralisering, til å beregne konsentrasjon av ukjente stoffer (Brandt & Hushovd, 2010). Dette involverer naturligvis aspektet *beregning*.

Det å kunne planlegge disse titreringene handler om å formulere problemet slik at du er i stand til å løse ved blant annet å bruke formelen for stoffmengde, konsentrasjon og volum, som er nevnt i det forrige avsnittet. Dette kompetansemål vektlegger med dette det å kunne formulere matematiske problemer og løse dem, noe som er sentralt i aspektet *anvendelse*. Jeg vil gi et eksempel på en oppgave som går ut på syrebasetitreringer i oppgaveanalyse i neste delkapittel, der jeg også vil komme inn på tolking av titreringskurver.



Figur 2: Titreringskurve

Over kan man se et eksempel på en titreringskurve, tatt fra kapittelprøven til elevene. Titreringskurven er tegnet i et koordinatsystem der den ene aksene representerer konsentrasjon og den andre pH-verdi. Å kunne tolke slike kurver, vil jeg i oppgaveanalysen vise at krever kompetanse innen det Kilpatrick et al. (2001) beskriver som *forståelse*. Dette er fordi elevene må ha forståelse for hvordan kurvene beskriver forholdet mellom de to variablene. De må kunne lese av sammenhenger mellom pH og konsentrasjonen, alt etter hva oppgavene etterspør.

5. Eleven skal kunne gjøre rede for protolyse av salter og gasser i vann

Den mest fremtredende matematiske kunnskapen som ligger til grunn for dette kompetansemålet er det at elevene må kunne sammenligne relevante syre- og basekonstanter. For å for eksempel kunne avgjøre om en saltløsning er sur, basisk eller nøytral, må man sammenligne K_a og K_b -verdiene for ionene i løsningen (Brandt & Hushovd, 2010). Disse verdiene er oppgitt som negative tier-potenser. For eksempel er K_a for HCO_3^- $4,8 \cdot 10^{-11}$ mol/L, mens K_b for det samme ioner er $2,3 \cdot 10^{-8}$ mol/L. Elevene må da vite at K_b i dette tilfellet er større enn K_a for å kunne vite at dette ionet danner basisk løsning. Her må elevene ha *forståelse* for negative tier-potenser.

Tabell 2 under viser en oversikt over hvilke aspekter jeg har trukket frem i de ulike kompetansemålene. Tallene 1 til 5 står for hvert sitt kompetansemål slik de er nummerert over. Jeg har gitt kompetansemål 2 og 3 felles rad, da jeg hadde en kobling mellom disse.

| | <i>Forståelse</i> | <i>Beregning</i> | <i>Anvendelse</i> | <i>Resonnering</i> |
|--------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | X | | | |
| 2 og 3 | X | X | X | X |
| 4 | X | X | X | X |
| 5 | X | | | |

Tabell 2: Oppsummering av læreplananalysen

5.2 Oppgaveanalyse

Spørsmål 1b er *Hvilke aspekter ved regning vektlegger oppgavene en gruppe Kjemi 1-elever arbeider med?* For å kunne besvare dette spørsmålet vil jeg ta for meg noen oppgaver fra kapittelprøven elevene hadde. Denne analysedelen presenterer de relevante oppgavene fra kapittelprøven, samt en fullstendig løsning av disse. Med løsningene vil jeg belyse hvilke av Kilpatrick et al. (2001) sine tråder som kreves for å kunne finne løsningene. Av samme grunn som i forrige analysepunkt velger jeg kun å belyse de fire første kategoriene som inngår i rammeverket til Kilpatrick et al., og jeg vil fokusere på den eller de trådene som er mest framtrepende i løsningen av oppgaven. Jeg vil også kun analysere matematiske kunnskaper som trengs for å kunne løse oppgavene, da det er dette studien går ut på, og ser bort fra kjemikunnskaper som selvsagt også avgjør hvorvidt elevene lykkes med oppgaveløsning. I etterkant av analysen av hver enkelt oppgave følger en kort oppsummering av hvilke kompetanser som blir belyst. Også har vil jeg sette trådene i *kursiv*, uten å sette referanse. Som avslutning på dette delkapittelet vil jeg presentere en tabell som viser hvilke kompetanser som blir belyst i hver enkelt oppgave.

Oppgave 1 omhandler hovedsakelig begrepsavklaringer, og er derfor tatt ut av analysen. De delene av oppgaven som omhandler regning, som oppsett av uttrykkene for K_a og K_b , er også en del av de andre oppgavene som blir tatt med i analysen. Oppgavene vil bli gjengitt nøyaktig slik som de ble gitt på prøven.

Oppgave 2a

Beregn pH i følgende løsninger:

- 1) 0,02 mol/L saltsyre HCl 2) 0,02 mol/L eddiksyre CH_3COOH
3) 0,02 mol/L ammoniakk NH_3 4) 0,02 mol/L ammoniumkloridløsning NH_4Cl

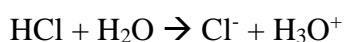
Boks 3: Oppgave 2a fra kapittelprøven.

Jeg vil først starte med analyse av oppgave 2a. For å unngå mye gjentakelse, vil jeg trekke forbindelser og henviser til analysen jeg gjorde av kompetansemålene i delkapittel 5.1. Mange av elementene som inngår i analysen av denne oppgaven, er nemlig allerede tatt med i analysen av kompetansemål 2 og 3, der jeg tok med to eksempler med pH-beregninger.

2a2 og 2a4 er løsninger av svake syrer, metoden for å løse disse deloppgavene er av samme slag som eksemplet jeg tok for meg i analysen av kompetansemål 2. I eksemplet tok jeg for meg en eddiksyreløsning, som de gjør i 2a2, bare med styrken 0,100 mol/L og ikke 0,02 mol/L. Videre er skillet mellom 2a2 og eksemplet at reaksjonsligningen i 2a4 vil være annenledes, og at man må ta i bruk en annen K_a -verdi. Denne K_a -verdien kan på samme måte som K_a -verdien for eddiksyre leses fra tabelloversikten for syrekonstanter. Det er denne forskjellen i syrekonstantene for de aktuelle løsningene i 2a2 og 2a4 som fører til en forskjell i pH-verdien for løsningene. Med dette sagt, vil da evnen til å kunne løse disse deloppgavene kreve de samme kompetansene som eksemplet med 0,100 mol/L eddiksyre. Det vil si at deloppgavene krever kompetanse innen både *forståelse, beregning, anvendelse og resonnering*.

Deloppgaven 2a1 kan løses slik:

Saltsyre HCl er en sterk syre med tilnærmet fullstendig protolyse.



$[\text{H}_3\text{O}^+]$ kan derfor settes lik syras konsentrasjon: $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,02 \text{ mol/L}$

$$\text{pH} = -\log \{[\text{H}_3\text{O}^+]\} = -\log 0,02 \approx 1,7$$

pH-beregninger for sterke syrer, som denne saltsyren, involverer færre steg enn for svake syrer. Her vil jeg si det avgjørende er å kunne utføre logaritmeberegninger. Først må man koble sammenhengen mellom $[\text{H}_3\text{O}^+]$ og startkonsentrasjonene til syren, som jeg mener krever mest kjemikunnskaper. Deretter må man kunne erstatte $\{[\text{H}_3\text{O}^+]\}$ med 0,02, som er en *behandling*

(Duval, 2006). Til slutt må man bruke kalkulator til å beregne pH-verdien. Dette mener jeg først og fremst krever kompetanse innen *beregning*, gjennom det at elevene må vite hvordan man bruker kalkulator til å finne logaritmen til et gitt tall. Dette vil jeg si er logaritmeberegninger på et grunnleggende nivå. Man må ikke forstå hva logaritme er for å kunne løse oppgaven, men forstå hvordan man utfører prosedyren. Altså kreves det *prosedyrekunnskap* (Hiebert & Lefevre, 1986).

Det er altså *beregning* som er det mest fremtredende aspektet.

Deloppgaven 2a3 kan løses slik:

Ammoniakk er en svak base $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

$[\text{OH}^-]$ er konsentrasjonen ved likevekt, og må bestemmes ved hjelp av uttrykket for

$$\text{basekonstanten } \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = K_b$$

Gitt i tabell: $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$

| | NH_3 | NH_4^+ | OH^- |
|--------------------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Konsentrasjonen ved start (mol/L) | 0,02 | 0 | 0 |
| Konsentrasjonen ved likevekt (mol/L) | 0,02-x | x | x |

$$\frac{x \cdot x}{0,02 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

En *behandling* gir: $x^2 + (1,8 \cdot 10^{-5})x - 0,02 \cdot (1,8 \cdot 10^{-5}) = 0$

Løser andregradslikningen og får $x_1 = -6,09 \cdot 10^{-4}$ og $x_2 = 5,91 \cdot 10^{-4}$.

Bruker tabellen til å sette:

$$[\text{OH}^-] = 5,91 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Jeg har ikke kommentert så mye hittil fordi alle stegene er lik som for beregningene av pH i svak syre, som i tilfellet jeg tok for meg i analysen av kompetansemål 2 i delkapittel 5.1. Det som skiller de to tilfellene er at mens man for syrer bruker K_a -uttrykket til å finne $[\text{H}_3\text{O}^+]$, bruker man for baser K_b -uttrykket til å finne $[\text{OH}^-]$. Med dette sagt krever denne løsningsstrategien at elevene har kompetanse innen *anvendelse* og *forståelse*, for å kunne *omdanne* problemet fra naturlig tekst til matematiske fomler. Strategien krever kompetanse innen *beregning*, for å

kunne *behandle* de algebraiske formlene ved å finne x -verdiene. Den krever også kompetanse innen *resonnering* for å kunne forkaste den negative x -verdien og koble sammenhenger mellom den positive x -verdien og $[\text{OH}^-]$. Begrepene *omdanne* og *behandle* er brukt ut i fra Duval (2006) sin beskrivelse av transformasjoner.

Videre herfra kan man ta i bruk to ulike metoder for å finne den etterspurte pH-verdien.

Alternativ 1:

Man kan finne pOH ved å ta i bruk formelen $\text{pOH} = -\log\{[\text{OH}^-]\}$

$$\text{pOH} = -\log 5,91 \cdot 10^{-4} = \underline{3,2}$$

Og deretter bruke relasjonen $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ til å finne pH-verdien.

$$\text{pH} = 14,0 - \text{pOH} = 10,8$$

Denne metoden er lik den jeg brukte i eksemplet som jeg tok for meg i analysen av kompetansemål 3.

Alternativ 2:

Bruke relasjonen $[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$ til å finne $[\text{H}_3\text{O}^+]$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{5,91 \cdot 10^{-4}} = 1,69 \cdot 10^{-11}$$

Og videre formelen for å finne pH

$$\text{pH} = -\log\{[\text{H}_3\text{O}^+]\} = -\log(1,69 \cdot 10^{-11}) = 10,8$$

Alternativ 2 kunne også brukes under analysen av kompetansemål 3, men ble ikke det. Begge alternativene krever, i tillegg til å kunne gjennomføre beregningene, forståelse for relasjoner mellom de ulike formlene og operasjonene. Dette er en del av tråden *forståelse*.

Oppgave 2b: Beregne

1. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ i salpetersyre HNO_3 med $\text{pH} = 1,3$
2. $[\text{OH}^-]$ ammoniakkløsning NH_3 med $\text{pH} = 12,8$

Boks 4: oppgave 2b fra kapitteprøven

Deloppgaven 2b1 kan løses slik:

Bruker sammenhengen $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$, og løser likningen slik at man får $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$. Dette er en transformasjon innen samme representasjonssystem og dermed en *behandling* (Duval, 2006).

Videre får man at $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1,3} = 0,050 \text{ mol/L}$.

Selv om forståelse for inversfunksjonen til \log_{10} , vil være til hjelp, mener jeg at det her ikke er nødvendig for å kunne løse oppgaven. Dersom man husker begge formlene, eller har lært seg hvordan man omformulere den ene til den andre, vil man enkelt kunne løse oppgaven. Med dette sagt er det her mest nødvendig med *prosedyrekunnskap* (Hiebert og Lefevre, 1986), og dermed kompetanse innen aspektet *beregning*.

Deloppgaven 2b2 kan løses som følger:

Omformulerer formelen $\text{pOH} = -\log\{[\text{OH}^-]\}$ til formelen $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$. Dette er behandlingsmessig likt tilfellet over. Man må videre oppfatte at det er pH som er oppgitt og ikke pOH, og dermed bruke relasjonen $\text{pH} + \text{pOH} = 14,0$ til å finne pOH.

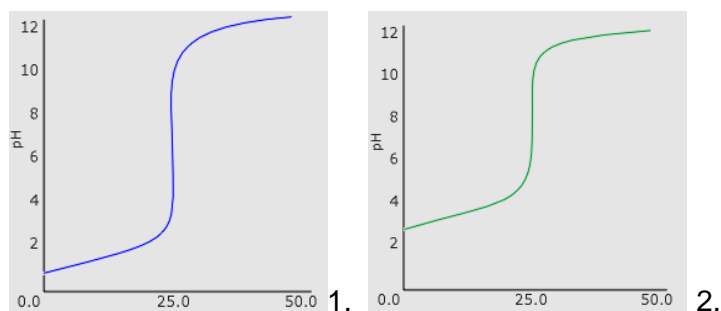
$$\text{pOH} = 14,0 - 12,8 = 1,2$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-1,2} = 0,063$$

Denne oppgaven krever kunnskap innen aspektet *beregning* gjennom det å kunne gjennomføre beregningene, men også gjennom å vite at det er disse beregningene som skal gjennomføres. Oppgaven mener jeg også krever *forståelse* for relasjoner mellom de ulike formlene, for å kunne kombinere dem på en riktig måte.

Oppgave 3a4

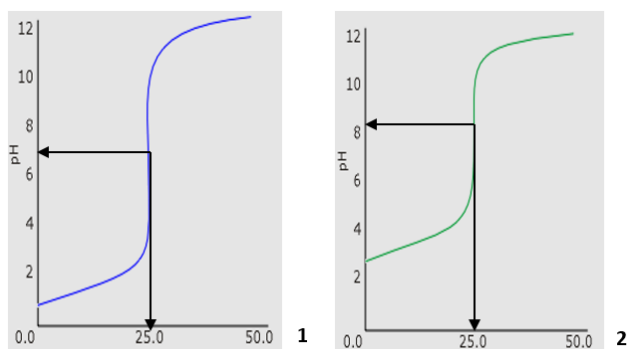
4) Hva menes med **ekvivalenspunktet** i en titrering. Merk av ekvivalenspunktet på disse figurene.



Boks 5: oppgave 3a4 fra kapittelprøven

Deloppgaven kan løses slik:

Ekvivalenspunktet i en syre-basetitrering har vi når stoffmengden av OH^- fra tilsatt standard løsning, i dette tilfelle base, svarer til stoffmengden H_3O^+ dannet fra syreløsningen i titrerkolben (Brandt & Hushovd, 2010, s. 221). Det er kjemiske vurderinger som kreves for å kunne vite at det å tilsette en liten mengde ekstra base etter et slik punkt fører til drastiske endringer i pH-verdien. Men for å kunne markere punktet må man forstå hvordan dette slår ut på titreringskurven. Dette vil jeg si krever mest kompetanse innen tråden *forståelse*, for å forstå hvordan relasjonen mellom konsentrasjonen av løsningen og pH-verdien er beskrevet ved hjelp av kurven. Dette er viktig for at elevene skal kunne tolke kurvene, og å forstå at ekvivalenspunktet er det bratteste punktet på kurvene. pH ved ekvivalenspunktene for disse titreringene er vist med piler på figuren under.



Figur 3: Løsning på oppgave 3a4

Oppgave 3b

Du skal finne konsentrasjonen av en fortynnet løsning av svovelsyre H_2SO_4 ved hjelp av titrering med $0,10 \text{ mol/L}$ natronlut NaOH , med phenolphtalein som indikator. Du måler opp $25,0 \text{ ml}$ av syra i titrerkolben og fyller luten i byretten. Det går med $24,2 \text{ ml}$ lut før indikatoren får fargeomslag. Finn konsentrasjonen av svovelsyra.

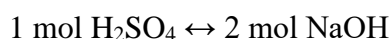
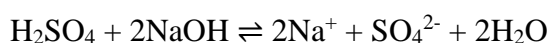
Boks 6: Oppgave 3 fra kapittelprøven.

For å kunne løse denne oppgaven, må det først og fremst foregå en transformasjon i form av det Duval (2006) beskriver som *omdannelse*. Som mange andre kjemioppgaver er opplysningene i utgangspunktet gitt i form av naturlig språk, mens det gjennom hele løsningsprosessen vil brukes matematisk formelspråk. Vurdering av hvilke formler som skal brukes må gjøres med utgangspunkt i vurdering av hvilke opplysninger som er gitt. Dette beskrives av Kilpatrick et al. (2001) som sentral innen tråden *beregning*.

Fra opplysningene i teksten kjenner man til konsentrasjonen og volumet til NaOH . Dette kan man bruke til å beregne stoffmengden til stoffet ved å bruke formelen $n=c \cdot v$.

$$0,10 \text{ mol/L} \cdot 24,2 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 2,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

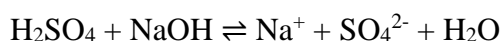
Videre kan man bruke den balanserte reaksjonslikningen under til å finne ut hvor mange mol H_2SO_4 dette tilsvarer.



Man ser med dette at det er dobbelt så mange mol NaOH som H_2SO_4 , noe som vil si at 1 mol NaOH tilsvarer $\frac{1}{2}$ mol H_2SO_4 . Dette mener jeg krever hovedsakelig kompetanse innen aspektet *resonnering*, for å kunne se denne relasjonen og trekke sammenhenger til at antall mol NaOH må halveres for å få antall mol H_2SO_4 .

$$\frac{2,42 \cdot 10^{-3}}{2} \text{ mol} = 1,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol (stoffmengden H}_2\text{SO}_4)$$

Det er her avgjørende at man har en balansert reaksjonslikning. En ikke-balansert versjon av denne likningen vil se slik ut:



Denne reaksjonsligning vil si at antall mol NaOH er lik antall mol H₂SO₄, noe som ville føre til feil svar på deloppgaven.

Når man vet antall mol H₂SO₄ kan man bruke volumet av syren som ble oppgitt i oppgaven (25 mL), og formel for å finne konsentrasjon ($c = \frac{n}{v}$), til å finne konsentrasjon av H₂SO₄. Konsentrasjon er som nevnt tidligere oppgitt i mol/L, og man må da huske å omgjør fra mL til L. Den avsluttende beregningen vil se slik ut:

$$\frac{1,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{25,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 0,0484 \text{ mol/L}$$

Den avsluttende prosedyren krever kompetanse innen *beregning*. Denne kompetansen kreves både når det gjelder å finne ut formler man må bruke, og når man må omgjøre mellom måleenhetene. For å kunne gjennomføre omgjøringen, må elever vite at dette kreves. Dette gjør kompetanse innen *resonnering* også nødvendig. Elevene kan bruke det at konsentrasjonen er oppgitt i mol/L til å resonnerer seg frem til at de må ha volumet oppgitt i liter.

Gjennom hele oppgaven mener jeg også at et behov for *forståelse* kommer til uttrykk. Elevene må forstå sammenhengen mellom de ulike operasjonene som kreves. Det er da her snakk om det Hiebert og Lefevre (1986) beskriver som *begrepskunnskap*. Det er ikke nok å kunne bruke de ulike formlene for stoffmengde eller konsentrasjon hver for seg, men disse må settes i sammenheng med hverandre og forstås i et nettverk.

Tabell 3 under viser hvilke aspekter jeg har trukket frem som fremtredende i oppgaveanalysen.

| | Forståelse | Beregning | Anvendelse | Resonnering |
|---------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 2a1 | | X | | |
| 2a2-2a4 | X | X | X | X |
| 2b1 | | X | | |
| 2b2 | X | X | | |
| 3a4 | X | | | |
| 3b | X | X | X | X |

Tabell 3: Oppsummering av oppgaveanalysen

5.3 Regning i oppgavearbeid

I en oppgavearbeidsprosess er det gjerne flere faktorer som kan påvirke elevenes evne og mulighet til å løse en oppgave. Denne analysedelen er ment å besvare problemstilling 2: *Hvilken betydning har kompetanse i regning for elever i deres oppgavearbeid i Kjemi 1?* Analysen deles opp i to deler, henholdsvis etter kategoriene «hjelper» og «hindrer». Disse kategoriene ble utviklet, som beskrevet i kapittel 4.3.1, ut i fra elevutsagn.

Analysen vil ta utgangspunkt i elevbesvarelser fra kapittelprøven og det elevene uttrykker under gruppeintervjuene. Dette vil knyttes til noen elevbesvarelser og observasjoner fra klasseromsundervisningen, noe jeg mener er med å minske sannsynlighet for å analysere tilfeldige hjelp og hinder.

5.3.1 Hjelper

Jeg vil nå trekke frem hvordan elevene uttrykker at kompetanse i regning har hjulpet dem i oppgavearbeid. Datamaterialet fra gruppeintervjuene vil bære hovedtyngden i denne delen, fordi det var under intervjuene elevene fikk uttrykke seg mest når det gjelder dette temaet.

Matematikk er konkret

Elevene uttrykker at bruk av matematikk noen ganger hjelper dem når de skal vurdere svarene de får. Leah og Synnøve sier for eksempel følgende:

Leah: Matematikk er sann og konkret. Enkel å forholde seg til. Greit i vurdering av om man har gjort noe riktig.

Synnøve: For eksempel om man har en syre og får en pH-verdi som er over 7, vet man at det er feil. Da må man gå tilbake å prøve å rette opp.

Dette kunne for eksempel elevene ta i bruk for å vurdere egne besvarelser på oppgave 2a på kapittelprøven, der de skulle beregne pH av ulike syrer. Kun oppgave 2a3 som omhandler pH-beregning av base skulle gi et svar som var over 7. De andre svarene burde være under 7. Evnen til å reflektere og vurdere svarene hjelper altså elevene til å rette opp i feil, i tilfellene feilene er så tydelige.

Pål uttrykker også at det er enklere å gå tilbake og sjekke om man har regnet riktig, enn om man skal lese gjennom en tekstbesvarelse.

Det er liksom enklere å sjekke om stegene er riktige, om man har regnet riktig liksom, enn om man skulle lese gjennom en tekst. **(Pål)**

Det med å kunne vurdere om man har gjort oppgaver riktig beskriver Polya (1945/2014) som en viktig del av det å kunne løse problemer. Denne vurderingsevnen har Polya tatt med i begge de to siste stegene i beskrivelse av problemløsning som en matematisk metode. Både under gjennomføringen av planlagt løsningsstrategi, og ikke minst som en viktig del av det å kunne se tilbake og sjekke sin egen prosedyre. Det at det er konkrete formler og tall elevene jobber med, trekker elever frem som en fordel i denne vurderingsprosessen. Med dette mener jeg elevene viser verdsettelse av matematikk, gjennom det å se at matematikk er nyttig og er til hjelp. Denne verdsettelsen av matematikk mener jeg kan knyttes opp mot den siste tråden til Kilpatrick et al. (2001), *engasjement*.

Motiverende å bruke kjent kunnskap

Det kom også gjennom intervjuene til uttrykk at elevene synes det er motiverende å jobbe med ting man allerede har lært.

Det er motiverende å se at man får brukt det man har lært. (**Synnøve**)

Jeg trodde aldri at jeg skulle få bruk for logaritme, ikke at jeg synes det er enkelt, men artig å se at det er mening med det man lærer i matematikken. (**Gunn**)

Denne studien har i utgangpunktet ikke stort grunnlag til å si noe om hvor mye motivasjon innvirker på elevenes evne til å løse oppgaver. Utsagnene over vil jeg likevel tolke som at elever mener at det å se at man får bruk for ting man lærer er motiverende. I dette tilfellet er det for dem motiverende å bruke kunnskaper de har med seg fra matematikkfaget.

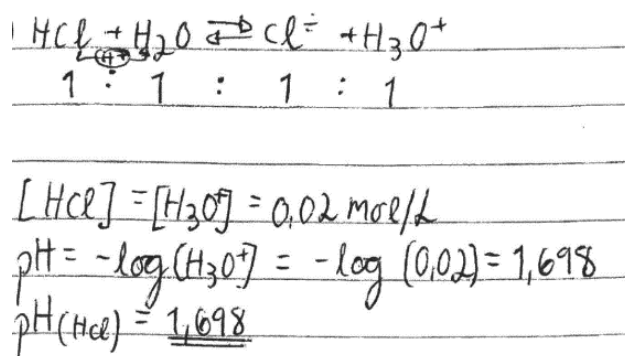
Direkte bruk av formler

Elevene uttrykker at de synes det er enklere å huske hvordan man bruker formler, spesielt når formler er så «enkle» som de er, enn å bare huske teori.

Trine: Det hjelper at man har lært matematikken fra før, det blir ikke så mye nytt i faget som om hvis vi skulle bruke helt andre metoder. Det er enklere å huske formler liksom, enn å huske mye tekst for eksempel.

Eva: Ja, at det ikke bare er teori som i biologi for eksempel. Der må vi bare sitte å lese, og forstå det på den måten. Da blir det mye tyngre å få det inn.

Ut i fra disse uttrykkene tolker jeg at elevene mener bruk av matematikk gjør det enklere å løse oppgavene, i den forstand at det er formler de må huske og ikke «mye tekst», for å bruke uttrykket til Trine. Dette viser seg å stemme ut i fra at oppgavene som krever direkte bruk av formler på prøven, som oppgave 2a1 og 2b1 på prøver, er de som er best besvart totalt sett. For eksempel løste samtlige elever oppgave 2a1 korrekt, ved å bruke samme metoden som Marte gjør på Bilde 1.



Bilde 1: Martes løsning på oppgave 2a1

Her var det gitt en sterk syre der molforholdet mellom H_3O^+ og syren HCl er 1-til-1. Løsningen krevde direkte pH-formelen ($\text{pH} = -\log\{[\text{H}_3\text{O}^+]\}$), slik som Marte har gjort. Under intervjuet uttrykker noen av elevene følgende om det som muliggjorde oppgaveløsningsprosessen for dem:

Der kunne man bruke pH-formelen direkte, og bare sette inn konsentrasjonen man fikk oppgitt. **(Eva)**

Der var det bare å sette inn i formelen, så hvis du husket formelen så var den lett. **(Frida)**

Her påpeker Frida at elevene så klart måtte huske formelen, men at det var enkelt da det ikke var mye mer de måtte huske. Ikke minst uttrykker elevene at det ofte er bruk av enkle formler i beregninger.

Når vi snur formler, og skal finne konsentrasjon og mol, molar masse, volum. Enkel matematikk som gange, dele. Enkle formler, og likninger der vi skal finne en ukjent. Det er det det går i egentlig. **(Synnøve)**

Alle elever uttrykker under intervjuet enighet med det Synnøve sier. Selve beregningene synes de ikke er avanserte. Dette kan vi se et eksempel på i Anders sine beregninger på oppgave 3b fra prøven (Bilde 2).

$$n(\text{NaOH}) = C \cdot V = 0,10 \text{ mol/L} \cdot 0,0242 \text{ L} = 0,00242 \text{ mol}$$

$$\# \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{\# \text{ mol NaOH}}{2} = \frac{0,00242 \text{ mol}}{2} = 0,00121 \text{ mol}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = \frac{n}{V} = \frac{0,00121 \text{ mol}}{0,025 \text{ L}} = \underline{\underline{0,0484 \text{ mol/L}}}$$

Bilde 2: Anders' beregning på oppgave 3b

I oppgaven skulle elevene finne konsentrasjon av svovelsyre ut i fra resultater fra en titrering. Det jeg vil få frem med dette bildet er at beregningene elevene trengte på denne oppgaven var kun multiplikasjon og divisjon. I tillegg var det kun én formel som ble brukt og det var formelen $n=c \cdot v$. I første tilfellet var det stoffmengden (n) som var ukjent, mens det i siste tilfellet var konsentrasjon (c) som var ukjent. Likevel var det denne oppgaven flest elever hadde vanskeligheter med. Hva det skyldtes kommer jeg tilbake til under hovedkategorien «hinder».

Anvendelsestrening

Knyttet til at det stort sett er enkle formler som benyttes, uttrykker noen av elevene at bruk av de samme metodene gjør det enklere å løse oppgaver. Marte sier: «Det hjelper at vi får øvd oss på å bruke formlene om og om igjen, så vi blir vant til å bruke dem»

Bilde 3 viser besvarelsen til Anders på oppgave 2a2.

$$2 \quad \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_a$$

$$\frac{x \cdot x}{0,02 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 \approx 3,6 \cdot 10^{-7}$$

$$x \approx 6 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{pH} = -\log x = \underline{\underline{3,2}}$$

Bilde 3: Anders sin løsning på oppgave 2a2

Som man kan se har Anders med minimalt med detaljer sammenlignet med det lignende eksemplet jeg tok for meg under analysen av kompetansemål 2. Han har for eksempel ikke med hjelpetabellen, og han har gjort forenklinger i sitt andregraduttrykk.

Istedenfor å løse andregradsuttrykket ved å først gjøre om uttrykket til følgende uttrykk: $x^2 + 1,8 \cdot 10^{-2} - 3,6 \cdot 10^{-7}$, for så å løse det ved bruk av «abc-formelen», gjorde Anders forenklinger. Under intervjuet uttrykker han at han brukte sine kjemikunnskaper til å anta at x-verdien ville være veldig liten, og dermed ikke gjøre så stort utslag i uttrykket «0,02-x». Han valgte derfor å neglisjere x-verdien i dette uttrykket, og kun tenke at han hadde 0,02 under brøkstreken. Han kunne da forenkle likningen til å gi et enklere andregraduttrykk som ikke krevde bruk av «abc-formelen». Dette er riktige resonneringer som gir riktig svar. Anders og Synnøve sier videre følgende:

Anders: [...]det kommer an på hvor langt jeg har kommet med stoffet. Hvis det er nytt, så gjør jeg det. Gjør hele oppgaven, og gjør den grundig. Men jo flere oppgaver jeg har gjort, så prøver jeg å ta korteste veien til svaret med minst mulig mellomregninger.

Synnøve: Det er akkurat det samme som skjer med meg også. Hvis jeg tror, hvis jeg overbevise meg selv om at jeg kan det, så blir mellomregninger mindre og mindre.

Det at de får brukt de samme metodene flere ganger, er altså med på å hjelpe dem i videre oppgaveløsning, og ikke minst for å kunne effektivisere oppgaveløsningsprosessen slik det var for Anders på oppgave 2a2.

Når elever snakker om oppgave 2 fra prøven, uttrykker de at anvendelsestrening, sammen med evnen til å tilpasse metodene, hjelper dem i oppgavearbeid.

Anders: Når du har regnet gjennom mange slike oppgaver, er det lettere å kjenne igjen hva du skal gjøre og bruke i ulike oppgaver.

Leah: Ja, jeg regnet gjennom slike oppgaver dagen før prøven, så jeg kjente det igjen med engang, men samtidig måtte du tenke hvilken måte du skulle regne på, hva det egentlig gjaldt.

Synnøve: Jeg også. Når man regner gjennom slike oppgaver, blir man fort vant til et mønster. Men så kan man ikke følge det mønstret, for det er ikke alltid at det fungerer.

Leah: Nei

Synnøve: Men hvis man klarer å se hva man må tilpasse, så går det greit.

Anders: Ja, da er det greit å ha jobbet med oppgaver før

En slik tilpasning vil for eksempel kunne være i form av at det er andre kjemiske stoffer man jobber med, andre syre- og basekonstanter, andre syre- og basekonsentrasjoner, eller andre syre-

og basestyrker. Elevene sier her at oppgavene selvsagt må tilpasses, men at det også er slik at det i denne prosessen er til god hjelp at de har jobbet med lignende oppgaver før. Dette kan sees i sammenheng med at det er få, og til dels enkle, formler elevene jobber med i kjemi. Ved å jobbe med mange oppgaver hvor de ulike formlene brukes, vil da kunne hjelpe elevene å tilpasse dem til ukjente problemer.

Leah trekker også inn at bruk av matematikk i flere fag hjelper henne å forstå matematikken bedre.

Når man bruker matematikk mye, blir man vant til bruken, og man forstår matematikken bedre. (**Leah**)

For å kunne bruke matematikk korrekt og effektivt, må man forstå matematikken (Kilpatrick et al., 2001). Det at elevene sier at anvendelsestrening hjelper dem i oppgavearbeid, mener jeg kan settes i sammenheng med det Lorentzen (2012) skriver, at man lærer matematikk først ved å anvende matematikk.

5.3.2 Hinder

Under gruppeintervjuene fikk elevgruppene mulighet til å tenke tilbake til oppgavearbeid de har gjort i kjemitimene den siste perioden, og blant annet reflektere over hva det var som hindret dem i oppgavearbeid. I denne delen, skal deres refleksjoner settes i sammenheng med andre observasjoner jeg gjorde underveis i datainnsamlingsperioden, og til innsamlete elevarbeid. Innsamlete elevarbeid vil hovedsakelig være fra kapittelprøven, med noen få innslag fra andre undervisningstimer.

Å lage løsningsstrategi

Denne kategorien er basert på observasjonene. For å kunne bedre forstå hva elevene tenkte, ba jeg alltid elevene å forklare meg hva som var utfordrende med den aktuelle oppgaven. Bortsett fra noen få som ville forsikre seg om at de hadde forstått oppgaven riktig, var det aller hyppigste svaret at de ikke forsto hvordan de skulle lage seg en løsningsstrategi. De visste ikke hvordan de skulle strukturere informasjonen i oppgaven.

Det er det som er problemet når jeg får en slik oppgave. Jeg får ikke til å tenke slik. Jeg forstår ikke hva jeg skal gjøre. Det er det som er problemet mitt, at jeg aldri vet hva jeg skal gjøre. Jeg vet liksom ikke ... ja alt er bare rot med mindre jeg får fremgangsmåten slik. (**Leah**)

Dette var etter jeg hadde veiledet henne gjennom en oppgave der hun lurte på hvordan hun kunne forstå og lage seg en løsningsstrategi til. Her uttrykker eleven at det er først når hun får fremgangsmåten forklart, at hun klarer å få orden i det hun skal gjøre. Det er med hjelp hun klarte å systematisere det hun skal gjøre. De aller fleste elevene i denne studien uttrykte det samme da de sto fast i en oppgave. Frida uttrykte det på følgende måte:

Jeg forstår ikke hva jeg skal gjøre jeg. Når læreren går gjennom det så forstår jeg det, men når jeg skal gjøre det forstår jeg ingenting. (**Frida**)

I en annen anledning spurte Gunn følgende etter å ha fått hint om hvordan hun kunne tenke for å komme i gang med løsningsprosessen i en oppgave: «[...] *men har du...når du ser på en oppgave, har du liksom egne oppskrifter?*»

Her uttrykker både Frida og Gunn at de har vanskeligheter med å komme på løsningsstrategien selv. I flere anledninger uttrykker altså disse elevene at det er den selvstendige og individuelle tanke- og organiseringsprosessen som er krevende. Elevene får altså ikke til å systematisere opplysninger, finne sammenhengen mellom dem, og den «nakne strukturen» Lorentzen (2012) skriver at matematisk problemløsning handler om. Lorentzen skriver at det som regel er veldig enkelt å se hvordan oppgaver skal løses når man først har funnet grunnstrukturen i problemet, som gjerne da er uttrykt ved matematiske formler. Dette er da et spørsmål om *transformasjoner*, og nærmere bestemt *omdannelse* (Duval, 2006). Dette tar jeg for meg i egen kode under.

Omdannelse

Duval (2006) skriver at matematiske aktiviteter involverer transformasjoner. Matematiske aktiviteter i kjemifaget er ikke et unntak. De aller fleste kjemioppgaver elevene i denne studien møtte var formulert med naturlig språk, og skulle løses ved bruk av matematiske formler og uttrykk. Det å finne det Lorentzen (2012) beskriver som grunnstrukturen i problemet, for lettere å kunne se hvordan problemet skal løses, handler da om å gjennomføre en transformasjon av typen *omdannelse* (Duval, 2006). Under observasjonen observerte jeg at mange elever møtte hindringer når det kom til å oversette gitte problemer til matematiske formler slik at de kunne løse dem. Duval skriver at *omdannelse* er en krevende form for transformasjon, som man kan se et eksempel av på bildene under.

$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

| | CH_3COOH | CH_3COO^- | H_3O^+ |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|
| stoffmengde for protolyse | 0,02 | 0 | 0 |
| stoffmengde ved likevekt | 0,02 | x | x |
| Konsentrasjon ved likevekt | 1-x | x | x |

$$K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot x}{(1-x)}$$

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$-\log[\text{H}_3\text{O}^+] = \text{pH}$$

$$\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Bilde 4: Gunn sin besvarelse på oppgave 2a2

$$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$$

$n = c \cdot v = 0,02 \cdot 1$

| | NH_3 | NH_4^+ | OH^- |
|----------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| stoffmengde for protolyse | 0,02 | 0 | 0 |
| stoffmengde ved likevekt | 0,02 | x | x |
| Konsentrasjon ved likevekt | 1-x | x | x |

$$K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot x}{(1-x)}$$

$$x = [\text{OH}^-]$$

$$-\log[\text{OH}^-] = \text{pOH}$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Bilde 5: Gunn sin besvarelse på oppgave 2a3

Bildene over viser Gunn sine besvarelser på oppgavene 2a2 og 2a3. Oppgavetekstene etterspurte pH i 0,02 mol/L løsninger av eddiksyre og ammoniakk i henholdsvis oppgave 2a2 og 2a3. Det ble ikke gitt flere opplysninger enn det. Fra gitte opplysninger skulle hjelpetabellene i deloppgave 2a2 sett ut som Tabell 4, og til deloppgave 2a3 som Tabell 5 under.

| | CH_3COOH | H_3O^+ | CH_3COO^- |
|---|------------|----------|-------------|
| <i>Konsentrasjon ved start (mol/L)</i> | 0,02 | 0 | 0 |
| <i>Konsentrasjon ved likevekt (mol/L)</i> | 0,02-x | x | x |

Tabell 4: Hjelpetabell til oppgave 2a2

| | NH_3 | NH_4^+ | OH^- |
|---|--------|----------|--------|
| <i>Konsentrasjonen ved start (mol/L)</i> | 0,02 | 0 | 0 |
| <i>Konsentrasjonen ved likevekt (mol/L)</i> | 0,02-x | x | x |

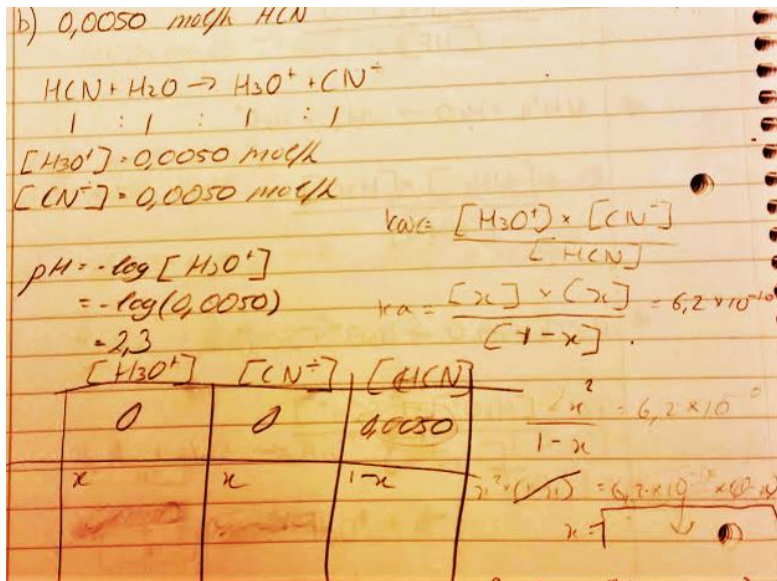
Tabell 5: Hjelpetabell til oppgave 2a3

Fra Gunn sine tabeller er det tre ting å merke seg. Det første er at hun, uten å få oppgitt volum i oppgaven, har satt stoffmengdene til å være 0,02. Dette er tilfelle kun hvis volumet i løsningen hadde være 1L. Øverst til høyre på Bilde 5 kan man se at hun har brukt formelen $n=c \cdot v$, og satt volumet til å være 1L. Volumet er en opplysning som ikke er nødvendig for å løse oppgaven, og er heller ikke oppgitt.

Det andre er at hun har satt stoffmengde til CH_3COOH ved likevekt også til å være 0,02. Noe som vil si at CH_3COOH ikke har reagert, og som igjen ville si at stoffmengden av de andre ionene i tabellen hennes skulle være null ved det tidspunktet.

I den siste raden i tabellen hennes har hun satt konsentrasjonen til CH_3COOH til å være 1-x, noe som betyr at startkonsentrasjonen av eddiksyren var 1 mol/L. Fra oppgaveteksten ser vi at denne konsentrasjonen er 0,02 mol/L.

Dette tolker jeg som at eleven har møtt på et hinder når det kommer til å *omdanne* fra naturlig språk til algebraiske formler. I undervisningen observerte jeg at flere elever syntes denne omdannelse var krevende. Blant annet Leah gjorde en lignende feil da hun skulle beregne pH i en 0,0050 mol/L HCN-løsning (Bilde 6)



Bilde 6: Leahs forsøk på å finne pH-verdien til HCN.

Leah har som Gunn satt konsentrasjonene ved likevekt til å være x, x og (1-x). Uten å ta hensyn til at startkonsentrasjonen i dette tilfelle var 0,0050 mol/L og ikke 1,00 mol/L. Faglæreren hadde i forkant av oppgaven Leah gjør, gjennomført et beregningseksempel på tavlen der han beregnet pH i 1L løsning av 1,00 mol/L eddiksyre (Se Boks 7).

| | CH_3COOH | H_3O^+ | CH_3COO^- |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|
| Stoffmengde før protolyse (mol) | 1,00 | 0 | 0 |
| Stoffmengde ved likevekt (mol) | 1,00 - x | x | x |
| Konsentrasjon ved likevekt (mol/L) | 1,00-x | x | x |

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{[x] \cdot [x]}{[1,00-x]}$$

Omformulerer uttrykket og får en andregradslikning:

$$x^2 + 1,8 \cdot 10^{-5} x - 1,8 \cdot 10^{-5} = 0$$

Løser likningen og får

$$x = -0,00425 \quad x = 0,00423$$

en gyldig x-verdi må være mellom 0 og 1

Ut i fra hjelpetabell gir dette

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,00423 \text{ mol/L}$$

Likning (4) gir

$$\text{pH} = -\log(0,00423) = 2,4 \text{ (Brandt \& Hushovd, 2010, s. 219)}$$

Boks 7: Beregninger av pH i 1,00 mol/L løsning av eddiksyre (Brandt & Hushovd, 2010, s. 219)

Det Gunn gjør på Bilde 4 og Bilde 5, er veldig likt det man kan finne i et eksempelet i Boks 7. Det vil jeg si tyder på at Gunn har lært seg prosedyren, og innehar med det *prosedyrekunnskap* (Hiebert & Lefevre, 1986). Fordi selv om hun bruker tabeller som ikke er korrekt oversatt, og ikke løser andregradsligningene hun får, beskriver hun rett prosedyre for å finne de etterspurte pH-verdiene. Jeg har derfor valgt å knytte denne delen av analysen til «forståelse». Dette fører til at alt under ikke kan kodes som «omdannelse», men vil også omhandle beregninger.

Gunn sine besvarelser, på samme måte som Leah sin, mener jeg viser manglende forståelse for hva de ulike elementene i tabellen betyr. Dette mener jeg er grunnen til at omdannelsen fra tekst til formeluttrykk blir feil. Videre må kunnskap om matematiske beregninger, som i dette tilfellet er bruk av «abc-formelen», settes i sammenheng med ny informasjon som blir tilgjengeliggjort gjennom oppgavene, i dette tilfelle andregradslikningen. Dette gjør ikke Gunn i besvarelsene på Bilde 4 og 5. Ut i fra klassifiseringen til Hiebert og Lefevre (1986), mener jeg da at eleven her viser manglende *begrepskunnskap*. Både med tanken på at hun ikke løse likningene hun kommer til, og heller ikke omdanner korrekt.

Under intervjuet sier Gunn følgende om bruk av matematikk i faget, som kan kobles til hennes besvarelse av deloppgavene 2a2 og 2a3:

[...] men jeg fikk til å fortsette selv om jeg ikke hadde rett svar på en måte. For å vise fremgangsmåten, at jeg vet hvordan det går. Men for å få til rett svar til slutt, var jeg jo ganske avhengig av den matematikken jeg ikke fikk til der og da. (**Gunn**)

Gunn støtter seg altså på sin *prosedyrekunnskap*, det at hun vet hvordan prosedyren gjennomføres steg for steg, for å vise at hun har deler av kunnskapen som trengs for å kunne løse oppgaven.

Manglende evnen til å *omdanne* informasjon på en korrekt måte, kobler Grace og Frida til deres manglende anvendelsestrening.

Grace: Ja, så føler jeg at når vi har jobbet med slike oppgaver, så har læreren gjort dem på tavlen. Så vi har ikke fått prøvd oss selv liksom, vi har bare skrevet av det han har skrevet på tavlen på en måte.

Frida: Ja, jeg er enig i det. Selv om vi hadde gjort en lignende oppgave i timen, så fikk jeg kanskje ikke med meg hvorfor alt ble gjort slik.

Grace og Frida uttrykker seg her om oppgave 2a og 3b, som de mente var vanskelig på prøven. De sier at de har jobbet med for få slike oppgaver på egenhånd, og at det muligens

vanskeliggjorde oppgaveløsning for dem. Dette mener jeg kan settes i sammenheng med det Lorentzen (2012) skriver om at man må selv løse matematiske problemer, og anvende matematikk for å lære matematikk. Og som den sosiokulturelle læringsteorien sier kan ikke elever være passive mottakere under læringsaktiviteter, de må være aktive i egen læring (Dysthe, 2001). De må altså løse oppgavene på egenhånd også.

Elevutsagnene i denne koden mener jeg viser manglende evne til å forstå hva de ulike elementene i en metode faktisk beskriver, og dermed manglende ferdighet i å kunne skifte mellom ulike representasjonssystemer, nærmere sagt manglende evne til å *omdanne* informasjon.

Kompleksitet i oppgaver

Tilknyttet elevenes vanskelighet med å gjennomføre *omdannelser*, ligger kompleksitet i kjemioppgaver. Under refleksjon på hva som hindrer elevene var det stort sett de samme elementene som gikk igjen i alle gruppeintervjuene, at kjemioppgaver gjerne er «komplekse». Med «komplekse» mener jeg at det ikke bare er rett frem bruk av én formel, men at man må tolke oppgavene for å finne ut hva man skal bruke og hvordan, som vi allerede har sett i forbindelse med de sentrale pH-beregningene. Eva sa noe som fint oppsummere det alle gruppene uttrykte: «[...] *Det står liksom ikke: regn med abc-formelen. Det er mye mer rett frem i matematikken, så her du må vite det selv.*»

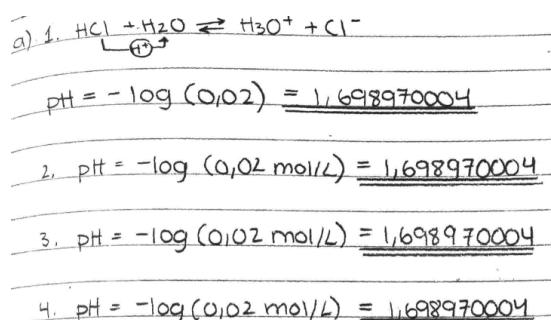
Som Eva i forrige sitat var elevene inne på at det ikke er like enkelt å bruke matematikk i kjemifaget, som det er å bruke matematikk i matematikkfaget. Det de mente skilte kjemioppgavene fra oppgaver de ofte møter i forbindelse med matematikkfaget var kompleksiteten i kjemioppgavene. Elevene mente at man i kjemioppgaver måtte gjennom mange flere steg enn det de måtte i matematikkfaget. I matematikkfaget var det mye mer tydelig hvilke formler de skulle bruke for å løse de ulike oppgavene, og det var gjerne ikke mye bruk av mange formler i én og samme oppgave. Sitatene under er tatt ut fra separate gruppeintervjuer hvor elevene reflekterer over bruk av matematikk i kjemifaget.

[...] for meg går det ganske greit egentlig, men det som kan være vanskelig er jo kanskje at man må gjennom mange stadier, det er mange formler og mye å huske på. (**Elias**)

Man kan liksom ikke alltid bruke formlene direkte, man må liksom endre på formlene. (**Trine**)

[...] når du skulle begynne å regne måtte du innom flere steg. Så må du begynne med et steg, og når du avslutter så skal du... ja, gjør du et annet steg hvis du forstår hva jeg mener. (**Leah**)

Som jeg nevnte under koden «direkte bruk av formler» løste samtlige elever oppgave 2a1, som krevde bruk av én formel, korrekt. Til sammenligning var det kun tre elever som løste oppgave 2a2 korrekt, der det var krav om å bruke flere formler. Som man ser i Grace sin besvarelse av oppgave 2a (Bilde 7), har hun brukt samme metoden til å beregne pH i alle deloppgavene. Hun tar ikke hensyn til om det er syre eller base, eller styrken på stoffet. Grace tar en metode som fungerer i bare det første tilfellet, og bruker det på alle 4 tilfellene.



Bilde 7: Grace sin besvarelse på oppgave 2a

Grace sin besvarelse viser gjentatte feil blant flere som ikke klarte å løse deloppgavene 2a2-2a4. Man kan ut i fra oppgaveanalysen av disse deloppgavene (delkapittel 5.2) si at dette er et stort skille mellom deloppgavene 2a1 som bare krevde kompetanse innen *beregning*, og de andre deloppgavene som i tillegg til *beregning* krevde kompetanse innen *forståelse*, *anvendelse* og *resonnering*. Men dette viste seg å være tendensen i oppgave 2b også. 10 av 11 elever fikk til å løse oppgave 2b1 som krevde bruk av én formel, mens kun 4 fikk til oppgave 2b2. I oppgave 2b1 skulle elevene beregne $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ut i fra en gitt pH-verdi. Som jeg viste i oppgaveanalysen kan man enkelt gjør dette ved å ta $10^{-\text{pH}}$. Elevene måtte i oppgave 2b2 trekke sammenhenger mellom formelen for $[\text{OH}^-]$ og relasjonen mellom pH og pOH, slik Elias gjør på bildet under, for å finne den etterspurte konsentrasjonen av OH^- .

$[\text{OH}^-]$, NH_3 pH 12,8. $\text{pOH} = 14 - 12,8 = 1,2$
 $10^{-1,2} = 0,06 \text{ mol/L OH}^-$

Bilde 8: Elias' besvarelse på oppgave 2b2

De aller fleste feilene på denne oppgaven var lik de for deloppgavene i 2a, at elevene prøvde å bruke samme metode på deloppgave 2b2 som de brukte på deloppgaven 2b1, slik Frida gjør på bildet under.

$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] \text{ NH}_3 \text{ pH} &= 12,8 \\ [\text{OH}^-] &= 10^{-12,8} = 1,58 \cdot 10^{-13} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

Bilde 9: Fridas besvarelse på oppgave 2b2

Det at elevene må vite relasjonen mellom flere formler, for så å kunne koble dem sammen, er altså med å hindre elever i oppgavearbeid. Det ser jeg på som en del av det elevene, i utsagnene innledningsvis i denne koden, beskriver som «mange steg» å tenke over.

Et hinder forårsaket av kompleksitet i oppgaver kom også til uttrykk gjennom elevbesvarelsene av oppgave 3b på prøven. I oppgaven skulle elevene beregne konsentrasjonen av H_2SO_4 , med utgangspunkt i resultater fra en titrering. Se analysen av denne oppgaven i delkapittel 5.2.

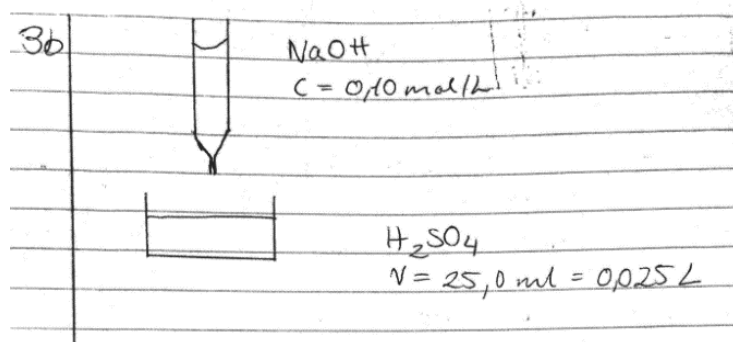
Fire av elevene, Marte, Elias, Anders og Leah, besvarte oppgaven korrekt og brukte metoden som jeg har forklart i oppgaveanalysen. Dette kan man for eksempel se i Anders sin besvarelse på Bilde 10 under.

$$\begin{aligned} \text{g)} \quad V(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 25,0 \text{ mL} = 0,0250 \text{ L} \\ V(\text{NaOH}) &= 24,2 \text{ mL} = 0,0242 \text{ L} \\ C(\text{NaOH}) &= 0,10 \text{ M} \\ 2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 &\rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \\ 2 &: 1 : 1 : 1 : 2 \\ n(\text{NaOH}) &= C \cdot V = 0,10 \text{ mol/L} \cdot 0,0242 \text{ L} = 0,00242 \text{ mol} \\ \# \text{ mol H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\# \text{ mol NaOH}}{2} = \frac{0,00242 \text{ mol}}{2} = 0,00121 \text{ mol} \\ [\text{H}_2\text{SO}_4] &= \frac{n}{V} = \frac{0,00121 \text{ mol}}{0,025 \text{ L}} = 0,0484 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

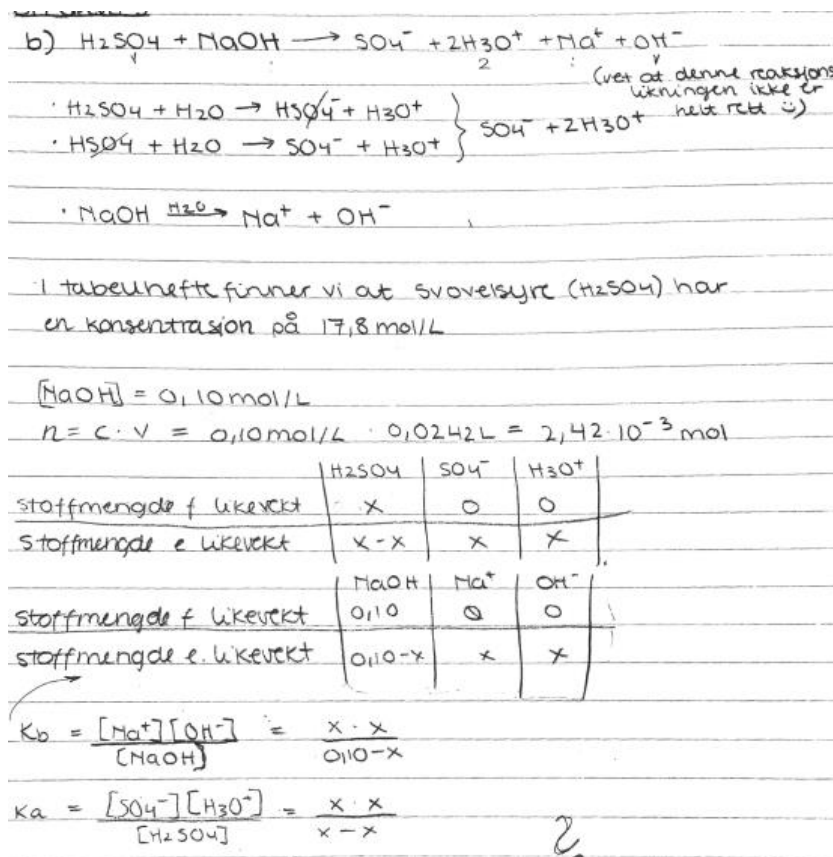
Bilde 10: Anders besvarelse på oppgave 3b

Deler av Anders sin besvarelse tok jeg for meg da jeg i kategorien «direkte bruk av formler» skulle vise at mange av oppgavene ikke tar i bruk avanserte formler. Men som nevnt var det denne oppgaven mange elever syntes var mest krevende. Dette uttrykker elever skyldtes kompleksitet av oppgaver, som jeg vil komme mer konkret til under.

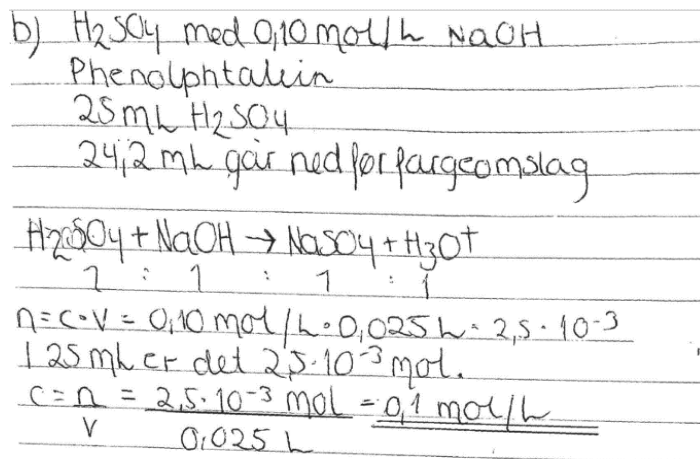
Hos de som ikke fikk til å besvare deloppgaven var det mange ulike feil som ble gjort. Alt i fra å bare tegne oppstillingen og skrive ned noen av de gitte opplysningene slik Gunn har gjort på Bilde 11, til å prøve på metoder som ikke førte til noen løsning slik for eksempel Grace har gjort på Bilde 12, og videre til å ikke balansere likninger og dermed ikke ta hensyn til molforholdet slik Frida har gjort på Bilde 13,



Bilde 11: Gunns besvarelse på oppgave 3b



Bilde 12: Grace' besvarelse på oppgave 3b



Bilde 13: Fridas besvarelse på oppgave 3b

Frida (Bilde 13) har også brukt volum til et av stoffene, og konsentrasjon til det andre stoffet, for å beregne stoff mengden. Men for å kunne finne stoffmengde ved å bruke formelen $n=c \cdot v$, må både konsentrasjonen og volumet være av det samme stoffet. Altså hadde ikke beregningene hennes vært korrekt, selv om hun hadde balansert likningen riktig.

Grace (Bilde 12) sin metode ligner på slutten mer på metodene for pH-beregning i svake syrer eller baser, som jeg har tatt for meg tidligere i analysen. Hun har startet riktig med å regne ut stoffmengden (n), men så gjør hun noen omformuleringer til matematiske formler som ikke hører hjemme i den aktuelle oppgaven. Som man kan se på bildet, har hun avsluttet med et spørsmålstegn, noe jeg også sitter igjen med etter å ha sett på besvarelsen hennes. Det ble gjort mange ulike feil på oppgaven 3b. For å analysere hindrene, har jeg har valgt å fokusere på det elevene uttrykte angående denne oppgaven under intervjuene (jeg betegner meg selv som «Meg» i samtalen).

Trine: Det var så mye på en gang. Det var så mye informasjon på en måte.

Eva: Ja, så du måtte skille hva som hørte til basen og hva som hørte til syren så du ikke blandet de

Trine: Ja, jeg prøvde liksom å tegne opp det, men ble ikke så mye klokere av det.

Meg: Så det er mye informasjon som gjorde det vanskelig?

Trine: Ja, det er i hvert fall det jeg syns er vanskelig med oppgaver i kjemi, at det er så mye informasjon på oppgaven. Så du vet liksom ikke hvor du skal starte.

Trine og Eva er inne på det mange andre elever uttrykker. De mener deloppgaven inneholder for mye informasjon på en gang, og de hadde vanskeligheter med å systematisere opplysninger.

Gunn: Nei, jeg vet ikke... personlig er det kanskje mer tenking på den da.

Marte: Ja, må tenk mer for å finne svaret.

Gunn og Marte sier her at de syns oppgave 3b krevde mer tenking enn de andre oppgavene. Det kan settes i sammenheng med at elevene har uttrykt at det at det ikke er rett frem bruk av én bestemt formel i kjemi, gjør kjemioppgavene mer krevende sammenlignet med for eksempel oppgaver i matematikkfaget. De må selv tenke seg frem til en løsningsstrategi og finne ut hvilke formler de skal bruke. «*Det står liksom ikke: regn med abc-formelen*», for å sitere Eva en gang til. Dette kan settes i sammenheng med det at mange elever mener kjemioppgaver er komplekse og må løses ved bruk av mange steg.

For eksempel syrekonstanter, men også noen ganger konsentrasjoner, er oppgitt som negative tier-potenser. Dette uttrykker elevene gir kjemioppgaver mer å holde styr på, sammenlignet med oppgaver i matematikkfaget.

Også mye tier-potenser. Veldig mye små tall som jeg spesielt tidligere syntes var krevende å regne med [...]. (**Leah**)

[...] men den «abc-formelen» som vi må bruke noen ganger, så blir det fort veldig stygge tall i kjemien. I matematikk har vi mye beine tall. Men i kjemien blir det fort en del negative tier-potenser og slikt. (**Anders**)

Ja, så må du holde styring på all tallene også. Det er mye man skal innom, og da vil de kom tier-potenser og desimaler på desimaler. Setter man komma på feil plass, så blir det veldig feil. (**Pål**)

De små desimaltallene og negative potensene i kjemien er ikke like «beine», for å bruke Anders sitt uttrykk, som tallene de ofte møter i matematikk. Med «små tall» beskriver elevene tallverdien. Spesielt bruken av negative tier-potensene i kjemi vil jeg komme tilbake til under koden «feil bruk av analogi».

Kobling til matematikk

Det med å velge riktig løsningsstrategi kan kobles til det å koble til ting man har lært i andre fag, i dette tilfellet matematikkfaget. En ting som dukket opp tidlig i observasjonen var at noen av elevene syntes det var vanskelig å koble kjemioppgavene til metoder de hadde lært i matematikktimene. På en oppgave hadde faglæreren gjort beregninger på tavlen, og stoppet ved likningen:

$$x \text{ mol/L} * (x \text{ mol/L} + 0,20 \text{ mol/L}) = 1,77 * 10^{-10}$$

Læreren ba elevene å løse likningen og finne konsentrasjonen gitt med x mol/L, noe flere elever strevde med. Spesielt strevde Maria, Trine, Sara og Eva, som satt sammen i en gruppe. Da jeg gikk bort til dem hadde de forslaget på Bilde 14.

$$x \text{ mol/L} \cdot (x \text{ mol/L} + 0,20 \text{ mol/L}) = 1,77 \cdot 10^{-10}$$

$$\frac{x^2 + 0,20}{0,20} = \frac{1,77 \cdot 10^{-10}}{0,20}$$

$$\sqrt{x^2} = \sqrt{\frac{1,77 \cdot 10^{-10}}{0,20}}$$

$$x =$$

Bilde 14: Maria, Trine, Sara og Evas forslag til løsning av den gitte likningen

Det første de sa var at de trodde at de helt sikkert hadde løst likningen feil, men at de ikke visste helt hvordan de ellers skulle gjøre det. Jeg snakket litt med dem om parentesberegninger, noe som trigget noen av dem til å huske at x -en som står utenfor parentesen skulle ganges inn med begge elementene inn i parentesen. Vi ble da enige om at den gitte likningen kunne skrives opp til likningen under.

$$x^2 + 0,20x = 1,77 \cdot 10^{-10}$$

Elevene klarte fortsatt ikke å løse likningen. De ble alle sammen litt stille og ingen foreslo noe. Jeg fikk dem til å karakterisere hvilken type likning det omhandlet, og Maria foreslo andregradslikning. Da jeg så spurte hvordan man kan løse slike likninger fortsatte samtalen som følger:

Maria: abc-formel?

Eva: Kan vi bruke abc-formelen?

Trine: Ja, stemmer, det er jo en andregradslikning

Eva: Å? jeg trodde ikke vi kunne bruke det her jeg

$$x^2 + 0,20x - 1,77 \cdot 10^{-10}$$

↓, ABC-formel

$$x^2 + 0,20x - (1,77 \cdot 10^{-10}) = 0$$

$$x = \frac{-0,20 \pm \sqrt{0,20^2 - 4 \cdot (-1,77 \cdot 10^{-10})}}{2 \cdot 1}$$

$$x = \frac{-0,2 \pm \sqrt{0,04 - (-7,08 \cdot 10^{-10})}}{2}$$

$$x = \frac{-0,2 \pm \sqrt{0,04}}{2}$$

$$x = \frac{-0,2 \pm 0,2}{2}$$

$$x_1 = \frac{0}{2} \quad x_2 = \frac{-0,2}{2}$$

Bilde 15: Maria, Trine, Sara og Evas forslag til løsning

Fra Bildet 15 er det noen beregningsfeil jeg kunne påpeke, men det er ikke grunnen til at jeg tok frem denne oppgaven. Spesielt var det overraskende for Eva at man kunne ta i bruk «abc-formelen» for å løse andregradslikninger i kjemi. Man kan se på bildet at «ABC-formel» til og med ble notert ned i boka. Eva sin reaksjon mener jeg forklarer mye om elevenes vanskeligheter med å koble tidligere kunnskap til nye situasjoner. Det er gjennom deres fremgangsmåte tydelig at de vet hvordan «abc-formelen» brukes, fordi de har med alle elementene, men de så ikke med engang at denne kunne benyttes. Eva sa videre at hun trodde at denne formelen bare kunne brukes i matematikk, mens de andre sa at de bare ikke koblet, og ikke hadde tenkt over hvilke tilfeller man kunne bruke «abc-formelen» tidligere. Elevene klarer ikke her å kjenne igjen at de kunne bruke kjent kunnskap til å løse det gitte problemet. Dette vil jeg i diskusjonen sette i sammenheng med den sosiokulturelle læringsteorien, og nærmere bestemt overføring av kunnskap og læring som situert. Under neste kode vil jeg vise at elever bruker kjent kunnskap på feil måte.

Feil bruk av analogi

Logaritmeberegninger er noe mange elever nevner som krevende beregninger. I kjemi er det hovedsakelig i beregninger knyttet til pH man bruker logaritme. Disse beregningene har vi sett på i tidligere analysedeler. Sara spurte følgende første timen oppgaver som innebærer logaritme

ble presentert for dem: «Er log det samme som logaritme?». Læreren svarte ja og Sara fortsatte som følger: «Å, jeg har ikke helt skjønnet hvordan man regner med det jeg». Dette viser seg å gjelde flere underveis, som blant annet Gunn på prøven (Bilde 16 og Bilde 17).

$$\begin{aligned}
 &1) \text{ HNO}_3 \quad \text{pH} = 1,3 \\
 &-\log\{[H_3O^+]\} = \text{pH} \\
 &-\log\{[H_3O^+]\} = 1,3 \\
 &[H_3O^+] = \log 1,3 \\
 &[H_3O^+] = 0,114 \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

Bilde 16: Gunns løsning på oppgave 2b1

$$\begin{aligned}
 &\text{pH} + \text{pOH} = 14 \\
 &\text{pOH} = 14 - 12,8 \\
 &\text{pOH} = 1,2 \\
 &-\log\{[OH^-]\} = \text{pOH} \\
 &[OH^-] = \log 1,2 \\
 &= 0,0792 \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

Bilde 17: Gunns løsning på oppgave 2b2

Gunn har forsøkt å løse logaritmelikningene ved å gjøre like operasjoner på begge sidene av likhetstegnene. Det kan se ut som hun har flyttet «-log» til andre siden ved å ta «+log». Dette er min tolkning ut i fra at logaritmen hun gjennomfører på høyre sidene er positiv. Uansett er dette en metode som ikke fungerer for slike likninger. Skal hun omformulere pH-formelen til formelen for $[H_3O^+]$, må hun vite hvordan disse logaritmeberegningene gjennomføres ved å bruke 10 som grunntall. Slik kunne hun gjennomføre oppgave 2b1:

$$-\log\{[H_3O^+]\} = \text{pH}$$

$$\log\{[H_3O^+]\} = -\text{pH}$$

$$10^{\log\{[H_3O^+]\}} = 10^{-\text{pH}}$$

$$\{[H_3O^+]\} = 10^{-\text{pH}}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-1,3} \text{ mol/L} = 0,050 \text{ mol/L}$$

Istedenfor dette ser det ut som at Gunn har brukt «+log» og inversfunksjonen til «-log». Med dette mener jeg hun bruker en analogi feil. Analogien hun bruker fungerer for eksempel for følgende tilfelle:

$$x - 3 = 5$$

$$x = 5 + 3$$

$$x = 8$$

Men dette er fordi inversfunksjonen til «-3» er «+3». Det handler da om forståelse for ulike type matematiske operasjoner, og vite når de brukes.

Under observasjonene ble det også observert hinder knyttet til feil bruk av analogi, som for eksempel i en samtale Frida og Grace angående negative potenser. Spesielt dreide samtalen seg om at elevene syntes det er vanskelig å forstå hva de negative potensene betyr. Det at de hadde vanskeligheter med å forstå negative potenser, førte til vanskeligheter med sammenligning av potensene. I en oppgave der de skulle sammenligne 10^{-5} med 10^{-3} for å finne hvilke løsning som var mest konsentrert, hadde vi følgende samtale:

Frida: Er ikke 10^{-5} større enn 10^{-3} ?

Meg: Hvordan vil du forklare det?

Frida: 5 er jo større enn 3

Grace: Jeg tror det er motsatt?

Meg: Og hvordan vil du forklare det?

Grace: Jeg vet ikke helt

Elevene tenker litt til, men klarer ikke å finne andre forklaringer, eller overbevise hverandre.

Samtalen fortsatte som følger:

Meg: Hvilke tall er potensene opphøyd i?

Frida: -5 og -3

Meg: Hvem er størst av -5 og -3?

Frida: -5? nei (blir avbrutt av Grace)

Grace: -3, og da er det som jeg sa at 10^{-3} større enn 10^{-5}

Frida: Ja, stemmer.

Frida har rett i at 5 er større enn 3, men glemte å ta hensyn til at det var negative potenser man snakket om her. Hun bruker en analogi som fungerer for positive potenser, men som i det gitte tilfellet blir feil. Grace hadde rett i sin antagelse, men hadde ingen forklaring på hvorfor hun mente det var slik. I dette tilfellet tolker jeg at manglende *begrepskunnskap*, i form av at elever ikke helt forstår hva de negative potensene betyr, hindrer elever i oppgavearbeid.

6 Drøfting og oppsummering

I dette kapittelet vil jeg drøfte de viktigste funnene fra denne studien. Jeg vil gi en oppsummering av hvilke resultater analysen av datamaterialet har gitt, og drøfte disse opp mot det teoretiske grunnlaget for denne oppgaven. Diskusjonen deles opp i to deler. I den første delen vil jeg diskutere funnene fra analysen tilknyttet problemstillingene: 1. «*Hvilken betydning har regning som grunnleggende ferdighet i Kjemi 1?*» og 2. «*Hvilken betydning har kompetanse i regning for elever i deres oppgavearbeid i Kjemi 1?*». Den andre delen vil innebære en drøfting av studien som en helhet, og metodene som er brukt i studien.

6.1 Matematikkens plass i Kjemi 1

Med utgangspunkt i denne studiens forståelse av begrepet «regning», er målet med denne studien å undersøke hvilken plass og betydning det å kunne bruke matematikk til å tolke informasjon, bearbeide den, trekke slutninger, og vurdere svarene har i Kjemi 1.

For å kunne besvare problemstilling 1 ble det gjennomført en læreplananalyse og oppgaveanalyse, der hovedområdet i fokus var «syrer og baser». For å beskrive matematikkens plass bygde analysen på hvor vidt Kilpatrick et al. (2001) sine fire første tråder, *forståelse*, *beregning*, *anvendelse* og *resonnering*, kreves for å oppnå kompetansemålene og i oppgaveberegninger. For å besvare problemstilling 2, ble det gjennomført analyse av elevarbeid og elevutsagn. Alt dette vil være utgangspunkt for denne drøftingen av matematikkens plass i Kjemi 1.

Mine tolkninger av elevbesvarelsene tyder på at behov for regning i faget noen ganger hjelper elever i deres oppgavearbeid, mens den i andre tilfeller hindrer dem. Hjelpen så ut til å komme av egenskapene til matematikk. Blant annet mente elevene at konkretheten til matematikk hjalp dem med å vurdere svarene. Jeg ser likevel at dette også kan være et hinder i noen tilfeller. Elevene trakk frem tilfeller der pH-verdi over 7 tilsier at stoffet er en base, og pH-verdi under 7 tilsier at stoffet er en syre. I tilfeller der elevene har regnet feil, men likevel fått en pH-verdi på rett side av pH-skala, vil denne vurderingen likevel være et hinder i oppgaveløsning. Ved å kun vurdere resultater, men overse vurdering av prosedyren, vil elevene kunne overse avgjørende detaljer. Kompetanse til å vurdere er en sentral del av Kilpatrick et al. (2001) sitt aspekt *resonnering*, og Kunnskapsdepartementet (2012) sitt ferdighetsområdet *reflektere og vurdere*. Som en del av det å kunne resonnerer, reflektere og vurdere, er evne til å vurdere konteksten og prosedyren, i tillegg til svarene. Det er dette Polya (1945/2014) tar med som en del av de to siste stegene i problemløsningsprosessen.

Av læreplananalysen (5.1) og oppgaveanalysen (5.2) kommer det frem at det er viktig ha kompetanse innen alle de fire nevnte trådene til Kilpatrick et al. (2001). Ikke alle, men mange av oppgavene utført i denne studien krever alle kompetansene. Spesielt viser Tabell 2 (kapittel 5.1) og Tabell 3 (kapittel 5.3) at det er viktig å ha god kompetanse innen trådene *forståelse* og *beregning*. Elevene skal kunne utføre beregninger. De skal kunne vite hvordan, i hvilke situasjoner, og under hvilke betingelser ulike matematiske prosedyrer og relasjoner benyttes. Jeg vil si at det ikke er overraskende at det er *forståelse* og *beregning* som er mest vektlagt. Som Kilpatrick et al. (2001) skriver, vil elever som har forståelse for beregninger lettere kunne tilpasse prosedyrene til situasjonene slik at de blir enklere å bruke. Men det er viktig å huske at både *forståelse* og *beregning* spiller viktig rolle i *resonnering* og *anvendelse*, slik Kilpatrick et al. (2001) beskriver trådene.

Selve løsningsprosedyrene forutsetter kjennskap til matematiske regler og algoritmer som Hiebert og Lefevre (1986) knytter til *prosedyrekunnskap*. Som det går frem av løsningene jeg har presentert, er det i «syrer og baser» særlig snakk om prosedyrer tilknyttet ligningsløsning og logaritme. Analysen viser at steg-for-stegprosedyrene som ligningsløsningene representerer omhandler manipulering av de semiotiske representasjonene der multiplikasjon og divisjon står sentralt. Altså det Duval (2006) kaller *behandling*. Funnene i analysen tyder også på at det i begynnelsen av oppgavene er transformasjoner i form av det Duval (2006) kaller *omdannelse* som utføres. Gjennom strukturen av oppgavene kommer det frem at informasjonen i stor grad gis gjennom naturlig språk, og må omformuleres til matematiske formler. Denne kombinasjonen av *omdannelse* og *behandling* har jeg i analysen vist at krever en kombinasjon av *prosedyrekunnskap* og *begrepskunnskap*, som Hiebert og Lefevre (1986) mener danner et godt grunnlag for at prosedyrer huskes og benyttes riktig.

Både Menis (1987) og Köllen og Olfson (2013) skriver ut i fra deres forskning, at matematikkunnskap er en av de essensielle årsakene til elevenes vansker med å løse kjemioppgaver. Denne studien viser at det først og fremst er manglende kunnskapen av typen Hiebert og Lefevre (1986) kaller *begrepskunnskap* som hindrer elevene. Denne konklusjonen er knyttet til at elevene uttrykker at de opplever størst vanskelighet når det kommer til å gjennomføre *omdannelser* av informasjon, noe analysen viser krever denne typen kunnskap. Dette er igjen knyttet til at studien viser at elevene mener det er «mye å holde styr på» i kjemioppgaver, noe som hindrer dem i å lage løsningsstrategi. De opplever vanskeligheter med å omformulere tekstoppgaver til riktige matematiske formler. Lorentzen (2012) skriver at denne omformuleringen klargjør løsningsmetoden. Jeg mener det er dette elevene også uttrykker når

de sier at hjelp til å systematisere opplysninger hjelper dem til å se hvordan oppgaven skal løses. Studien viser enighet til både det Lorentzen (2012) og Duval (2006) skriver, at omformulering fra naturlig språk til matematiske formler er det som er krevende i matematiske aktiviteter.

Generelt viser det seg at jo flere av Kilpatrick et al. (2001) sine tråder en oppgavene krevde, desto vanskeligere opplevde elevene oppgavene. Dette mener jeg sier noe om betydningen en helhetlig regnekompetanse har i løsning av kjemioppgaver. Altså det å ha kunnskap innen alle Kunnskapsdepartementet (2012) side ferdighetsområder, *gjenkjenne og beskrive, bruke og bearbeide, reflektere og vurdere, og kommunisere*, som jeg har visst innebære kompetansen innen alle trådene til Kilpatrick et al. (2001).

Som Lorentzen (2012) skriver har matematikk sin opprinnelse i et behov for å løse problemer. Å analysere gitte problemer, sortere informasjon, se hva som er kjent og ukjent, og lage seg en plan for løsningsprosessen, er en del av Polya (1945/2014) sine to første punkter i beskrivelsen av problemløsning som en matematisk metode. Dette, sammen med de to vurderingsstegene jeg allerede har tatt for meg, mener jeg viser at problemløsningskompetanse er viktig i oppgaveløsning i kjemifaget. Denne kompetansen er tett knyttet til regneferdighet slik Kunnskapsdepartementet (2012) beskriver den, noe jeg har tatt for meg i delkapittel 2.3. Polya (1945/2014) kaller problemløsning en matematisk metode, en matematisk måte å tenke på. Studien viser at elevene trenger kunnskap innen anvendelse av matematikk og matematiske metoder, slik Comstock (1905) og Utdanningsdirektoratet (2015) også skriver. Elevene uttrykker at anvendelsestrening hjelper dem i arbeid med kjemioppgaver, og at manglende anvendelsestrening hindrer dem i oppgaveløsning.

En av hindringene som dukket opp under observasjonene er at noen elever ikke klarer å lage koblinger til matematikk. Eva, Trine, Maria og Sara klarte ikke å koble at de kunne bruke «abc-formelen» til å løse andregradslikninger i kjemi. Denne studien har ikke grunnlag til å si noe om elevenes matematikkundervisning, og hvordan den er lagt opp. Elevenes manglende evne til å lage koblinger til ting de har lært i matematikk vil jeg likevel knytte til Comstock (1905) sin kritikk av matematikkundervisning, som oftest hovedsakelig trener elever i å manipulere matematiske formler. Dette, skriver Comstock, gjør at elever har vansker med å finne matematikkens plass i andre fag. Videre mener jeg at dette kan settes i sammenheng med det sosiokulturelle perspektivet, som sier at konteksten har mye å si for elevenes evne til å ta i bruk kunnskapen de lærer (Dysthe, 2001). Som Angell et al. (2011) skriver vil det si at elevene ikke kun skal gis mange verktøy, som er knyttet til konteksten de læres i, uten å bli vist sammenhengen mellom dem og hvordan de skal brukes ellers.

Som både Hoban et al. (2013) og Menis(1987) skriver, vil elevenes evne til ta i bruk matematikk i andre områder ikke nødvendigvis avhenge av mengde matematikk elevene har hatt. Denne vil heller avhenge av hvor vante elevene er til anvendelse av matematikk. For å kunne ta i bruk «abc-formelen», må elevene ha kjennskap til formen. Alle elever i denne studien hadde vært bort i formelen i et av matematikkursene de har bakgrunn fra. Når elevene ikke koblet at de kunne bruke «abc-formelen» til å løse andregradslikninger, mener jeg da at en grunn være at elevene ikke hadde hatt fokus på at denne formelen kan brukes til å løse andregradslikninger generelt. En annen grunn kan også være at de ikke er vante til å anvende denne formelen i andre fag enn matematikk, eller til å anvende formelen i problemløsning. Denne studien har ikke nok grunnlag til å si at årsaken til dette ligger i matematikkundervisningen til elevene. Men som elevene uttrykte, er de vante med mye mer rett frem bruk av formler i matematikkfaget. I kjemien er det en prosess de må gjennom for å finne ut hvilke formler de skal bruke. Her mener jeg kontekstens betydning kommer til uttrykk. Den konteksten de anvender matematikk i kjemifaget, er for elevene ulik formler-bruken de forbinder med matematikkfaget.

Studien har fokusert på hovedområdet «syrer og baser». Gjennom analyse av beskrivelse av regning som en grunnleggende ferdighet, der balansering av reaksjonsligning, beregning av stoffmengde og konsentrasjoner, og vurdering av svarene ble tatt opp, ser man likevel at dette har tilknytning til andre deler av faget. Fra beskrivelsen av det å kunne regne i kjemi er det kun pH-beregninger som er eksklusivt for «syrer og baser». Regning står altså sentralt i Kjemi 1, og kompetanse i regning viktig i faget. Studien viser også enighet til det Lorentzen (2012) skriver, at det matematiske språket med sine mange representasjonsformer, er til hjelp for de som behersker det, mens det for de andre kan være et hinder når det kommer til å løse matematiske problemer.

6.2 Drøfting av metodene

I studien er det benyttet en kvalitativ tilnærming med observasjon, intervju, og innsamling av elevarbeid som metoder for å se på regningens betydning i Kjemi 1. Jeg mener disse metodene har fungert godt siden målet med studien var å undersøke hvordan matematikk ble benyttet i kjemifaget. Metode- og datatriangulering gav meg mulighet til å få et godt innblikk i hvilken plass matematikk har i kjemifaget, og hvilken betydning kompetanser og ferdigheter i regning har for oppgavearbeid i faget. Dette mener jeg, som nevnt i metodekapittelet, øker studiens indre validitet.

I utgangpunktet hadde jeg sett for meg å ta i bruk flere av elevbesvarelsene fra oppgavearbeid i undervisningstimen. På grunn av stor variasjon av dette type data, ble hovedsakelig elevbesvarelser fra kapittelprøven benyttet. Selv om det er mange andre faktorer som kan påvirke elevenes prestasjoner under en prøve, vurderte jeg disse elevbesvarelsene til å være mer passende for denne studien. Da elevene ikke hadde mulighet til å få den sammen støtten som de hadde hatt underveis, kunne elevbesvarelsen fra prøven gi et bedre bilde at hvordan elevene selv brukte regning i faget. Elevbesvarelsene ble hovedsakelig brukt til å understøtte det som ellers ble observert, og det elevene uttrykte under både observasjonen og gruppeintervjuene. Min aktive deltagelse i observasjonene var med på å gi meg et bedre innblikk i elevenes opplevelse av behovet for kompetanse i regning i kjemifaget, og gav med dette et bedre grunnlag for å kunne besvare problemstilling 2.

Da intervjuene ble gjennomført på slutten av elevarbeid, fikk jeg mulighet til å lage spørsmål som kunne utdype ting som ble observert, og ikke minst elevbesvarelsene, som jeg fikk mulighet til å se gjennom på forhånd. Dette mener jeg både kan være en styrke og en svakhet. Svakheten ligger i det at jeg i forkant av intervjuene hadde antagelser, noe som kunne begrense nye funn og nyanser ved nye data. Jeg måtte da være ekstra påpasselig med ikke å stille ledende spørsmål. For å unngå det, hadde jeg semi-strukturerte intervjuer der jeg lot mye av samtalen foregå mellom elevene. Dette ble en av fordelene med å bruke gruppeintervjuer. Jeg skjøt inn de spørsmålene jeg hadde, og eventuelle oppklaringsspørsmål. Svakheten kan også være at jeg allerede under observasjoner har gitt elevene inntrykk av hvilken oppfatninger jeg har fått av temaet, noe som kunne påvirke elevenes svar under intervjuene (Cohen et al., 2011). Bruk av teori kan også ha påvirket objektiviteten min som forsker. Selv om jeg forsøkte å benytte passende teorier for å øke validiteten til oppgavene, kan det også ha ført til subjektive tolkninger, da dataen har blitt tolket gjennom teoretiske briller.

Det blir i studien tatt med både konkrete elevbesvarelser, og direktesitater fra elevene. Dette ble gjort for å vise tydelig hva som lå til grunn for analysen og tolkningen, og på den måten også øke validiteten til studien.

Av både etiske grunner og for å øke studiens reliabilitet, tok jeg med alle elevene som samtykte til deltagelse. Dette gjorde at utvalget i denne studien var stor med tanken på studiens begrensninger. Selv om resultatene viser at jeg kunne ha fått mye av de samme dataene med en mindre elevgruppe, har jeg brukt data fra alle deltakere. Dette mener jeg har vært med på å nyansere funnene. For å minske elevgruppen, kunne jeg for eksempel ha halvert elevgruppen med praktisk matematikk, og elevgruppen med teoretisk matematikk. Hvem det hadde vært

gunstig å velge bort, er i midlertidig enklere å se i etterkant av innsamlingen enn i forkant. En mindre elevgruppe ville muligens også minske tidsbruken under analysearbeid.

Det at observasjonen strakte seg over en lang periode, gjorde at jeg fikk med meg «syrer og baser»-kapittelet fra start til slutt. Dette mener jeg gav meg bedre grunnlag for å kunne si noe om elevenes opplevelse av regning. Jeg var til stede gjennom alle elevaktiviteter knyttet til temaet, noe som gjorde det mulig for meg å knytte elevbesvarelser fra prøven til andre elevaktiviteter fra undervisningstimene. Lengre observasjonsperiode, med lydopptak og observasjonsnotater, mener jeg også minsket behovet for videoopptak i datainnsamlingen.

Det er også verdt å nevne at det i slike studier alltid er en mulighet for at elevene påvirkes av at de blir forsket på. Dette kan for eksempel være en årsak til at få elever gjorde oppgavene uten at de visste at det de gjorde var helt riktig. De kunne for eksempel være stresset av tanken på at jeg så på hva de gjorde, og være redd for å stille seg i et «dårlig» lys. Jeg var gjennom hele perioden påpasselig med å få frem at jeg først og fremst ikke var ute etter å «ta dem» for feilene de gjorde, men ville heller høre hva som forårsaket feilene. Det at mange spurte om hjelp, istedenfor bare å gjøre oppgavene feil, gav meg en bedre mulighet til å få innblikk i årsakene til hindringene knyttet til oppgaveløsning. Jeg hadde ikke fått det samme innblikket av kun å se på elevbesvarelsene.

7 Avslutning og perspektivering

Målet med denne studien har vært å undersøke matematikkens plass i Kjemi 1. I arbeid med denne oppgaven har jeg lært mye om nettopp dette. Det er likevel verdt å nevne at alt det denne oppgaven handler om selvfølgelig ikke utelukker behovet for kjemikunnskaper, men fremhever behovet for matematikkunnskaper. Følgende sitat mener jeg støtter opp om funnene i denne studien: «One of the most important reasons of students' failures in physics and chemistry problem solving is calculation based problems.» (Özsoy-Günes, Kirbaslar, Derelioglu, 2012, s. 769). Dette mener jeg ut i fra at funnene viser at det er omgjøringen til matematiske formler som er mest krevende for elevene.

Fra analysen og drøftingen av studiens problemstillinger har jeg funnet ut at matematikk har en sentral rolle i kjemi, og at det å kunne regne er viktig i faget. Regning blir av Kunnskapsdepartementet (2012) omtalt som det å kunne bruke matematikk på en rekke livsområder. Det brukes ikke mange eller avanserte formler i kjemi, men spesielt viser studien at elevene trenger anvendelsesferdighet for å kunne løse kjemioppgaver som involverer regning. Elever trenger en helhetlig problemløsningsferdighet. Studien viser også at elevene må ta i bruk matematikkunnskaper fra matematikkfaget. For å kunne gjøre dette, har denne studien lært meg at det er viktig at matematikkundervisning fokuserer på forståelse og anvendelse av matematiske verktøy på virkelige problemer. Det er viktig at elevene ikke kun lærer manipulasjoner av formler, men at de lærer hvordan og i hvilke tilfeller de kan bruke verktøyene. Syn på læring er i dette tilfellet knyttet til sosiokulturell læringsteori, som sier at læring er tett knyttet til konteksten den utvikles i. Tiden i skolen strekker ikke til for at matematikklæreren alene skal kunne åpne opp elevenes øye for bruk av matematikk i alle andre fagområder. Selv om jeg som matematikklærer er påpasselig med å knytte verktøyene i matematikkfaget til andre fag, må også jeg som kjemilærer ta opp tråden i kjemifaget og lære elever hvordan og hvorfor man bruker akkurat de verktøyene i kjemifaget. Det er her man kan ta nytten av at regning er en grunnleggende ferdighet i *alle* fag. Matematikklæreren kan likevel fokusere på anvendelsesrettet undervisning, istedenfor prosedyrrettet. Dette vil kunne forenkle elevenes muligheter til å overføre kunnskap fra matematikkfaget til *andre fag*. Dette mener jeg har relevans for andre faglærere også, enn kun matematikklæreren og kjemilæreren. Kanskje aller mest innen realfag og økonomiske fag.

Det jeg har funnet ut i denne oppgaven er relevant for skolen, elevene og lærere. Jeg har allerede tatt for meg relevansen for lærere. For elever kan denne oppgaven også ha relevans i forhold til

at den viser at matematikk er et nyttig redskap. Dette kan gi elevene motivasjon til å jobbe mer med forståelse og anvendelse i matematikkfaget.

Selv om gruppen i denne undersøkelsen ikke var et representativt utvalg for en større elevgruppe, reiser resultatene likevel viktige spørsmål og gir nye spørsmål for videre forskning. I denne studien fokuserte jeg ikke på læreren. Under observasjonsperioden kom likevel tanker om hvilken rolle faglæreren spiller i elevers mulighet til å bruke matematikk til å løse kjemiproblemer. Fokuset kunne da ha vært på hvordan læreren selv bruke matematikk til å løse kjemiproblemer. Hvordan lærerens fokus på enten prosedyrene eller tankemåten og forståelse, påvirker elevenes evne til å bruke matematikk i faget.

Jeg synes det kunne ha vært spesielt interessant å undersøke mer rundt hvordan matematikkundervisningen eller matematikkbakgrunn påvirker elevenes evne til å anvende matematikk i andre fag. Det er i studien nevnt at det først og fremst er elevers evne til å løse problemer og tenke logisk, som er avgjørende for deres evne til å løse kjemioppgavene. Generelt lyktes likevel elever med matematikkbakgrunn 1T+R1 bedre i oppgaveløsning. Denne studien har ikke stort grunnlag til å si noe om hvor vidt dette avhenger av matematikkbakgrunnen. Det kunne derfor være interessant å undersøke nærmere hvilke betydning matematikkbakgrunn har for elevers problemløsningskompetanse.

Oppgave 4 i intervjuguiden omhandler interesse i kjemifaget. Målet med denne oppgaven var å undersøke om bruk av matematikk i faget påvirker elevenes interesse. *Interesse* er et omfattende tema, og påvirkes av mange faktorer. Dataene i denne studien gav ikke grunnlag for å kunne si noe annet enn at det er motiverende for noen av elevene å bruke kjent kunnskap. Det kunne derfor vært interessant å undersøke videre hvordan omfanget av matematikk i kjemifaget påvirker elevenes interesse for faget.

Studien har blant annet gjort at jeg har blitt klar over hvordan elevene opplever matematikk i kjemifaget. Den har gitt meg ideer for hvordan jeg senere kan legge opp både matematikkundervisningen og kjemiundervisningen, for å imøtekomme hindrene elevene opplever. Dette vil jeg prøve å gjøre ved å vektlegge anvendelse, gjennom problemløsningsaktiviteter.

Referanseliste

- Altrichter, H., Posch, P., & Somekh, B. (2005). *Teachers investigate their work: An introduction to the methods of action research*. Taylor & Francis e-Library.
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstrø, S. D., Persson, J., & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Brandt, H., & Hushovd, O. T. (2010). *Kjemi 1* (1.utg.). Skien: Aschehoug.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in education* (7. utg.). London: Routledge.
- Comstock, C. E. (1905). Correlation of mathematics and science. *The Elementary School Teacher*, 6(2) 82-96.
- Duval, R. (2006). A Cognitive Analysis of Problems of Comprehension in a Learning of Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131.
- Dysthe, O. (2001). Sosiokulturelle teoriperspektiv på kunnskap og læring. I O. Dysthe (Red.), *Dialog, samspel og læring* (s. 33-72). Oslo: Abstrakt forlag as.
- Hiebert, J., & Lefevre, P. (1986). Conceptual and procedural knowledge: An Introductory Analysis. I J. Hiebert (red.), *Conceptual and procedural knowledge: the case of mathematics*, (s. 1-27). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Hoban, R. A., Finlayson, O. E., & Nolan, B. C. (2013). A study of students' abilities in transferring mathematical knowledge to chemistry. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 44(1), 14-35.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- Kjærnsli, M. (2007). *Hva får man vite fra PISA 2006*. Oslo: Acta Didactica Norge.
- Kjærnsli, M., & Olsen, R. V. (red). (2013). *Fortsatt en vei å gå. Norske elevers kompetanse i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2012*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kjærnsli, M., & Roe, A. (2010). *På rett spor. Norske elevers kompetanse i lesing, matematikk og naturfag i PISA 2009*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kjærnsli, M., Nortvedt, G. A., & Jensen, F. (2014). *Norske elevers kompetanse i problemløsning i PISA 2012*. Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, Universitetet i Oslo.

- Kjærstad, T. (2011). *Kunnskapsledelse etter Kunnskapsløftet: en sammenlikning av PISAs rammeverk, læreplan og læremidler i matematikk*. Upublisert masteroppgave. Oslo: Universitetet i Oslo.
- Klette, K., Lie, S., Ødegaard, M., Anmarkrud, Ø., Arnesen, N., Bergen, O. K., & Roe, A. (2008). *PISA+: Lærings- og undervisningsstrategier i skolen*. Oslo: Norges forskningsråd.
- Kunnskapsdepartementet. (2012). RAMMEVERK for grunnleggende ferdigheter. Lastet ned 10. januar, 2016, fra http://www.udir.no/Upload/larerplaner/lareplangrupper/RAMMEVERK_grf_2012.pdf?epslanguage=no
- Kvale, S., Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju* (3. utg.). Oslo: Gyldendal Norsk Forlag
- Köller, H.-G., & Olufsen, M. (2013). Hvordan forbedre studentenes faglige prestasjoner i kjemi? Erfaringer fra FoU-arbeid ved Universitetet i Tromsø. *Universitetsforlaget, Unitet*, 2(3), 60-77.
- Lorentzen, L. (2012). *Hva er matematikk*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Mageerø, E., & Skjelbred, D. (2010). Oppgaver i læremidler i matematikk og naturfag. I E. Mageerø, & D. Skjelbred, *De magfoldige realfagstekstene* (s. 149-169). Bergen: Fagbokforlaget.
- Matematikksenteret. (2014). Teoretisk bakgrunnsdokument for arbeid med regning på ungdomstrinnet. Hentet 10. januar, 2016, fra http://www.udir.no/globalassets/upload/ungdomstrinnet/rammeverk/ungdomstrinnet_bakgrunnsdokument_regning_vedlegg_2.pdf
- Menis, J. (1987). Student's ability to transfer basic mathematical concepts from mathematics to chemistry. *Studies in Educational Evaluation*, 13, 105-109.
- Munkebye, E., & Reier-Røberg, K. (2014). Grunnleggende ferdigheter i naturfag. I K. Skovholt (red.), *Innføring i grunnleggende ferdigheter* (s. 173-206). Oslo: Cappelen Damm Akademisk
- NESH. (2014). Generelle forskningsetiske retningslinjer. Hentet 14. januar, 2016, fra <https://www.etikkom.no/forskningsetiske-retningslinjer/Generelle-forskningsetiske-retningslinjer/>.
- Nilssen, V. (2012). *Analyse i kvalitative studier: Den skrivende forskeren* (1. utg). Oslo: Universitetsforlaget.
- Nortvedt, G. A., Elvebakk, G., & Lindstrøm, T. (2009). *Norsk matematikkråds forkunnskapstest 2009*. Oslo/Tromsø: Norsk matematikkråd.

- OECD (2013). *PISA 2012 Assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. Paris: OECD Publications.
- Polya, G. (2014). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton: Princeton University Press. (1. utgave utgitt i 1945).
- Postholm, M. B. (2010). *Kvalitative metoder. En innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier* (2.utg). Oslo: Universitetsforlaget.
- Read, R. C. (1996). Chemistry and discrete mathematics. *Elscevier Science*. 67. 1-4.
- Robson, C. (2011). *Real world research* (3. utg). Chichester: Wiley Publication.
- Skemp, R. R. (1976). Relational and Instrumental Understanding. *Mathematics teaching, Bulletin of the Association of Teachers of Mathematics*, 77, 20-26.
- Utdanningsdirektoratet. (2013). Læreplan i kjemi - programfag i studiespesialiserende utdanningsprogram. Hentet 29. januar 2016, fra <http://www.udir.no/kl06/KJE1-01>
- Özsoy-Güneş, Z., Kirbaşlar, F. G., & Derelioğlu, Y. (2012). Pre-service science teacher practice of mathematics in operational physics and chemistry problems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 31, 768-773.

VEDLEGG

Vedlegg A: Kapittelprøve, syrer og baser

OPPGAVE 1. Definisjoner og uttrykk.

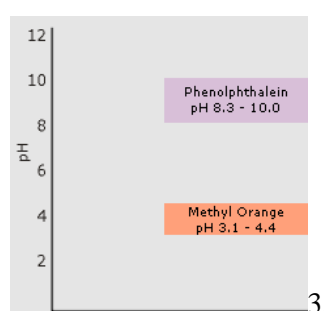
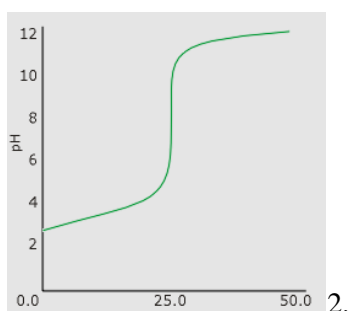
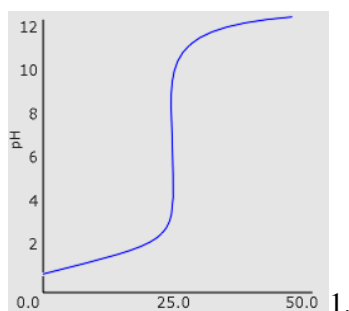
- Definer begrepene *syre* og *base*. (Brønstedt).
Skriv *protolyseligninger*. (Bruk HA for syre og B for base eller bruk egne eksempler).
- Sett opp uttrykket for *syrekonstanten* og *basekonstanten* med utgangspunkt i syra og basen i a)
- Hva menes med begrepene *sterk syre* og *svak syre*?
- Hva menes med begrepet *syre-base-par*? Gi eksempel.
- Hva menes med en løsning er *sur*, *basisk* eller *nøytral*?
- Hva menes med *pH-verdien* til en løsning? Hvordan kan du *beregne pH* ut fra $[H_3O^+]$ (konsentrasjonen av H_3O^+ ioner i løsningen)?

OPPGAVE 2. pH-beregninger

- Beregn *pH* i følgende løsninger:
 - 0,02 mol/L saltsyre **HCl**
 - 0,02 mol/L eddiksyre **CH₃COOH**
 - 0,02 mol/L ammoniakk **NH₃**
 - 0,02 mol/L ammoniumkloridløsning **NH₄Cl**
- Beregn
 - $[H_3O^+]$ i salpetersyre **HNO₃** med *pH*= 1,3
 - $[OH^-]$ ammoniakkløsning **NH₃** med *pH*=12,8

OPPGAVE 3. Titreringer.

- Nedenfor er gjengitt to titrerkurver fra syre-base-titreringer.
 - Lag en enkel skisse som viser **apparatoppstilling** ved en slik titrering.
 - Er det syra eller basen som har vært i titrerkolben i disse to titreringene?
 - Det er benyttet **sterk syre og sterk base** i den ene titreringen, **svak syre og sterk base** i den andre. Vurder hvilken kurve som tilhører hver av disse titreringene. Begrunn svaret.
 - Hva menes med **ekvivalenspunktet** i en titrering. Merk av ekvivalenspunktet på disse figurene.
 - Ved titrering for bestemmelse av konsentrasjon behøver en ikke foreta en slik pH-registrering, men en kan i stedet benytte en **indikator** for å bestemme ekvivalenspunktet. Vurder hvilke av de gitte indikatorene som kan benyttes i hver av de to titreringene. Begrunn svaret.



- b) Du skal finne konsentrasjonen av en fortynnet løsning av svovelsyre H_2SO_4 ved hjelp av titrering med 0,10 mol/L natronlut NaOH , med phenolphtalein som indikator. Du måler opp 25,0 ml av syra i titrerkolben og fyller luten i byretten. Det går med 24,2 ml lut før indikatoren får fargeomslag. Finn konsentrasjonen av svovelsyra.

Vedlegg B: Intervjuguide

1. Hva er matematikk for deg/dere?
2. Husker du situasjoner hvor du har brukt matematikk? Kan du gi eksempler?
3. Hvor ofte tenker du matematikk når du jobber med kjemi?
4. Hva synes du om matematikk i kjemi?
5. Ut i fra temaene dere har hatt i år, hvilke synes dere var mest interessant? Hvorfor?
6. I dette konkrete tilfellet, hvordan oppfattet du problemet? (Velger en av oppgavene fra prøven, en som noen fikk til og andre ikke), forklar hva du tenkte her. Til utdyping; hva tenker du om slike oppgaver? Hva synes du om mengde matematikk?
7. Synes du matematikk du lærer på skole er nyttig? Hvorfor/Hvorfor ikke?
8. Er det noe annet du kommer på som du vil fortelle om matematikk i kjemi, har du noen andre erfaringer som du vil fortelle om?

Vedlegg C: Transkripsjonskoder

... Pause på mellom 2 og 4 sekunder

[...] Deler av elevytringer som ikke er tatt med i rapporten.

Vedlegg D: Tillatelse til deltagelse

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

Bakgrunn og formål

Jeg er student på lektorprogrammet i realfag ved NTNU, og skal i forbindelse med studieavslutning gjennomføre et masterprosjekt. Jeg har matematikk som hovedfag, og hører til Institutt for matematiske fag ved universitetet. I tillegg til matematikk har jeg også kjemi som undervisningsfag.

Formålet med masterprosjektet er å undersøke hvilke betydning kjemi 1 elever opplever ferdighet i regning har i arbeid med kjemioppgaver. Det er i den forbindelse ønskelig å gjennomføre en samtale med deg, observere deg i elevarbeid i klasserommet, ta videoopptak av elevarbeid, og kopiere/bruke tekster skrevet av deg.

Hva innebærer deltakelse i studien?

Deltakelsen innebærer at du vil bli observert under arbeid med kjemioppgaver i deler av perioden dere arbeider med syrer og baser. Det vil bli tatt lydopptak når du arbeider i gruppearbeid, i grupper hvor alle gruppe-medlemmer er deltakere i prosjektet. Produsert elevarbeid vil bli kopiert, og det vil bli gjort individuelle avsluttende intervjuer, hvor du får utdypet opplevelsene du har hatt.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Forutsetningen for tillatelsen er at tekster og annet innsamlet materiale blir anonymisert og behandlet med respekt, og at prosjektet følger gjeldende retningslinjer for etikk og personvern. Alle personopplysninger vil bli behandlet konfidensielt, og materialet vil kun bli sett av meg og min veileder. Skolen vil ikke bli navngitt, og elever vil få utdelt fiktive navn. Liste over elevenes navn og deres utdelte fiktive navn, vil bli oppbevart adskilt fra øvrige data. Prosjektet skal etter planen avsluttes senest 1 august 2015. Da slettes alle lister som kan koble elever til deres fiktive navn, slik at all materialer blir anonymisert.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien, og du kan når som helst trekke ditt samtykke uten å oppgi noen grunn. Dersom du trekker deg, vil alle opplysninger om deg bli slettet.

Jeg håper du synes dette er interessant og viktig, og at dere er villige til å være med i undersøkelsen. Jeg ber deg om å fylle ut svarslippen på neste side om hvorvidt du gir eller ikke gir tillatelse til å delta på prosjektet i klassen. Ved andre spørsmål, ta gjerne kontakt med meg, eller min veileder. Kontaktopplysninger er gitt under.

Meg: Magreth Ndayirragize
Veileder: Frode Rønning

98473421
73550256

magrethn@stud.ntnu.no
frode.ronning@math.ntnu.no

På forhånd takk!

Vennlig hilsen

Magreth Ndayirragize

Samtykke til deltakelse i studien

Jeg har mottatt informasjon om studien, og er villig til å delta

(Navn)

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg E: Tabeller knyttet til syrer og baser

Vedlegget er hentet fra heftet elevene i denne studien har fått utdelt, og som er Vedlegg 1 på Kjemi 2-eksamen vår 2015.

SYREKONSTANTER (K_a) I VANNLØSNING VED 25 °C

| Navn | Formel | K_a | pK_a |
|---|-----------------------|----------------------|--------|
| Acetylsalisylsyre | $C_9H_8O_4$ | $3,3 \cdot 10^{-4}$ | 3,5 |
| Ammonium | NH_4^+ | $5,6 \cdot 10^{-10}$ | 9,3 |
| Askorbinsyre | $C_6H_8O_6$ | $7,9 \cdot 10^{-5}$ | 4,0 |
| Hydrogenaskorbat | $C_6H_7O_6^-$ | $1,6 \cdot 10^{-12}$ | 11,7 |
| Benzosyre | C_6H_5COOH | $6,4 \cdot 10^{-5}$ | 4,2 |
| Benzylsyre, (2-fenyleddisyre) | $C_6H_5CH_2COOH$ | $5,2 \cdot 10^{-5}$ | 4,3 |
| Borsyre | $B(OH)_3$ | $5,8 \cdot 10^{-10}$ | 9,3 |
| Butansyre | $CH_3(CH_2)_2COOH$ | $1,5 \cdot 10^{-5}$ | 4,8 |
| Eplesyre, malinsyre | $C_4H_6O_5$ | $4,0 \cdot 10^{-4}$ | 3,4 |
| Hydrogenmalat | $C_4H_5O_5^-$ | $7,9 \cdot 10^{-6}$ | 5,1 |
| Etansyre (Eddiksyre) | CH_3COOH | $1,8 \cdot 10^{-5}$ | 4,7 |
| Fenol | C_6H_5OH | $1,0 \cdot 10^{-10}$ | 10,0 |
| Fosforsyre | H_3PO_4 | $6,9 \cdot 10^{-3}$ | 2,2 |
| Dihydrogenfosfat | $H_2PO_4^-$ | $6,2 \cdot 10^{-8}$ | 7,2 |
| Hydrogenfosfat | HPO_4^{2-} | $4,8 \cdot 10^{-13}$ | 12,3 |
| Fosforsyrning | H_3PO_3 | $5,0 \cdot 10^{-2}$ | 1,3 |
| Dihydrogenfosfitt | $H_2PO_3^-$ | $2,0 \cdot 10^{-7}$ | 6,7 |
| Ftalsyre (benzen-1,2-dikarboksylyse) | $C_6H_4(COOH)_2$ | $1,3 \cdot 10^{-3}$ | 2,9 |
| Hydrogenftalat | $C_6H_4(COOH)COO^-$ | $4,0 \cdot 10^{-6}$ | 5,4 |
| Hydrogensulfid | H_2S | $7,9 \cdot 10^{-8}$ | 7,1 |
| Hydrogensulfidion | HS^- | $1,0 \cdot 10^{-19}$ | 19 |
| Hydrogensulfat | HSO_4^- | $1,0 \cdot 10^{-2}$ | 2,0 |
| Hydrogencyanid (blåsyre) | HCN | $6,2 \cdot 10^{-10}$ | 9,2 |
| Hydrogenfluorid (flussyre) | HF | $6,3 \cdot 10^{-4}$ | 3,2 |
| Hydrogenperoksid | H_2O_2 | $2,4 \cdot 10^{-12}$ | 11,6 |
| Karbonsyre | H_2CO_3 | $4,0 \cdot 10^{-7}$ | 6,4 |
| Hydrogenkarbonat | HCO_3^- | $4,7 \cdot 10^{-11}$ | 10,3 |
| Klorsyrning | $HClO_2$ | $1,3 \cdot 10^{-2}$ | 1,9 |
| Kromsyre | H_2CrO_4 | $2,0 \cdot 10^{-1}$ | 0,7 |
| Hydrogenkromat | $HCrO_4^-$ | $3,2 \cdot 10^{-7}$ | 6,5 |
| Maleinsyre, cis-butendisyre | $C_4H_4O_4$ | $1,2 \cdot 10^{-2}$ | 1,9 |
| Hydrogenmaleat | $C_4H_3O_4^-$ | $5,9 \cdot 10^{-7}$ | 6,2 |
| Melkesyre (2-hydroksypropansyre) | $CH_3CH(OH)COOH$ | $1,4 \cdot 10^{-4}$ | 3,9 |
| Metansyre (maursyre) | $HCHO_2$ | $1,5 \cdot 10^{-4}$ | 3,8 |
| Oksalsyre | $H_2C_2O_4$ | $5,6 \cdot 10^{-2}$ | 1,3 |
| Hydrogenoksalat | $HC_2O_4^-$ | $1,5 \cdot 10^{-4}$ | 3,8 |
| Propansyre | $HC_3H_5O_2$ | $1,3 \cdot 10^{-5}$ | 4,9 |
| Salisylsyre | $C_6H_4(OH)COOH$ | $1,0 \cdot 10^{-3}$ | 3,0 |
| Salpetersyrning | HNO_2 | $5,6 \cdot 10^{-4}$ | 3,3 |
| Svovelsyrning | H_2SO_3 | $1,4 \cdot 10^{-2}$ | 1,9 |
| Hydrogensulfitt | HSO_3^- | $6,3 \cdot 10^{-8}$ | 7,2 |
| Sitronsyre | $H_3C_6H_5O_7$ | $7,4 \cdot 10^{-4}$ | 3,1 |
| Dihydrogensitrat | $H_2C_6H_5O_7^-$ | $1,7 \cdot 10^{-5}$ | 4,8 |
| Hydrogensitrat | $HC_6H_5O_7^{2-}$ | $4,1 \cdot 10^{-7}$ | 6,4 |
| Vinsyre (2,3-dihydroksybutendisyre, tartarsyre) | $(CH(OH)COOH)_2$ | $6,8 \cdot 10^{-4}$ | 3,2 |
| Hydrogentartrat | $HOOC(CH(OH))_2COO^-$ | $1,2 \cdot 10^{-5}$ | 4,9 |
| Hypoklorsyre (underklorsyrning) | $HOCl$ | $4,0 \cdot 10^{-8}$ | 7,4 |
| Urea | CH_4N_2O | $0,8 \cdot 10^{-1}$ | 0,1 |

BASEKONSTANTER (K_b) I VANNLØSNING VED 25 °C

| Navn | Formel | K_b | pK_b |
|--------------------|-------------------------------------|----------------------|--------|
| Acetat | CH_3COO^- | $5,0 \cdot 10^{-10}$ | 9,3 |
| Ammoniakk | NH_3 | $1,8 \cdot 10^{-5}$ | 4,7 |
| Metylamin | CH_3NH_2 | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | 3,3 |
| Dimetylamin | $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | 3,3 |
| Trimetylamin | $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ | $6,3 \cdot 10^{-5}$ | 4,2 |
| Etylamin | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ | $4,6 \cdot 10^{-4}$ | 3,4 |
| Dietylamin | $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ | $6,3 \cdot 10^{-4}$ | 3,2 |
| Trietylamin | $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | 3,3 |
| Fenylamin (Anilin) | $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ | $7,9 \cdot 10^{-10}$ | 9,1 |
| Pyridin | $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ | $1,6 \cdot 10^{-9}$ | 8,8 |
| Hydrogenkarbonat | HCO_3^- | $2,0 \cdot 10^{-8}$ | 7,7 |
| Karbonat | CO_3^{2-} | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | 3,7 |

SYRE-BASE-INDIKATORER

| Indikator | Fargeforandring | pH-omslagsområde |
|-----------------|-----------------|------------------|
| Metylfiolett | gul-fiolett | 0,0 - 1,6 |
| Tymolblått | rød-gul | 1,2 - 2,8 |
| Metyloransje | rød-oransje | 3,2 - 4,4 |
| Bromfenolblått | gul-blå | 3,0 - 4,6 |
| Kongorødt | fiolett-rød | 3,0 - 5,0 |
| Bromkresolgrønt | gul-blå | 3,8 - 5,4 |
| Metylrødt | rød-gul | 4,8 - 6,0 |
| Lakmus | rød-blå | 5,0 - 8,0 |
| Bromtymolblått | gul-blå | 6,0 - 7,6 |
| Fenolrødt | gul-rød | 6,6 - 8,0 |
| Tymolblått | gul-blå | 8,0 - 9,6 |
| Fenolftalein | fargeløs-rosa | 8,2 - 10,0 |
| Alizarin gul | gul-lilla | 10,1 - 12,0 |