

Oskar Andreas Olsen

Modellering i termisk fysikk

-en kvalitativ studie om hvordan programmering kan kombineres med modellering i termisk fysikk i Fysikk 1.

Masteroppgave i MLREAL

Veileder: Berit Bungum

Juni 2022

Oskar Andreas Olsen

Modellering i termisk fysikk

-en kvalitativ studie om hvordan programmering kan kombineres med modellering innen termisk fysikk i Fysikk 1.

Masteroppgave i MLREAL
Veileder: Berit Bungum
Juni 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for naturvitenskap
Institutt for fysikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Den avsluttende masteroppgaven ved studiet MLREAL har jeg skrevet en oppgave i fysikkdidaktikk der jeg har forsket på modellering innen termisk fysikk i Fysikk 1. At programmering skal brukes i fysikk er forankret i fagfornyelsen fra 2020. Hvordan programmering kan brukes som et nyttig verktøy og ikke hindrende for læringsutbyttet har vært et spørsmål som jeg personlig har forsøkt å svare på. Til denne studien ble følgende problemstilling stilt:

- *Hvordan kan programmering kombineres med modellering i termisk fysikk?*

Til dette ble det utviklet et utforskende undervisningsopplegg der den kognitive belastningen ble senket ved at elevene fikk utlevert en nesten ferdig kode der du bare skulle endre på verdiene til ulike parametere. Med bruk av kvalitativ metode ble det samlet inn ulike datakilder fra elevene der resultatene viser at elevene synes innholdet av programmering var et nyttig bidrag som fremmet deres læring innen termisk fysikk.

Abstract

For this master's thesis in the study programme MLREAL, I have written a text in physics didactics where I have researched modelling in thermal physics in the subject Physics 1. The use of programming is anchored in the educational reform in 2020. How to use programming as a useful tool and not be a hindrance for the learning outcome has been a question I have wondered personally about. For this study the following problem will be addressed:

- *How to combine programming with modelling in thermal physics?*

To answer this, I have developed an inquiry based research as a learning method where the aim has been to reduce the cognitive load by making the scripts as approachable as possible for the pupils. Using qualitative methods, different data from the pupils have been collected where the results show that the pupils found the programming content as a useful contribution to raise the learning outcome in thermal physics.

Forord

It's over.

Ja morna

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Abstract.....	1
Forord.....	2
1. Introduksjon.....	7
2. Teorigrunnlag.....	9
2.1 Modellering i fysikk.....	9
2.1.1 Antagelser og forbehold	10
2.1.2 Matematiske modeller i fysikk.....	10
2.1.3 Utvikling av modeller	11
2.1.4 Elevers utfordringer i bruk av modeller	11
2.2 Utforskende arbeidsmåter.....	13
2.3 Språklig innhold i fysikk.....	15
3. Undervisningsopplegget	19
3.1 Gjennomgang av Python-scriptene.....	19
3.1.1 Import av bibliotek.....	19
3.1.2 Tilordning av dataverdier.....	19
3.1.3 Lister.....	21
3.1.4 Innlesing av data	21
3.1.5 Definere funksjoner	22
3.1.6 While-løkker.....	22
3.1.7 Plotting av funksjoner	23
3.2 Kontekst for studien.....	24
3.3 Undervisningsopplegget	24
3.3.1 Første time	25
3.3.2 Andre time	26
3.3.3 Tredje time og fjerde time	27
3.3.4 Femte time.....	28
3.4 Erfaringer i gjennomganger av undervisningsopplegget	29
4. Metode.....	31
4.1 Forskningsdesign.....	31
4.2 Valg av kvalitativ og kvantitativ metode	31

4.2.1 Intervju	32
4.2.2 Opptak av elevdiskusjoner	33
4.2.3 Observasjon	34
4.2.4 Spørreskjema	34
4.2.5 Arbeidsark som støttestruktur.....	35
4.3 Transkripsjon og analyse av elevdiskusjoner og intervjuer	36
4.4 Forskningens kvalitet og forskningsetikk	38
5. Resultater og analyse.....	39
5.1 Resultater fra arbeidsark	39
5.2 Resultater fra spørreskjema.....	39
5.2.1 Spørsmål 1 – Forventet karakter.....	40
5.2.2 Spørsmål 2 – Tidligere programmeringserfaring	40
5.2.3 Spørsmål 3 – Vanskelighetsgrad på programmering	43
5.2.4 Spørsmål 4 – Hva var mest utfordrende?	43
5.2.5 Spørsmål 5 – Hva var mest interessant?.....	44
5.2.6 Spørsmål 6 – Hva handlet undervisningsopplegget om?.....	45
5.2.7 Spørsmål 7 – Bruksområder for programmering i fysikk	46
5.2.8 Spørsmål 8 – Øvrige kommentarer	46
5.3 Opptak av elevdiskusjoner	47
5.3.1 «Hva er temperatur?».....	47
5.3.2 «Hva skjer når du blåser på en kopp nykokt kaffe?»	49
5.3.3 «Forklar Newtons avkjølingslov»	52
5.4 Resultater fra intervjuer.....	54
5.4.1 Tidligere programmeringserfaring i skolesammenheng har vært vanskelig	55
5.4.2 Hvorfor programmering er nyttig	57
5.4.3 Programmering bør innføres i flere fag og tidligere enn i videregående	58
5.4.4 Hvilke erfaringer elevene sitter med etter dette undervisningsopplegget	59
6. Diskusjon	63
6.1 Problemstilling og forskningsspørsmål	63
6.2 Hvordan opplever elevene bruk av programmering i arbeid med fysikk?	63
6.3 Hva kjennetegner elevenes modelleringskompetanse slik den kommer til uttrykk i arbeid med opplegget?	65

6.4 Hva kjennetegner elevenes muntlige språk i arbeid med opplegget?	67
6.5 På hvilke måter fungerer opplegget som utforskende for elevene?	68
6.6 Metodisk refleksjon	71
7. Konklusjon.....	73
8. Kildehenvisning	75
Vedlegg	79
Vedlegg #1 – plot.py	79
Vedlegg #2 – sim.py	80
Vedlegg #3 - samtykkeskjema.....	82
Vedlegg #4 - intervjuguide	85

1. Introduksjon

Gjennom fagfornyelsen har programmering blitt innført som et kompetansemål i Fysikk 1 (Utdanningsdirektoratet, 2020a). Dette fordrer at elevene skal kunne bruke programmering i ulike læringssituasjoner på skolen. Hvordan programmering kan *brukes* som en viktig del av elevenes læring og ikke bare som et tillegg til øvrige fysikkfaglige tema har personlig vært et viktig spørsmål underveis i studieløpet. Mitt bidrag med denne masteroppgaven blir å undersøke hvordan programmering kan brukes som et verktøy i undervisningen av temaet termisk fysikk i Fysikk 1. Oppgavens problemstilling er følgende:

- *Hvordan kan programmering kombineres med modellering i termisk fysikk?*

For å besvare denne problemstillingen har jeg deduktivt utviklet et utforskende undervisningsopplegg som har blitt induktivt videreutviklet gjennom utprøvinger i to klasser. For å kunne evaluere og drøfte undervisningsopplegget har oppgaven fire forskningsspørsmål som blir diskutert i denne oppgaven:

1. Hvordan opplever elevene bruk av programmering i arbeid med fysikk?
2. Hva kjennetegner elevenes modelleringskompetanse slik den kommer til uttrykk i arbeid med opplegget?
3. Hva kjennetegner elevenes muntlige språk i arbeid med opplegget?
4. På hvilke måter fungerer opplegget som utforskende for elevene?

Opgaven vil først presentere den relevante teorien i kapittel 2 som ligger til grunn for utviklingen av undervisningsopplegget og som rammeverket oppgaven diskuterer resultatene fra studien opp mot. Kapittel 3 presenterer en grundig gjennomgang av undervisningsopplegget i detalj med erfaringer jeg sitter igjen med. Kapittel 4 inneholder hvilke forskningsmetoder som er blitt brukt. I kapittel 5 blir alle resultater fra datakildene gjort rede for. I kapittel 6 drøftes oppgavens forskningsspørsmål opp mot resultatene og det teoretiske rammeverket. Avslutningsvis blir problemstillingen besvart i kapittel 7.

2. Teorigrunnlag

Dette kapitlet presenteres all teori som har vært brukt i utviklingen av undervisningsopplegget i denne masterstudien. I delkapittel 2.1 blir det presentert teori om modellering innen fysikk. Utforskende arbeidsmåter blir gjort rede for i delkapittel 2.2 og avslutningsvis blir det språklige innholdet i fysikk presentert i delkapittel 2.3.

2.1 Modellering i fysikk

Et av fysikkens hovedmål er å kunne forstå og beskrive verdenen rundt oss. Dette kan være svært komplekst i de fleste sammenhenger. Å kunne beskrive hvordan universet henger sammen i sin helhet er i praksis umulig å gjøre. En metode som benyttes i vitenskapen er å danne modeller som har til hensikt å gjenspeile virkeligheten (Gilbert, 2004). Ved å gjøre antagelser og forenklinger kan modeller bidra til å dele opp universet i mindre biter som er mer overkommelige å forklare. For at en modell skal være nyttig bør den kunne predikere hva som vil skje i fremtiden gitt antagelser som gjøres i nåtiden. Selv om vi kan forklare bevegelser av enkeltkyer og hva fører til nedbør er det nesten umulig å spå været lengre enn noen dager i fremtiden med en viss sikkerhet. Ved å dele opp og gjøre forenklinger kan man bit for bit skaffe seg et klarere bilde av fysiske fenomener. Ofte vil matematiske fremstillinger kunne bidra til å forklare både trekk og tendenser i fysiske fenomener.

Modellering er forankret i den foregående læreplanen fra 2006 under *forskerspiren/den unge forskeren* i fysikk og naturfag (Utdanningsdirektoratet, 2006a, 2006b) ved at elevene skal kunne: *gjøre rede for og drøfte sentrale trekk ved vitenskapelig metode i fysikk/naturfag*. I de nye kompetansemålene fra 2020 er også modeller nevnt spesifikt i Fysikk 1: *vurdere, bruke og lage modeller til å beskrive og forutsi fysiske fenomener* (Utdanningsdirektoratet, 2020b). I tillegg sier opplæringens verdigrunnlag fra fagfornyelsen (Utdanningsdirektoratet, 2020c) at etablerte ideer skal *granskes og kritiseres*, som direkte påpeker at elever ikke bare skal motta kunnskap fra lærere, men ta aktivt del i egen og medelevers læring. Her kan modellering som *metode* være et nyttig verktøy for elevene å jobbe aktivt og kritisk med sine egne og medelevers ideer.

I forskningslitteratur er det ikke entydig definert hva som menes med en *modell*. Angell et al. (2011) presenterer fire ulike nyanser der *representasjon, struktur, forenklinger og bindeledd mellom fenomener* er stikkord som kan kjennetegne en modell. I så måte kan ulike modeller kategoriseres til hva de har som *hensikt* å være nyttig til. Ingen modeller er ment å være kopier av virkeligheten, altså har de begrensninger. Noen modeller har som hensikt å representere et gitt aspekt ved et fenomen: Bohrs atommodell representerer *hvordan* elektroner plasserer og grupperer seg i forhold til en atomkjerne, men den ikke kan beskrive elektroners bevegelse og posisjon i henhold til Heisenbergs uskarphetsrelasjoner. En liten fysisk modell over solsystemet vil strukturelt vise rekkefølgen av planeters baner rundt sola, men et forhold mellom planeters størrelse og avstander i solsystemet vil være utfordrende å vise i samme modell (Etkina et al., 2006). Selve ordet modell benyttes også i dagligtale utenfor forskningslitteratur og fysikk-klasserommet. Årsmodellen av en bil forteller hvilken representasjon av akkurat dette bilmerket og -typen ved et gitt årstall. Mennesker som jobber som modeller representerer

hvordan klesprodusenten ønsker at klærne kan brukes. En fordel med å bruke enkle modeller i fysikk er at de ofte gir gyldige prediksjoner over et stort område, men at prediksjonene er mindre presise. Dersom det er viktigere med presise prediksjoner blir det vanskeligere for modellen å være generell og gjelde for mange ulike situasjoner.

2.1.1 Antagelser og forbehold

Modeller benyttes for å kunne beskrive og predikere noe komplekst og sammensatt på en enklere måte. Når det innføres modeller i fysikkundervisningen kan én hensikt være å hjelpe til å bygge opp epistemologisk forståelse i fysikk, mens en annen hensikt vil være eksplisitt modelleringskompetanse. En modell i seg selv er prinsipielt ikke korrekt eller gal, fordi det kreves forbehold og antagelser for at modellen kan skapes. For at en modell skal kunne gi fornuftige svar er det like viktig å vite når den gjelder, som når modellen ikke gjelder. Angell et al. (2011) beskriver at egenskapene som gjengir virkeligheten på en riktig måte kalles *positive analogier*. I motsetning forteller de *negative analogiene* hvor modellen ikke er forenlig med virkeligheten. Å kunne være kyndig i modellering krever at man både kan gjøre rede for de positive og negative analogiene for en gitt modell.

Det kan tenkes at elever forstår ordet modell som noe *bestemt og fastsatt*, for eksempel et bil- eller klesmerke, og ikke som et verktøy som kan utvikles. Newton har *bestemt* at bevegelseslovene er slik. Skolen har *bestemt* at bare hardt arbeid gir gode karakterer. Dette fordrer at modellering læres eksplisitt som metode for å skape forståelse av hvilke muligheter og utfordringer forskere støter på i sin hverdag (Oh & Oh, 2011). Det er ikke bare det rent faglige som inngår i en gitt modell som er verdifull læring, men også at modellering som metode er nyttig for å skape forståelse i et tema. Jo mer man krever at en modell skal predikere, jo mer informasjon må man «putte inn» i modellen.

Et annet problem med modeller er at de kan forstås som en *fasit* og ikke som en forenklet kopi av virkeligheten. Da vil elevene kunne trekke logiske slutninger utover hva modellen egentlig forsøker å gjengi. En modell for et legeme i fritt fall hvor luftmotstanden *antas* å være neglisjerbar vil ha et gyldighetsområde og ikke gjelde for vilkårlig høye hastigheter. På motsatt side kan en modell ansees som lite nyttig hvis elevene tenker at det «bare er en modell». I så måte kan modellering være hindrende for læringen hvis elevene opplever at de må lære en «feil modell» i tillegg til å forstå hvordan det «egentlig» henger sammen. Utviklingen av modelleringskompetansen til elevene er avgjørende for å kunne danne et gyldighetsområde en modell har (Angell et al., 2011). Å bruke modeller er som oftest et verktøy til å kunne forstå mer komplekse og sammensatte fenomener.

2.1.2 Matematiske modeller i fysikk

Matematiske modeller gir ofte elegante fremstillinger, kan skrives med få tegn og er oversiktlige å lese. En enkel matematisk modell for sammenhengen mellom tilbakelagt strekning, fart og tid kan være: $s = v \cdot t$. Hva sier modellen? Hva sier den *ikke*? Den matematiske fremstillingen forteller ikke i seg selv hvilket tidsperspektiv som er rimelig å anta. Lar man tiden t gå mot uendelig vil også strekningen s gå mot uendelig. Hvis modellen beskriver et menneske som løper vil det være urimelig å anta at denne modellen gjelder for alle vilkårlig store t . Følgelig kan modellen bare gi gyldige svar gitt et sett med antagelser, som for eksempel at farten må være konstant i både størrelse og retning.

Modeller av matematisk natur vil ofte ligne på hverandre. $s = v_0t + s_0$ er en analog sammenheng som $y = ax + b$. Begge modellene angir lineære sammenhenger mellom parameterne. Likevel synes mange elever at det er utfordrende å se likheten mellom disse to formlene (Guttersrud, 2008). En mulig forklaring kan være at elever ikke forstår modeller som analoge forenklete modelleringer av virkeligheten, men snarere løsningskisser som gjelder spesielt for oppgaven de skal løse. Spesielt når elever jobber utforskende kan elevene dra nytte av å kjenne til modellering og hypotesedannelse som en fremgangsmåte og som et verktøy i utforskningen (Angell et al., 2011). Spesifikk øvelse på å skape modellene selv vil kunne bidra til å oppdage sammenhenger mellom matematikkmodusen knyttet til formler og fysikkmodusen knyttet til forståelse av modellens gyldighet og begrensninger (Erickson, 2006; Malthe-Sørensen et al., 2015).

2.1.3 Utvikling av modeller

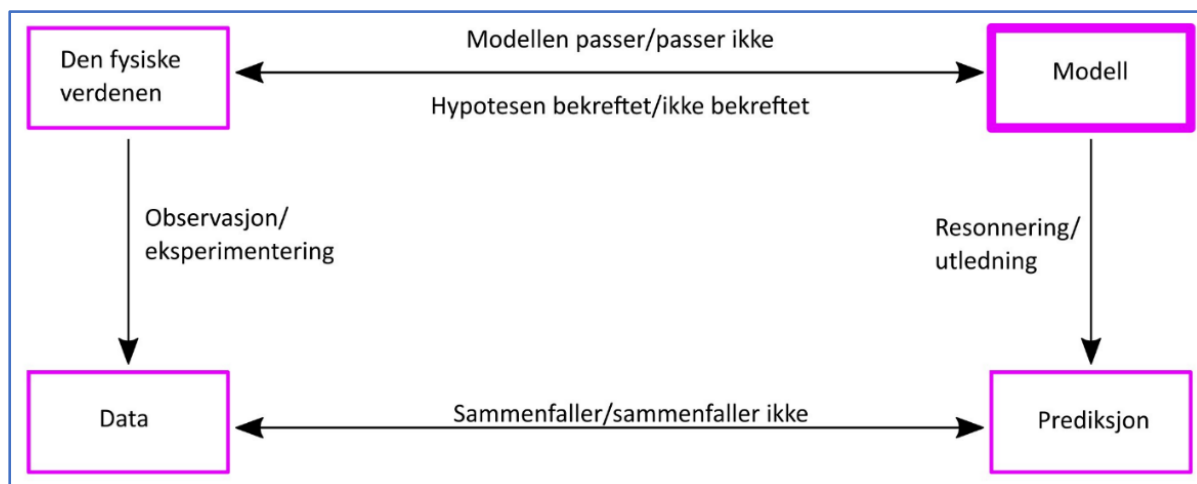
Dersom en modell ikke forutser utfall som samsvarer med empiriske resultater kan man danne nye hypoteser og justere modellen etter virkeligheten. Figur 2.1 viser hvordan en modell forsøker å predikere utfall sammenlignet med eksperimentelle data fra den faktiske verdenen. Newtons 2. lov kan predikere akselerasjonen til et objekt gitt at massen og summen av kreftene på objektet er kjent. Denne modellen var i lang tid antatt å være gyldig for alle systemer. Først når modellen *ikke* kunne forutse utfall som stemte overens med observasjoner av planeter og stjerner måtte det til en justering. Likevel kan Newtons lover brukes i sammenhenger hvor det antas at relativitet ikke spiller inn.

Som tidligere påpekt er ikke *modellering* og *modeller* entydig definert (Angell et al., 2011). Det eksisterer ikke en entydig *riktig* og *beste modell* som følge av konteksten av fenomenet som skal forklares. Hvilket bruksområde modellen er ment til er avgjørende for hvilke antagelser som blir tatt og hvilke begrensninger disse antagelsene vil gi. På analogt vis kan heller ikke en modell vises å være ufeilbarlig under alle forhold og kategorisert som *riktig*. Ulike modeller bidrar med ikke-lingvistiske fremstillinger av et fenomen og kan eksistere parallelt utfra hvilket *fokus/formål* modellen har (omtalt som "target" i Oh & Oh, 2011). Eksplisitt undervisning med modellering kan bidra til at elever bedre forstår naturvitenskapen egenart og er i stand til å justere egne modeller, eller forkasting og etablering av helt nye ideer.

2.1.4 Elevers utfordringer i bruk av modeller

En av de største utfordringene elever møter i bruk av matematiske beregningsmodeller er å kunne kombinere resultater med kunnskap som de allerede har. Dersom det ikke blir satt av tid til å *spesifisere, klarere og utdype* de resultatene som forekommer vil det kunne by på utfordringer for elever å kunne integrere ny kunnskap som ikke er kontekstbundet (Sørby & Angell, 2012). En stor del av moderne forskning, og følgelig moderne fysikkundervisning gjennom opplæringens verdigrunnlag, er å kunne utvikle og/eller forbedre modeller blant annet med et matematisk språk. Det kreves eksplisitt øvelse for å kunne forene *domenet av ideer* opp mot *domenet av det observerbare* (Abrahams & Millar, 2008). Effektiv læring skjer først når elevene kan se sammenhenger på tvers av teori og praktiske resultater.

Figur 2.1: Hypotetisk-deduktiv modellbygging fra Giere et al. (2006)



Kyndighet i matematisk modellering er ofte nødvendig men ikke tilstrekkelig for å oppnå kyndighet i fysikkfaglig modellering. Newtons 2. lov på matematisk form beskriver en likhet mellom summen av krefter og en tilhørende akselerasjon for et legeme med masse m . Her vil det være mulig å regne alle mulige oppgaver i kjent kontekst bare ved å tegne figur og putte inn tall. For å skaffe en mer abstrakt, ikke-kontekstbasert forståelse av Newtons 2. lov derimot, kreves det dveling og drøfting knyttet til hver enkelt størrelse som inngår. Hva betyr egentlig en *sum* av krefter? Er massen samlet i ett punkt, eller har den en utstrekning med ulik tetthet? Er akselerasjonen konstant? Vil legemet akselerere for vilkårlig store t , eller vil friksjon spille inn etter hvert? Alle slike spørsmål fordrer mer krevende diskusjoner, men bidrar til at elevene både kan løse oppgaver i flere ulike kontekster i tillegg til å bygge en bro mellom domenet av ideer og domenet av det observerbare.

Med bruk av digitale hjelpemidler til å simulere fysikkfenomener blir man satt til å sjonglere mellom flere ulike typer kompetanse. Som tidligere nevnt er det vanlig at elever sliter med oppgaveløsning når de blir usikre på om de skal *være* i matematikk- eller fysikkmodus (Guttersrud, 2008). I tillegg til at beregninger i fysikk kan gjøres for hånd matematisk, er programmering i økende grad viktig innen beregningskompetanse (Odden et al., 2019). Når man får en feilmelding i programmet og må stoppe for å tenke. Skal man da tilnærme seg matematisk og se etter selvmotsigelser, tilnærme seg programmeringsteknisk og se etter feil i syntaks, eller tilnærme seg fysikkfaglig og se etter ugyldige antagelser?

Odden et al. (2019) deler kompetansen innen *beregningsleseferdighet* i: *materielle*, *kognitive* og *sosiale* deler. Det materielle beskriver det konkrete programmeringsspråket man bruker og hvordan selve koden må skrives for å kunne kjøre. Det kognitive beskriver hvordan modellen er konstruert med tilhørende antagelser og begrensninger. Det sosiale beskriver hvordan koden presenteres og kommuniseres overfor andre og hvordan det visuelle kan bidra til erfaringsutvekslinger. Taub et al. (2015) beskriver en annen tredelt

fremstilling med *strukturell*, *prosedyremessig* og *systemisk* kompetanse innen beregning i fysikk. Strukturell kompetanse beskrives analogt som det materielle fra Odden et al. (2019). Prosedyremessig kompetanse involverer den iterative tenkningen som inngår i fremstillingen av koden, for eksempel hva betyr det at en *while*-løkke kjører for alle t mindre enn T . Den systemiske kompetansen omhandler representasjonen av det fysikkfaglige systemet som blir modellert. I diskusjonskapittelet blir drøftingen av elevenes beregningskompetanse basert på disse to fremstillingene fra Odden et al. (2019) og Taub et al. (2015).

Selv om man har forstått hva modellen innebærer matematisk, hvilke begrensninger den har fysisk, og hvordan den skal programmeres kan det oppstå problemer når det trykkes *kjør* i koden som er programmert eller når det trykkes = på kalkulatoren. Taub et al. (2015) beskriver dette som et eget fjerde domene: *utførelse*. Her inngår det problemer som tilfeldige syntaksfeil. Kanskje har man glemt å lukke alle parentesene. Kanskje har man gitt en variabel navnet *hastighet* med liten h tidlig i koden og skrevet *Hastighet* med stor H lenger nede i koden. Kanskje stopper ikke *for*-løkken å gå fordi man har skrevet inn feil indeks. Dette kan ofte ta lang tid å finne ut av, og være frustrerende og demotiverende (Sørby & Angell, 2012). Inntil man finner feilen som stopper hele programmet vet man ikke om det er på bakgrunn av manglende matematikk-, fysikk-, eller programmeringskompetanse, eller *bare* en slurvfeil.

Modellering er et viktig prinsipp i undervisningsopplegget som presenteres i kapittel 3. For at elevene ikke bare skal være i stand til å kunne *bruke* Newtons avkjølingslov, men også kunne gjøre rede for antagelser og begrensninger blir det gjennomført eksplisitte diskusjoner for å fremme modelleringskompetansen.

2.2 Utforskende arbeidsmåter

Undervisningsopplegget i denne masterstudien bygger i stor grad på at elevene skal bruke utforskende arbeidsmåter. Når elevene får muligheten til å forske på egenhånd legges det til rette for dybdelæring i temaet (Knain & Kolstø, 2019). I dette delkapittelet blir det presentert teori fra forskning gjort på hva som skal til for at læringen skal være effektiv for elevene. Forskning viser at bruk av utforskende arbeidsmåter kan gi god læring når elevene blir moderat utfordret kognitivt, men ikke blir overveldet (Colburn, 2000; Knain & Kolstø, 2019). I denne oppgavens undervisningsopplegg er selve programmeringen som kreves av elevene blitt tonet ned som et forsøk på å senke den kognitive belastningen (Sweller et al., 2011). Inngangsterskelen er forsøkt å holdes lav, med et høyt tak for læring, som beskrevet av Wæge og Nosrati (2018). Opplegget er i hovedsak utviklet til å skape læring i termisk fysikk, der programmering benyttes som et verktøy i modelleringen.

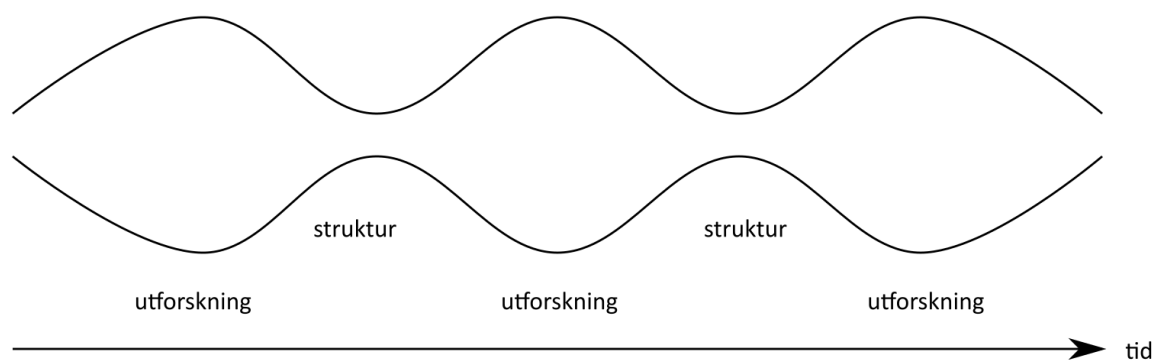
For at utforskende undervisning skal bidra til effektiv læring er det mange faktorer som er bidragsytende. Viktig for elevene er det at prosjektet som skal gjennomføres har klare rammer over hva som forventes av elevene. Rammene bør være *tydelige* og enkle å forstå selv om de kan ha et bredt spillerom både til metodene de benytter seg av og hvordan de skal legge frem resultatene sine. Mye tid kan gå tapt dersom det er uklart for elevene hva som skal forskes på, hvordan de skal utforske temaet sitt. Følgelig vil elevene best kunne gjennomføre et utforskende prosjekt uten at de behøver å bruke tid og krefter underveis

på å sjekke om de er på riktig spor og gjør det som er forventet av dem (Bjønness & Kolstø, 2015; Hmelo-Silver et al., 2007). Støttestrukturer som benyttes underveis kan være i mange ulike former. Noen ganger trenger elevene tett veiledning fra lærere eller medelever for at komplekse og vanskelige aspekter blir gjort forståelige. Likevel er det også viktig at det gis både tid og rom til utforskning fra elevene selv uten påvirkning fra læreren. Dersom elevene ikke får tid og rom til å fundere og tenke selv kan hensikten med å benytte utforskende arbeidsmåter forsvinne (Kirschner et al., 2006)

Lærerens påvirkning på elevene er stor når det gjelder å være motivator like fullt som å inneha en faglig tyngde som elevene kan velge å benytte seg av. Dette kan både være i form av engasjement for tema som utforskes, affektiv anerkjennelse av læringsprosessen elevene er gjennom, eller affektiv støtte når elever møter problemer underveis i prosjektet. Dersom læreren påtar seg en rolle som veileter og plasserer seg sammen med elevene inne i selve prosjektet viser forskning at det har en positiv innvirkning på elevenes tankeprosesser fremfor å være en allvitende fagperson som kun skal bekrefte eller avkrefte resultatene som legges frem. (Bjønness & Kolstø, 2015).

Elevene opplever i langt større grad autonomi når de jobber med utforskende metoder enn hva de kanskje er vant med når det benyttes mer tradisjonelle arbeidsmetoder. Nettopp denne autonomien kan oppleves som skremmende dersom det er mange frihetsgrader og høy kompleksitet i prosjektet som skal utforskes (Knain & Kolstø, 2019). Her kan læreren bidra med å dele opp komplekse gjøremål til mindre biter som kan bidra til å gjøre arbeidet mer overkommelig for elevene. Kanskje er det noe man som lærer ikke har tenkt over på forhånd og det bør gjøres endringer i rammene for prosjektet, eller kanskje er det bare en naturlig del av utforskende arbeid å må søke ytterligere, grave mer og bruke litt mer tid på å finne frem til svaret på det man lurer på. Reduksjon av kognitiv belastning er et viktig aspekt her for at elevene skal oppleve mestring underveis. Her kan læreren gjøre ulike valg fortløpende (Harrison et al., 2017; Kawalkar & Vijapurkar, 2013).

Figur 2.2: Samspillet mellom tid og rom til utforskning og støttende struktur underveis i prosjektet langs en horisontal tidsskala.



Forskning viser at praktisk arbeid alene har kan ha en begrenset effekt for læring (Abrahams & Millar, 2008). En utfordring for elevene er å kunne se hvordan de praktiske ferdighetene er forenelig med den teoretiske kunnskapen elevene besitter. For at et forsøk skal være interessant å gjennomføre i tillegg til å fremme læring er det hensiktsmessig at forsøket skal teste en hypotese eller teori for å kunne bekrefte eller avkrefte den. Det kreves eksplisitt jobbing for å kunne forene domenet av *det observerbare* med domenet av *ideer*. Dersom eksperimentet bare er til for å produsere et fenomen der ingen er i tvil hva som vil skje, er det heller ikke rom for fundering og tenking rundt hva som foregår. Eksperimenter innen mekanikk kan ha svært ulik kompleksitet. Om man spør elever på 8. trinn hva som vil skje om man slipper en mynt fra hodehøyde, vil de fleste være sikre på at den vil falle ned helt til den treffer gulvet og bli liggende der. Hvis forsøket stopper der er det antagelig et fåtall elever som har lært noe mer enn de visste godt fra før. Derimot om man tester ulike objekter med ulik vekt kan man stille spørsmål som har tilknytning til mekanisk fysikk for eksempel om tiden det tar fra man slipper til det treffer gulvet.

Lærere som har spesialisert seg innenfor et gitt område i fysikk, eller for eksempel bare har studert fysikk og skal gjennomføre et kjemiforsøk i naturfag på ungdomsskolen, tenderer lærere ofte til å gjøre forsøk med strenge rutiner som skal følges og begrensninger knytte til frihetsgrader i forsøkene. (Abrahams & Millar, 2008). Ofte fokuserer elever kun på domenet av det observerbare underveis i forsøk uten at de tar i bruk den kunnskapen de har fra teorigjennomgang av temaet. Ofte blir avgjørelser tatt ad hoc og ikke drøftet elever seg imellom eller med veiledning fra faglærer. Likevel har det en effekt selve *gjøringen* av et forsøk for å skape minner som elevene senere kan trekke frem i diskusjoner. Selv om de ikke gjorde seg opp en mening for hva som foregikk underveis i det praktiske forsøket kan erfaring trekkes frem og bygges videre på.

Mye forskning er gjort på hvorvidt utforskende arbeidsmåter er *effektive* sammenlignet med andre former for undervisning med tanke på læringsutbyttet elevene får. På en side er det flere forskere som argumenterer for at et viktig aspekt utforskende arbeidsmåter bidrar med er at det gir elevene et innblikk i hvordan «ekte forskere» jobber (Hmelo-Silver et al., 2007; Kirschner et al., 2006). Andre argumenter er at det fremmer elevenes evne til å være kritiske tenkere og at det legger til rette for dybdelæring. Hva som skal til for at læringen er effektiv viser forskning fra ulike verdensdeler på ulike skolenivå at rollen til læreren er avgjørende. Den affektive støtten læreren gir har stor innvirkning på elevenes epistemiske selvtillit og deres indre motivasjon (Amitomo & Klieme, 2020). Når elevene møter mostand i et prosjekt er det viktig at læreren er støttende slik at elevene opprettholder selvtilliten og tørr å prøve og feile flere ganger før de til slutt lykkes. Jo mer erfaring elevene har med bruk av utforskende arbeidsmåter, jo bedre vil de kunne takle utfordringer og oppleve mestring (Osborne, 2015).

2.3 Språklig innhold i fysikk

I dette delkapittelet er innholdet i stor grad hentet fra en oppgave jeg skrev i emnet *fysikk spesialpensum – FY3490* høsten 2021 der jeg gjorde en litteraturstudie på elevers språklige innhold i fysikk og alternative forestillinger.

Innholdet i det naturfaglige språket kan kategoriseres i tre ulike grupper: naturfaglig, semi-teknisk og ikke-teknisk (Mork & Erlien, 2010; Wellington & Osborne, 2001). Disse kategoriene kan igjen deles i om begrepene er entydig definert, eller om det samme begrepet kan ha ulik betydning i ulike sammenhenger. Spesielt flertydige begreper vil kunne skape forvirring dersom det er forskjell mellom bruken i og utenfor fysikklasserommet. I noen tilfeller kan definisjonen av et begrep i fysikk være forskjellig fra hvordan begrepet brukes i hverdagslig kontekst. Ord som: kraft, energi og varme, vil ofte være en del av elevenes vokabular. Slike begrep kan ofte ha en svært ulik bruk i dagligtale sammenlignet med hva vi definerer begrepet til i fysikktermer. Om man sier: «*Jeg har ingen krefter igjen*», kan det enten hende man mener at man er sliten etter en lang arbeidsdag, eller så kan man trekke koblinger til Newtons lover og mene at summen av krefter på meg som legeme er null.

I fysikk settes det krav til at elevene skal kunne bruke ord og begreper på en presis måte både skriftlig og muntlig. Mange begrep vil være nye og ukjente for elevene i forkant av fysikkundervisningen, slik som: dekomponering av krefter, bevegelsesligninger og termisk permeabilitet. Slike begrep må læres fra grunnen av før de kan tas i bruk i fysikken (Angell et al., 2011). Forskning gjort av Adadan og Yavuzkaya (2018) viser at elever er mer konsistente i sin argumentasjon i bruk av avanserte begreper sammenlignet med bruken av ord og begreper som også brukes i hverdagslig kontekst. Dette ønsker jeg i diskusjonskapittelet å knytte opp mot Blooms taksonomi (1956 som i ; Imsen, 2020) når jeg drøfter elevenes språkbruk fra resultatene i denne studien.

Møtet med fysikken som fag i skolen kan være spennende og nytt, men også krevende og forvirrende for elevene. Elevenes kompetanse kan initialt enten være: *null tidligere kunnskap, sporadisk kunnskap* uten en etablert sammenheng, eller et *fullstendig teoretisk rammeverk* innen et tema (Malik et al., 2019). Følgelig vil elevene ha et svært ulikt utgangspunkt for hvordan de argumenterer. Angell et. al. (2011) skriver om det å innføre nye begreper er en vesentlig del av de tanke-systemene som skal bringe vitenskapen videre. For å være kompetent innen fysikk må en også være kompetent i bruken av språket fysikken uttrykkes i. Elevers forestillinger bygger på tidligere opplevelser både i og utenfor klasserommet. Alternative forestillinger innebærer at eleven har et strukturert oppsett av forklaringer som er konsistente, men kan ofte bidra til systematisk feiltolkning av fysiske fenomener. Det teoretiske rammeverket hver enkelt elev besitter vil ofte være rigid siden det har blitt bygget opp over lang tid. Vitenskapelige forklaringer, som strider med ens forestilling, vil ofte være vanskelig å endre på. Først når elevene føler at det teoretiske rammeverket sitt er mangelfullt eller motstridende med vitenskapelige forklaringen vil det skapes en motivasjon til endringer (Angell et al., 2011)

Konflikten mellom intuitive og vitenskapelige forklaringer vil i stor grad bidra til at fag som fysikk vil oppleves som krevende å mestre. Ved lavere taksonomiske nivå vil ofte sammenhengen mellom ulike deler av teori være svak. Kunnskap kan i så måte være svært kontekstbasert og bidra til at elever ikke er i stand til å løse nye oppgaver av kjent natur, men med ny innpakning. Derfor er det viktig å eksplisitt jobbe med begrepsbruken for å gjøre elevene i stand til å se både forskjeller og sammenhenger i ulike kontekster.

For eksempel skaper navnet *kraftverk* en problemstilling hvor det fysikkfaglige begrepet *kraft* måles i Newton, mens et kraftverk produserer energi fremfor å «produsere» Newton.

Forskning på elevers begrepskompetanse viser mange elever forstår termiske begreper som *egenskaper* ulike ting har. For eksempel kan en ting *ha* egenskapen varmhete eller kaldhet (omtalt som "hotness" og "coldness" i Georgiou & Sharma, 2010). Et annet eksempel er at vann *har* egenskapen som fører til at det er kaldere å hoppe i et basseng på 10°C enn å gå ut en høstdag når gradestokken viser 10°C. Tomatsausen på pizzaen har egenskapen at den brenner mer i munnen enn pizzabunnen. Disse forestillingene er ofte skapt av de opplevelsene hverdagen bringer. Intuitive forklaringer føles tilstrekkelige og gode nok til det hverdagslige formålet. For å skaffe en motivasjon til å uttale seg mer presist kreves opplevelser der nåværende kunnskap føles utilstrekkelig. Først når det settes krav til at varme er skarpt definert i fysikk gir det mening å skille mellom temperaturen panelovnen holder og hvilken effekt panelovnen har til å beskrive varmen som forekommer. Forståelsen av termiske begreper og konsepter utvikles over tid. I en undersøkelse av Adadan og Yavuzkaya (2018) viser at mange av begrepene og konsepter innen termisk fysikk er abstrakte og kognitivt krevende. Forskningen viser at elever i liten grad er i stand til å se sammenhengene mellom like termofysiske fenomener innpakket i ulike kontekster. Disse forskningsresultatene blir drøftet opp mot resultatene fra denne oppgavens undervisningsopplegg.

3. Undervisningsopplegget

I kapittel 3 i denne oppgaven vil det først bli gjort rede for alle de tekniske aspektene ved programmeringen som brukes i opplegget i 3.1. Konteksten av studien blir presentert i 3.2 og siste utkast av undervisningsopplegget presenteres i sin helhet i kapittel 3.3 slik jeg ville gjennomført det hvis jeg skulle gjennomføre opplegget igjen. Kapittel 3.4 beskriver gjennomføringen i de to klassene klasse med erfaringer som ble gjort underveis.

3.1 Gjennomgang av Python-scriptene

Dette delkapittelet vil gjøre rede for alle de tekniske aspektene i programmeringen som inngår i undervisningsopplegget. De to scriptene, `plot.py` og `sim.py`, som inngår i opplegget finnes som vedlegg i sin helhet, men mindre biter blir brukt som illustrasjoner underveis i dette kapittelet. I scriptet `plot.py` skal det lastes inn verdier fra ulike Excel-ark og plote verdiene i et kartesisk koordinatsystem. I scriptet `sim.py` innføres Newtons avkjølingslov som simulerer at temperaturen til et objekt konvergerer mot en fast romtemperatur.

Det kan være en krevende øvelse å søke seg fram til forklaringer av alle funksjonene i Python på egen hånd siden mengden informasjon på internettet er tilnærmet uendelig og er ofte svært avansert. Derfor er boken av Haraldsrud et. al (2020) valgt som utgangspunkt siden den rettet mot lærere i grunnskolen og i videregående skole. For å kunne programmere trengs det et shell som oversetter det man skriver inn som tekstlinjer til noe datamaskinen forstår. Fra egen programmeringserfaring er det foreslått i undervisningsopplegget at elevene laster ned programvaren Anaconda til å behandle koden med. Dette er også et av programmene Haraldsrud et. al (2020) nevner. For å skrive kommentarer underveis i scriptet skriver man først en `#` etterfulgt av tekst som ikke er med i selve programmeringen.

3.1.1 Import av bibliotek

Det første skjer i et script er at man velger hvilke *bibliotek* man skal importere til koden sin. Dette er et sett med funksjoner som programmet kan ta i bruk. Personlig tenker jeg på disse bibliotekene som verktøykasser som inneholder diverse verktøy - hvilken verktøykasse jeg velger å hente er styrt av hvilke verktøy som trengs for å utføre oppgaven. Det er mange ulike bibliotek som kan tas i bruk, men valget av bibliotek for `plot.py` og `sim.py` er kalt *matplotlib*. Figur 3.1 viser hvordan det ser ut i Anaconda. Når man skriver «*as plt*» etter navnet på biblioteket gjør man livet lettere ved å bare skrive *plt* for å kalle på koden i stedet for å skrive *matplotlib.pyplot* hver gang man ønsker å hente funksjoner fra biblioteket. Hvis noen skal ha tak i meg kan de rope «*O!*» i stedet for «*Oskar Olsen!*».

Figur 3.1: Importering av biblioteket `matplotlib` i Anaconda – felles for både `plot.py` og `sim.py`

```
1 #1
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
```

Figur 3.2: Tilordning av variabler som brukes i simuleringen av Newtons avkjølingslov – fra sim.py

```
10 ##### SE HER, KJÆRE ELEV #####
11
12 #Når skal simuleringen starte?
13 tid =
14
15 #Hva er starttemperaturen?
16 temp =
17
18 #Hvilken konstant må brukes?
19 k =
20
21 #Hva er temperaturen i rommet?
22 romtemp =
23
24 #Hvor langt skal hvert tidssteg være?
25 dt =
26
27 #Hvor lenge ønsker du å simulere?
28 tid_slutt =
29
30 #####
```

3.1.2 Tilordning av dataverdier

Hvis man ønsker å tilordne en variabel en spesifikk verdi kan man gjøre dette ved å skrive navnet på variabelen og sette den lik et tall. For eksempel *eksempel_variabel = 6.9*, der variabelen med navnet «eksempel_variabel» tilordnes verdien 6,9. Merk at punktum brukes som skilletegn for desimaltall. Skal man bruke denne variabelen senere i scriptet skriver man navnet på variabelen og programmet bruker den tilordnede verdien. I scriptet sim.py blir elevene bedt om å fylle inn verdier for seks ulike variabler, som vist i figur 3.2. Her blir de først bedt om å angi ved hvilken tidsverdi de ønsker at simuleringen skal starte ved. Deretter kan de velge hva starttemperaturen skal være. Så blir de bedt om å skrive inn en verdi for en konstant k som inngår i modellen som brukes. Denne verdien er den mest «mystiske» som elevene må prøve ulike verdier for å få ønsket resultat. Hva temperaturen i rommet er bestemmer hvilken verdi temperaturen vil konvergere mot. Verdien som tilordnes dt bestemmer hvor langt tidssteget skal være mellom hver iterasjon av modellen. Siste verdi de må skrive inn antyder ved hvilken tidsverdi simuleringen skal stoppe ved. Alle variablene må ha en tallverdi for at programmet skal kjøre. Til venstre for linje 13 i figur 3.2 vises en rød sirkel med kryss inni. Dette er Anacondas høflige måte å fortelle at noe er galt ved denne linjen slik at programmet ikke kommer til å kjøre. Selv om de påfølgende fem variablene også er udefinerte gir bare Anaconda beskjed om første tilfelle som bidrar til at koden ikke kjører.

Figur 3.3: Lager to lister som først inneholder én verdi - fra `sim.py`, linje 32-36.

```
32 #3
33 #Lager lister for tid og temperatur
34 tid_sim = [tid]
35 temp_sim = [temp]
36
```

3.1.3 Lister

Hvis man har en rekke av verdier kan man lagre de i en *liste* i Python. En liste kan inneholde både tall og tekst der man skiller mellom hvert element med et komma. Når man lager en liste inneholder den i utgangspunktet ingen elementer. Deretter kan man enten legge til elementer manuelt ved å sette listen lik en mengde tall innenfor klammeparenteser. Lista `tid_sim` på linje 34 i figur 3.3, inneholder én verdi, som er verdien man har tilordnet variabelen ved navn `tid`. Ønsker man å legge til flere verdier samtidig skiller man verdiene med kommategn. En annen måte å legge til verdier er ved å skrive: «`.append`» bak navnet på listen kan man legge til en nye verdier. Å bruke `.append` er en hensiktsmessig måte å bruke i både `plot.py` og `sim.py` siden man kan legge til så mange verdier man ønsker enten utfra antall linjer fra Excel-arket, eller ved å bestemme antallet iterasjoner *while*-løkka skal kjøre for, mer om løkker i kapittel 3.1.6.

3.1.4 Innlesing av data

Hvis man ønsker å laste inn data fra en annen fil kan man gjøre det ved å bruke kommandoen `open`. For å gjøre det enkelt for programmet bør man ha selve scriptet i samme mappe som filen som skal lastes inn, da trenger man bare å skrive navnet på filen. Dette vises på linje 11 i figur 3.4. I linjene 12-20 gjøres det ulike ting som trengs for å «oversette» data fra et format som Excel forstår til et format som Python forstår. Linje 12 hopper over første rad i Excel-filen siden den inneholder overskrifter som ikke er ønskelig å ha med i listene i scriptet. Videre er det ulikt hvordan desimaltall er representert i Excel og Python: der desimaltall skrives med komma i Excel brukes punktum i Python. Linje 16 finner alle tilfeller av komma i Excel-filen og bytter til et punktum. I tillegg er de ulike verdiene sortert *loddrett*

Figur 3.4: Innlasting av Excel-fil med formattering av desimaltall og ordning fra kolonner til vektorer - fra `plot.py`

```
9 #3
10 #Skriv inn navnet på fila du vil laste inn
11 with open("") as file:
12     next(file)
13
14     for linje in file:
15
16         linje = linje.replace(",",".")
17         linje = linje.split(";")
18
19         tid_liste.append(float(linje[1]))
20         temp_liste.append(float(linje[2]))
21
```

Figur 3.5: De første 13 radene fra Excel-filen "4.csv"

	A	B	C	D	E	F	G
1	dato: 1. feb 2022	Tid /s	Temp /graderC				
2		0	77,4				
3		15	75,1				
4		30	71,4				
5		45	67,5				
6		60	63,8				
7		75	60,6				
8		90	57,9				
9		105	55,9				
10		120	54,3				
11		135	52,8				
12		150	51,6				
13		165	50,2				

i kolonner i Excel mens listene som brukes i Python er sortert som en vektor med *vannrett* orientering. Linje 17 ordner dette problemet ved å gjøre kolonnen om til en rad. Kolonne A i Excel-filen har indeks 0 og inneholder ingen verdier, kolonne B har indeks 1 og inneholder alle tidsverdiene og kolonne C har indeks 2 og inneholder alle temperaturverdiene, se figur 3.5. Linje 19 og 20 i figur 3.4 tilordner verdier til de tomme listene som er definert tidligere i programmet ved hjelp av *.append*-funksjonen.

3.1.5 Definere funksjoner

Innføring av en matematisk modell i Python kan gjøres ved å definere en funksjon med et navn og hvilke *argumenter* som inngår i modellen. I scriptet *sim.py*, se linje 6-8 i figur 3.6, innføres en funksjon ved navn *temp_endring* med argumentet *temp*. Linje 8 *returner* variabelen som er definert på linje 7, slik at den kan kalles på senere i programmet. *Endring* er lik minus ganger differansen mellom *temperaturen* og *romtemperaturen* ganget med en konstant *k* som elevene selv skal prøve seg fram med ulike verdier. Denne *k*-verdien bestemmer hvor fort temperaturen endrer seg – liten *k* gir langsom endring, stor *k* gir rask endring. Når *temp* har blitt lik *romtemp* blir differansen lik 0 og følgelig skjer det ingen ytterligere endring av temperaturen.

Figur 3.6: Definerings av funksjonen *temp_endring* med argumentet *temp*. Deretter settes endringen av temperaturfunksjonen lik differansen mellom temperaturen og romtemperaturen multiplisert med en vilkårlig konstant *k*.

```
4 #2
5 #Lager en modell som regner ut temperaturendringen
6 def temp_endring(temp):
7     endring = -(temp-romtemp)*k
8     return endring
9
```

Figur 3.7: While-løkke som kjører så lenge tid er strengt mindre enn `tid_slutt`. På linje 40 og 41 legges det til en endring til henholdsvis temperaturen og tiden. På linje 43 og 44 legges den nye temperaturen og tiden til i listene før while-løkken kjører om igjen

```
37 #4
38 while tid < tid_slutt:
39     temp = temp + temp_endring(temp)*dt
40     tid = tid + dt
41
42     temp_sim.append(temp)
43     tid_sim.append(tid)
```

3.1.6 While-løkker

For å simulere funksjonen som ble definert i figur 3.6 blir det senere i `sim.py`-scriptet brukt en *while*-løkke. Denne funksjonen er en iterativ prosess som kjører om og om igjen så lenge programmet blir bedt om å kjøre løkken. Som vist i figur 3.7 kjøres while-løkken i `sim.py` så lenge `tid` er strengt mindre enn `tid_slutt`. På linje 39 tilordnes en ny verdi for `temp` lik den gamle pluss en liten endring som regnes ut ved å kalle på `temp_endring` ganget med en steglengde `dt`. På linje 40 tilordnes en ny verdi for `tid` lik den gamle pluss steglengden `dt`. Deretter legges de nye verdiene til i listene `temp_sim` og `tid_sim` før løkken kjører på nytt. Løkken kommer til å kjøre om og om igjen helt til verdien av `tid` har blitt større enn verdien `tid_slutt`. Eksempelvis dersom programmet starter med `tid` lik 0, steglengde `dt` lik 0.01 og `tid_slutt` lik 10, så vil while-løkken kjøre 1000 ganger.

3.1.7 Plotting av funksjoner

Fra biblioteket `matplotlib.pyplot` som ble importert helt i starten av begge scriptene kan man kalle på en rekke funksjoner som gir grafiske plot. Siden vi tidligere importerte biblioteket «*as plt*» kan det nå skrives `plt.plot` med to ulike argumenter inne i parentesene for å vise et plot med x- og y-verdier som vist i figur 3.8. Det første argumentet inni parentesene på linje 24 gir x-aksen, her tiden, mens det andre argumentet bestemmer y-verdiene, her temperaturen. Ved å fylle inne tekst mellom to anførselstegn kan man legge til ulik tekst i selve plottet som fremstilles.

Figur 3.8: Grafisk plotting av listene `tid_liste` og `temp_liste`. Linje 25 setter en tittel på plottet, linje 26 og 27 setter navn på aksene. Linje 28 legger over et transparent rutenett. Felles form i både `plot.py` og `sim.py`

```
22 #4
23 #Skriv navn på tittel, akser og legend
24 plt.plot(tid_liste,temp_liste, ". ")
25 plt.title("")
26 plt.xlabel("")
27 plt.ylabel("")
28 plt.grid()
```

3.2 Kontekst for studien

Undersøkelsen i dette mastergradsprosjektet er utført ved én skole i Midt-Norge i to skoleklasser i programfaget Fysikk 1. Klassene bestod av henholdsvis 20 og 21 elever med faglærere som har blitt tildelt pseudonymene Fiona og Shrek. Undervisningsopplegget ble kjørt i de ulike klassene hver for seg, **f**ørst i **F**ionas klasse, og **s**ist i **S**hreks klasse. Gjennomgang av samme opplegg i to omganger ble gjort for å få en utviklingsdimensjon av opplegget, der erfaringer fra Fionas klasse bidro til mulige endringer i opplegget. Til vanlig møtes de to faglærerne ofte for å samkjøre laboratorieøvelser, dele erfaringer og følge en felles årsplan for temaene i Fysikk 1. Fionas klasse består av 6 jenter og 15 gutter, mens Shreks klasse består av 9 jenter og 11 gutter. Ifølge faglærerne er det vanlig ved denne skolen at det er flere gutter enn jenter som velger fysikk som programfag. Angell et al. (2011) viser til en typisk andel jenter på 40% i Fysikk 1, noe som er sammenlignbart med at de 15 av 41 elevene som gir en andel av jenter på 37%. Dette mener jeg er et representativt utvalg. I forkant av opplegget beskrev begge faglærere at klassene i hovedsak består av flinke og nysgjerrige elever.

Opplegget var elevenes første møte med temaet *termisk fysikk* i Fysikk 1. Som forsker var jeg også hovedlæreren i alle øktene begge ukene der jeg presenterte og hadde hovedansvaret fra start til slutt. Faglærerne Fiona og Shrek plasserte seg bakerst i klasserommet og tok egne notater underveis, men bidro også til teknisk hjelp og faglig bistand

3.3 Undervisningsopplegget

I dette delkapittelet vil siste versjon av undervisningsopplegget i sin helhet presenteres kronologisk. Opplegget ble deduktivt utviklet i forkant og induktivt forbedret etter utprøving i to omganger. Didaktiske grep er gjort basert på egne erfaringer, tilbakemeldinger fra samtlige elever via spørreskjema og fire elever gjennom intervjuer. Hvis du som lærer tenker å bruke dette opplegget i dine timer anbefales det at du først leser gjennom dette kapittelet og lager egne notater for deg selv.

Totalt har opplegget en ramme på fem skoletimer à 45 minutter og passer i Fysikk 1. Av utstyr behøver minst halvparten av elevene en datamaskin med programvare til koding i Python, foreslått programvare er Anaconda. Grupper på to og to anbefales, med mulighet for en gruppe på tre hvis det er odde antall elever i klassen.

Tabell 3.1 Rammene for undervisningsopplegget

- Tema: termisk fysikk
- Varighet: fem skoletimer à 45min
- Kompetansemål: *forstå begrepet temperatur og forklare hvordan tilført varme til et system fører til temperaturendring i dette systemet*
- Arbeidsform: utforskende arbeidsmåter
- Grupper: par eller grupper på tre
- Verktøy: modellering med programmering, to script ved navn sim.py og plot.py
- Innleveringer: innspilling av diskusjoner til to åpne oppgaver
- Læringsmål:
 - Kunne gi eksempler på hverdagslig og teknisk språkbruk
 - Bruke Newtons avkjølingslov til å beregne temperaturendring
 - Bruke koding i Python til å fremstille Newtons avkjølingslov grafisk
 - Muntlig definere begrepet temperatur med egne ord
 - Muntlig gjøre rede for Newtons avkjølingslov

3.3.1 Første time

Presenter rammene for opplegget, se tabell 3.1, og skriv opp på tavla slik at elevene senere kan sjekke hvis de har spørsmål. Fyll en kopp med nykokt vann med et termometer i. Skriv sporadisk opp på tavlen hva termometeret viser og noter tidspunktet på tavla. Ikke si hva det skal brukes til, men la elevene lure. Trenger ikke å være ved jevne tidsintervaller. Dette kan brukes til å fylle inn verdier i et Excel-ark som kan plottes senere.

Start med å spørre elevene hva de tenker på når du sier termisk fysikk. Her skrives alle evelytringene opp i to kolonner på tavla. Den ene kolonnen inneholder ord og begreper som inneholder hverdagslig språk, den andre inneholder teknisk språk. Ikke skriv overskriftene, men la elevene gjette hva som er grunnen til at du har delt utsagnene i to grupper. Her kan også elevene være uenige med deg som lærer hvorvidt et begrep er hverdagslig eller teknisk. Har du husket å skrive opp temperaturen i koppen i det siste?

Sannsynligvis har begrepet varme dukket opp fra foregående diskusjon, hvis ikke er det også helt greit. Be elevene diskutere to og to: «Hva er varme?». Deretter spør du tilfeldige grupper hva de snakket om, unngå å spørre hva de fant ut, da dette kan heve terskelen for å svare. Alle evelytringer skrives opp på tavlen uten at du som lærer bekrefter eller avkrefter hypotesene. Svarer elevene vet ikke så skriver du opp vet ikke på tavlen for å vise at alle svar tas imot. Svarer elevene nei assa, litt samme som de andre, så skriver du opp nei assa, litt samme som de andre på tavlen av samme grunn. Her bidrar du både til

å holde stemningen lett, men du hincer også til viktigheten av språket. Du som lærer styrer en klasseromsdiskusjon etter hvert som tavlen fylles opp av ulike ytringer. Ta punkt for punkt og be flere grupper si om de er enige eller uenige i påstanden. På denne måten kan du som lærer være veileder fram mot riktige formuleringer vitenskapelig sett uten at elevene blir inaktive som ved en monologisk gjennomgang på tavlen. I denne plenumsdiskusjonen får du også mange muligheter til å sondere hva elevene besitter av kunnskap slik at du kan gjøre endringer fortløpende etter behov. Har du husket å skrive opp temperaturen i koppen i det siste?

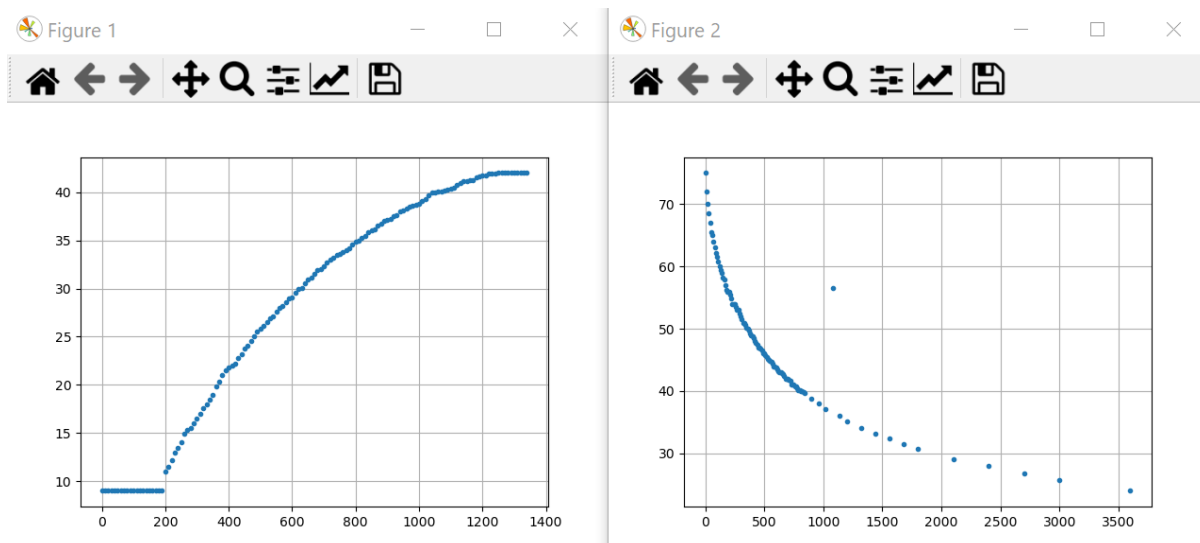
Neste sekvens starter med at du stiller et nytt åpent spørsmål som skal diskuteres først i par og deretter i plenum: «Hva tenker dere på når jeg sier modell eller modellering?». På samme vis som i forrige diskusjon spør du tilfeldige grupper hva de snakket om. Her er ønskelig stikkord at elevene påpeker; at modeller er forenklinger av virkeligheten, at modeller ikke er kopier, at modeller har hensikt å hjelpe til å forstå, at man må gjøre antagelser og at disse bidrar til visse begrensninger for modellen. Her kan du som lærer stille oppfølgingsspørsmål for å lede elevene inn mot hva som innebærer god modelleringskompetanse. Nå har elevene fått muligheten til å tenke fritt rundt et teoretisk eksempel. Nå gjør du et praktisk eksempel ved å slippe et objekt fra hodehøyde og be elevene foreslå en modell for dette forsøket. Her kan man for eksempel bruke bevegelsesligningen: $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ til å beskrive sammenhengen mellom avstanden til gulvet med tiden det tar å falle fra hodehøyde til gulvet. Be så elevene om å forklare hva de ulike parameterne betyr, og hvilke antagelser man har gjort for å kunne bruke denne modellen. Her er det naturlig at diskusjonen kommer inn på om en modell er god eller dårlig som er viktig med tanke på hvor begrenset en modell er på bakgrunn av hvilke antagelser som er gjort. Når er det greit å se bort fra luftmotstand? Før elevene tar friminutt ber du de om å laste ned Anaconda.

3.3.2 Andre time

I starten av den andre timen gir du elevene et arbeidsark de skal tegne og forklare på, se vedlegg. Det viktigste er å tørre å gjette, men å kunne si hvilke antagelser som er gjort og hvilke resulterende begrensninger dette gir. Her får elevene prøvd å skriftlig gjøre rede for hvilke antagelser de gjør, og hvilke begrensninger dette fører til. Pass på at elevene forstår at *antagelser* er knyttet til hvilke *forutsetninger* modellen har og ikke bare *antar* ved å gjette hva resultatene skal bli.

Når elevene har lastet ned og installert Anaconda skal de åpne programmet plot.py og lagre det i en valgfri mappe på datamaskinen sin. Pass på at denne mappen inneholder både programmet plot.py i tillegg til Excel-filene som skal åpnes i programmet for å unngå feilmeldinger. Gå gjennom programmet linje for linje og forklar hva som menes med å importere et bibliotek, hvorfor det lages lister og hvordan programmet oversetter data fra et «Excel-språk» til data som Anaconda forstår. Nå passer det fint å bruke verdiene for tid og temperatur fra koppen med nykøkt vann som du på mystisk vis har notert ned i forrige time for å vise hvordan et plot kan se ut. Sett av god tid til å la elevene utforske de ulike plottene og ta i bruk diskusjoner i plenum underveis der elevene forklarer hva de har funnet ut. Noen av plottene har avtagende temperatur og noen har økende temperatur.

Figur 3.9: Eksempler på hvordan plottene kan se ut. Temperatur i grader Celsius på y-aksen og tid i sekunder på x-aksen.



Be elevene sammenligne sine antagelser fra arbeidsarket med hva de har plottet, se figur 3.9. Sett av tid til feilsøking i programmet og at filene er lagret i samme mappe. Noen versjoner av Anaconda viser plot i et eget vindu, mens andre versjoner viser plot som under en fane inne i programvaren. Be elevene om å foreslå hva de tror de har plottet. Hva bestemmer hvor fort avkjølingen/oppvarmingen skjer? Husk å be elevene lagre de ulike plottene underveis, slik at de kan sammenlignes med fremtidige simuleringer.

Mot slutten av timen ber du elevene spille inn og levere et kort lydklipp der de skal forklare til en medelev: «Hva er temperatur?». Her får de muligheten til å bruke både hverdagslige begreper og/eller teknisk språk i argumentasjonen. Her er det mulig for deg som lærer å fange opp eventuelle misoppfatninger eller alternative forestillinger elevene har.

3.3.3 Tredje time og fjerde time

Nå som elevene har fått testet og blitt kjent med programmet `plot.py` er det mulig å diskutere hvordan det kan skapes en matematisk modell som modellerer de empiriske dataene. Her er det naturlig at elevene må diskutere seg fram til hvilke forutsetninger modellen skal ha. Her kan for eksempel gode spørsmål være: «Hva skjer når tiden går mot uendelig? Hvordan skal modellen konvergere mot en antatt konstant romtemperatur?». Når elevene har fått diskutert og laget en hypotese til hvordan en slik modell kan se ut kan Newtons avkjølingslov presenteres. Skriv opp formelen på tavla og be elevene parvis diskutere hva de tror de ulike parameterne beskriver. Hva skjer hvis romtemperaturen og temperaturen til objektet er like? Hva skjer når tiden går mot uendelig? Hva bestemmer hvor raskt temperaturendringen forekommer? Spør deretter tilfeldige par hva de snakket om og eventuelt om de har et forslag til forklaringer av parameterne. Når alle parameterne er diskutert i plenum kan elevene laste ned og åpne programmet `sim.py`.

Som med programmet `plot.py` går du gjennom linje for linje hva som skjer i programmet `sim.py`. Simuleringen tar ikke utgangspunkt i noe empiriske data, her er det kun antagelser som bestemmer hvordan grafen fremstår. Den matematiske modellen er allerede skrevet ned i `sim.py` og elevene trenger bare å fylle inn verdier for: starttemperatur, slutttemperatur, starttid, sluttid, en verdi for konstanten k , i tillegg til hvor langt tidssteget mellom hver iterasjon skal være. Pass på at det brukes punktum og ikke komma for å skrive desimaltall. Her bør elevene få god tid til å teste hvordan endring av parameterne endrer på de simulerte plottene. Her kan programmet stoppe å fungere dersom antallet iterasjoner blir for store, typisk i størrelsesordenen milliarder av iterasjoner. Hvis dette skjer må enten tidssteget gjøres større, eller at sluttiden settes lavere. Underveis be elevene om å diskutere i par hvordan de ville forklart Newtons avkjølingslov til noen som ikke er fysikklerever.

Når elevene vet hvordan programmet `sim.py` fungerer og hvordan endringer av parametere gir ulike plot kan de kopiere hele programmet og lime inn i programmet `plot.py`. Importeringen av bibliotek trenger ikke å gjøres to ganger, kun øverst i koden. Nå skal elevene bruke det de har lært om plottingen av de empiriske Excel-filene med de simulerte plottene ved hjelp av den matematiske framstillingen. Etter hvert som de finner passende verdier for simuleringen opp mot et spesifikt plot, be elevene lagre plottet og notere ned hvilke verdier de brukte i simuleringen. La elevene få bruke god tid til å finne passende verdier for de ulike Excel-filene.

Etter hvert som elevene har lagret ulike plot kan du skrive opp på tavla hvilke k -verdier som elevene har funnet passende for de ulike Excel-filene. Hva kan denne k -verdien fortelle oss om objektet som simuleres? Her er det naturlig å diskutere ting som hvor stort volumet av objektet er, hva objektet består av og hvor stort areal som er i kontakt mellom objektet og omgivelsene. Be elevene diskutere parvis hva de tror om k -verdiene til to kopper som har samme volum, men med ulikt areal der væsken er i kontakt med omgivelsene. Et annet spørsmål kan være hva som skjer med et fat med for eksempel lasagne som spres utover et større område. Vil den avkjøles raskere, og i så fall hvorfor det? Når det diskuteres i plenum er det viktig at du som lærer ikke bekrefter eller avkrefter elevenes hypoteser, men lar andre elever argumentere hvorfor de er enige eller uenige. Pass på at det er selve argumentene som diskuteres og ikke at det blir enkeltelever mot hverandre.

3.3.4 Femte time

I den siste og avsluttende timen av dette undervisningsopplegget er det ønskelig å koble teorien om termisk fysikk og modellering opp mot det elevene har utforsket av programmering. For at elevene skal få muligheten til å forene domenet av ideer med domenet av det observerbare er det viktig at denne timen inneholder gode diskusjoner styrt av deg som lærer. Her kan det diskuteres hvordan man kan forklare både på et mikroskopisk nivå av enkeltpartikler og på et makroskopisk nivå hva som skjer når objekter med ulike temperaturer er i kontakt med hverandre. Her kan elevene diskutere først parvis og deretter i plenum hva som skjer når man blåser på en varm kopp kaffe. Hva er det egentlig som skjer som gjør at det avkjøles fortere?

Avslutningsvis skal elevene spille inn et nytt lydopptak som et arbeidskrav med vurdering der de skal forklare Newtons avkjølingslov til en yngre elev eller søsken. Her får de muligheten til å bruke enten bare et hverdagslig språk, eller benytte seg av fagbegreper som må forklares underveis. Her får du som lærer innblikk i hvilket taksonomisk nivå elevene er på utfra hvordan de argumenterer.

3.4 Erfaringer i gjennomganger av undervisningsopplegget

Timeplanen på skolen jeg gjennomførte denne masterstudien ved hadde fysikktimene fordelt på to timer tirsdags morgen og de tre siste timene torsdager. Spesielt for torsdagstimene var timeplanen slik at lunsjpausen deler inn økta i én time før lunsj og to timer etter. Stedet undervisningen fant sted på var et rom som både fungerte som laboratorium og klasserom. Elevene satt i grupper på to eller tre med kjente arbeidspartnere.

Det første jeg erfarte underveis i begge gjennomføringene var at stort sett ingen elever hadde nedlastet programvare til programmering på forhånd. Det ble fort klart at eksplisitt bruk av modellering som metode for læring var svært uvant for elevene. Det var mye vanskeligere å skulle notere ned feltnotater underveis som deltagende observatør underveis i opplegget. Jeg hadde forventet å få noen spørsmål angående tekniske aspekt med programmeringen og noen om epistemologisk om programmering. Disse forventningene ble bare halvveis møtt ved at *samtlig*e spørsmål underveis handlet om *hvorfor kjører ikke programmet nå?* Dette kan kategoriseres som spørsmål tilknyttet dimensjonen om *utførelse* som beskrevet av Taub et. al. (2015).

Jeg opplevde at elevene godtok meg som hovedlæreren i undervisningsopplegget. Svært mange av elevene rakk selv opp hånda og ønsket å bidra muntlig i diskusjonene. Stemningen var gjennomgående god i klasserommet og elevene virket engasjerte og nysgjerrige. Slik elevene var plassert i klasserommet virket det også som de aller fleste elevene hadde en arbeidspartner de jobbet godt sammen med, slik at det ble gode diskusjoner underveis.

Et forstyrrende moment i den første gjennomføringen var at elevene ikke hadde fått lest eller skrevet under på samtykkeskjemaet slik jeg hadde antatt på forhånd. Derfor ble det et uforutsett avbrekk i undervisningen midt i den første timen der elevene fikk lese gjennom og signere på samtykkeskjemaet.

4. Metode

I dette kapitlet vil det først bli gjort rede for selve forskningsdesignet i prosjektet i 4.1. Begrunnelse for valg av metoder følger i delkapittel 4.2, der hver datakilde deles inn i underkapitler. Delkapittel 4.3 tar for seg metoden for transkribering og koding av både lydfiler og intervjuer, mens delkapitlet 4.4 omhandler både kvaliteten av studien og de etiske aspektene ved studien.

4.1 Forskningsdesign

Designet av denne studien er hovedsakelig fleksibelt i form av en intervensjonsstudie med varierte metoder for datainnsamling. På bakgrunn av at jeg som masterstudent har begrenset erfaring som forsker var det ønskelig å benytte seg av flere ulike metoder og utnytte de ulike fordelene de kan bidra med. I tillegg blir det mulig å besvare hvert forskningsspørsmål fra ulike perspektiver. Siden prosjektet omhandler utforskende arbeid og fordrer at opplegget er av fleksibel natur var det naturlig å velge en intervensjonsstudie i småskala. Med bakgrunn i forskningslitteratur om modellering, utforskende arbeidsmetoder og elevers alternative forestillinger i termisk fysikk var undervisningsopplegget deduktivt konstruert (Postholm & Jacobsen, 2011), men siden erfaringer gjort ved utprøvingene i Fionas og Shreks klasse åpnet for mulighet til endringer var det også et induktivt aspekt.

4.2 Valg av kvalitativ og kvantitativ metode

Valget av metoder som skal benyttes i et forskningsprosjekt er i hovedsak styrt av forskningsspørsmålet/-ene (Robson & McCartan, 2016). I denne studien er det i hovedsak kvalitative metoder som har ligget til grunn. I tillegg har et spørreskjema med lukkede spørsmål blitt brukt som en kvantitativ datakilde. Siden hensikten med forskningen har vært å utvikle og prøve ut et undervisningsopplegg med utforskende metoder var det naturlig å basere seg i hovedsak på kvalitative metoder. Siden kontakten mellom forsker og deltagere, i denne studien som elever, gir kvalitative metoder muligheten for å forske med stor åpenhet og gir stor fleksibilitet. Forskningsdeltagerne har muligheten til å reflektere over sin egen situasjon underveis i opplegget (Thagaard, 2018).

En fordel ved kvalitative metoder til meg som uerfaren forsker er at et fleksibelt opplegg gjør at spontane avgjørelser kan gjøres selv om opplegget er systematisk planlagt. Dette ble gjort som en pragmatisk tilnærming ved at jeg har begrenset erfaring som forsker og dermed var usikker i forkant hvilke metodevalg som var ideelle for denne studien. Mason (2018) vektlegger at veksling mellom flere metoder bidrar å fremme refleksjon hos forskeren og kan bidra til en *perspektivgjøring* av dataene. I forkant var det ønskelig for meg å kunne støtte meg på flere typer data som en gardering mot uforutsette problemer. For eksempel dersom ingen av elevene ønsket å la seg intervju, kunne jeg likevel brukt resultater fra spørreskjema og opptak av elevdiskusjonene.

Begreper som omhandler anskaffelse av primærdata omtales ofte som en *innsamling* av data. For å holde på et mer pragmatisk syn knyttet til vitenskapsteori, både ontologisk og epistemologisk, velger Thagaard (2018) å bruke begrepet *utvikling* av data, som direkte indikerer at det som samles inn av informasjon prinsipielt er *filtrert* gjennom den som

utfører undersøkelsen (Postholm & Jacobsen, 2011). For at en forsker skal kunne utvikle en forståelse av innsamlet data, vil det i stor grad bygge på en fortolkende tilnærming. Dette kan være i form av fenomenologi, symbolsk interaksjonisme eller hermeneutikk, der sistnevnte i størst grad vil være gjeldende i denne masteroppgaven. Et viktig aspekt ved fortolkende tilnærming er at analysen ikke kan skilles totalt fra forforståelsen forskeren tar med seg inn i prosessen. Alle beskrivelser som blir gjort og presentert vil være påvirket av det teoretiske utgangspunktet til forskeren selv. Hermeneutikk er ofte en viktig inspirasjonskilde ved fortolkning av samfunnsvitenskapelig forskning der det legges vekt på meningsinnholdet (Thagaard, 2018). Mitt ønske var å bruke flere ulike typer datakilder for å kunne drøfte oppgavens forsknings spørsmål fra ulike perspektiver.

4.2.1 Intervju

Det ble gjennomført muntlige intervjuer av elever i grupper på to og to. Intervjuene ble gjennomført like etter endt undervisning de respektive ukene elevene hadde gjennomgått opplegget. Det ble tatt opp lyd på en opptaker eid av NTNU som min masterveileder bidro med. Intervjuene var semistrukturerte (Robson & McCartan, 2016), der intervjuguiden ble brukt som utgangspunkt for tema som kunne snakkes om, men oppfølgingsspørsmål underveis styrte i tillegg mye av samtalen. Lydfilene ble lastet over fra opptakeren til en minnepenn med kryptering av filene.

En fordel ved å gjennomføre gruppeintervjuer er at personene lettere kan bygge på hverandres utsagn. Det blir også mulig å få innblikk i flere oppfatninger som elevene besitter. Enten kan man utfylle det andre intervjuobjektets meninger, eller så kan man komme med moteksempler (Thagaard, 2018). Det vil også kunne føles tryggere for eleven som skal intervjues ved å ha en samtalepartner de kjenner godt til, til forskjell fra en forsker de har blitt kjent med bare de siste to dagene. For å gjøre situasjonen ytterligere trygg for elevene ble det spilt inn et kort lydklipp som en lydsjekk der de ble spurt om å si en setning hver. Dette ble så spilt av både for at jeg som forsker skulle høre at lydnivået var greit, og at elevene fikk kjennskap til hvordan det ville kunne høres ut. Jeg som intervjuer satt i en sofa og elevene satt sammen i en sofa på andre siden av et lite bord. På bordet hadde jeg en datamaskin stående med intervjuguiden fremme slik at både jeg og de så skjermen. Siden jeg kommer inn som en ukjent person ble dette gjort for å være åpen og transparent for å trygge intervjuobjektene ved at de kunne se over hvilke typer spørsmål jeg kunne stille. Elevene virket dog ikke interessert i å lese dette, men stemningen i intervjuene var god og alle 4 elevene virket avslappede. Jeg snakket veldig lite, mens elevene for det meste førte en samtale mellom seg der de ulike temaene ble diskutert.

Umiddelbart i etterkant av undervisningen på torsdagene ble det begge ukene gjennomført gruppeintervjuer med to elever i hvert intervju. Det første intervjuet varte i 20 minutter, mens det andre varte i litt over 30 minutter. Tre elever hadde krysset av at de ønsket å bli intervjuet i Fionas klasse, men grunnet sykdom møtte bare to av disse elevene til fysikkøkten torsdag. Tematikken i intervjuene var i hovedsak tilknyttet erfaringer elevene hadde med programmering fra tidligere. Her ble det også diskutert hvordan de opplevde innholdet av programmering i undervisningsopplegget mitt sammenlignet med tidligere

erfaringer. De fikk også muligheten til å gi forslag til hvordan opplegget kunne vært forbedret.

Det ble notert ned på stikkordsform hva elevene svarte på spørsmålene. Denne noteringen ble gjort fortløpende for å kunne være en aktiv intervjuer underveis (Postholm & Jacobsen, 2011; Robson & McCartan, 2016; Thagaard, 2018). Slik som med dataskjermen var notatene lagt ned på bordet slik at deltakerne kunne se hva jeg noterte ned. Før lydopptakeren ble startet ga jeg informasjon at notatene kun var for å lage et kjapt sammendrag over hva som ble snakket om underveis. Stikkordene ble også benyttet til å gjennomføre en sitatsjekk underveis der elevene kunne utfylle egne meninger eller utdype hva de egentlig mente dersom jeg hadde notert noe uklart. Dette var planlagte grep for å styrke validiteten av intervjuene. Avslutningsvis gjennomførte jeg et raskt sammendrag av hvilke spørsmål som hadde blitt diskutert i intervjuet der elevene bekreftet at de hadde fått sagt det de ville og kunne stille seg bak alle ytringene de hadde kommet med.

4.2.2 Opptak av elevdiskusjoner

Som en viktig primærkilde av data var elevene bedt i to omganger å skulle spille inn lydfiler som svar på oppgaver som de skulle levere inn. For elevene var dette et arbeidskrav i undervisningen som alle ble bedt om å gjøre. For å best kunne ivareta anonymiteten i tillegg til muligheten for å reservere seg mot deltakelse i forskningsprosjektet ble det avgjort at elevene direkte leverte inn lydfilene til sin faglærer. Jeg som forsker fikk tilgang til lydfilene først etter en anonymisering og kryptering av filene overført til en minnepenn. Overfor elevene påpekte jeg i stor grad at dette ikke skulle være en vurderingssituasjon overfor meg som forsker som en oppfordring mot opplesing av et manus. Dette for å bedre få frem hva elevene *tror* fremfor at de kun svarer det de tror læreren eller forskeren vil høre. Dette mener jeg å ha lyktes med, som resultatkapittelet 6.3 viser.

Den første oppgaven elevene fikk var den samme i begge klassene. Her ble bedt om å forklare med egne ord: *Hva er temperatur?* Jeg nevnte at et kompetansemål i Fysikk 1 er å kunne gjøre rede for begrepet *temperatur*, og følgelig ønsket jeg å høre hvordan de ville forklare dette. De fikk selv velge hvem lytteren skulle være, det kunne være en medelev som ikke hadde fysikk eller en lillebror eller -søster. Hva jeg forventet av lengde på lydfilen svarte jeg: *Lengre enn ett sekund, men kortere enn en time. Bare si hva dere tenker når jeg stiller dette spørsmålet.* Dette var tenkt å bidra til at elevene ikke ville føle et press for at de måtte svare tilsvarende en hel A4-side dersom dette var et skriftlig spørsmål på en kapittelprøve, men heller bruke ord og begreper de selv er komfortable med å bruke. Siden vi hadde snakket om at dagligdags språk og faglig terminologi begge kan brukes til å forklare samme fenomen, ga det mulighet for elevene å velge hvor dagligdags eller teknisk språk de ville bruke.

Den andre oppgaven jeg ga til elevene var ulik i de to klassene. Denne oppgaven fikk de mot slutten av den siste økta av undervisningsopplegget. I Fionas klasse fikk i oppgave å svare på *Hva skjer når du blåser på en kopp nykøkt kaffe?* På bakgrunn av tilbakemeldinger fra noen elever på spørreskjemaet og kommentarer fra begge elever i intervjuet kom det frem at de ikke følte denne oppgaven hadde særlig sammenheng med

undervisningen de hadde gjennomgått med meg. Dermed ble spørsmålet i Shreks klasse presentert som *Fortell hva Newtons avkjølingslov sier? Hva sier den ikke?* Med endringen av spørsmålet ble følgelig elevene direkte bedt om å ta i bruk kompetanse de hadde jobbet med denne uken fremfor å trekke det indirekte inn.

4.2.3 Observasjon

Med utgangspunkt i forskningsdesignet med en intervensjonsstudie med bruk av et eget utviklet opplegg var det et naturlig valg at jeg som forsker også skulle delta direkte i undervisningssituasjonen som hovedlæreren. Ved å selv kunne informere om prosjektet i forkant, og være tilstede og kunne besvare spørsmål underveis var det ment å styrke tilliten til meg som forsker (Robson & McCartan, 2016). Hovedsakelig ble observasjonen underveis med feltnotater primært brukt for refleksjon og videreutvikling av undervisningsopplegget. For eksempel viste det seg at det ikke var nødvendig å sette av tid på slutten av hver økt til vasking av bord og stoler, ettersom de nasjonale retningslinjene for smittevern mot Covid-19 var endret like i forkant av prosjektet. Dermed ble det satt av mer tid til diskusjon enn jeg hadde planlagt. Begge faglærere ga meg tilgang til sine notater med tanker fra undervisningsøktene og bidro med gode tilbakemeldinger med forslag til forbedringer.

4.2.4 Spørreskjema

Spørreskjemaet som ble brukt i studien er utviklet av Sigurd Nordby (2019). Spørreskjemaet var bestående av både avkryssing med forhåndsbestemte svaralternativer i tillegg til åpne spørsmål der elevene fikk muligheten til å utdype med egne ord. Dette skjemaet ble utdelt avslutningsvis ved endt undervisning etter de fem skoletimene var gjennomført. Hovedvekten er på kvalitative metoder i dette masterprosjektet, men innsamlingen av anonyme spørreskjema bidro til å skaffe et overblikk av hvordan elevene selv hadde opplevd undervisningen. Slik fikk jeg tilgang til *noe* data fra samtlige elever i tillegg til de utfyllende svarene fra elevene som ble intervjuet.

På spørreskjemaet fikk elevene 6 spørsmål med avkryssing som svaralternativ fra 1 til 6:

1. Hvilken karakter forventer du å få i fysikk i standpunktkarakter i år?
[1-6]
2. Hvor mye erfaring hadde du med programmering før i dag?
[ingen erfaring – svært mye erfaring]
3. Hvor utfordrende opplevde du at undervisningen med programmering var?
[svært enkel – svært utfordrende]
6. Hva synes du opplegget handlet mest om i dag?
 - a. Fysikk **[liten grad – stor grad]**
 - b. Programmering **[liten grad – stor grad]**
 - c. Matematikk **[liten grad – stor grad]**

De åpne spørsmålene var følgende:

2. Hvor mye erfaring hadde du med programmering før i dag? Kommentarer?
4. Hva var mest utfordrende?

5. Hva var mest interessant?
7. Nevn noen bruksområder du tror programmering kan ha i fysikk. Lærte du noe nytt om dette i dag?
8. Øvrige tanker/kommentarer?

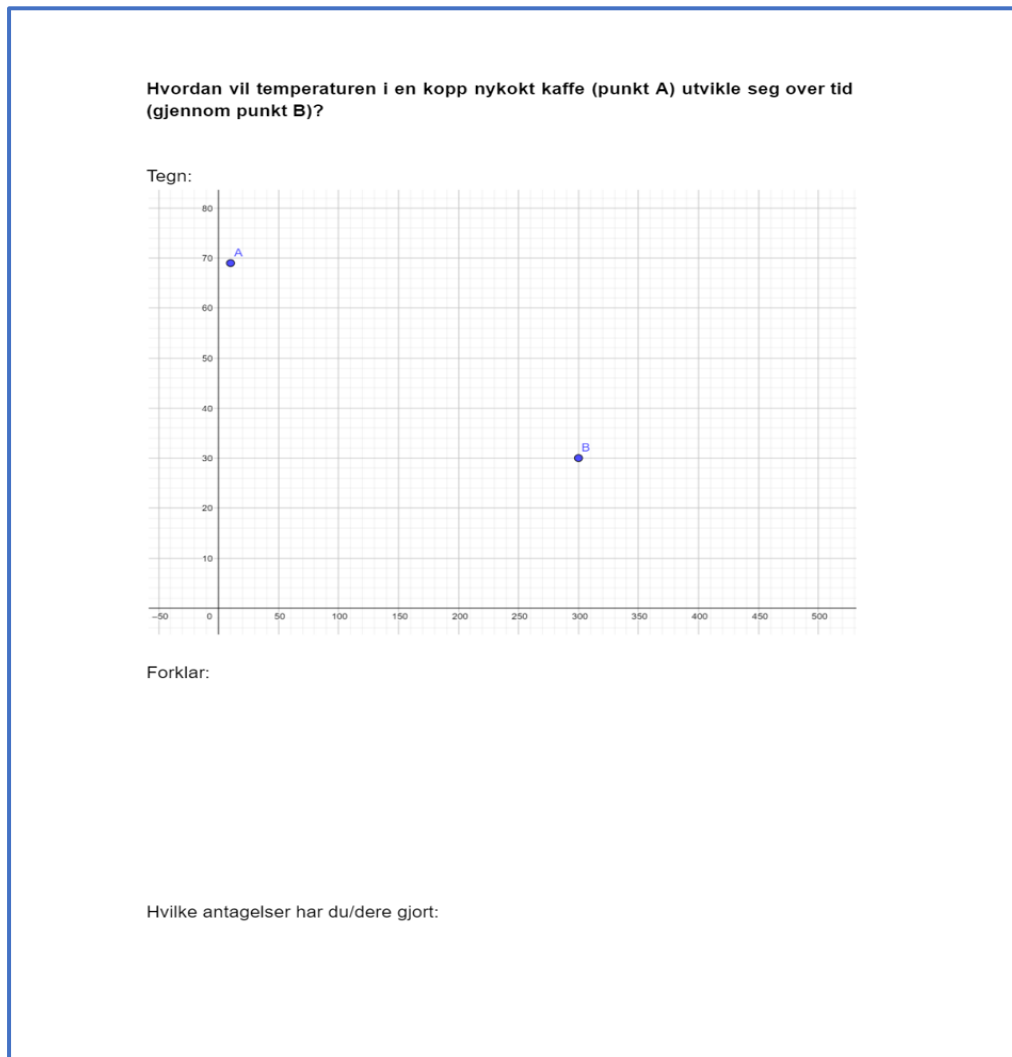
I første spørsmål blir eleven bedt om å indikere hvilken karakter de *forventer* å få fremfor å bruke ordet *håper* som er tenkt å få elevene til å svare mer gjennomtenkt før de umiddelbart svarer 6. Videre blir de bedt om å både gi en tallverdi fra 1-6 og kommentere i hvilken grad de har brukt programmering tidligere enten i skolesammenheng eller på egen hånd. Spørsmål 7 er formulert på en slik måte at elevene blir bedt om å oppgi hva de *tror* programmering kan brukes til som er en åpner for at alle svar godtas og at det ikke søkes etter et «riktig» svar.

I tillegg til spørsmålene med avkryssing som svaralternativer fikk elevene 5 spørsmål de kunne skrive fritt og svare med egne ord. Her vil svarene på hvert spørsmål presenteres i kategorier som ble til gjennom empirinær koding i første omgang og deretter abstrahering i flere omganger. Hvert utsagn er indeksert med et tall på 6 siffer – dette tallet består av alternativene eleven har krysset av på i den kvantitative delen av spørreskjemaet. Dette ble gjort for å kunne se sammenhenger mellom f.eks. hva eleven forventer å få i standpunktarakter – første siffer i tallet – og hva eleven har svart på de åpne spørsmålene. Noen ytringer inneholdt flere enn én kode, og kan følgelig bidra til flere kategorier som presenteres i påfølgende delkapitler. Alle elevsvar er direkte sitater. Enkelte elevsvar er parvis identiske på et fåtall spørsmål, noe som ikke antas å forringe kvaliteten av elevbetsvarelsene totalt sett.

4.2.5 Arbeidsark som støttestruktur

Underveis i den første økten fikk elevene utlevert et arbeidsark med mulighet til å både tegne og skrive ned *hvordan* de trodde at temperaturen ville endre seg i en kopp med nykøkt kaffe plassert i et rom med normal romtemperatur. Som vist i figur 1 fikk elevene presentert et kartesisk koordinatsystem med to punkter ved ulike temperaturer. Her ble det bevisst unnlatt å gi mer informasjon enn at *noe* har koordinatene $[10,70]$ og $[300,30]$. Her var det forventet at de kunne bidra med antagelser knyttet til navnet på aksene – er det for eksempel sekunder eller minutter på x-aksen. I tillegg var det plass for x-verdier opp mot 500 slik at elevene kunne skissere en graf som fortsetter å avta etter punktet B eller om de antar at romtemperaturen er nøyaktig B. Her var det forventet at de enten ville tegne en avtagende linje fra A mot eller *gjennom* B eller en rett linje fra A til B. Under fikk elevene spørsmål om å forklare modellen og hvilke antagelser de hadde gjort. Her var det forventet at de kunne si noe om start- og sluttemperatur, start- og sluttid i tillegg til andre ting modellen kan si noe om eller *ikke* kan si noe om.

Figur 4.1: Arbeidsark som støttestruktur



4.3 Transkripsjon og analyse av elevdiskusjoner og intervjuer

Transkripsjonen av alle lydfiler ble gjort gjennom å lytte til 2-3 sekunder om gangen og skrive ned hva som ble ytret så nøyaktig som mulig. For å anonymisere eventuelle dialekter ble alle setninger omskrevet til bokmål. Pauselyder, stamming, latter og lignende ble utelatt fra transkripsjonen siden det ikke ansees å være relevant til oppgavens forskningsspørsmål. Tilfeller med ufullstendige setninger eller gjentakelser ble notert ned da det kan tenkes at det kommer frem tegn på usikkerhet bak utsagnene. Til sammen ble det levert 30 opptak av elevers diskusjoner, der lengden var mellom 40-150 sekunder per lydfil. Lengden av det første intervjuet var 20 minutter og det andre varte i 34 minutter.

Analysen av det transkriberte materialet ble gjort i programvaren Nvivo. I programmet ble deler av setninger, eller hele setninger markert og laget som en egen «code», som jeg

velger å beskrive som en *datasekvens* i resultatkapittelet, se figur 4.2. Her ble ingen av datasekvensene redigert, men hver av sekvensene dannet en liste over utsagn som var av interesse. Dette fungerer som en slags *filetering* av datamaterialet hvor pauselyder, gjentakelser og øvrige irrelevante ytringer som ikke bidro til å svare på forskningsspørsmålene. Listen over alle datasekvensene ble så kodet der flere ulike datasekvenser ble tilegnet et «*static set*» som er det jeg kaller for en *kode* i resultatkapittelet. Altså der Nvivo har *static sets* som inneholder *codes*, har denne masteroppgaven *koder* som inneholder *datasekvenser*. Både listene over datasekvenser og koder ser ut som i figur 4.2.

Elevsvarene for hvert spørsmål ble transkribert i en egen fil og kodet hver for seg. Selv om det første spørsmål: *Hva er temperatur?* var likt i begge klassene ønsket jeg å kode de hver for seg i tilfelle den viste seg at utviklingen av opplegget mellom ukene hadde bidratt til andre kategorier av koder. I første omgang ble deler av setninger markert og gitt en egen kode med samme navn som innholdet i koden. Dette skapte veldig mange koder i til å begynne med, men minst mulig data ble utelatt. Deretter ble alle kodene analysert, og koder av identisk eller liknende natur ble samlet i hver sitt *statiske sett*. Disse statiske settene har jeg valgt å kalle *kategorier* i resultatkapittelet.

Figur 4.2: Oversikt over det som kalles codes i Nvivo, som jeg kaller datasekvenser i denne oppgaven.

Codes	
<input checked="" type="checkbox"/>	Name
<input type="checkbox"/>	kan det være en termosflaske som står på et gummibord og holder godt på den varmen da
<input type="checkbox"/>	liten k så holder den godt på energien
<input type="checkbox"/>	hvis det er stor k, så mister den mye energi
<input type="checkbox"/>	k er rett og slett hvor mye energi den taper
<input type="checkbox"/>	ikke bare hente direkte ut fra grafen da hvor stor eller liten k er da
<input type="checkbox"/>	hvor fort den når romtemperatur
<input type="checkbox"/>	kan si noe om k at vi ser hvor fort den synker eller øker
<input type="checkbox"/>	Modellen kan si oss noe om starttemperaturen, og romtemperaturen
<input type="checkbox"/>	k'en det bestemmer hvor fort kaffekoppen avkjøles, eller kaffen avkjøles
<input type="checkbox"/>	kaffe som er i kontakt med~~~med lufta
<input type="checkbox"/>	hvor mye som er i kontakt med omverdenen
<input type="checkbox"/>	bestemt at k, ja den k'en, den sier noe om hvor stort areal

4.4 Forskningens kvalitet og forskningsetikk

For å sikre kvaliteten til dette prosjektet ble det foretatt en grundig analyse av opplegget i forkant av studien. for å i størst grad minske systematiske feil og generelle feilkilder. Testing av all programmering som elevene ble gjort mange ganger i utviklingen av undervisningsopplegget. Tilgangen til delte mapper mellom meg og elevene ble klargjort på forhånd og kontakten med Fiona og Shrek ble etablert flere måneder i forveien for å skape et tettere samarbeid for planlegging og gjennomføring. Testing av opptaksutstyr og intervjuguide ble foretatt på medstudenter i forkant for å sikre at selve intervjuene med elevene skulle foregå uten tekniske problemer.

Prosjektet ble meldt til NSD og ble godkjent tidlig i september 2021. Guiden til intervjuene av elevene endte opp med å være uendret fra innsending til utprøvingen fem måneder senere. Siden intervjuene helt fra starten av var tenkt å være semistrukturert hadde guiden som funksjon å være veiledende og ikke ment å følges punktvis.

Når det gjelder etterprøvbarehet til et forskningsprosjekt vil det skapes en direkte konflikt mellom konfidensiell behandling av opplysninger og muligheten til å skape en nær identisk kontekst til etterprøving. Siden det er innsamlet minimal mengde info om forskningsdeltagerne er det vanskelig å kunne skape en identisk kontekst for andre forskere i fremtiden. Her vil det som oftest prioriteres at forskeren handler etisk ved å beholde dataene konfidensiell, med bruk av f.eks. pseudonymer, men i større grad stilles krav til god og nøye presentasjon av kontekst og resultater. Et veldig viktig aspekt ved kvalitative metoder er selve problemet med å kunne utføre en liknende undersøkelse for å etterprøve resultatene.

Samtykke fra elevene ble samlet inn ved et samtykkeskjema godkjent av NSD, se vedlegg. Elevene kunne svare på om de ønsket å delta eller ikke i dette forskningsprosjektet i tillegg til at de fikk muligheten å krysse av for om de kunne tenke seg å bli intervjuet i etterkant av prosjektet. Etiske retningslinjer krever at de som deltar i studien er informert i forkant og har gitt sitt samtykke. De bør også vite hva prosjektet skal handle om og hvilke konsekvenser det vil innebære for dem å delta. Som forsker er det også viktig å forsiktig behandle all data underveis (Kalleberg, 2016).

Det kan være utfordringer knyttet til hvor mye som lar seg informere om i forkant av prosjektet dersom atferd eller resultater antakelig vil endres dersom de som deltar vet for mye. I dette masterprosjektet vil det ikke være et stort problem da elevene som deltar i undersøkelsen skal følge et normalt undervisningsopplegg på sitt vanlige klasserom, til vanlig tid, med faglig tema i henhold til årsplanen deres.

5. Resultater og analyse

I dette kapitlet vil resultater fra de ulike datakildene bli presentert. Alle datakilder som er blitt analysert blir presentert med kategorier utfra empirinær koding i første omgang og deretter gjennomgått flere omganger med abstraheringer (Tjora, 2021). Hver datakilde presenteres hver for seg og deles opp i respektive klasser siden det er gjort endringer fra undervisningsopplegget i Fionas klasse til Shreks klasse. Eventuelle forskjeller mellom klassene blir diskutert videre i diskusjonskapitlet.

5.1 Resultater fra arbeidsark

Tidlig i undervisningsopplegget ble elevene parvis presentert med et arbeidsark, se figur 3.1, bestående av et kartesisk koordinatsystem med to punkter der de først ble bedt om å tegne og deretter forklare med egne ord. Dette arket var tenkt å gi en tidlig indikasjon på elevenes modelleringskompetanse. Det kommer fram at de fleste elevene er kyndige til å kunne fortelle hva en modell er og hva de ulike parameterne betyr. Fra det elevene skriver er det tydelig at svært mange oppfatter *antagelser* i en modell som hva de *antar* at svaret skal bli der de skriver hva de tror modellen på arbeidsarket skal illustrere. Kun et fåtall elever skriver noe om hvilke begrensninger de mener modellen har.

Av de 19 arkene som ble samlet inn hadde 18 av parene foreslått en avtagende linje fra punktet A til punktet B, mens det siste paret hadde tegnet inn en rett linje mellom punktene. På ni ark hadde elevene foreslått en temperaturskala på y-aksen og en tidsskala på x-aksen. Koordinatsystemet ga elevene muligheten å fortsette å tegne linjen *gjennom* punktet B og videre for større x-verdier, noe ti av 19 ark inneholdt med en konvergerende y-verdi mellom 20-30. De øvrige ni arkene hadde en linje som stoppet nøyaktig i punktet B uten ytterligere forklaringer, men med en tydelig konvergens mot punktet B fra tegningene. Dette ser jeg på som at elevene intuitivt forstår at temperaturen ikke vil fortsette å synke for alltid, men at det er en uvant øvelse å måtte vise modelleringskompetanse eksplisitt.

5.2 Resultater fra spørreskjema

I dette delkapitlet blir resultatene fra spørreskjemaet presentert i kronologisk rekkefølge. De lukkede spørsmålene ba elevene om å krysse fra én til seks om; forventet karakter, programmeringserfaring, vanskelighetsgrad i undervisningsopplegg og hva opplegget i hovedsak handlet om. I tillegg fikk elevene mulighet til å kommentere hvilken erfaring med programmering de hadde fra tidligere. På de åpne spørsmålene ble elevene bedt om å kommentere hva de synes var mest utfordrende og mest interessant med undervisningsopplegget, hvilke bruksområder de ser for seg at programmering kan ha i fysikk og helt til slutt «øvrige kommentarer». Figur 5.1 og tabell 5.1 viser kvantitativ frekvensen av svar på disse spørsmålene. I tillegg gir jeg kommentarer på hvilke tendenser som kommer fram. Totalt svarte 38 elever på spørreskjemaet, fordelt på 19 elever fra hver klasse. Eksempler på elevsvar som gis er gjengitt slik de står skrevet i sin helhet fra eleven. Hvert utsagn er koblet opp mot et tall på seks siffer. Det første sifferet

indikerer hva eleven forventer i karakter og de påfølgende fem siffrerne følger elevens avkryssing jamfør spørsmålene i tabell 5.1.

5.2.1 Spørsmål 1 – Forventet karakter

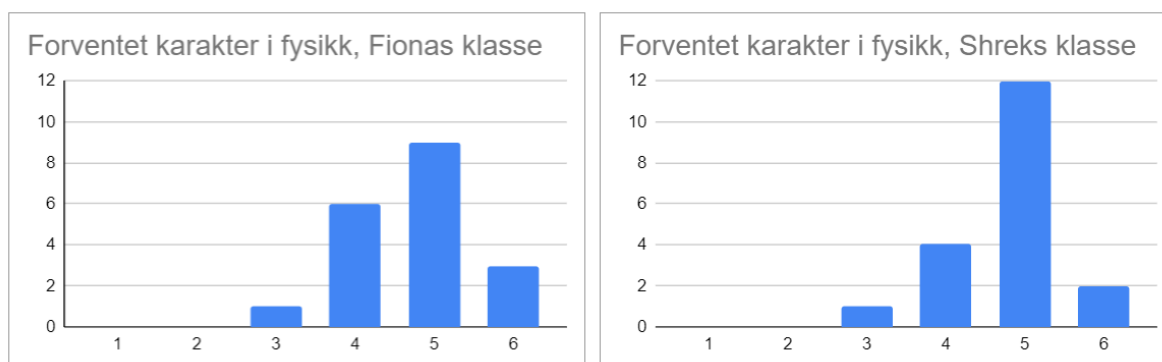
Det første spørsmålet i spørreskjemaet ber elevene om å indikere hvilken karakter de forventer å få. Resultatene viser at begge klassene i hovedsak består av ambisiøse elever der de fleste forventer å få karakteren fem eller bedre. Fra figur 5.1 ser vi at i Fionas klasse forventer 12 av 19 elever å få minst karakteren fem i standpunkt, noe 14 av 19 elever også forventer i Shreks klasse. Antall elever som forventer en karakter midt på treet er henholdsvis sju elever i Fionas klasse og fem elever i Shreks klasse. Ingen elever forventer å stryke eller få karakteren to.

Begge faglærerne beskrev elevene sine som *flinke* og *nysgjerrige* i forkant av prosjektet, noe jeg også fikk inntrykk av underveis i undervisningsopplegget. Gjennomsnittlig svarte elevene at de forventet karakteren 4,7 i Fionas klasse og 4,8 i Shreks klasse. Dette tolker jeg som at elevene under ett kan beskrives som middels til høyt presterende. I diskusjonskapittelet vil resultatene på denne avkryssingen brukes til å beskrive klassen som ligger til grunn for generalisering av svarene på forskningsspørsmålene i denne studien.

5.2.2 Spørsmål 2 – Tidligere programmeringserfaring

På spørsmålet om hvor mye programmeringserfaring elevene har fra tidligere blir alternativene 1-2 klassifisert som *lite* erfaring, alternativene 3-4 som *noe* erfaring og 5-6 som *mye* erfaring. Tabell 5.1 viser at fra Fionas klasse krysser sju elever at de har lite erfaring, 11 elever synes de har noe erfaring og én elev mener å ha mye erfaring med programmering. Tabell 5.1 viser også fra Shreks klasse at tre elever har lite erfaring, 13 elever synes de har noe erfaring og tre elever mener å ha mye erfaring med programmering.

Figur 5.1: Frekvensen av svar på hvilken karakter elevene forventer få som standpunkt i Fysikk 1.



Tabell 5.2: Resultater fra spørreskjema i Fionas og Shreks klasse. I andre rad presenteres spørsmålene i kort form. Frekvensen av elevenes svar til høyre. Alternativene 1-2 angir lite, 3-4 angir noe og 5-6 angir mye som svaralternativ.

	Spørsmål	Alternativ					
		1	2	3	4	5	6
Fionas klasse	Programmeringserfaring	3	4	7	4	1	
	Vanskelighetsgrad undervisningsopplegg i	2	3	4	3	7	
	Handlet om fysikk		1	1	5	11	1
	Handlet om programmering	1	2		10	5	1
	Handlet om matematikk	4	4	4	5	2	
Shreks klasse	Programmeringserfaring		3	9	4	2	1
	Vanskelighetsgrad undervisningsopplegg i	5	2	6	6		
	Handlet om fysikk		2	3	5	7	2
	Handlet om programmering			2	5	6	6
	Handlet om matematikk		4	4	6	4	1

Gjennomsnittlig svarte elevene 2,8 i Fionas klasse og 3,4 i Shreks klasse. Min tolkning av hva elevene svarer her er at de fleste elevene har tatt i bruk programmering tidligere i noen grad, men vil ikke beskrive seg selv som kyndige i bruken.

Fra Fionas klasse supplerte sju av 19 elever med egne kommentarer på hva de har av erfaring fra tidligere i programmering. Fire elever svarte at de har hatt noe erfaring tidligere, enten i form av opplegg på skolen eller hjemme:

- 542544
 - *Jeg har hatt litt python i 1t*
- 523344
 - *Jeg liker ikke programmering. Så eneste erfaring er den jeg har fått via skole.*
- 543645
 - *Har prøvd litt på skolen og litt hjemme*
- 435544
 - *Jobbet litt med det i ulike fag, men ikke nok til å forstå det*

I tillegg til eleven 435544 fra eksemplene over påpeker to andre elever at de synes det burde vært mer programmering i undervisningen, kanskje også på et tidligere stadium i skoleløpet enn på videregående:

- 425454:
 - *Dumt at vi ikke lærte programmering fra starten av barneskolen eller ungdomsskolen.*
- 534545
 - *Burde hatt mer programmering i læring*

Ytterligere kommenterer en elev at vedkommende synes det er vanskelig og ikke føler de lærer noe av å ta i bruk programmering i tidligere undervisning:

- 415543
 - *Synes det er veldig vanskelig og skjønner ingenting*

I Shreks klasse valgte 12 av 19 å kommentere sin erfaring med programmering ytterligere. Som fra Fionas klasse nevner flere elever at de har brukt programmering på skolen tidligere. Spesifikt nevnes programfagene: *Teknologi og Forskningslære, T-matte og R-matte*. Fem av elevene påpeker at undervisningsopplegget de har gjennomført har vært *artig* og at de bedre forstod ting de har gått gjennom i tidligere skolesammenheng. For eksempel svarer disse to elevene:

- 524554
 - *Var veldig skeptisk mot programmering, men det ble lettere å forstå feks $\Delta t = dt$ som var noe jeg ikke visste før, fordi vi gikk gjennom det så mange ganger og snakka om det*
- 642434
 - *Jeg likte at vi fikk et ferdig program og øvde på å forstå det, istedenfor å slite med å lage et program selv*

I tillegg til eleven 642434 i eksempelet over sier to andre elever at typen programmering i opplegget var gunstig både for motivasjonen og for læringsutbyttet:

- 533433
 - *Jeg synes ikke programmering er så gøy. Synes det er vanskelig, men lettere å forstå når man får et program og bare kan plote inn verdier*
- 533354
 - *Artig måte å lære på!*

Spesielt kommenterer elevene fra Shreks klasse at de satte pris på innholdet i programmeringen som førte til at noen *fikk til* mer enn de har vært vant til i tidligere undervisning. Fra begge klassene kommer det tydelig fram at de *har* møtt programmering i skolesammenheng i andre fag enn fysikk, både i fag fra første- og andreklasser på videregående. Likevel krysser elevene av for at de ikke synes de sitter på mye kompetanse fra før. Som noen elever påpeker er det mange som synes det er store utfordringer knyttet til bruken av programmering i undervisningen. Min tolkning av det elevene beskriver som utfordrende er ord som: *demotiverende, vanskelig å skjønne, overveldende*.

5.2.3 Spørsmål 3 – Vanskelighetsgrad på programmering

Svarene på vanskelighetsgraden på undervisningsopplegget med tanke på programmering viser at de to klassene hadde noe ulike opplevelser. Undervisningsopplegget ble justert mellom gjennomføringen i Fionas klasse og Shreks klasse på bakgrunn av observasjonsnotatene og tilbakemeldinger fra elevene både i form av spørreskjemaet og fra intervjuene. De to Pythonscriptene var identiske for begge klassene, men flere endringer ble gjort knyttet til gjennomgangen i undervisningen. Dette drøftes nærmere i påfølgende diskusjonskapittel. Her klassifiseres alternativene 1-2 som *lite* utfordrende, alternativene 3-4 som *noe* utfordrende og 5-6 som *veldig* utfordrende.

I Fionas klasse antyder sju elever at de synes opplegget var veldig utfordrende, mens fra Shreks klasse var det *ingen* elever som svarte dette. I Fionas klasse var det sju elever som synes det var noe utfordrende og fem elever som synes det var ganske enkelt. 12 elever fra Shreks klasse svarte at synes det noe utfordrende og sju elever synes det var ganske enkelt. Resultatene viser at elevene som gikk gjennom det forbedrede undervisningsopplegget i Shreks klasse opplevde det som *mer* overkommelig enn i Fionas klasse. Gjennomsnittlig svarte elevene i Fionas klasse at vanskelighetsgraden var på 3,5 og i Shreks klasse var gjennomsnittet på 2,7. At gjennomsnittet er noe lavere i Shreks klasse mener jeg ikke i seg selv kommer av at opplegget inneholdt enklere oppgaver. Jeg vil argumentere i diskusjonskapittelet hvorfor de didaktiske endringene i undervisningsopplegget førte til at færre elever opplevde programmeringen svært utfordrende. Ambisjonene mine var å gjøre didaktiske grep for at flere elever skulle kunne oppleve mestring uten at læringsutbyttet ble mindre. Nedgangen fra sju til null elever indikerer at disse grepene hadde kan ha hatt en positiv effekt for elevenes opplevelse.

5.2.4 Spørsmål 4 – Hva var mest utfordrende?

På dette åpne spørsmålet svarte til sammen 35 av 38 elever med egne ord. I begge klassene inneholder elevsvarene i hovedsak kommentarer knyttet direkte til det *tekniske* med programmeringen: å få koden til å kjøre uten feilmeldinger, eller problemer tilknyttet filplasseringen av både Python- og Excel-filene. 19 elever svarte at de opplevde problemer med selve koden i Python. Noen eksempler på elevsvar fra Fionas klasse:

- 415543
 - *Skjønte ikke hvordan jeg skulle importere filene*
- 543645
 - *Å bli venn med maskinen*
- 635554
 - *Jeg skjønner hva jeg skal sette inn av verdier, men jeg skjønner ikke hvordan det fungerer*
- 544543
 - *Å få programmet til å fungere*

Noen eksempler fra Shreks klasse:

- 524554
 - *Det at det ser så overveldende ut. Forstå hva man egentlig gjør*

- 554563
 - *Å forstå grunnen til hva vi gjorde fikk ikke med meg hva det var vi jobbet for, men tilslutt*
- 533433
 - *Finne ut hva de forskjellige variablene betydde*
- 533444
 - *Å finne riktig mappe og fil*
- 541666
 - *Var ikke så mye som var særlig utfordrende, men jeg lærte mye og så ting fra nye perspektiver*

Vi ser av disse svarene at stort sett alle elevene beskriver utfordringer som er knyttet til *hva* og *hvordan* programmet i Python skulle behandles. Et fåtall elever hadde programvare for bruk til programmering installert på sine datamaskiner i forkant av prosjektet. Det er derfor trolig at de har lite praktisk erfaring med programmering. Svært mange av spørsmålene som dukket opp underveis i timene var av typen: «*Hvor skal jeg lagre denne fila? Må det ligge i samme mappe? Skal jeg bare skrive inn kode her? Hvorfor får jeg ikke fram noe når jeg trykker run her nå?*». Disse observasjonene støtter at elevene ikke er sikre på egne ferdigheter.

5.2.5 Spørsmål 5 – Hva var mest interessant?

I Fionas klasse var det 15 av 19 elever som valgte å svare på spørsmålet om hva som var mest interessant. Sju elever brukte ordet *graf* eller *grafisk* om det de synes var det mest interessante med undervisningsopplegget. Åtte elever nevnte at diskusjonene underveis både i plenum og i grupper var det mest interessante der noen elever også sier direkte sier at det bidro til deres læring i fysikk. Noen eksempler fra elevsvar:

- 544543
 - *Diskusjonsoppgavene og grafene*
- 542544
 - *Programmering var arti*
- 434542
 - *Diskutere sånn at man forstod*
- 635554
 - *Diskusjons- og innspillingsoppgavene*
- 425454
 - *Praktiske utfordringer og gruppediskusjon*

Som disse eksemplene viser var flere av elevene svært interesserte i hva som ble diskutert underveis i prosjektet. Dette fikk jeg også inntrykket av som læreren i øktene, de fleste elevene ønsket å bidra til å diskutere hva de hadde kommet fram til med sin arbeidspartner. Mye av det samme gikk igjen i elevens svar fra Shreks klasse. I tillegg nevnte åtte av elevene ordene *modell* og/eller *formel* for det de synes var det mest interessante. Fra Shreks klasse inneholdt flere av elevenes kommentarer fysikkfaglig stoff fra prosjektet:

- 533545
 - *Hvor mye overflate spiller inn på endring av temperatur*
- 524554
 - *Det at vi har en formel for hvor fort et spesifikt stoff oppvarmes. Hvor mange regneoperasjoner datamaskinen gjør*
- 541666
 - *Å prøve å lage matematiske modeller som beskriver virkeligheten*

Her er det tydelig at mange elever mener det var lærerikt å kunne fremstille Newtons avkjølingslov grafisk, men at diskusjonene underveis og oppgavene de skulle løse hadde mye å si for hva de følte de forstod.

Én ærlig elev påpeker at interesse kan spille inn på hvilken oppfatning man har hatt av prosjektet.

- 554563
 - *Ingenting, ikke din feil da men min pga manglende interesse for faget*

5.2.6 Spørsmål 6 – Hva handlet undervisningsopplegget om?

På dette tredelte spørsmålet ble elevene bedt om å krysse av fra 1-6 over hva de synes undervisningsopplegget totalt sett handlet om; fysikk, programmering og matematikk. Resultatene, som vist i tabell 5.1, viser at elevene i begge klasser opplevde at det var stort innhold av fysikk, middels til stort innhold av programmering og middels innhold av matematikk.

I Fionas klasse synes én elev at prosjektet handlet *lite* om fysikk, seks elever synes det handlet *middels* om fysikk, mens 12 elever synes det var *mye* fysikkfaglig innhold. Svarfrekvensen fra Shreks klasse var to, åtte og ni på henholdsvis *lite*, *middels* eller *mye* innhold av fysikk i prosjektet.

I Fionas klasse synes tre elever at prosjektet handlet *lite* om programmering, ti elever synes det handlet *middels* om programmering, mens seks elever synes det var *mye* innhold av programmering. Svarfrekvensen fra Shreks klasse var null, sju og 12 på henholdsvis *lite*, *middels* eller *mye* innhold av programmering i prosjektet.

I Fionas klasse synes åtte elever at prosjektet handlet *lite* om matematikk, ni elever synes det handlet *middels* om matematikk, mens tre elever synes det var *mye* innhold av matematikk. Svarfrekvensen fra Shreks klasse var fire, ti og fem på henholdsvis *lite*, *middels* eller *mye* innhold av matematikk i prosjektet.

Som tidligere nevnt ønsket jeg ikke å endre på innholdet av Python-koden elevene skulle bruke, men gjøre didaktiske grep for å forbedre undervisningsopplegget fra Fionas klasse til Shreks klasse. Mange av elevene i Shreks klasse opplever at programmering var en sentral del i undervisningen, men at antallet elever som opplevde store utfordringer gikk ned fra sju til null elever. Dette tolker jeg som en indikasjon på at endringene som ble gjort hadde den ønskede effekten.

5.2.7 Spørsmål 7 – Bruksområder for programmering i fysikk

Totalt valgte 32 av 38 elever å gi eksempler på bruksområder de kunne tenke seg at programmering har i fysikk. 20 svarte at programmering kan være nyttig til *beregninger*, vise grafer og gjøre regresjon. 11 elever nevnte ordet *modell* og *modellering* i sammenheng med programmering. Noen eksempler fra elevene:

- 522523
 - *Grafer, beregninger og sannsynligheter*
- 543645
 - *Å prosessere mye data på kort tid*
- 534545
 - *Regne små tidsendringer over tid*
- 554563
 - *Til å regne ut verdier for deg uten at du må gjøre det selv*
- 534243
 - *Algoritmer av det fysiske, selvkjørende biler osv*

Ut fra det elevene svarer har de fleste inntrykket at datamaskinene kan gjøre ting *enklere* og *raskere* enn det som kan gjøres for hånd. Flere elever påpeker også at modeller er til som forenklinger og ikke kopier av virkeligheten og har som funksjon å kunne lage *prognoser om fremtida*. To eksempler på disse ytringene:

- 524554
 - *Lage prognoser og modeller. At modeller bare er forenklinger, der man må «drite» i noe for å lære noe annet*
- 533254
 - *Halvveringstid og forutsetninger i fremtida*

5.2.8 Spørsmål 8 – Øvrige kommentarer

Totalt valgte ni elever å gi øvrige kommentarer på det siste spørsmålet i spørreskjemaet. Elevene beskriver undervisningsopplegget med ord som *bra*, *gøy* og *interessant*. to av elevene kommenterer at min rolle som lærer i undervisningen bidro positivt. Alle elevsvar er gitt under fordelt på fire fra Fionas klasse og fem fra Shreks klasse:

- 434542
 - *Bra hviste engasjement som var positivt*
- 513561
 - *Gøy undervisning, men kjedelig programmering*
- 632443
 - *Digga det*
- 543645
 - *Bra opplegg!*
- 423362
 - *Programmering er interessant*
- 533354
 - *Veldig bra opplegg*

- 533545
 - *Bra opplegg!*
- 642434
 - *Du er flink til å forklare på en måte som de fleste klarer å forstå =)*
- 524554
 - *Du var veldig flink til å snakke høyt og tydelig som gjorde det veldig gøy og morsomt!*

Siden det var veldig få som svarte er det ikke grunn til å tro at samtlige elever satt igjen med de samme oppfatningene. Likevel er det hyggelige tilbakemeldinger for meg å lese.

5.3 Opptak av elevdiskusjoner

Opptakene som ble gjort av elevdiskusjonene er en svært viktig datakilde. Her spilte hvert elevpar inn en muntlig sekvens der de besvarte to spørsmål i form av en dialog. Begge klassene ble stilt spørsmålet: «*Hva er temperatur?*» tidlig den første dagen. Mot slutten av den andre dagen ble elevene i Fionas klasse spurt om å spille inn et svar på: *Hva skjer når du blåser på en kopp nykøkt kaffe?* Det viste seg at ingen av elevene valgte å trekke inn erfaringer fra programmeringen som var blitt gjort i undervisningsopplegget i Fionas klasse. Siden det var av interesse for meg å høre hvordan elevene ville ordlegge seg basert på det de hadde programmert ble spørsmålet omgjort for elevene i Shreks klasse til: «*Hva sier Newtons avkjølingslov?*». Selv om dette er et langt mer lukket spørsmål, ga det gode svar fra elevene. I dette delkapittelet blir det først presentert tabeller over koder og antallet tilhørende datasekvenser for hvert spørsmål med påfølgende delkapitler med kommentarer til hva kodene innebærer. Eleveksemplene som gis er datasekvenser av transkripsjonen.

På spørsmålet «*Hva er temperatur?*» ble det samlet inn 15 lydfiler fra 19 grupper, med to ulike elevstemmer på hver fil. Noen grupper bestod av tre elever, men det kom ikke fram flere enn to ulike stemmer. Her ble det dannet fire koder på bakgrunn av 80 datasekvenser. På spørsmålet «*Hva skjer når du blåser på en kopp nykøkt kaffe?*» som bare ble stilt i Fionas klasse, var det sju lydfiler som ble levert fra ti grupper. Her ble det dannet seks koder fra 34 datasekvenser. På spørsmålet «*Hva sier Newtons avkjølingsmodell?*», som bare ble stilt i Shreks klasse, var det levert sju lydfiler fra ni grupper. Her ble det dannet totalt tre koder fra 70 datasekvenser.

5.3.1 «Hva er temperatur?»

Fra analysen av elevens diskusjoner der de skulle gi et utfyllende svar på hvordan de vil forklare hva temperatur er, kom det fram 4 koder basert på datasekvenser. Tabell 5.2 gir en oversikt over hvor mange datasekvenser som ble plassert i de ulike kodene.

Tabell 5.2: Elevsvar på "Hva er temperatur?". Venstre kolonne inneholder koder av transkribert materiale. Høyre kolonne inneholder frekvensen av datasekvenser som inngår i koden.

Koder	Antall datasekvenser
Målinger	32
Bevegelse i partikler er temperatur	23
Bruk av hverdagslig språk	32
Bruk av fagtermer	39

I påfølgende delkapitler blir hver kode presentert og beskrevet hver for seg med tilhørende eksempler på datasekvenser.

5.3.1.1 Målinger

Svært mange av elevenes ytringer knytter temperatur til *målinger*. Her nevner de fleste at når vi snakker om *temperatur* så er det et tall på hvor varmt eller kaldt vi kan *føle*. At det i hovedsak finnes tre ulike skalaer kommer fram i de fleste lydfilene der de nevner at både Celsius, Fahrenheit og Kelvin kan brukes for å tallfeste en temperatur. Noen eksempler på datasekvenser som inngår i koden:

- *Temperatur er en måleenhet for hvor mye termisk kinetisk energi du finner i omgivelsene rundt oss da eller systemet*
- *Det måler temperaturen, varmen, fordi atomene beveger seg*
- *Flere måleenheter som måler temperatur, det mest brukte er vel Celsius og Fahrenheit, også brukes mer Kelvin da til mer avanserte saker*

Den siste sekvensen kan tyde på at elevene føler at Kelvin er mer *presist* og dermed brukes ofte i fysikkoppgaver, mens Celsius og Fahrenheit brukes i en mer *hverdagslig* kontekst. Noen velger å forklare temperatur som en måling av partiklers/molekylers *energi* eller som en måling på partiklenes *fart*.

5.3.1.2 Bevegelse i partikler er temperatur

Flere elever forklarer at bevegelsen av partiklene er det vi kaller for temperatur. Forskjellen fra kategorien *målinger* kommer fram gjennom måten de forklarer. Flere elever setter likhetstegn mellom systems energi enten i form av *termisk*, *indre* og/eller *kinetisk* energi og det vi mener når vi snakker om temperatur. Andre forklaringer av temperatur er at noen mener kollisjonene mellom atomer/molekyler eller den *indre friksjonen* bidrar til det vi føler som høy temperatur ved berøring. Noen eksempler på datasekvenser som inngår i koden:

- *Jo mer bevegelse det er på partiklene jo høyere temperatur, og jo mindre jo mindre.*
- *[...] hvor fort partikler beveger seg og hvor varmt eller da kaldt rommet kjennes.*

- *Jo raskere molekylene beveger seg jo større er bevegelsesenergien deres og jo høyere temperatur er det i systemet.*
- *[...] atomene krasjer og med friksjon, ja det som ja du kan si blir en årsak til at det blir varmt [...] når det er høy bevegelse*

5.3.1.3 Bruk av hverdagslig språk eller fagtermer

I omtrent halvparten av datasekvensene brukte elevene bare ord og begreper som jeg anser som dagligdags språk. Denne samlingen av ord og begrep kan forventes at enhver person utenfor et fysikklasserom kan forstå. Følgelig består den andre halvparten av bruk av fagtermer. Mange av elevene har definert mottakeren av lydfilet som en yngre bror/søster, der de innfører tekniske begreper og forklarer dem ved hjelp av dagligdags språk. For eksempel: «*Ja når vi snakker om hvor varmt det er ute mener vi faktisk hvor mye kinetisk energi stoffet har!*»

Flere eksempler på dagligdags språk:

- *[...] temperatur er tolkningen på hvor varmt eller kaldt det er*
- *[...] putter noe veldig varmt ut i kald temperatur så vil det jo avkjøles og tilpasse seg den temperaturen*
- *Temperatur kan jo være varmt eller kaldt*

Eksempler på bruk av fagtermer:

- *Temperatur er den gjennomsnittlige kinetiske energien*
- *[...] mer bevegelse i molekylene så er det også mer kinetisk energi og varmere*
- *[...] indre kinetiske energien, ikke sant, som er måleenheten hvor mye partikler som beveger seg.*
- *[...] atomene krasjer og med friksjon, ja det som ja du kan si blir en årsak til at det blir varmt [...] når det er høy bevegelse*
- *Grafen mellom temperatur mellom indre termisk energi, indre termisk energi den vil vær stigende. Når den kinetiske energien stiger så vil temperaturen stige.*

Alle elevsamtalene inneholder en blanding av hverdagslig språk og bruk av fagtermer, men sjelden i samme ytring. De fleste enkeltutrytningene i starten av elevdiskusjonene er svært grunnleggende og etter hvert innføres fagbegreper forklart med analoge begreper. Noen elever starter med en definisjon av temperatur enten i form av en makro- eller mikroskopisk modell og gir påfølgende forklaringer av begrepene de bruker. Disse to modellene over hva som skjer i forbindelse med temperatur og varme kommer også tydelig fram i kodingen av elevenes utrytninger fra de to andre spørsmålene som beskrives i dette kapitlet. I diskusjonskapitlet blir språket elevene benytter knyttet opp mot blant annet taksonomisk nivå (Bloom, 1956; Mork & Erlie, 2010).

5.3.2 «Hva skjer når du blåser på en kopp nykøkt kaffe?»

Mot slutten av prosjektet ble elevene i Fionas klasse bedt om å spille inn en diskusjon der de skulle forklare hva de tror som skjer når man har en kopp med nykøkt kaffe og blåser på den. De kodene som utkrystalliserte seg på dette spørsmålet er presentert i Tabell 5.3

og blir presentert og beskrevet med eksempler fra datasekvenser i påfølgende delkapitler hver for seg.

Noe overraskende for meg var det at ingen elever nevnte Newtons avkjølingslov eller refererte til noe av programmeringen som de hadde gjort. Det ble derfor stilt et annet spørsmål til elevene i Shreks klasse som blir gjennomgått i 5.3.3.

5.3.2.1 Energi

Noen av elevene bruker ordet energi i forklaringene på hva som skjer når man blåser på en kopp med nykøkt kaffe. Her kommer det fram at elevene beskriver fenomenet som en energiutveksling. For eksempel:

- *[...] pusten er kaldere så vil de partiklene som beveger seg fort i maten vil avgi energi til pusten vår og varme opp pusten vår på en måte*

Her sier eleven at det som skjer er at energi overføres fra legemet med høyere temperatur relativt sett, kaffekoppen, over til pusten som er kaldere. Dette eksempelet viser at eleven bruker et hverdagslig språk, der kulde og varme innebærer følelsen av ulik temperatur og ikke fenomenet ved overføring av energi. Likevel er det ingen logisk selvmotsigelse i elevens forklaring og retningen av energioverføring er riktig i tråd med termodynamikkens andre lov.

Et eksempel fra en annen elev som bruker ordet energi er at det ikke er en temperaturforskjell, men en *energiforskjell* som ligger til grunn for at kaffekoppen blir avkjølt ved å blåse på den:

- *Den nye luften som du blåser på dette objektet [...] det vil da ha lavere energi og vil lettere ta opp energi*

Også her bruker eleven et hverdagslig språk, men argumentet er logisk gyldig jamfør varmeretningen ved at det er *lufta som tar opp energi*. Ingen av elevene som bruker energibetraktninger har logiske brudd i argumentene sine. Dette er et viktig bidrag til diskusjonen om elevenes begrepsforståelse.

5.3.2.2 Temperaturendring

Det kommer fram mange eksempler på at elevene beskriver at det forekommer en *raskere temperaturendring* som følge av at man blåser på en kopp nykøkt kaffe sammenlignet med at koppen står i ro:

- *Når du blåser på [...] hvis [temperatur]forskjellen er veldig stor så vil den gå veldig bratt i starten og så flate seg utover [...] fordi at der er mere kollisjoner mellom gjenstanden og luften og omgivelsene [...].*

Eleven forklarer at tilførselen av luft ved blåsing bidrar til økt temperaturforskjell mellom luft og væskeoverflate sammenlignet med en kopp som står i ro. Eleven kobler også sammen antallet kollisjoner med at temperaturen endrer seg. Forklaringen eleven gir over er i tråd med Newtons avkjølingslov selv om ikke eleven spesifikt nevner det ved at referansen til å flate seg utover gjengir den grafiske fremstillingen av temperaturen som

Tabell 5.3 Elevsvar på spørsmålet "Hva skjer når du blåser på en kopp nykøkt kaffe?". Venstre kolonne inneholder koder av transkribert materiale, høyre kolonne inneholder frekvensen av datasekvenser som inngår i koden.

Koder	Antall datasekvenser
Energi	9
Temperaturrendring	19
Kaldere eller varmere	17
Makroskopisk forklaring	19
Mikroskopisk forklaring	12

konvergerer mot romtemperatur. Til slutt i datasekvensen kobler eleven sammen antallet kollisjoner som grunnen til at temperaturen endres raskest i starten. Dette er en logisk selvmotsigelse siden den riktige fysikkfaglige forklaringen er at det tvert imot er færre kollisjoner, men at summen av partiklenes kinetiske energi i hver enkeltkollisjon er lavere.

I det neste eksemplet gir eleven en lignende forklaring ved at blåsing er en *utskiftning* av luft som er i kontakt med væskeoverflaten. Her bruker eleven begrepet *varme* både som en hverdagslig måte som en følt temperatur i tillegg til å snakke om energioverføring uten at logikken i argumentet brytes. Eleven kobler også at differansen mellom temperaturen på koppen og lufta styrer hvor fort energioverføringen skjer:

- *Når du blåser så erstatter du de varme partiklene med nye kaldere partikler [...] så lager man bevegelse i den lufta sånn at varmen slipper ut fortere fra koppen [...] hvis differansen mellom de tilførte partiklene og den varmen er større så vil energien fortere gå over*

5.3.2.3 Kaldere eller varmere

De aller fleste elevene som benytter seg av ordet varme bruker det kun som en følelse av temperatur og ikke som en energioverføring. I alle tilfellene elevene bruker begrepet *kald* eller *kaldere* er det en sammenligning mellom temperaturer. Det er *ingen* tilfeller i datasekvensene der elevene snakker om kulde som fenomen eller at energien går i retningen fra lav til høy temperatur. I påfølgende eksempel korrigerer eleven sin egen ytring ved å presisere at avkjølingen egentlig er en oppvarming av omgivelsene.

- *[...] kaffekoppen blir jo fortsatt kaldere fordi den gir bort varmen. Eller nei man kan jo ikke egentlig si at man gjør et varmere system kaldere da, man gjør et kaldere system varmere liksom egentlig.*

Eksemplet viser også at svært mange av elevene antagelig *ikke* har planlagt hva de skulle si i forkant og bare fulgt et manus i lydopptakene. Dette anser jeg å gi et godt innblikk i elevens beherskelse av begreper som blir viktig i diskusjonskapitlet.

5.3.2.4 Makroskopisk eller mikroskopisk modell

Opptakene viser at de fleste elevene bruker både en mikroskopisk og makroskopisk modell i sine forklaringer. Eksemplene i de tre foregående delkapitlene viser at elevene både

snakker om kollisjoner av enkeltpartikler, men også forklarer med energistrømmer mellom luft og væske. Ytterligere to eksempler der elevene bruker en makroskopisk modell:

- *[...] varmer opp omgivelsene fortere når man blåser på fordi man blåser det utover på et større område.*
- *[...] hvis jeg blåser sånn her, ikke med tynn stråle [...] men hele munnen [...] så kjennes det varmere ut på handa*

To eksempler på mikroskopiske modeller i elevenes forklaringer:

- *[...] flytter du på masse partikler som igjen dytter på partiklene*
- *Det hjelper atomene å kollidere når man blåser på det*

Noen elever forklarer også ved hjelp av en hybrid mellom både mikro- og makroskopisk modell i samme setning:

- *[...] varmeste molekylene forsvinner først nærmest overflata og med en gang lufta rekker å bli varmere så blir det blåst bort*

Dette viser at elevenes forståelse ikke følger én gitt modell, men ofte er sammensatt av flere modeller. Hvilke antagelser som gjøres og hva som er begrensninger blir visket ut mellom modellene og en slags hybridmodell benyttes når elevene ikke eksplisitt blir bedt om å gjøre rede for hva en modell kan fortelle i tillegg til hva den *ikke* kan fortelle.

5.3.3 «Forklar Newtons avkjølingslov»

I likhet med elevene i Fionas klasse ble elevene i Shreks klasse bedt om å spille inn sin andre lydfil mot slutten av prosjektet. Oppgaven som ble gitt i denne klassen var: «*Forklar Newtons avkjølingslov*». Kodene som kommer fram er datasekvenser som beskriver *tekniske krav i programmet*, andre datasekvenser inneholder *antagelser* som må gjøres og hvilke *begrensninger* som følger som vist i tabell 5.4.

Elevene bruker i langt større grad et avansert språk sammenlignet med svarene i foregående delkapittel 5.3.2. De fleste elevene tar utgangspunkt i programmeringen de har gjort i Python i forklaringene sine. Her er antagelsene og begrensningene forankret i hva som *kreves teknisk* for at programmet skal kjøre. Svært få forklaringer er gitt kun utfra den matematiske sammenhengen Newtons avkjølingslov gir.

5.3.3.1 Tekniske krav i programmet

Mange av elevenes ytringer forklarer hva som inngår i selve koden de har jobbet med i Python og hva som kommer fram fra programmeringen. Forklaringene er hovedsakelig knyttet til programmet til simuleringen:

- *fått fram en graf ved hjelp av newtons avkjølingslov [...] starttemperatur, også har du romtemperatur*
- *programmet viser en simulering av newtons avkjølingslov [...] sette inn hvor lang tid du vil den skal bruke, så setter du inn en konstant som brukes for å nedkjøle temperaturen.*
-

- *bestemt at k'en, den sier noe om, ja liksom den bestemmer hvor fort kaffekoppen avkjøles, eller kaffen avkjøles*

Her nevner elevene de ulike parameterne som inngår i selve koden. De må skrive inn start- og sluttemperatur, start- og sluttid, undersøke hvilken k som skal brukes. Ingen elever antyder hvilken steglengde, dt , som bør brukes.

Bare ett lydopptak inneholder beskrivelse av plottingen av de empiriske verdiene fra regnearket i sammenheng med simuleringsplottet:

- *Driver og finner punkter og finner ut en slags graf [...] hadde vi et program som da lager en graf så lik som en anna graf [...] prøvde å få de grafene til å bli så lik som mulig*

Denne datasekvensen kan fremstå nokså upresis og lite meningsfull uten kontekst. Det eleven forklarer er at de først ble bedt om å plote lister med punkter fra et regneark som en empirisk fremstilling av ulike datasett. Deretter skulle de prøve seg fram med en simulering der de måtte gjøre anslag og gjette seg fram til passende parametere slik at simuleringsplottet ga en god etterligning av det empiriske plottet. Dette eksemplet indikerer også at elevene antagelig ikke har forberedt et manus, men bruker det de tenker i første omgang.

5.3.3.2 Antagelser

Utover hva selve programmet krever av verdier som må skrives inn, kommer elevene med flere antagelser som er relevant i den fysiske verdenen:

- *Startet på sånn 77 grader cirka, også romtemperatur da vi målte var på cirka 24 grader.*
- *Kaffekoppen var veldig varm først da, men den avkjøltes jo etter hvert og jevnet seg ut til romtemperaturen.*
- *Fordi vi har jo en temperatur rundt oss da som ikke vil bli lavere og koppen må jo stå i fred uten at du tømmer i ny varm væske etter hvert da.*

Tabell 5.4: Elevsvar på spørsmålet "Hva skjer når du blåser på en kopp nykokt kaffe?". Venstre kolonne inneholder koder av transkribert materiale, høyre kolonne inneholder frekvensen av datasekvenser som inngår i koden.

Koder	Antall datasekvenser
Tekniske krav i programmet	19
Antagelser	34
Begrensninger	12

Det mest fremtredende eksemplet er at man antar at romtemperaturen er konstant, der flere antyder at denne temperaturen er mellom 20-30°C. En annen antagelse er at objektet man måler temperaturen til, ofte eksemplifisert ved en varm kopp kaffe eller te, ikke blir tilført ny væske.

Et annet eksempel på en antagelse som gjøres er at det har stor innvirkning på den resulterende grafen hva man setter k -verdien til. Dette forklarer flere elever ved at det bestemmes utfra hvor stort areal som er i kontakt med omgivelsene - større areal gir en raskere endring i temperaturen:

- *[...] bestemt at k , ja den k 'en, den sier noe om hvor stort areal eller [...] hvis det er stor k , så mister den mye energi.*
- *K 'en er, vi fant ut at det er en overflate [...] det er egentlig noe arealet, er det ikke?*
- *[...] handler om det arealet og overflaten hvordan den påvirker temperaturen til overflate av teen*

I tillegg nevnes det at det antagelig har *noe å si* hvilket stoff objektet er lagd av:

- *den andre er et tall liksom, k i programmet, som er basert på hvilket stoff det er på det man måler*

5.3.3.3 Begrensninger

Den mest fremtredende begrensningen elevene påpeker at Newtons avkjølingslov har er at man ikke kan si noe om hva som skjer *før* starttiden. Modellen gir bare gyldige prediksjoner om fremtiden:

- *Modellen da sier ingenting om temperaturen som man måler fra før man begynte eller at romtemperaturen endrer seg.*

Flere elever også inne på at om man bare har tilgang på den grafiske fremstillingen er det ikke mulig å kunne si hva objektet er laget av, hvor stort arealet på overflaten er, eller hvor stort objektet er totalt sett:

- *[...] sier ikke hva som avkjøles, den sier bare temperaturen*
- *Man vet aldri hvordan omgivelsene er eksakt der målingene er tatt liksom, kan hende det regner*
- *Kan ikke bare hente direkte ut fra grafen da hvor stor eller liten k er da. Sier liksom ikke hva som avkjøles da*

Elevene i Shreks klasse viser en evne til å beskrive at modellering kan brukes til å gi en begrenset forklaring på fenomener utfra et sett med antagelser. Der elevene fra Fionas klasse tydelig satte sammen sine forklaringer ved hjelp av ulike modeller var det ingen argumentasjon fra Shreks klasse der elevene valgte å benytte seg av andre modeller for å bygge bro over begrensningene Newtons avkjølingslov og programmeringen gir.

5.4 Resultater fra intervjuer

I dette delkapittelet vil det bli gjort rede resultatene fra de to gruppeintervjuene som ble gjennomført. Det var god stemning underveis og jeg fikk inntrykk av at elevene følte seg

trygge i situasjonen. Elevenes kroppsspråk var avslappet og de bidro med både ris og ros om hva de synes om undervisningsopplegget. Hovedtemaene som kom fram er tidligere erfaringer med programmering, hvorfor programmering er nyttig, at mengden programmering bør økes og erfaringen de sitter igjen med etter å ha gjennomført undervisningsopplegget mitt. Nummereringen på linjene fra transkripsjonen antyder ca. når i intervjuet ytringene er fra. Totalt var antallet transkripsjonslinjer 115 fra intervjuet av Harald og Lillian, og 74 linjer fra intervjuet av Drage og Esel.

Der spørreskjemaet ble presentert med klassene adskilt blir resultatene i dette kapitlet bli presentert tematisk på tvers av intervjuene. Dette er gjort siden intervjuene var semistrukturerte og alle temaene ble berørt i begge gruppeintervjuer. Valgene av pseudonymer til elevene som deltok i intervjuene holder seg innenfor Shrek-universet der *Harald* og *Lillian* er elevene fra Fionas klasse, mens *Drage* og *Esel* er elever fra Shreks klasse. Det impliseres ingen sammenligning av filmkarakterene og elevene.

5.4.1 Tidligere programmeringserfaring i skolesammenheng har vært vanskelig

Det kommer fram fra elevene at de i hovedsak har opplevelser med at programmering gjør ting vanskeligere og mer kompliserte uten at de føler det bidrar til læring. I følgende sekvens beskriver Harald og Lillian hvordan de opplevde jobbing med programmering i fysikk i et prosjekt de gjennomførte noen måneder i forkant av programmeringen av Newtons avkjølingslov i mitt prosjekt:

15. Harald: *Den største utfordringen tror jeg var det tekniske innenfor fysikk ble forklart veldig fort. Programmeringen var kanskje ikke [...] den var overkommelig. Men når man ikke forstår liksom hvorfor den formelen der eller hva den formelen her gjør og man blir forventet å ha denne kompetansen da kan det bli ganske mye å gjøre det samtidig som man lærer seg hvordan programmeringen fungerer.*

16. Lillian: *Ja det ble litt sånn for meg at jeg følte ikke jeg fikk like mye ut av programmeringen – jeg lærte ikke så mye fysikk av programmeringen som jeg kanskje hadde kunne fått til hvis jeg visste mer om programmering, og jeg tror ikke det endret noe hvor mye vi lærte [...].*

Harald nevner at programmeringen i seg selv ikke trenger å være problematisk, men at når det både kreves at de skal lære seg nytt stoff i fysikk og samtidig lære seg å bruke nye programmer kan det bli for mye. Lillian supplerer med at læringsutbyttet både innen fysikk og innen programmering var begrenset.

Fra det andre intervjuet kommer det også fram at de tidligere erfaringene ikke har bidratt positivt med tanke på læringsutbyttet:

1. Oskar: *Så, første spørsmål, hva har dere av erfaringer med koding i undervisning fra tidligere?*

2. Esel: *Tidligere undervisning har vi hatt litt i fysikk og litt i t-matte. Har hatt om fagfornyelsen så det er jo mer enn før da litt sånn bare basic med [...] lage programmer for enkle utregninger.*
3. Drage: *Så vi har egentlig ikke vært så mye inne på det med programmering, det har ofte vært noe som lærere har på en måte måttet gå gjennom. Men kanskje ikke hatt helt greie på selv, så det har ofte vært litt sånn «finne ut av det» og personlig har jeg syntes at programmering har vært helt forferdelig.*
4. Esel: *Ofte sånne kodekurs på nett husker ikke helt hva det heter*
5. Drage: *ja sånne*
6. Esel: *trinket og sånn tror jeg*
7. Drage: *Ja også må du bare gå gjennom det selv så skjønner egentlig ingen hva de driver med.*

Drage påpeker at det ikke har vært mye bruk av programmering og at det har vært svært krevende og vanskelig å ta i bruk i undervisningen. Esel viser til at det har mengden programmering har økt etter fagfornyelsen fra 2020, men at innholdet er begrenset. Drage legger også til at vedkommende har følt seg overlatt til seg selv til å finne ut av stoffet uten at læringsutbyttet har vært særlig stort.

Videre stilte jeg oppfølgingsspørsmålet om de kunne utdype hva som ligger til grunn for at inntrykket deres av tidligere programmering:

8. Oskar: *Har dere blitt overlatt til dere selv, du sier det har vært forferdelig, men er det er det selve undervisningen som har vært dårlig eller er det [...] hva legger dere i det at det har vært vanskelig?*
9. Drage: *Jeg synes at selve programmeringen var ganske vanskelig, det der med å [...] kan være at jeg ikke fikk til å gjøre det ordentlig bra forklart kanskje, men jeg følte bare at det er veldig overveldende med programmering og synes det er så mye som skjer på en gang og det er så mye småpikk, sånn en liten kommafeil så kjører ikke programmet liksom.*
10. Esel: *Kan legge til at når vi hadde studenter her, så var hun ene hun jobba veldig mye med koding og da fikk vi forklart og gått gjennom veldig nøye og det var fordi hun kunne det og hun hadde lært det selv. Jeg tror at siden det er fagfornyelse og sånn at de lærerne vi har hatt det fra før ikke har kunnet det helt da. Og jo jeg husker at jeg har hatt litt koding i ToF også [Teknologi og Forskningslære red.anm.] med sånn Arduino. Og dem har vi jo holdt på med mye så da kan vi det jo på en måte, eller de kunne det og da kunne man stille spørsmål da.*
11. Drage: *Ja som for eksempel vi hadde litt i S-matte nå – og da merka du bare at læreren ikke klarte å hjelpe oss med noe som helst da, sånn hvorfor går ikke denne koden liksom. Og da blir jeg jo sittende å ha en ganske så negativ innstilling til det*

fordi du er vant med at liksom det går ikke uansett da og det er bare å drite i det egentlig.

Her sammenligner begge elevene læringsutbyttet var tett knyttet opp med hvor kyndig de opplevde at læreren var. Drage nevner at når hun stiller spørsmål, men ikke føler at læreren er i stand til å bidra med et tilfredsstillende svar har det en stor innvirkning med negativt fortegn på innstillingen. Dette i tillegg til at Drage synes det er svært komplekst å forstå programmering. Ikke bare skal selve funksjonene forstås, det kan også være feil som ikke handler om forståelsen, men om syntaksfeil i programmet. I motsetning kan nøye gjennomgang og høyt kunnskapsnivå hos underviseren bidra til at elevene opplever at de i større grad mestrer oppgavene. Her nevner Esel at det kan tenkes at studenten har mer erfaring enn de som har jobbet som lærere en stund.

5.4.2 Hvorfor programmering er nyttig

Det kommer frem at alle de fire elevene som ble intervjuet at de utelukkende ser på programmering som et nyttig verktøy dersom det kan brukes på riktig måte. Selv om de i foregående delkapittel beskriver sine tidligere erfaringer som hovedsakelig negative ser de nytten i å skaffe seg kompetanse innen programmering:

18. Lillian: *Det er et godt hjelpemiddel, fordi det hjelper oss med regningen som vi hadde brukt en evighet på hvis vi ikke hadde hatt programmering, men hvor mye vi forstår av fysikken er kanskje vanskeligere, så om vi hadde hatt en intro om termofysikk og så programmert på slutten av perioden der vi hadde brukt fysikken vi hadde kunnet så tror jeg det ville vært veldig bra.*

19. Harald: *Liksom når vi gjør fysikk og matte for så vidt så bruker vi algoritmer både for hånd og med programmering. Men hvis du har et program med masse backgrounds som gjør det tekniske og et felt med «putt inn ting her» så kan du gjøre mange oppgaver artig, og enklere å forstå da liksom*

20. Lillian: *Kunne vært morsomt å programmere selv også, for det er så gøy å få til for eksempel. At yes nå fant jeg farta til det atomet liksom.*

Her nevner både Harald og Lillian at et program kan bidra med å gjøre ting både *enklere, raskere, artigere* i tillegg til å kunne bidra til *økt forståelse*. Likevel påpeker Lillian at det er viktigst å forstå det faglige i fysikken fremfor at programmeringen er i fokus.

Drage kommer med en betraktning at programmering kan bidra til å svekke kompetansen innen matematikk dersom programmering bidrar til at man bare får svaret gratis uten å måtte tenke. Det å gjøre matematikk for hånd oppleves som å *faktisk gjøre matte*. Programmering nevnes som en økende del av undervisningen kan bidra til at når ting går på automatikk blir man mindre kompetent i å *bruke matematikk*:

58. Drage: *Noe jeg tenkte på nå at hvis man sier at programmering hadde blitt veldig sentralt fremover nå liksom, og at man tar tak i det allerede fra grunnskolen av, så vil jeg tro at det er en liten fare for at mattekunnskapene kanskje står litt i fare, hvis du blir så vant med å gjøre alt med programmering, og du vet at det er*

regneoperasjonen, så skriver du bare inn variablene, at det er som å bruke en kalkulator på en prøve, at det blir som å, at der du må bruke matte til å faktisk gjøre matte og regne ut noe for hånd, at den kanskje kan stå i fare da.

59. Esel: *Du får nok, tror jeg, en litt annen forståelse på en måte, istedenfor å putte inn tallene selv. På de forskjellige formlene så må du putte inn, du putter jo bare inn den omgjorte formelen på en måte, også setter du inn formlene da, det blir jo litt samme, men fortsatt annerledes da. Da må du kanskje, du setter inn for eksempel: fart og tid og bare setter inn formelen du trenger også gjør programmet det for deg på en måte.*

Esel støtter opp at det vil bidra til en annen forståelse som ikke nødvendigvis bare er uten tenking. For at programmet skal gi ønsket svar må man fortsatt bruke de riktige formlene og sette de inn i programmet. Det er ikke bare tall som skal regnes ut ved hjelp av en formel, men selve formlene som skal behandles med programmering.

5.4.3 Programmering bør innføres i flere fag og tidligere enn i videregående

Elevene som ble intervjuet var enige at programmering hører hjemme i flere fag enn bare i Fysikk 1 og Fysikk 2. En mulig løsning som nevnes er at koding/programmering kan være et eget fag eller at det kan innføres i flere tema enn elevene har erfart til nå:

24. Lillian: *Men hadde det vært et fag, med koding eller et svært tema i matten fra når vi var små som hadde hett koding kunne vi ha lært fysikk og matte masse gjennom programmering, men nå er det mer kaving eller å se etter hvordan programmet funker. Jeg tror vi ville fått mer fysikklæring av opplegget ditt hvis vi hadde hatt masse koding fra før.*

[...]

34. Lillian: *Ja det kommer jo til å komme mer og mer i alle fag, spesielt i matte og fysikk da, at jeg synes det burde vært et tema i matten fra 6-7 kanskje, hvert fall ungdomsskole, for nå startet vi jo med programmering på videregående.*

Her kobler Lillian at slik sine erfaringer fra tidligere har bestått av at programmeringen har kommet som et *tillegg* til fysikkfaget og matematikken fremfor å være et *verktøy* i læringen. Lillian sier også på et senere tidspunkt at det er tenkelig at programmering innføres i grunnskolen i matematikkundervisningen, noe som kan bidra til mindre *kaving* i arbeid med realfag på videregående skole.

Mot slutten av intervjuet foreslår Harald at det allerede eksisterer oppgaver på nett som kan brukes i undervisningen for å fremme læring i programmering, noe Lillian påpeker kunne gitt enda større læringsutbytte ved innføring ved tidligere årstrinn:

94. Harald: *I 1T så hadde vi én innføring i python det var en enkel nettside, tror man kan komme seg ganske langt bare av å gjøre de oppgavene der, det kan man sikkert gjøre over to-tre skoleuker*
95. Lillian: *men tenk hvor gode vi hadde vært i det hvis vi hadde startet med det i 8. det kurset*

96. Harald: *Ja ikke sant*

Her påpeker Lillian nok en gang hvor viktig det er at man starter tidligere i skoleløpet med å lære seg å løse oppgaver med programmering.

Fra det andre intervjuet kommer Drage med en direkte sammenligning med *finskrift*, altså øving på håndskrift, som noe man starter med i tidlig grunnskole og derfor ikke behøver like mye tid på senere. Dersom programmering er noe en møter i skolesammenheng svært tidlig så vil det kunne bidra til en dempet negativ innstilling og i mindre grad *hjelpesløshet*:

68. Drage: *Jeg tror at hvis man begynner tidlig på samme måte som for eksempel. Finskrift, tror jeg det ville blitt bedre. For meg tror jeg det ville blitt en stor utfordring akkurat nå, fordi jeg ikke er vant til å programmere sånn egentlig, og kanskje er litt negativt innstilt, men jeg tror at hvis du er vant med det fra tidligere i andre fag er det ikke noe i veien for at det kunne klart det til slutt da, men til dags dato tror jeg det ville vært, hadde slitt med å komme over på det, men jeg merker at det, det er liksom den delen som er problemet da, den delen jeg ikke liker, det er tanken med å stille det opp som et program, sette opp de ulike kodene [...]*

69. Oskar: *starte fra blankt – nå er det din tur liksom*

70. Drage: *Ja, det, men når du hadde en ferdig fil som ble utlevert så skulle jeg sette inn verdier så fikk jeg ikke samme forhold til programmeringen, fordi shit, sånn, dette var jo faktisk nyttig og her kan jeg jo faktisk sette inn verdier og få til, sant. Men hvis jeg skulle gjort den delen som du hadde gjort ville jeg alene, tror jeg det ville gått mye verre, det hadde blitt mye vanskeligere liksom.*

Drage forteller at det var viktig å oppleves av programmeringen *shit*, var faktisk nyttig for å kunne få til å løse oppgavene. Det å måtte starte fra en blank side og skulle programmere fra bunnen gir en følelse av at det er for mye som kreves på samme tidspunkt.

5.4.4 Hvilke erfaringer elevene sitter med etter dette undervisningsopplegget

I dette delkapittelet er i hovedsak eksemplene fra gruppeintervjuet av Drage og Esel siden dette temaet ikke ble diskutert i like stor grad med Harald og Lillian grunnet at de måtte rekke en buss og følgelig måtte avbryte intervjuet.

Elevene sier at de i langt større grad enn tidligere opplevde innholdet av programmering som mer overkommelig enn de ofte har opplevd tidligere. Forståelsen ble ikke skapt bare i jobbingen med programmet, men i sammenheng med diskusjon.

I følgende sekvens påpeker både Drage og Esel at det var viktig at gjennomgangen av selve Python-koden ble gått gjennom av meg på tavla linje for linje. Dette skjedde samtidig med at elevene hadde lastet ned koden på egne datamaskiner.

16. Oskar: *Hvis vi da trekker det inn litt mot det vi har gjort den uka her – de programmene vi har brukt den uka her har jeg prøvd å lage så «simple» som*

mulige, har prøvd i hvert fall å gjøre de forståelige. Hvordan synes dere at det var i forhold til vanskelighetsgrad?

17. Esel: *Jeg synes det var greit. Altså det vi har hatt så langt på en måte har vært whileløkker og sånne kommandoer, bare for å lære oss det veldig basice, men de er ikke alltid lett å lære det alene på en måte. [...] I dette prosjektet står det jo forklart hva som hver ting gjør splitta opp, [...] og da er koden forklart allerede i tillegg til at vi kan spørre hvis det er noe.*
18. Drage: *Jeg synes at først når jeg så koden der som du hadde laga fikk jeg litt samme inntrykk som jeg alltid får når læreren tar opp Python-program at her har du [...] ja*
19. Oskar: *her er 50 linjer med kode som*
20. Drage: *ja jeg ble bare sånn åhh dette orker jeg ikke akkurat nå liksom, men så følte jeg etter hvert at når du skrev det opp på tavla så hjalp det veldig mye, for da snakka vi veldig mye rundt flere ganger hva enkelte linjer gjør liksom, og spesielt når vi fikk ta i bruk koden med verdier og sånt selv. Da begynte jeg etter hvert liksom å skjønne hva de faktisk sto for, så jeg likte veldig godt at vi gikk gjennom det så grundig og at vi skrev det opp på tavla, fordi førsteinntrykket mitt bare var sånn åhh dette blir for mye liksom.*

Drage forteller at opplevelsen at førsteinntrykket av å se Python-koden var overveldende som tidligere, men at det ble forståelig gjennom en felles gjennomgang linje for linje. Det kommer også fram at den påfølgende utforskningen i etterkant av gjennomgangen ga god mulighet til å forstå koden ved å prøve ulike verdier på egen hånd.

Hva elevene sitter igjen med av kompetanse knyttet til modellering nevnes det at de har lært mer om modeller og at modeller er forenklinger av virkeligheten:

51. Esel: *Lærte definitivt mer om sånne modeller synes jeg, synes det kom [...] visste jo det at større areal kjøles det ned raskere, fordi det bare [...] bare tenker jeg logisk at det er rett og sånn, men å gå inn i dybden liksom hvordan er dette her og hvorfor er ditt og datt faktisk slik, det var flere ting som var sånn egentlig*
52. Drage: *Ja også likte jeg at du brukte masse sånn hverdagslige eksempler. Som det med lasagne på tallerken og vaske gulv og sånn det vet man fra før, men det å skjønne hvorfor det skjer da det likte jeg veldig godt. Ja det med modeller og at det er en forenkling da, og ikke direkte virkeligheten, men at du må kaste noe bort for å skjønne noe annet liksom*

Bruken av hverdagslige eksempler som at lasagne kjøles raskere ned dersom den spres utover på en tallerken og at vann fordampes raskere fra gulvet dersom vannet spres over et større areal.

I tillegg nevner Esel at bruken av en diskretisert tid dt i programmet bygget en bro mellom tidligere kunnskap om delta t fra definisjonen av den deriverte fra tidligere matematikktimer:

29. Esel: *Det blir litt sånn recall til tidligere ting, vi vet jo om delta t , vi vet jo om det, men på en måte at det ikke er superlett å koble tida her til delta t og da ha den samtalen for å finne sammenhengen at her er det sånn og sånn henger sammen.*

30. Oskar: *Kanskje forsto mer av gamle ting?*

31. Esel: *Eller du fikk kobla på gammel kunnskap på en måte og da hjalp det med den lille samtalen da, bygget en bru fra gammel kunnskap da til den nye programmeringen.*

På spørsmål om hva Harald og Lillian hva de synes om arbeidsmengden påpeker de at det kunne vært satt av kortere tid til innspilling og levering av elevdiskusjonene som beskrevet i delkapittel 6.3:

74. Oskar: *Så litt spørsmål litt om kommentarer til dagens opplegg: hvordan var arbeidsmengden i dag og denne uka? Hvor har mengden vært?*

75. Lillian: *Litt for lite*

76. Harald: *litt lavt da, men jeg mener at selv om det er lav arbeidsmengde så har jeg jo lært noe da. Har jo skjønt at det er systemer og*

77. Oskar: *Ønskelig med flere oppgaver eller kortere tid per oppgave så vi hadde rukket å gå gjennom flere ting?*

78. Harald: *Ja å ha et kvarter på å spille inn noe som tok ett minutt blir kanskje [...]*

79. Lillian: *Også ikke bare det med at vi hadde fått mer tid på flere oppgaver, men brukt mer tid på lært termisk fysikk før vi hadde begynt på det med programmeringa.*

Her nevner også Lillian at gjennomgangen av termisk fysikk kunne vært større i forkant av presentasjonen av Python-kodene. I forbedringen av undervisningsopplegget til den andre gjennomføringen ble tidsbruken justert ned i forbindelse med nedlastning og installering av programvare. Det ble også satt av mindre tid til å spille inn elevdiskusjonene. Dette skapte ingen problemer i Shreks klasse, noe som indikerer at Harald og Lillian riktig antydte jeg hadde tatt for stor høyde for at ting skulle gå galt underveis både med tanke på nedlastning og installasjon i tillegg til innspillingen av diskusjonene. Der jeg hadde satt av 15min til nedlastning og installering i Fionas klasse ble det heller satt av 5min i Shreks klasse. Dermed ble det mer tid til plenumsdiskusjoner underveis.

6. Diskusjon

I dette kapittelet diskuteres resultatene fra de ulike datakildene opp mot det teoretiske grunnlaget. I første delkapittel blir oppgavens problemstilling med forskningsspørsmål presentert. Deretter danner hvert forskningsspørsmål tittelen på delkapitlene 6.2 til 6.5 med implikasjoner underveis med forslag til videreutvikling av undervisningsopplegget. Til slutt i kapittelet er en metodisk refleksjon i 6.6

6.1 Problemstilling og forskningsspørsmål

Problemstillingen i denne masteroppgaven er: «*Hvordan kan programmering kombineres med modellering i termisk fysikk?*». For å svare på denne problemstillingen har jeg utviklet et utforskende undervisningsopplegg. Evaluering og diskusjon av undervisningsopplegget blir gjort gjennom fire forskningsspørsmål:

1. Hvordan opplever elevene bruk av programmering i arbeid med fysikk?
2. Hva kjennetegner elevenes modelleringskompetanse slik den kommer til uttrykk i arbeid med opplegget?
3. Hva kjennetegner elevenes muntlige språk i arbeid med opplegget?
4. På hvilke måter fungerer opplegget som utforskende for elevene?

I delkapitlene som tar for seg forskningsspørsmålene kombineres resultatene fra både intervju, spørreskjema, opptak av elevdiskusjoner og elevenes besvarelser av arbeidsark opp mot teori og andre forskningsresultater. Egne erfaringer fra gjennomføringene av undervisningsopplegget i denne studien i tillegg til tidligere erfaring fra praksis og vikariater ligger til grunn for mine tanker og tolkninger.

6.2 Hvordan opplever elevene bruk av programmering i arbeid med fysikk?

Et av forskningsspørsmålene jeg vil svare på i denne masteroppgaven er hvordan elevene selv uttrykker at de *opplever* å bruke programmering i arbeid med fysikk. Hvilke erfaringer har elevene fra tidligere skolesammenheng? Hva beskriver elevene som det mest utfordrende med programmering? Ser elevene noe hensikt i at programmering skal innføres i for eksempel Fysikk 1? For å identifisere hva elevene beskriver vil jeg i hovedsak bruke kategoriene; *materiell*, *kognitiv* og *sosial* beregningskompetanse fra Odden et al. (2019) i tillegg til kategoriene *strukturell*, *prosedyremessig* og *systemisk* kompetanse og *utførelse* fra Taub et al. (2015) som presentert i teorikapittelet.

Svært mange av spørsmålene elevene stilte underveis i gjennomføringen av undervisningsopplegget var knyttet til å få programmet til å kjøre på riktig vis. Et fåtall av elevene hadde installert programvare til å programmere i forkant av undervisningsopplegget mitt. Resultatene fra spørreskjemaet viser også at mange av elevene beskriver som det mest utfordrende med programmeringen i dette opplegget var å forstå hvorfor koden ikke ga forventede resultater da de trykket *kjør*. Dette kan kobles direkte til dimensjonen av *utførelse* som beskrevet av Taub et al. (2015). De fleste av problemene elevene møtte på viste i hovedsak en mangel på erfaring med Python som programmeringsspråk og Anaconda som programvare. Det var ingen elever som stilte

spørsmål som viste en antatt mangel av materiell/strukturell kompetanse til programmering generelt. Selve versjonen av Anaconda viste seg å være noe ulik for datamaskiner med ulikt operativsystem hvor grafikkfeltet enten ble vist som et eget vindu eller under en fane i samme vindu som de skrev koden i. Fra intervjuene sier også elevene at det ofte er vanskelig å forstå hvorfor koden ikke kjører som forventet.

Elevene beskriver at de har brukt programmering i skolesammenheng ved flere tilfeller, men aldri før de begynte på videregående. For det meste beskrives tidligere opplevelser ved at programmering ofte har vært en hindring og ikke som et nyttig verktøy i læringssituasjonene. Elevenes beskrivelse bærer preg av at tidligere undervisningsopplegg både har inneholdt eksplisitt programmeringskompetanse i tillegg til realfaglig innhold. De beskriver at programmering kan være overveldende og lite nyttig. Her påpeker elevene både fra intervjuene og spørreskjemaet at de opplevde en *økt* mestringsfølelse i arbeidet med mitt opplegg mot tidligere erfaringer. Denne økte mestringen kobler mange av elevene til at programmeringen ikke krevde at de startet fra bar bakke, men at de skulle endre enkelte linjer i nesten ferdige programmer. Dette tolker jeg som et viktig bidrag til at elevene ikke følte oppgavene som overveldende.

For å sikre at samtlige elever, uavhengig av tidligere erfaring, skulle kunne oppnå mestring var opplegget utviklet for å ha en lav inngangsterskel, men et høyt tak for læringsutbyttet (Wæge & Nosrati, 2018). Mange av elevene uttrykker at programmeringen var den mest interessante delen av prosjektet og spesielt at grafene gav økt innsikt til fysikken bak når de endret på parameterne. Elevene uttrykte at de forsto de to scriptene fordi begge kodene ble så nøye gått gjennom linje for linje. Først når de forsto hva koden gjorde kunne de se nytten i programmeringen som ble tatt i bruk. Elevenes opplevelser med ulike representasjonsformer ved både matematisk-symbolisk i tillegg til grafisk kan kobles til et økt læringsutbytte og økt motivasjon for elevene (Angell et al., 2011). Fra enkelte elever kommer det fram at de misliker programmering generelt. Dette begrunnes med at de enten ikke føler de mestrer det, eller at opplever programmeringen som hindrende for læringen.

Likevel ønsker et flertall av elevene at programmering i større grad skal komme inn i flere emner i fysikk, i flere fag enn fysikk og gjerne allerede i grunnskolen. Odden et al. (2019) påpeker at spesielt i fysikkundervisning er programmering og beregningskompetanse stadig økende. Elevene vil at programmering skal ta større plass i undervisningen selv om de påpeker at de ofte har erfart at sine faglærere ikke svarer tilfredsstillende på spørsmålene som stilles fra elevene i undervisningen. Scriptene som elevene jobbet med, var identiske fra første til andre gjennomgang. Likevel var det en merkbar nedgang i antall elever som synes at programmeringen var svært utfordrende. Endringene som kan forklare dette var didaktiske grep som diskuteres ytterligere under delkapittel 6.5 om hvordan opplegget fungerte som utforskende.

Oppsummert kan elevenes utfordringer i hovedsak beskrives for å være knyttet til *utførelsen*. Elevene ønsker seg i større grad en materiell/strukturell kompetansebygging i undervisningen for å være i stand til å kunne skrive egne linjer med kode. For eksempel kunne man presentert den matematiske fremstillingen av Newtons avkjølingslov på tavla,

men at elevene selv skulle skrive inn dette i scriptene. Andre deler av koden kan også fjernes slik at elevene selv måtte ha skrevet koden selv. Dette fordrer dog at elevene har mer erfaring med programmering for å kunne oppleve mestring.

6.3 Hva kjennetegner elevenes modelleringskompetanse slik den kommer til uttrykk i arbeid med opplegget?

Elevene har i dette undervisningsopplegget fått mulighet å jobbe med Newtons avkjølingsmodell. Det som kjennetegner modelleringskompetansen som elevene viser er at de i stor grad kan *bruke* modellen til å beregne svar de kan gjøre rede for. Likevel er det noe begrenset hva elevene drøfter av antagelser og hvilke begrensninger de fører til. Svært mange av forklaringene går på beskrivelser av hva parameterne som inngår i den matematisk-symbolske representasjonen, men svært få antydninger til hva gyldighetsområdet til modellen er, som viser en manglende erfaring med modellering som eksplisitt metode. (Erickson, 2006; Malthe-Sørensen et al., 2015).

Elevene viser at de mestrer noen representasjonsformer bedre enn andre. Som tidligere beskrevet er en vanlig utfordring elevene støter på at de ikke behersker overføringen fra ulike *kognitive moduser* (Angell et al., 2011; Guttersrud, 2008). Når elevene blir bedt om å gjøre rede for Newtons avkjølingslov med egne ord blir de satt overfor en mental hattelek der enten matematikk-, fysikk- eller programmeringshatten skal brukes. Elevene i Fionas klasse var i all hovedsak iført en fysikkhatt i sine innspilte elevdiskusjoner. Endringen i spørsmål fra Fionas til Shreks klasse førte til at samtlige elever startet med å forklare alt fra et programmeringsperspektiv. Dette er en indikasjon på at elevene i mindre grad hadde sett sammenhenger mellom de ulike delene i undervisningsopplegget.

For at elever skal oppnå en effektiv form for læring på et høyere nivå trengs det at elevene kan forene domenet *for ideer* med domenet av *det observerbare* (Abrahams & Millar, 2008). Muligens har elevenes læring vært på et lavere nivå enn ønskelig utfra deres ytringer i diskusjonene. De fleste elevene argumenterte enten bare fra et fysikkfaglig ståsted eller i sin helhet hva programmet bestod av. Ingen av elevene tok for seg hva det matematiske innholdet kunne fortelle om modellen. Hva skjer hvis konstanten er satt lik null? Hva skjer hvis slutt-tiden er mindre enn start-tiden? Hvis elevene blir stilt slike spørsmål direkte er det stor grunn til å tro at de kan svare på dette. Derimot er det antagelig uvant for elevene som har deltatt i dette undervisningsopplegget å jobbe eksplisitt med modellering som en metode i undervisningen. Jeg tror at elevene i større grad ville vært i stand til å spesifisere og utdype sine argumenter dersom de hadde hatt mer erfaring med modellering. Abrahams og Millar (2008) beskriver at eksplisitt øvelse i å behandle modeller både som praktiske fremstillinger av en forenklet virkelighet sammen med drøfting rundt hvilke antagelser som gjøres og hvilke begrensninger dette fører til.

En svakhet ved mitt undervisningsopplegg er at elevene kun skal gjennomføre en analyse av allerede eksisterende Excel-ark med tider og temperaturer. Dersom elevene selv hadde gjennomført et eksperiment med måling av økende/synkende temperaturer ville det gitt en praktisk erfaring som kunne ha bidratt til deres forståelse av modellen. Det kunne også vært motiverende å bruke egne empiriske data. Selv om elevene ikke forstår alt som skjer

underveis i et praktisk forsøk, kan de ta med seg erfaringer som kan bidra til aha-opplevelser i senere diskusjoner (Sørby & Angell, 2012). Begrenset tilgjengelig tid gjorde at undervisningsopplegget ikke inneholdt noen form for praktiske eksperimenter. En annen svakhet ved opplegget er at elevene ble presentert for en allerede etablert modell. Dersom elevene selv måtte lage hypoteser og gjøre forenklinger for å utvikle en modell kunne det bidratt til større utbytte for modelleringen som metode (Oh & Oh, 2011).

Denne spesifikke modelleringen kan også sees på i lys av modellen over hypotetisk-deduktiv modellering fra Giere et al. (2006), se figur 2.1. Elevene i dette undervisningsopplegget startet med en modell som allerede gir gyldige prediksjoner sammenlignet med empiriske data fra den virkelige verdenen. Hadde elevene fått resultater som ikke lar seg forene med den virkelige verdenen er det antagelig at de i større grad ville kunnet anslå et gyldighetsområde for modellen. Siden det er begrenset hvor mye som kan forskes på i et masterstudium ble opplegget utviklet til å ikke inneholde dette samsillet mellom modellen i seg selv og empirisk evidens.

I resultatene viser det seg at elevene har problemer med begrepet *antagelse*. Ut fra hvordan elevene svarer både på arbeidsarket og fra ytringene i lydopptakene kommer det fram at elevene beskriver *antagelser* som hva de *antar* at svaret skal bli ved å gjette. De *antar* at siden modellen er *Newtons* og ikke hvem som helst så *antar* de at den stemmer. Dette var en utfordring jeg ikke hadde sett for meg i forkant av prosjektet. En mulig enkel løsning på dette kunne vært å bruke ordet *forutsetninger* i stedet for antagelser. Hadde denne misforståelsen vært unngått er det tenkelig at elevene i større grad ville vært i stand til å argumentere for hvilke begrensninger som følger.

Et kjennetegn på elevenes muntlige argumentering er at de benytter seg av en hybrid mellom en mikroskopisk og makroskopisk fremstilling. Her bytter de ofte mellom å forklare på en skala av enkeltpartikler og på en skala der man ser hele systemer sammen. Dette er en indikasjon på at elevene ikke har et aktivt forhold til at ulike modeller har ulike bruks- og gyldighetsområder, men at de glir over i hverandre. Likevel forekommer det ingen selvmotsigelser logisk sett i elevenes muntlige diskusjoner. En mulig forklaring er at elevene *ikke* ser på modellene som at de utfyller hverandre, men at de begge er *riktige* i ulike situasjoner. Elever kan ofte ha inntrykk av at det som læres i fysikk er *ekte sannhet* som beskrevet av Angell et al. (2011) og at modeller ikke er ment som et verktøy for å dele opp den virkelige og sammensatte verdenen i mindre og lettere håndterbare biter. I fare for å gjenta meg selv, i fare for å gjenta meg selv, er dette nok en indikasjon på at elevene antagelig ikke har mye erfaring med modellering som metode i fysikk.

Oppsummert viser elevene seg kyndige i bruk av matematiske modeller, men større fokus på modellering som metode kan bidra til at elevene i større grad oppnår en mer effektiv læring.

6.4 Hva kjennetegner elevenes muntlige språk i arbeid med opplegget?

I semesteret i forkant av masterprosjektet gjorde jeg en sammenfatning av forskning gjort på elevers og studenters alternative forestillinger i termisk fysikk. Her var blant annet et interessant resultat fra Adadan og Yavuzkaya (2018) at elever som benytter et avansert og teknisk språk i større grad har logisk valid oppbygning av argumentene sine. Derimot når Adadan og Yavuzkaya forklarer ved hjelp av et hverdagslig språk viser resultatene at de i langt større grad har selvmotsigelser i sine argumenter. En mulig forklaring på dette som forskerne bruker er at elevene har problemer med å skille mellom den tekniske definisjonen av et begrep som også har en hverdagslig betydning. Her er kjente eksempler som at *varme*, eller *heat* på engelsk, har en hverdagslig betydning knyttet til en følt temperatur, i tillegg til et skarpt definert fysisk fenomen ved at energi overføres fra et legeme med en gitt temperatur til et legeme med lavere relativ temperatur.

Derimot viser resultatene av opptakene av elevdiskusjonene i denne studien at elevene i *stor grad* er i stand til å argumentere logisk gyldig både i bruk av; hverdagslig språk, et teknisk språk og i tillegg en hybrid sammensatt av begge. Den gjennomsnittlige forventede karakteren til elevene er på mellom fire og fem, noe som indikerer at det sannsynligvis at de er flinke elever, men ikke bare elever med toppkarakterer. Opptakene bærer veldig preg av å være et opptak av en dialog mellom to elever og ikke en muntlig fremføring av et skrevet manus. Derfor er det god grunn til å tro at elevenes ytringer gjenspeiler deres egne tanker og ikke bare hva de tror læreren vil høre. Her vil jeg påstå at presentasjonen av oppgavene fra meg som lærer hadde en viktig innvirkning på dette. Elevene ble bedt om: «*Si det første dere tenker om oppgaven. Lengre enn ett sekund, kortere enn en time. Bare si det dere tenker. Finnes ingen entydig fasit – alt dere sier er av interesse!*». Dette styrker antagelig troverdigheten til svarene elever gir.

Datakildene i forskningen gjort av blant andre Adadan og Yavuzkaya (2018) og Georgiou og Sharma (2011) var skriftlige ytringer fra elever og studenter. Jeg tror at siden elevene ytret seg muntlig i dette prosjektet at de i større grad kun benyttet seg av ord og uttrykk som de virkelig behersker. Ved å svare skriftlig får man tid til å tenke seg om og det kan tenkes at man forsøker å bruke mer avanserte ord og begreper for å vise hva man kan. Derimot gir et opptak av muntlige diskusjoner et bedre bilde på tankegangen fra elevene stiller spørsmål til at motparten forsøker å svare umiddelbart. En viktig indikasjon på nettopp dette er at flere av elevene tar seg selv i å rette på egne utsagn når de hører at de *mente jo egentlig* og forklarer om igjen.

En annen mulig forklaring på elevenes konsistente argumentasjon kan være den innledende tankemyldringen rundt ord og begreper som kan passe inn i kategorier beskrevet som teknisk eller hverdagslig. Mork og Erlie (2010) presenterer også kategorien *semi-teknisk* som en tredje kategori for ord og begreper som befinner seg i en gråsoner mellom hverdagslig og teknisk. Jeg ønsket ikke at dette skulle være en definert kategori i undervisningsopplegget i min undersøkelse da jeg heller ønsket at det skulle komme fram som et kontekstavhengig resultat at man ikke alltid kan plassere ord og begreper i definitive kategorier. Kanskje er det mer hensiktsmessig å plassere ord og

begreper langs en akse med *hverdagslig* og *teknisk* som ytterpunkter. Hva som ansees å være teknisk avansert vil endre seg i svært stor grad med alderen. *Faseovergang* er antagelig et veldig teknisk begrep for en grunnskoleelev, mens *indusert elektromotorisk spenning* er et trivielt begrep å forklare for en fysikkprofessor. Denne eksplisitte øvingen i opplegget på å bruke ulike ord med ulikt nivå av hvor avansert de er kan ha bidratt til at elevene i sin underbevissthet har tenkt på dette i alle de påfølgende plenumsdiskusjonene som ble gjort.

Selv om elevene i stor grad bruker både hverdagslig språk og tekniske begreper er det interessant å analysere elevytringene opp mot det taksonomiske nivået (Bloom, 1956 som gjengitt i ; Imsen, 2020). Samtlige elever viser at de har *kunnskaper* om termisk fysikk i dette prosjektet ved at de kan gjengi fakta og gjøre rede for begrepene de bruker. Mange av elevene viser også at de har *forståelse* ved å kunne forklare med bruk av et variert språk. Noen elever viser også at de er i stand til å *anvende* det de har lært i prosjektet til å trekke sammenligninger til andre eksempler. Dette gjør rede for at bare de første tre av seks hovedkategoriene i Bloom taksonomi er oppnådd totalt sett. Elevene viser en manglende evne til å peke på forhold mellom det teoretiske grunnlaget for å *analysere* Newtons avkjølingslov. Resultatene viser at et forbedringspotensiale ved undervisningsopplegget mitt er at det ikke i stor nok grad legger til rette for at elevene kan identifisere ulike hypoteser og konklusjoner. For at elevene skal kunne heve sin kognitive forståelse fra å kunne *anvende* sin kompetanse opp til å være i stand til *analyse*, *syntese* og *evaluering*, er det antagelig enda viktigere å sette av tid til å eksplisitt jobbe med modellering med hypotesedannelser.

Oppsummert er elevene kyndige i bruk av både et teknisk og et hverdagslig språk i sine argumentasjoner. Innspillingene av elevdiskusjonene indikerer at elevene bruker ord og begreper de behersker. Samtlige elever er opp mot nivå tre av seks i henhold til Blooms taksonomi.

6.5 På hvilke måter fungerer opplegget som utforskende for elevene?

I undervisningsopplegget som ble gjennomført i dette masterprosjektet står utforskende arbeidsmåter sentralt. Av egen erfaring har jeg personlig alltid likt å benytte utforskende arbeidsmåter i undervisningen da jeg setter svært stor pris på en høyere elevaktivitet sammenlignet med en mer tradisjonell lærerstyrt tavlegjennomgang med påfølgende oppgaveløsning.

Fra elevenes tilbakemeldinger i første gjennomgang av undervisningsopplegget ble opplegget endret noe til neste gjennomgang. Jeg tenkte at ved å øke frekvensen av diskusjoner underveis ville det støtte elevene som en tettere strukturering. Disse didaktiske grepene fra første til andre gjennomgang viste seg å ha en positiv effekt. De viktigste tilbakemeldingene elevene bidro med gjennom spørreskjema og fra intervjuet i Fionas klasse var knyttet til tidsbruken ved ulike steder i prosjektet. Der elevene hadde lengre perioder med utforskning første gjennomgang av opplegget ble det gjennomført flere små diskusjoner underveis i Shreks klasse. Her ble det tatt opp spørsmål og utfordringer og drøftet hypoteser til for eksempel hva ulike verdier av konstanten k betyr

for den fysiske fremstillingen av plottet. Det er grunn til å tro at støttestrukturen med høyere frekvens av diskusjoner i plenum bidro til at færre elever ytret at de opplevde store vanskeligheter i opplegget.

Mye forskning er gjort for å finne kriterier for hva som gjør utforskende arbeidsmåter effektive for læring (se for eksempel Knain & Kolstø, 2019). Selv om utforskningen åpner for at elevene kan jobbe metodisk analogt med ekte forskere utenfor skolen er det en rekke ting som spiller inn for læringsutbyttet for elevene. Der noen forskere mener det er helt avgjørende at læreren bidrar med tett oppfølging med gode støttestrukturer i en veiledende rolle (se for eksempel Hmelo-Silver et al., 2007) mener andre at dette fjerner all autentisitet ved å jobbe analogt med ekte forskere (se for eksempel Kirschner et al., 2006). Forskning peker på at erfaringsnivået hos elevene har stor innvirkning på hvor effektiv læringen er når elevene forsker på egen hånd (Osborne, 2015). Fra egne erfaringer i møte med nye klasser er det som oftest tilfellet at elever uttrykker misnøye med større metodisk frihet sammenlignet med det de er vant til.

Erfaringer gjort fra tidligere praksisperioder ga inntrykket at undervisning med innhold av programmering som oftest er tett knyttet opp mot «å følge en oppskrift» som er laget av læreren selv eller fra andre læreverk. Resultatene fra intervjuene gjort i denne studien støtter opp mine tidligere erfaringer der elevene i tillegg spekulerer på at det kan være som følge av manglende kompetanse innen programmering hos lærerne. Undervisningsopplegget jeg har utviklet var tenkt å skulle ha en lav inngangsterskel, men høyt tak for læringsutbyttet (Wæge & Nosrati, 2018). Det kreves ingen erfaring med programmering fra tidligere som inngangsterskel, men de kunne selv endre på koden til å for eksempel lage flere plot i samme vindu.

Elevene ble bedt om å undersøke hvordan de ulike parameterne i simulerings-scriptet påvirket den resulterende grafen. Det ble ikke gitt forslag til hva noen av disse verdiene kunne være på forhånd, men at de selv skulle finne ut for eksempel hvor langt tidssteg som er rimelig å bruke. Støttestrukturen i selve scriptet ga elevene en indikasjon til hva de kunne se bort fra av kode, og hvilke linjer det var lagt opp til at de skulle endre på. Dette var gjort som et forsøk på å bidra til en kognitiv utfordring på samme tid som at de følte at oppgaven var gjennomførbar, som anbefalt av Colburn (2000). I gjennomføringen av opplegget erfarte jeg at elevene stilte konkrete spørsmål, som gir grunn til å tro at de vet hva de lurer på. Som lærer opplever jeg at elever som lurer på hva som *skjer*, eller hva de *skal gjøre* i større grad opplever oppgavene som *for* kognitivt utfordrende og følgelig føles *ugjennomførbare*.

Siden undervisningsopplegget i hovedsak var utviklet for å gi læring i termisk fysikk ble selve programmeringen tonet ned til at elevene ble bedt om å redigere og prøve ut to ferdige script fremfor å starte fra et tomt vindu. Fra min opplevelse som læreren i prosjektet hadde dette didaktiske grepet den ønskede effekten ved å senke den kognitive belastningen. Mange elever ga muntlige tilbakemeldinger underveis i prosjektet at de kunne se verdien av programmeringen og at det bidro til fysikkforståelse. Støttestrukturene var et forsøk på å bryte ned komplekse gjøremål i mindre biter for å senke den kognitive belastningen (Bjønness & Kolstø, 2015; Sweller et al., 2011).

Tilbakemeldingene fra elevene viser at timene i all hovedsak handlet om fysikk og i noe mindre grad om programmering, som nettopp var det ønskede resultatet på forhånd.

Det er mange spørsmål som antagelig ikke ville blitt løftet fram og diskutert dersom opplegget ikke hadde hatt utforskende arbeidsmåter som et hovedprinsipp. At grafen blir hakkete hvis man setter at tidssteget for høyt sammenlignet med total kjøretid er ikke et resultat av at eleven har gjort noe feil, men det gir eleven muligheter til å teste flere verdier. At en høy k-verdi gir en raskt avtagende kurve betyr ikke at eleven har gjort noe feil, men at den fysiske representasjonen av denne konstanten kan fortelle noe om objektets areal eller hvilket stoff det består av. Slike momenter kan falle bort dersom all utforskning fjernes fordi de antagelig ikke oppstår som tankekors dersom ingen elever møter på disse utfordringene i sin utforskning.

Av resultatene fra den første gjennomgangen av undervisningsopplegget, der flere elever opplevde programmeringen som svært utfordrende, ble det gjort didaktiske grep til den andre gjennomgangen. For å nettopp kunne beholde slike spørsmål ved rare eller uforståelige resultater ønsket jeg ikke å holde scriptene identiske i begge utprøvingene av opplegget. Dette indikerer resultatene fra spørreskjemaet i Shreks klasse at jeg lyktes med å gjøre den samme koden mer forståelig. Med utgangspunkt i modellen mellom rom til utforskning og struktur som støtte (Knain & Kolstø, 2019) ble antallet plenumsdiskusjoner økt fra første til andre gjennomføring. Fra intervjuet av elevene i Fionas klasse påpeker de at de følte det var for god tid enkelte steder underveis. Dette var verdifulle kommentarer som bidro til at opplegget ble justert mellom gjennomgangen i Fionas og Shreks klasse.

En annen måte jeg kunne ha senket den kognitive belastningen på var å gjøre programmeringen mindre omfattende. Jeg kunne ha satt starttiden til å alltid være null, eller en fast steglengde for å slippe at datamaskinen skulle sette seg fast da elevene ba programmet om å regne ut billioner av iterasjoner. Min ambisjon var å løse problemet didaktisk fremfor å endre på det mulige læringsutbyttet. Diskusjonene utover i prosjektet ga indikasjoner på at elevene knyttet de praktiske erfaringene med programmeringen til det faglige innholdet fysikkfaglig sett.

Et viktig prinsipp for dette undervisningsopplegget var å bruke språket aktivt gjennom hele prosjektet. Som Harrison et al. (2017) påpeker er kommunikasjon er viktig element i selve utviklingen av ideer. Det å måtte forklare hva man gjør, hva man får til, og kanskje aller viktigst hva man *ikke* får til, setter krav til argumentasjonen. I et klasserom der det viktigste er å tørre å svare feil kan bidra til et læringsmiljø der læreren er på lag med elevene. Det er viktigere at man skal over mållinjen sammen fremfor at elevene leker «gjett hva læreren tenker på» i plenumsdiskusjoner. Her kan blant annet samtalemønstre hvor læreren styrer diskusjonen uten å bekrefte eller avkrefte elevenes tanker bidra til at det skapes et læringsmiljø hvor læreren i større grad får muligheten til å gjøre underveisvurderinger og gi støtte der det trengs (Kawalkar & Vijapurkar, 2013). Resultatene indikerer i stor grad at elevene selv også opplevde diskusjonene underveis både som det mest lærerike i tillegg til det de syntes var mest interessant.

At «øvelse gjør mester» er et kjent ordtak som stemmer overens med forskning gjort av blant annet Aditomo og Klieme (2020). For å kunne lykkes med utforskende arbeidsmåter er det avgjørende å overkomme hindringene som forekommer underveis. Her er den affektive støtten som læreren gir underveis er avgjørende for å kunne gi elevene selvtillit og motivasjon til å jobbe seg gjennom utfordringene. Resultatene fra både spørreskjemaet og intervjuene indikerer at elevene i større grad opplevde affektiv støtte sammenlignet med tidligere prosjekter.

Oppsummert opplevde elevene at utforskningen og diskusjonene i opplegget bidro til deres læring i termisk fysikk. Elevene opplevde at opplegget i hovedsak handlet mest om fysikk og deretter programmering.

6.6 Metodisk refleksjon

Som masterstudent har jeg begrenset erfaring som forsker. Valget av både forskningsdesign og valgene av hvilke datakilder jeg skulle bruke er i hovedsak basert på teoretisk kunnskaper gjennom pensumbøkene fra Robson og McCartan (2016) og Rienecker et al. (2013). Derfor ble tilnærmingen svært pragmatisk i alle valgene som skulle tas av metoder.

I denne studien ble det benyttet fire ulike datakilder i form av et arbeidsark, innspilling av elevdiskusjoner, et spørreskjema og gruppeintervjuer. Hver av datakildene bidro med mye interessante data som har bidratt til å svare på de ulike forskningsspørsmålene. Jeg opplevde at intervjuene i størst grad ga meg innsikt i elevenes tanker og meninger siden jeg kunne stille oppfølgingsspørsmål underveis. Stemningen var god i begge gruppeintervjuene og jeg opplevde at elevene følte seg trygge i situasjonen. Erfaringene med å la elevene ta opptak av diskusjoner i undervisningen synes jeg var en veldig interessant måte å samle inn data på. Det kommer jeg garantert til å bruke også i hverdagen som lærer da jeg anser det som å kunne gi god innsikt i elevenes tankegang og vil kunne brukes som formativ vurdering. Dersom jeg skulle brukt det som en summativ vurdering er det antagelig at elevene i langt større grad ville produsert et manus og lest dette opp. Da anser jeg det som like greit å samle det inn som skriftlig materiale.

Rollen som deltakende observatør i opplegget opplevde jeg som uproblematisk med tanke på å bli godtatt av elevene som en helt ny faglærer for én uke. Både Fiona og Shrek mente at elevene var minst like muntlig aktive som de er til vanlig. Jeg hadde på forhånd tenkt å benytte feltnotater i større grad, men dette viste seg å ikke bli særlig tid til underveis.

7. Konklusjon

Oppgavens problemstilling var: *Hvordan kan programmering kombineres med modellering i termisk fysikk?* For å besvare problemstillingen ble det utviklet et undervisningsopplegg hvor elevene bruker programmeringsspråket Python til å plote empiriske data og simulere Newtons avkjølingslov. Undervisningsopplegget bygger på utforskende arbeidsmåter der elevenes språkbruk vektlegges, med utgangspunkt i et læringssyn om at dette fremmer elevenes læring.

Resultatene viser at opplegget lykkes i å engasjere elevene til å bruke programmering som et nyttig verktøy i modelleringen i termisk fysikk. Elevene mestrer bruk av både hverdagslige og tekniske ord og begreper på et middels taksonomisk nivå i fysikkfaglige diskusjoner i termisk fysikk.

Selv om svært mange av elevene uttrykker at de ikke *anser seg selv* som kompetente innen programmering, ser du stor nytte i å kunne lære seg å bruke dette. Fra tidligere undervisning påpeker de at innholdet av programmering ikke har bidratt til et økt læringsutbytte av ulike årsaker. Her nevnes det årsaker som at de ikke opplever at faglærer har kan svare tilfredsstillende på spørsmålene som stilles fra elevene. De føler også at det noen ganger føles som programmering brukes som et verktøy er mer tungvint enn andre måter å jobbe med oppgaver på. I mitt undervisningsopplegg, hvor elevene i større grad skulle *bruke* en nesten ferdig kode, synes det derimot at elevene har funnet innholdet av programmering som et nyttig bidrag til et *økt* læringsutbytte.

Et annet viktig funn er at elevene i dette prosjektet *lærte mest* fysikk av diskusjonene som ble gjort underveis både i grupper og i plenum. Dette understreker at språket er svært viktig i å lære fysikk, som støttes opp av teori (se for eksempel Angell et al., 2011; Wellington & Osborne, 2001).

Elevenes språkbruk er i nesten alle tilfeller en hybrid mellom hverdagslig språk og bruk av tekniske fagtermer (Mork & Erlien, 2010) fra lydopptakene av diskusjoner. Svært få elever snakker om *varme* som et teknisk begrep for energioverføring, men bruker det i hovedsak til å beskrive en følelse av høyere temperatur relativt et system med lavere temperatur.

Elevene er i stor grad kompetente innen *bruk* av modeller til å regne ut verdier og produsere fenomener. De fleste er i stand til å gjøre rede for hvilke antagelser som er gjort og hva hver enkelt parameter forestiller. Elevene presenterer *alltid* begrensninger basert på hvilke parametere som inngår i en formel, ikke på direkte på bakgrunn av hvilke antagelser som er gjort.

Når det gjelder programmering sier elevene at programmeringen i noe grad bidro til å forstå hvordan *temperaturforskjeller* mellom objekter og omgivelser bidrar til ulik hastighet på *temperaturendringer*. De fleste elevene sier at de i større grad forstod koden i Python i dette prosjektet sammenlignet med tidligere erfaringer. Dette begrunnes ved at koden ble delt i flere seksjoner der tydeligheten både skriftlig i koden i tillegg til en nøye gjennomgang muntlig linje for linje og dermed ble oppgavene mer overkommelige.

Alt i alt viser resultatene at bruk av programmering innen termisk fysikk kan være en brukbar måte å kunne møte ulike læreplanmål i Fysikk 1 på, og at utforskende arbeidsmåter kan bidra til å utvikle elevenes modelleringskompetanse og forståelse av termisk fysikk.

8. Kildehenvisning

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Adadan, E., & Yavuzkaya, M. N. (2018). Examining the progression and consistency of thermal concepts: a cross-age study. *International Journal of Science Education*, 40(4), 371-396. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1423711>
- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504-525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J., & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk* (1. utgave. ed.). Cappelen Damm akademisk.
- Bjørnness, B., & Kolstø, S. D. (2015). Scaffolding open inquiry: How a teacher provides students with structure and space. *Nordina : Nordic studies in science education*.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives : the classification of educational goals : 1 : Cognitive domain* (Vol. 1). McKay.
- Colburn, A. (2000). An Inquiry Primer. *Science scope (Washington, D.C.)*, 23(6), 42-44.
- Erickson, T. (2006). Stealing from physics: modeling with mathematical functions in data-rich contexts. *Teaching Mathematics Applications*, 25(1), 23-32. <https://doi.org/10.1093/teamat/hri025>
- Etkina, E., Warren, A., & Gentile, M. (2006). The Role of Models in Physics Instruction. *The Physics teacher*, 44(1), 34-39. <https://doi.org/10.1119/1.2150757>
- Georgiou, H., & Sharma, M. D. (2010). A report on a preliminary diagnostic for identifying thermal physics conceptions of tertiary students. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 18(2), 32-51.
- Georgiou, H., & Sharma, M. D. (2011). UNIVERSITY STUDENTS' UNDERSTANDING OF THERMAL PHYSICS IN EVERYDAY CONTEXTS. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(5), 1119-1142. <https://doi.org/10.1007/s10763-011-9320-1>
- Giere, R. N., Mauldin, R. F., & Bickle, J. (2006). *Understanding scientific reasoning* (5th ed.). Thomson Wadsworth.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Guttersrud, Ø. (2008). *Mathematical modelling in upper secondary physics education : defining, assessing and improving physics students' mathematical modelling competency* Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo]. Oslo.
- Haraldsrud, A. D., Sveinsson, H. A., & Løvold, H. H. (2020). *Programmering i skolen*. Universitetsforlaget.

- Harrison, C., Constantinou, C. P., Correia, C. F., Grangeat, M., Hähkiöniemi, M., Livitzis, M., Nieminen, P., Papadouris, N., Rached, E., Serret, N., Tiberghien, A., & Viiri, J. (2017). Assessment On-the-Fly: Promoting and Collecting Evidence of Learning Through Dialogue. In (pp. 83-107). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63248-3_4
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational psychologist*, 42(2), 99-107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Imsen, G. (2020). *Lærereens verden : innføring i generell didaktikk* (6. utgave. ed.). Universitetsforlaget.
- Kalleberg, R. (2016). *Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teologi*. Forskningsetiske komiteer.
- Kawalkar, A., & Vijapurkar, J. (2013). Scaffolding Science Talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2004-2027. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.604684>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Knain, E., & Kolstø, S. D. (2019). *Elever som forskere i naturfag* (2. utgave. ed.). Universitetsforlaget.
- Malik, U., Angstmann, E. J., & Wilson, K. (2019). Learning and Conceptual Change in Thermal Physics Concepts: An Examination by Gender. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 27(1). <https://doi.org/10.30722/ijisme.27.01.003>
- Malthe-Sørensen, A., Hjorth-Jensen, M., Langtangen, H. P., & Mørken, K. (2015). Integrasjon av beregninger i fysikkundervisningen. *Uniped* 38, 303-310.
- Mason, J. (2018). *Qualitative researching* (Third edition. ed.). SAGE.
- Mork, S. M., & Erlien, W. (2010). *Språk og digitale verktøy i naturfag*. Universitetsforl.
- Nordby, S. (2019). *Programmering og algoritmisk tenkning i fysikkundervisning* NTNU]. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2610766>
- Odden, T. O. B., Lockwood, E., & Caballero, M. D. (2019). Physics computational literacy: An exploratory case study using computational essays. *Physical review. Physics education research*, 15(2), 020152. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020152>
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Osborne, J. (2015). Practical Work in Science: Misunderstood and Badly Used? *School Science Review*, 96(357), 16-24.
- Postholm, M. B., & Jacobsen, D. I. (2011). *Læreren med forskerblick : innføring i vitenskapelig metode for lærerstudenter*. Høyskoleforl.
- Rienecker, L., Stray Jørgensen, P., Skov, S., & Landaas, W. (2013). *Den gode oppgaven : håndbok i oppgaveskriving på universitet og høyskole* (2. utg. ed.). Fagbokforl.

- Robson, C., & McCartan, K. (2016). *Real world research : a resource for users of social research methods in applied settings* (4th ed.). Wiley.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory* (1st 2011. ed., Vol. 1). Springer New York : Imprint: Springer.
- Sørby, S. A., & Angell, C. (2012). Undergraduate students' challenges with computational modelling in physics. *Nordina : Nordic studies in science education*, 8(3), 283-296. <https://doi.org/10.5617/nordina.534>
- Taub, R., Armoni, M., Bagno, E., & Ben-Ari, M. (2015). The effect of computer science on physics learning in a computational science environment. *Computers & Education*, 87, 10-23. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.013>
- Thagaard, T. (2018). *Systematikk og innlevelse : en innføring i kvalitative metoder* (5. utg. ed.). Fagbokforl.
- Tjora, A. H. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4. utgave. ed.). Gyldendal.
- Utdanningsdirektoratet. (2006a). *Læreplan i fysikk - programfag i utdanningsprogram for studiespesialisering (FYS1-01)*. <https://www.udir.no/kl06/FYS1-01/Hele/Kompetansemaal/fysikk-1>
- Utdanningsdirektoratet. (2006b). *Læreplan i naturfag (NAT1-03)*. <https://www.udir.no/kl06/nat1-03/hele/kompetansemaal/kompetansemal-etter-10.-arstrinn>
- Utdanningsdirektoratet. (2020a). *Fysikk 1 (FYS01-02), Kompetansemål og vurdering*. <https://www.udir.no/lk20/fys01-02/kompetansemaal-og-vurdering/kv466>
- Utdanningsdirektoratet. (2020b). *Fysikk (FYS01-02) Kompetansemål og vurdering*. <https://www.udir.no/lk20/fys01-02/kompetansemaal-og-vurdering/kv466>
- Utdanningsdirektoratet. (2020c). *Opplæringens verdigrunnlag*. <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/opplaringens-verdigrunnlag/?kode=nat01-04&lang=nob>
- Wellington, J. J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Open University Press.
- Wæge, K., & Nosrati, M. (2018). *Motivasjon i matematikk*. Universitetsforl.

Vedlegg

Vedlegg #1 – plot.py

```
#1
import matplotlib.pyplot as plt

#2
#Lager lister for tid og temperatur
tid_liste = []
temp_liste = []

#3
#Skriv inn navnet på fila du vil laste inn
with open("") as file:
    next(file)

    for linje in file:

        linje = linje.replace(",",".")
        linje = linje.split(";")

        tid_liste.append(float(linje[1]))
        temp_liste.append(float(linje[2]))

#4
#Skriv navn på tittel, akser og legend
plt.figure(2)
plt.plot(tid_liste,temp_liste,".")
plt.title("")
plt.xlabel("")
plt.ylabel("")
plt.grid()
```

Vedlegg #2 – sim.py

```
#1
import matplotlib.pyplot as plt

#2
#Lager en modell som regner ut temperaturendringen
def temp_endring(temp):
    endring = -(temp-romtemp)*k
    return endring

#####      SE HER, KJÆRE ELEV      #####

#Når skal simuleringen starte?
tid =

#Hva er starttemperaturen?
temp =

#Hvilken konstant må brukes?
k =

#Hva er temperaturen i rommet?
romtemp =

#Hvor langt skal hvert tidssteg være?
dt =

#Hvor lenge ønsker du å simulere?
tid_slutt =

#####
```

```
#3
#Lager lister for tid og temperatur
tid_sim = [tid]
temp_sim = [temp]

#4
while tid < tid_slutt:
    temp = temp + temp_endring(temp)*dt
    tid = tid + dt

    temp_sim.append(temp)
    tid_sim.append(tid)

#5
#Plottings
plt.plot(tid_sim,temp_sim)
plt.title("")
plt.xlabel("")
plt.ylabel("")
plt.grid()
```

Vedlegg #3 - samtykkeskjema

Oskar Andreas Olsen

Til elever i Fysikk 1 på VG2 ved [REDACTED]

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å forske på **termisk** fysikk med **koding/programmering** som verktøy. I dette skrivet gis informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Formålet med prosjektet er å undersøke om koding bidrar til læring i fysikk som fag med søkelys på temaet termisk fysikk. Dette forskningsprosjektet er en mastergradsstudie ved Lektorutdanningen i Realfag (MLREAL) ved NTNU. Omfanget vil være 5 skoletimer à 45min med et undervisningsopplegg utviklet av meg. Som primær datakilde ønsker jeg å samle inn **lydfiler** innspilt av dere selv der dere svarer på **åpne fysikkfaglige spørsmål** dere vil motta mot slutten av undervisningsopplegget. Disse lydfilene leveres til faglærer og vil **anonymiseres** før jeg får tilgang. Hvis du **ikke ønsker** at dine lydfiler skal benyttes i denne studien kan du si fra til din faglærer om dette. Jeg ønsker også at du svarer anonymt på et **avkryssingsskjema** med fysikkfaglige spørsmål etter endt undervisningsopplegg.

I tillegg ønsker jeg å **intervjue** enkeltelever med samme tema som nevnt ovenfor. Hvis du ønsker å delta på dette kan du krysse av for dette på siste side av dette dokumentet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Som elev i faget Fysikk 1 er det kompetansemål knyttet til **temperatur og varme** som er av interesse for meg å forske på i dette mastergradsstudiet. Jeg har vært student i praksis ved [REDACTED] i vårsemesteret 2021 som gjør at jeg kjenner skolen fra før. Det stilles **ingen** ytterligere krav utover å være elev i Fysikk 1.

Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du velger å delta i dette prosjektet vil du jobbe med **termisk fysikk** med innslag av **koding/programmering** i 5 skoletimer. Det er ønskelig at du svarer på et kort spørreskjema (ca. 5min). Dersom du ønsker å delta på intervju vil omfanget av dette være ca. 20-30min. Lyd fra intervjuene vil bli tatt opp på ekstern lydopptaker (ikke personlig mobiltelefon).

Det er frivillig å delta

Det er **frivillig å delta** i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg. Hvis du **ikke ønsker å delta** i undervisningsopplegget vil du få mulighet å jobbe med tilsvarende stoff fra din faglærer.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Forskningsmaterialet fra dette prosjektet (notater fra observasjoner, intervju og elevprodusert materiale) vil kun bli behandlet av meg. I det som presenteres fra prosjektet vil involverte personer bli anonymisert. Alle innsamlede data vil bli slettet/fjernet etter at prosjektet er avsluttet, senest 31. desember 2022.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke. På oppdrag fra Institutt for Fysikk ved NTNU har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

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

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

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

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost (personverntjenester@nsd.no) eller på telefon: 53 21 15 00.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Oskar Andreas Olsen (student) er ansvarlig for prosjektet.

Berit Bungum er masterveileder. [REDACTED]

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, **ta kontakt med meg eller min masterveileder.**

NTNUs personvernombud er Thomas Helgesen: [REDACTED]

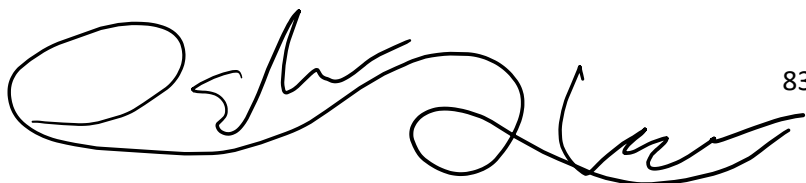
Hvis du/dere har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, ta kontakt på epost personverntjenester@nsd.no eller på telefon: 55 58 21 17.

Jeg håper du synes denne forskningen er av verdi, og at du er villig til å være med på den. Jeg ber om at svarslippen på neste side fylles ut om hvorvidt du gir eller ikke gir tillatelse til deltakelse i prosjektet.

På forhånd takk!

Vennlig hilsen
Oskar Andreas Olsen

Trondheim den 11.11.2021



Samtykkeerklæring

Som del av dette forskningsprosjektet ber jeg om tillatelse til samtale med/intervju av deg kopiere/bruke besvarelser som du har produsert.

Forutsetningen for tillatelsen er at besvarelser og annet innsamlet materiale blir anonymisert og behandlet med respekt, og at prosjektet følger gjeldende retningslinjer for etikk og personvern.

Sett kryss i den ruta som passer:

Jeg ønsker ikke å delta i dette forskningsprosjektet

Jeg ønsker å delta

Jeg ønsker å bli intervjuet

Dato:

Elevens fornavn og etternavn:

Elevens underskrift:

.....

Vedlegg #4 - intervjuguide

Intervjuguide elever

1. Hvordan var læringsutbyttet av dagens opplegg?
2. Hvilke erfaringer har du med koding fra før?
 - a. Har du brukt koding i fysikk tidligere?
3. Var det noe som var utfordrende med dagens opplegg?
4. Synes du termisk fysikk er et krevende tema i fysikk?
5. Hva og hvordan har du lært om termisk fysikk tidligere?
6. Har du opplevd noen spesielle utfordringer knyttet til termisk fysikk fra tidligere?
7. Ser du på koding/programmering som nyttig for å lære om termisk fysikk?
8. Har du forslag til forbedringer av dagens opplegg?
 - a. Arbeidsmengde for mye/for lite
 - b. Vanskegrad på koding for lett/for vanskelig
 - c. Læringsutbytte høyt/lavt
 - d. Annet

