

Utforskende undervisning i naturfag

Fra «kokebokforsøk» til utforskende undervisning og læring

Av Kåre Haugan

Dette kapitlet vil innledningsvis gi en kort introduksjon i hva utforskende arbeidsmåter er i naturfag og hvordan metoden er forankret gjennom «Forsker- spiren» i læreplanen for grunnskolen. Utforskende arbeidsmåter er en alternativ arbeidsform i naturfag, og andre halvdel av kapitlet vil ved et eksempel belyse hvordan arbeidsmåten kan brukes for å gi grunnskolelærerstudenter et innblikk i metoden. Dette er med tanke på en overføringsverdi til studentenes egen praksis i skolen.

Hva er utforskende undervisning i naturfag, og hva sier læreplanen for grunnskolen?

Skolefaget naturfag er satt sammen av vitenskapsfagene kjemi, fysikk, biologi og geologi. Tradisjonelt har elevforsøk vært detaljstyrt med punktvis instruerende tekst og lite handlingsrom – såkalte kokebokforsøk. Frihet til å utvikle egne ideer og å forfølge disse har vært liten. I skolesammenheng er det viktig at faget framstår som helhetlig og ikke gjennomgående faginndelt (Udir, 2016). Mye av den mer tverrfaglige tilnærmingen i naturfag blir ivaretatt gjennom å jobbe med «reelle problemstillinger» i skolen der man trekker inn den kunnskapen som er nødvendig for å løse et problem eller en oppgave. Denne arbeidsmåten

gir en åpnere tilnærming til praktisk arbeid i naturfag enn det de mer tradisjonelle «kokebokforsøkene» representerer.

For norsk grunnskole er det først i læreplanen for grunnskolen av 1997 (L97) vi finner en åpen og naturvitenskapelig arbeidsmåte tydelig beskrevet: «Opplæringa skal gi elevene øvelse i naturvitenskapelig tenkemåte og arbeidsmåte. Elevene skal i økende grad utvikle evnen til undring og observasjon, til å stille spørsmål og finne mulige forklaringer på det de har observert, og gjennom kildegransking, eksperiment eller observasjon kontrollere om forklaringene holder» (KUF, 1996). Måten å jobbe naturvitenskapelig på er altså framhevet. At denne tilnærmingen er grunnlaget for og henger sammen med all kunnskapsbygging i naturfag, kommer ikke så tydelig fram. Gjennom innføring av læreplanen Kunnskapsløftet i 2006 ble dette mer tydeliggjort ved hovedområdet Forskerspiren, som er gjennomgående for hele naturfaget i skolen (Udir, 2016). Etter revidering av Kunnskapsløftet i 2013 er nå Forskerspiren i naturfag beskrevet slik: «I naturfagundervisningen framstår naturvitenskapen både som et produkt som viser den kunnskapen vi har i dag, og som prosesser som dreier seg om hvordan naturvitenskapelig kunnskap bygges og etableres. Prosessene omfatter utvikling av hypoteser, eksperimentering, systematiske observasjoner, diskusjoner, kritisk vurdering, argumentasjon, begrunnelser for konklusjoner og formidling. Forskerspiren skal ivareta disse dimensjonene i opplæringen og integreres i de andre hovedområdene.» Forskerspiren skal med andre ord være gjennomgående og synlig i alle temaer og andre hovedområder i naturfaget, og den understreker tydelig en ivaretagelse av dualiteten produkt (kunnskapen vi har i dag) og prosess (hvordan naturfaglig kunnskap utvikles). Denne fagdidaktiske tenkningen er ikke noe banebrytende nytt, og Dewey skrev allerede i 1910 følgende: «When our schools truly become laboratories of knowledge-making, not mills fitted out with information-hoppers, there will no longer be need to discuss the place of science in education.»

Ny generell del av læreplanen for grunnskolen ble vedtatt 1. september 2017 (KD, 2017), og dette dokumentet framhever blant annet at skolen må gi mer rom for dybdelæring. Med dybdelæring i fag ligger det en forståelse av at skolen i større grad enn før lærer elevene å anvende kunnskaper og ferdigheter i faget for å mestre og forstå faglige utfordringer i nye

sammenhenger. Mange forskningsbidrag understreker at dybdelæring er sentralt for elevens faglige og tverrfaglige utvikling. Forskning viser også at elevene kommer bedre ut som framtidige arbeidstakere og deltakende samfunnsborgere gjennom denne læringstilnærmingen (Pellegrino & Hilton, 2012 og Meld. St. 28, 2015–2016). Dybdelæring stimulerer til problemløsningstenkning i faget, og det krever en helhetlig tilnærming og ligger naturlig forankret i forskerspiretenkningen som er nevnt over.

En helhetlig tilnærming til en slik naturvitenskapelig måte å jobbe på er utforskende undervisning og læring (IBSE – Inquiry Based Science Education) (Minner et al., 2010). IBSE kan ikke sies å være entydig definert innenfor naturfaglig undervisning, arbeidsmåten er mer en tradisjon innenfor naturfagets disipliner med en sterk forankring i den hypotetisk-deduktive forskningsmetoden (Knain & Kolstø, 2011). Flere mener at det å jobbe naturvitenskapelig best kan beskrives som *metoder og tenkemåter* (flertall) der åpenhet, fantasi og kreativitet er sentralt, og induktive strategier framtrer også som viktige i kunnskapsutviklingen (Mork & Sørvik, 2016 og Sjøberg, 2009). Det har blitt presentert flere måter å konkretisere dette på i praksis i skolen. En guide for IBSE skrevet som supplement til amerikansk naturvitenskapelig utdanningsstandard, presenterer IBSE som en femtrinns arbeidsmåte (forenklet og oversatt fra NRC, 2000):

1. Elevene engasjerer seg i naturfaglige problemstillinger.
2. Elevene framskaffer egne datasett og benytter disse kritisk til å utvikle og vurdere ulike forklaringsmodeller til problemstillinger.
3. Elevene formulerer forklaringer til de naturfaglige spørsmålene med utgangspunkt i egne data.
4. Elever vurderer sine forklaringsmodeller i lys av alternative forklaringsmodeller, spesielt med hensyn til naturvitenskapelig forståelse.
5. Elevene kommuniserer og argumenterer for sine foreslåtte forklaringer.

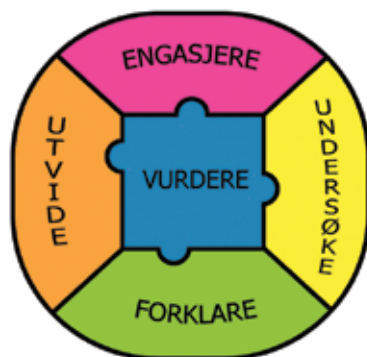
Modellen fra NRC har også en syklisk karakter, der man etter punkt fire kan reformulere hypotesen og undersøkelsen dersom ikke opprinnelig strategi fører fram. En mer komprimert trinnvis beskrivelse er gitt av

Knain og Kolstø (2011), som deler opp prosessen i tre trinn med noen utdypende stikkord til hvert trinn: spørsmålsformulering – datainnsamling – kunnskapsbygging. Denne inndelingen innebærer at arbeidet starter med formulering av et spørsmål som skal studeres. Videre arbeid går ut på å framskaffe data og informasjon for å undersøke, teste og så velge mellom mulige svar. Hypoteser og økende forståelse av teori kan utvikles etter hvert, og egen empiri kan være sentralt her. I kunnskapsbyggingen ligger det elementer som generering og vurdering av egne datasett og diskusjon av hypoteser og resultater i lys av eksisterende teori. En slik tilnærming til læring har et mye større innslag av frihetsgrader enn tradisjonelle styrte forsøk (Herron, 1971), men for å sikre god læring er det nødvendig med tett veiledning og gode støttestrukturer gjennom arbeidet («scaffolding») (Wood et al., 1976). Støtten som lærere da gir elevene, kan være å stimulere til fokus og framdrift, informasjonsinnhenting og tilrettelegging for faglige diskusjoner elevene imellom (Knain et al., 2011; Ødegaard, 2016).

I norsk sammenheng har det etter hvert kommet flere didaktiske undervisningsverktøy som er utviklet for lærere for å ivareta Forskerspiren i skolens naturfagundervisning. «5E-metoden», «Nysgjerrigper» og «Forskerfotter og leserotter» er tre slike verktøy som svarer til noe av det som Forskerspiren spør etter. De to sistnevnte er primært utviklet som verktøy for 1.-7. trinn.

5E-metoden

«5E-metoden» ble utviklet som et verktøy og støtte for lærere innenfor utforskende undervisning og fikk navnet sitt etter de engelske begrepene *engage*, *explore*, *explain*, *elaborate* og *evaluate* (Bybee et al., 2006). Disse begrepene dekker trinnene i IBSE og utgjør til sammen en helhetlig læringsprosess som skissert over. Denne rammen eller metoden har blitt videreutviklet og tilrettelagt for norske lærere og så presentert på *naturfag.no* (Fiskum & Korsager, 2013). Modellen viser fem faser av undervisningen og ivaretar både lærer- og elevperspektivet i en utforskende læringsprosess. Den grafiske framstillingen som er presentert for modellen, er vist i figur 1.



Figur 11.1 Figuren er hentet fra Fiskum og Korsager (2013), og den viser til hvilken form de fem E-ene fra 5E-modellen har blitt omsatt. I denne modellen er «vurdering» sentralt og inngår som et integrerende element under trinnene «engasjere», «utforske», «forklare» og «utvide». Vurderingsperspektivet skal optimalt sett ivaretas både av lærer og elev, og tilhørende modellbeskrivelse angir mer detaljert hva både lærerens og elevenes rolle kan være i de ulike faser av arbeidet. Faksimile gjengitt i henhold til åndsverkloven. Bildet er ikke omfattet av bokens CC-BY 4.0-lisens, og kan ikke gjenbrukes uten tillatelse fra rettighetshaveren.

Modellen ivaretar viktige prinsipper for effektiv naturfagundervisning, og Fiskum og Korsager (2013) påpeker at en eller flere av fasene kan inngå i en undervisningsøkt. Naturfagundervisning kan med andre ord ha preg av å ha utforskende karakter selv om ikke alle faser alltid er ivaretatt. Dette gjør implementering av utforskende undervisning lettere, det senker terskelen for å ta metoden i bruk, og det gir også en variasjon i undervisningen som i seg selv er en styrke (Imsen, 2016).

Nysgjerrigpermetoden og Forskerføtter og leserøtter

Et annet didaktisk verktøy som har blitt utviklet, er *Nysgjerrigpermetoden*. Den er utviklet i regi av Norges forskningsråd og er primært rettet mot 1.-7. trinn. Det er utviklet både nettstøtte og en idébank som er tilgjengelig for lærere, og dette er lagt ut på *naturfag.no* (Møllhausen, 2015). Nysgjerrigpermetoden er en læringstilnærming som er delt opp i seks steg: 1. dette lurer jeg på, 2. hvorfor er det slik, 3. legg en plan for undersøkelsen, 4. ut for å hente opplysninger, 5. dette har jeg funnet ut, 6. fortell til andre. Disse seks trinnene kan gjenkjennes som en utforskende læringsprosess ved blant annet å sammenligne med 5E-metoden (Fiskum & Korsager, 2013),

ovennevnte IBSE-guide (NRC, 2000) eller Knain og Kolstøs (2011) beskrivelser av utforskende arbeidsmåter. Stegene i Nysgjerrigpermetoden er en forenklet og alderstilpasset versjon av den hypotetisk-deduktive metode, og den publiserte metoden fungerer som en veiledende guide for hvordan man kan jobbe utforskende på 1.-7. trinn (Møllhausen, 2015).

Forskerføtter og leserøtter er videreutviklet fra en amerikansk modell ved UC Berkley (Ødegaard, 2016 & Barber, 2009). Modellen er en forenkling og tilpasning av IBSE til småtrinnet (1.-7.), og kan oppsummeres i de fire slagordene «Gjør det! Les det! Skriv det! Si det!» (Ødegaard, 2016). Selve metoden blir delt inn i fire utforskende faser, som er *en forberedende fase, en datafase, en diskusjonsfase og en kommunikasjonsfase*. Disse fire fasene er lett gjenkjennbare som en utforskende strategi, og den forberedende fasen innebærer spørsmålsstilling, undring, planlegging og hypotesedanning. Datafasen består av observasjoner og datainnsamling, mens diskusjonsfasen skal frambringe forklaringer av observasjoner knyttet opp mot forkunnskaper hos elevene slik at empiri og teori flettes sammen. Avslutningsfasen blir så å kommunisere dette ut til andre. Læringsaktivitetene er tett knyttet sammen (figur 2), og de ivaretar grunnleggende ferdigheter på en god måte (se under). Også dette IBSE-verktøyet har omfattende nettstøtte tilgjengelig (naturfag.no).



Figur 11.2 Figuren symboliserer didaktisk tenkning i *Forskerføtter og leserøtter* og illustrerer at de ulike læringsaktivitetene i arbeidsmåten griper inn i hverandre og henger sammen (Ødegaard, 2016). Faksimile gjengitt i henhold til åndsverkloven. Bildet er ikke omfattet av bokens CC-BY 4.0-lisens, og kan ikke gjenbrukes uten tillatelse fra rettighetshaveren.

Grunnleggende ferdigheter og utforskende arbeidsmåter

De fem grunnleggende ferdighetene som blir omtalt i norsk skolesammenheng, er *å kunne lese, å kunne skrive, å kunne uttrykke seg muntlig, å kunne regne og å kunne beherske digitale ferdigheter*. Den politiske diskusjonen rundt disse fem ferdighetene oppsto i kjølvannet av PISA 2000, der norske elever presterte «gjennomsnittlig» (Olsen et al., 2001). Tunge skolepolitiske diskusjoner fulgte, og debatten og politiske føringer kulminerte i Meld. St. nr. 30 (2003–2004). Denne meldingen ga igjen direkte implikasjoner for læreplanen av 2006 – Kunnskapsløftet (Udir, 2016), og er nå gjentatt og framhevet i ny generell del av læreplanen for grunnskolen (KD, 2017).

Det å jobbe utforskende medfører ofte at man ivaretar læringsarbeid i alle de grunnleggende ferdighetene i en og samme læringsprosess. Trening på å *lese* fagstoff kommer når man setter seg inn i problemstillingen: Hva er kjent om problemstillingen min fra før? Et teoretisk fundament for det elevene skal jobbe med, er viktig og kan ivaretas gjennom en «førlesingsfase» (Halberg, 2014). *Skriving* kommer gjerne som en naturlig del av prosessen der «forskningen» skal resultere i et produkt der du skal formidle hva du har funnet. Dette kan være en rapport, en fortelling, en poster eller lignende. Det er vist at elever kommer bedre ut i både naturfaglige kunnskaper og lesing/skriving når dette integreres i en utforskende prosess (Fang & Wei, 2010). *Muntlige* diskusjoner innad i en gruppe skjer hele tiden der gruppa diskuterer problemet man jobber med, og elevene får trent seg på å benytte fagbegreper og rasjonell argumentasjon for å fremme sitt syn (hypotese) på temaet. *Regning* vil lett oppstå når resultater av arbeidet skal bearbeides og framlegges. Elevene kan bli nødt til å gjøre utregninger, presentere resultater i form av grafer eller tabeller og lignende. *Digitale ferdigheter* blir gjerne utviklet som en del av hele prosessen der for eksempel innhenting av informasjon, dokumentasjon (f.eks. foto, film), generering av tabeller og grafer, utregninger, presentasjon og skriving vil inngå som en naturlig del av arbeidet. Ved å integrere utforskende arbeidsmåter i grunnleggende ferdigheter vil elevene i stor grad etterligne måten forskere jobber på i virkeligheten (Mork & Sørvik, 2016). Dette er ikke en «kunstig» sammenkobling, men det

etterligner hvordan forskning og kunnskapsutvikling i naturvitenskap foregår i virkeligheten.

Hva sier forskning om utforskende arbeidsmåter?

Didaktisk forskning innenfor naturfag har vist at utforskende arbeidsmåter er en metode som bedre ivaretar læring hos elever enn mer tradisjonell undervisning (Alfieri et al., 2011; Minner et al., 2010; Rocard et al., 2007 og Wang, 2005). Arbeidsmåten er internasjonalt anerkjent som en god tilnærming til å forstå fagets teorier og arbeidsmåter, og IBSE ser ut til å fremme interesse og motivasjon hos elevene i større grad enn annen naturfagundervisning. Denne effekten gjelder på tvers av kjønn og elevens faglige nivå og gir dermed et ekstra argument for å arbeide utforskende i undervisningen. IBSE er med andre ord et godt supplement som læringsstrategi i naturfagundervisningen i tillegg til den mer deduktive, tradisjonelle læringstilnærmingen. IBSE gir også en naturlig motivasjon for å legge læringsaktiviteter til andre arenaer enn klasserommet. Dette kan være involvering av bedrifter, fagarbeidere, universiteter, lokale aktører eller foreldre, og det medfører en variasjon i læringen, noe som i seg selv er positivt (Fiskum & Husby, 2014).

Det har også blitt anført noe kritikk mot IBSE som undervisningsmetode. Hodgson (1996) påpekte at selv om forskere observerer, eksperimenterer og oppdager naturvitenskapelige sammenhenger gjennom en induktiv-deduktiv strategi, så oppdager ikke elever naturvitenskapelige sammenhenger på samme måte («law of moments»). Læringsarbeidet blir fort lekpreget og dominert av ustrukturerte aktiviteter («discovery learning»), og tydelige støttestrukturer («scaffolding») og god veiledning er nødvendig for å oppnå læring hos elevene (Bjønnes & Kolstø, 2015). Det er også påpekt at økt volum av *praktisk arbeid* ikke alltid gir uttelling i form av økt læring (Kjærnsli et al., 2007), men det er her viktig å understreke at praktisk arbeid og IBSE ikke nødvendigvis er det samme.

Undersøkelser i norsk skole har vist at man har et stykke vei å gå når det gjelder implementering av utforskende arbeidsmåter, og ivaretagelse av Forskerspiren som gjennomgående arbeidsmåte kan være mangelfull

(Haugan et al., 2017). Lærere har en oppfatning av at manglende fagkunnskap og erfaring med IBSE kan begrense omfanget av implementering av IBSE som arbeidsmåte. Større studier har vist lignende resultater der norske elever i svært liten grad får anledning til følge opp og utforske egne ideer, og manglende implementering av IBSE i klasserommet ser ut til å være en internasjonal svakhet (Kjærnsli et al., 2007). Videre har studier av norsk naturfagundervisning på 9. trinn vist at det blir benyttet lite utforskende undervisning der praktiske forsøk er grunnlaget for utforskning og naturfaglig argumentasjon (Ødegaard & Arnesen, 2010). Dialogarenaer som IBSE er viktige for begreps- og teoriinnlæring, og de er viktige for å knytte sammen teori og praksis i naturfag (Mestad et al., 2011). Norsk skole vil utvikle seg i en retning der «dybdelæring» vil bli mer framtrедende i læringsarbeidet, og utforskende læring vil være en av strategiene som er naturlig å benytte for å ivareta den læringsformen (Meld. St. 28: 2015–2016).

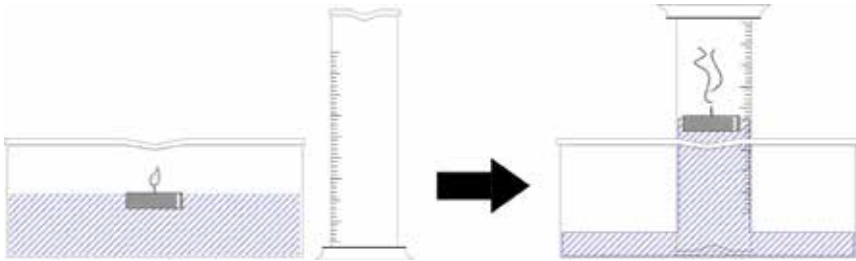
Det foreligger gode argumenter for å utvikle noe av naturfagundervisningen bort fra de tradisjonelle «kokebokforsøkene» mot en mer utforskende induktiv-deduktiv tilnærming. En forsiktig innføring og utvikling av utforskende læring i egen praksis i skolen vil være å gi eksisterende undervisning innslag av en mer praktisk og utforskende karakter – «små drypp er bedre enn de store omveltninger». Det vil derfor være en god strategi å gi klassens praktiske arbeid innslag av utforskende elementer, der man som fagperson og lærer endrer litt på det praktiske arbeidet slik at elevene gis mulighet til et dypere og mer sammenhengende læringsutbytte. En relativt enkel måte å gjøre dette på i egen praksis kan være å benytte store deler av eksisterende undervisningsopplegg og så innføre en «ukjent prøve».

Utprøving av en utforskende tilnærming på en naturfaglig problemstilling: telys og stigende vannsøyle i en lukket glassylinder

Her presenteres en utprøving av en utforskende tilnærming med avgrenset fokus på selve hypotesedannelsen og læreres veiledersrolle. Eksemplet er en studie av et naturfaglig fenomen som er lett, ufarlig og enkelt å utføre, men vanskeligere å forstå og forklare (Lawson, 2010): Et brennende telys i en lukket sylinder delvis fylt med vann fører til stigning

av en vannsøyle i sylinderen (figur 3). Hva er det som gjør at vannsøylen stiger? Forsøket er godt egnet til å stimulere til undring langt ned i grunnskolen, og ideer, hypoteser og argumentasjon vil naturlig nok få forskjellig innhold alt etter hvilket årstrinn man jobber på.

«Barna må gis mer tid til å undre seg. La dem prøve seg fram selv.»
(Anders Isnes, Naturfagsenteret)



Figur 11.3 Oppsettet viser et flytende telys som brenner inne i en målesylinder (ev. krukke) som er delvis fylt med vann. Etter hvert vil lyset slukke, og vannsøylen i sylinderen stiger. Aktiviteten berører sentrale tema fra LK06, som «forskerspiren», «partikkelmodellen» og «kjemisk reaksjon» (Utdanningsdirektoratet, 2016.). Faksimile gjengitt i henhold til åndsverkloven. Bildet er ikke omfattet av bokens CC-BY 4.0-lisens, og kan ikke gjenbrukes uten tillatelse fra rettighetshaveren.

I dette undervisningseksemplet ble fenomenet demonstrert av læreren i en klasse med femten lærerstudenter som ledd i å lære og erfare elementer av utforskende undervisning. Studentene var fra sju ulike land. Siden problemet her var gitt på forhånd, fikk ikke studentene selv definere hva de skulle jobbe med. I en utforskende sammenheng er dette en innledningsvis avgrensning og styring av arbeidet i klassen. Studentene ble plassert i grupper på tre, og de fikk i oppgave gjennom diskusjoner å prøve og utvikle hypoteser om hva som forårsaker stigningen av vannsøyla. I grunnskole-sammenheng kan det være greit å si til elevene at de skal formulere setninger som: *Jeg tror at ... fordi ...* Da vil de gjennom muntlig aktivitet jobbe med å formulere en mer eller mindre faglig begrunnet hypotese. Studentene hadde forkunnskaper tilsvarende naturfag første år fra videregående skole.

Målet med denne økta var å stimulere studentenes tanker og ideer og så kartlegge disse for å illustrere hvordan man som lærer kan veilede dem videre i arbeidet. Aktiviteten skulle medføre undring, og egne ideer skulle utvikles og bli utfordret i en dialog med faglige argumenter. Noen av studentenes ideer og hypoteser er angitt her med kommentarer og forslag til veiledningsretning for videre arbeid (se under). Selve økta skulle

for studentene være et første steg for å ta med seg IBSE-tenkning inn i en naturfaglig læringsprosess i egen grunnskolepraksis. I tillegg medførte arbeidsøkta generell læring om utforskende arbeid i naturfag.

I forkant av forsøket (figur 3) hadde studentene jobbet med et brennende stearinlys innstengt i et glass. Gruppene hadde derfor på forhånd klart for seg at forbrenningsreaksjonen fører til at O_2 -gass blir forbrukt og CO_2 -gass blir produsert. Stearinlyset vil slukke etter hvert som tilgangen på O_2 blir for lav. Denne kunnskapen var derfor langt framme i bevisstheten hos studentene under jobbing med dette nye problemet. Vanddamp blir også dannet under forbrenningen, men det ble ikke tydeliggjort i samme grad gjennom den innledningsvise diskusjonen. Gruppene skrev ned sine hypoteser med begrunnelser etter hvert som diskusjonene skred fram, og noen av disse er presentert under med tilhørende kommentarer:

Gruppe 1: «Vacuum because the CO_2 consumes the O_2 and CO_2 need less space that results in water rising in the jar. Because when water freezes the ice will expand, that's why we think that cold CO_2 takes more space than warm CO_2 .»

Begrepet vakuum benyttes for å beskrive undertrykk i forhold til atmosfæretrykket, noe som er vanlig i dagligtale, men feil faglig sett. Først repeterer de at når et stearinlys brenner, forbrukes O_2 og CO_2 produseres. Det er videre interessant at de bruker kjent kunnskap om at vann utvider seg når det fryser (riktig), til å predikere at den varme gassen CO_2 som dannes etter forbrenningen, også tar mindre plass enn kald CO_2 (feil). Den faglige argumentasjonen og resonnementet er solid, og studentene bør veiledes til å undersøke om deres gasshypotese faktisk stemmer. Her kan de forfølge egne ideer, noe som er et element i utforskende arbeid (Knain & Kolstø, 2011). CO_2 kan enkelt produseres i en flaske med vann/eddik/natron og samles opp i en ballong tredd over ei flaske. Gassens volum som funksjon av temperatur kan observeres ved å avkjøle og varme opp ballongen for eksempel med varmt vann / fryseskap eller lignende. Eksperimentell design bør helst utvikles av gruppa selv. Teoribakgrunn rundt gassvolum og temperatur bør også sjekkes opp av gruppa. Det beste kan være å gjøre begge deler for å styrke *læringen* hos gruppa i temaet. De får da med utgangspunkt i egne ideer lest teori og utført et praktisk forsøk.

Resultatene medfører at gruppa vil måtte revidere sin hypotese, og da er de inne i en utforskende læringsyklus.

Gruppe 2. «Maybe CO₂ takes less space than O₂ and therefore creates a vacuum when O₂ is transformed into CO₂ by the flame. And then this vacuum drags the water up into the glass.»

Begrepet vakuuum om undertrykk dukker også opp her, og de har en forståelse for at mindre gass i et gitt volum vil redusere trykket. Hypotesen inneholder ikke noe aspekt om at temperaturen kan ha noen rolle, og gruppa har en uklar idé om at gassen CO₂ tar mindre plass (pr. mol) enn O₂, uten at en begrunnelse for hypotesen foreligger. Gruppa bør utfordres til å lese seg opp på gasser og volum for derigjennom å kunne modne og revidere hypotesen som er framstilt, før de går videre med sine undersøkelser.

Gruppe 3. «Vannet trekkes opp i beholderen fordi lyset «brenner» opp oksygenet slik at det blir et slags vakuuum. Lyset lager også varme som bidrar til vakuuum, og vakuuet stopper pga. at lyset stopper å brenne. Og vakuuet skjer når oksygenet brenner opp og det blir erstattet av vannet.»

Interessant nok dukker begrepet vakuuum opp igjen (se over). De har en klar idé om at oksygenet fjernes, men glemmer å reflektere over at CO₂ kan ha en rolle. De observerer at vannsøykla slutter å stige rett etter at lyset slukker, og konkluderer dermed med at varmen som dannes, må spille en rolle. Tanken er svært relevant og interessant, men noe umoden i sin form. Gruppa er på et interessant spor, men har problemer med å formulere seg faglig. Siste del av deres forklaring bunner i en vanlig misoppfatning om at når oksygenet blir brent opp, så «kommer det bort». De tenker ikke på at det dannes produkter i reaksjonen som kan være viktige for det observerte fenomenet. Her bør de veiledes til å undersøke (lese om) den kjemiske reaksjonen som skjer når et stearinlys brenner. De bør også oppfordres til å forfølge ideen om at temperatur («varme») og undertrykk («vakuuum») kan ha noe å si.

Gruppe 4. «We think that the candle inside the glass burns oxygene and water rises to fill the void. The reason that the water level rises in the glass – compression of cooling gases after extinguishing the candle.»

Denne gruppa er også inne på at oksyngassen «forsvinner», og vannet stiger for å fylle det som «mangler» i glasset (samme misoppfatning som gruppe 3). De er fagspesifikke på at gassene blir komprimert når lyset slukker (volumet til gassen avtar med fallende temperatur). Denne gruppa bør også veiledes til å lese seg mer opp teoretisk på den kjemiske reaksjonen og kanskje undersøke den eksperimentelt (påvise CO_2 -gass og vanndamp?). De ser ut til å ha bedre forståelse for den fysiske delen, og gruppa kan i etterkant reformulere en hypotese som igjen kan være lettere å teste ut (forfølge). Ideen om gassvolum og temperatur kan også utforskes (jf. gruppe 1).

Gruppe 5. Denne gruppa dannet seg flere trinnvise hypoteser (a-c):

- a) «The candle tries to «suck» the oxygene out of the water end therefore the water level in the glass rises. Would the candle burn longer if the water was boiling?»
- b) «The candle burns out the oxygene and creates a vacuum, the water fills the vacuum and goes up. Maybe the remaining space is not vacuum but CO_2 . The candle consumes O_2 and leaves space which the water fills.»
- c) «The CO_2 disappears into the water and O_2 is consumed by the candle. Therefore vacuum appears in the glass which is filled by the water. The candle produces H_2O and CO_2 . The water level rises because the candle produces water».

Gruppe 5 gjennomgikk en prosess der hypoteser og forklaringsforslag modnet og utviklet seg (a-c). Innledningsvis er hypotesen a) i samme gate som de andre gruppene, og de formulerer en testbar forklaring. Brenner lyset lenger dersom vannet koker? De vet tydeligvis at vannet bobler (gasser frigis) når det koker, og dette bør de utfordres til å utforske. I b) forfølger de oksygentankegangen, og de begynner så å diskutere vakuum-begrepet og innser videre at CO_2 må ha en rolle. Tankene her blir noe uferdige, og de lager så en skisse for å klargjøre problemet. Som et siste trinn blir de enige om at CO_2 må ha en rolle, og at den gassen forsvinner i vannet. Med andre ord mener de at både O_2 og CO_2 forsvinner, og det

kan forklare det observerte undertrykket. De kan her veiledes til å sjekke ut hvordan CO₂ kan samvirke med vann (løse seg i / reagere med). De kan også bli spurt om hvordan det vil gå om vannet på forhånd er metta med CO₂ (Farris e.l.). Her kan egne ideer forfølges og eksperiment settes opp. Denne gruppa var den eneste som vurderte om dannelse av vann kunne ha noen rolle i vannstigningen. Dette er også en idé som de bør veiledes til å utforske nærmere. Gruppa diskuterte også at de startet med kalde gasser inne i målesylindren og at reaksjonen etter hvert produserte varme gasser. Dette var et spor de ikke formulerte noe på, men gruppa kunne gjerne bli oppfordret til å jobbe videre også med det sporet. Alt i alt kan man si at gruppe 5 var i gang med en svært god utforskende læringsprosess der det var flere ideer det kunne vært naturlig å jobbe videre med for å belyse problemet med den stigende vannsøyla.

Oppsummerende kommentarer

Den innledende arbeidsøkta her var starten på en naturlig utforskingssyklus der elever gjennomgår en idérunde med diskusjoner, leser seg opp, forfølger egne ideer, prøver dem ut (eksperimentelt), vurderer, tester på nytt (utvider), konkluderer og publiserer. Det er viktig med klare rammer og veiledning fra lærerens side for å oppnå progresjon og læring i arbeidet («guided scaffolding») (Bjønnes & Kolstø, 2015; Wood et al., 1976). Diskusjonene i gruppene hadde svært ulike forløp, og den grunnleggende ferdigheten muntlighet er i denne innledende utforskningsfasen (idéfasen) sentral og en fin arena for begrepsinnlæring. Begrepet vakuum ble benyttet av flere grupper for å beskrive undertrykk, og det bør man som lærer rydde opp i underveis eller i etterkant. Gruppe 1 utviste et svært interessant resonnement der de utviklet en prediksjon fra kjent kunnskap (vann ekspanderer når det fryser) til det ukjente systemet (gassen). Selv om dette faglig sett ble feil, er strategien klassisk naturvitenskapelig, og dette kan trekkes fram i plenum for å illustrere måten å jobbe på.

Det er viktig at eksperimenter for å sjekke ut hypoteser designes av gruppa selv, men med veiledning og støtte fra lærer. Det å kunne lage avklarende forsøksoppsett er en viktig lærings- og treningsbit i et slik undervisningsopplegg. Gjennom arbeidet blir gruppene veiledet inn i

ulike strategier for å jobbe med problemet, men det er viktig at alle gruppene blir styrt mot å lese seg opp på naturfaglige sider ved selve fenomenet for å styrke gruppas naturfaglige kompetanse (den kjemiske reaksjonen, gasser, volum, temperatur ...). Det ligger mye læring i å lese seg opp for å løse et problem. Få reflekterer over vanndampen som dannes når stearinlyset brenner. Det kan skyldes at studentene ikke hadde dette helt klart for seg under diskusjonen, men det ville nok i større grad dukket opp som tema for hypotesedannelsen ved lesing om selve forbrenningsreaksjonen. Man kan også se at gruppene havner på helt ulike refleksjonsnivå (jf. gruppe 2 og 5), og det blir dermed naturlig med ulike strategier for gruppene med hensyn til videre arbeid.

Den allment aksepterte forklaringen på fenomenet er at under forbrenningen vil de produserte gassene CO_2 og H_2O få økt bevegelsesenergi på grunn av den økende temperaturen. Det gjør at gassvolumet øker litt, og noe gass vil slippe ut av målesylindere ved bunnen. Lyset slukker på grunn av oksygenmangel, systemet avkjøles, og bevegelsesenergien til gassmolekylene i sylindere avtar. Trykket i sylindere avtar, og væskesøylen i sylindere stiger inntil det eksterne atmosfæriske trykket og det indre gasstrykket i sylindere er like stort. Noe CO_2 vil også løse seg i og til en viss grad reagere med vann, og i tillegg vil litt H_2O gå fra gassfase til væskefase, men disse bidragene er neglisjerbare med hensyn til å forklare stigningen av vannsøylen.

Utprøvinga av undervisningsopplegget med stearinlyset og den stigende vannsøylen illustrerer ett element av utforskende læring. Problemstillingen er gitt, og arbeidet er av den grunn innledningsvis avgrenset. Videre prosess med begrunnet hypotesedanning er imidlertid åpen og viser hvordan studentene tenkte. Påfølgende innspill fra veileder støttet opp om studentenes egne ideer slik at disse kan forfølges og utvikles. Hypotesene til studentene er så vidt forskjellige og på så ulike refleksjonsnivå at videre arbeid for gruppene nødvendigvis må få ulike retninger. Denne presenterte studien viser med andre ord hvordan en oppstart på en utforskende prosess kan arte seg.

Det ligger en overføringsverdi i denne arbeidsøkta gjennom at studentene selv får ta del i og erfare en utforskende læringsprosess. Ved presentasjon av et naturfaglig fenomen som ikke har klare og enkle forklaringer,

må studentene ta i bruk egen kunnskap og erfaring for å utvikle hypoteser i dialog med hverandre. Veiledning og diskusjoner rundt forskbarheten av hypotesene peker ut kursen mot en videre jobbing med problemet. En slik eksemplarisk måte å jobbe på fører til at studentene får en kortere vei å gå dersom de selv skal benytte denne arbeidsformen i sin egen kommende praksis (Trna, Trnova og Sibor, 2012).

Når man skal implementere utforskende undervisning med yngre elever, må problemstillingene selvsagt tilpasses nivået som elevene er på. En god ressurs og idébank for 1.-7. trinn er i så måte nettsidene *naturfag.no* (Møllhausen, 2015). Et viktig faktor å passe på er at hypotesene må være forskbare. Det vil si at det må være mulig å forske seg fram til sammenhenger, og hypotesene må være testbare. Det må ikke være slik at man enkelt kan slå opp i ei bok eller på internett og finne svaret på spørsmålet. Her har lærere en viktig veiledrolle for å føre elevene på riktige spor gjennom diskusjoner.

Referanser

- Alfieri, L., Brooks, P.J. og Aldrich, N.J. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of educational psychology*, 103(1), 1–18.
- Barber, J. (2009). *The seeds of science / Roots of reading. Inquiry framework*. Hentet 22.11.2016 fra http://scienceandliteracy.org/sites/scienceandliteracy.org/files/biblio/barber_inquirycycle_pdf_54088.pdf
- Bjønnes, B. og Kolstø, S.D. (2015). Scaffolding open inquiry: How a teacher provides students with structure and space. *NorDiNa*, 11(3), 223–237.
- Bybee, R.W., Taylor, J.A., Gardner, A., Scotter, P.V., Powell, J.C., Westbrook, A. og Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instruction model: Origins and effectiveness*. Office of Science Education, NIH. Report. Hentet 23.11.2016 fra https://www.bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Executive_Summary_o.pdf
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as a method. *Science*, 31 (787), 121–127.
- Fang, Z. & Wei, Y. (2010). Improving middle school students' science literacy through reading infusion. *Journal of educational research*, 103 (4), 262–273.
- Fiskum, K., og Korsager, M. (2013). *5E-modellen i utforskende undervisning*. Hentet 04.11.2016 fra <http://www.naturfag.no/artikkel/vis.html?tid=2049135>.
- Fiskum, T.A. & Husby, J.A. (2014). *Uteskoledidaktikk – ta med fagene ut*. Oslo: Cappelen Damm.

- Haugan, K., Korssjøen, S.G. & Skarpnes, K. (2017). Åtte naturfaglæreres forståelse av og erfaringer med utforskende arbeidsmåter og Forskerspiren ni år etter innføring av den norske nasjonale læreplanen Kunnskapsløftet (LK06). *NorDiNa*, 13(1), 66–80.
- Halberg, H. (2014). Førlesing utenfor klasserommets fire vegger. I T.A. Fiskum & J.A. Husby (red.), *Uteskoledidaktikk – ta med fagene ut*. Oslo: Cappelen Damm.
- Herron, M.D. (1971). The nature of scientific inquiry. *The school review*, 79 (2), 171–212.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as a scientific method: three decades of confusion and distortion. *J. curriculum studies*, 28 (2), 115–135.
- Imsen, G. (2016). *Lærerenes verden – innføring i generell didaktikk*. (5. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- KD (2017). *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen*. Hentet 30.11.2017 fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/37f2f7e1850046a0a3f676fd45851384/overordnet-del---verdier-og-prinsipper-for-grunnopplaringen.pdf>
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R.V. & Roe, A. (2007). *Tid for tunge løft. Norske elevers kompetanse i naturfag, lesing og matematikk i PISA 2006*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Knain, E., Bjønnes, B. & Kolstø, S.D. (2011). Rammer og støttestrukturer i utforskende arbeidsmåter. I E. Knain & S.D. Kolstø (red.), *Elever som forskere i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Knain, E. & Kolstø, S.D. (2011). Utforskende arbeidsmåter – en oversikt. I E. Knain & S.D. Kolstø (red.), *Elever som forskere i naturfag*. Oslo, Universitetsforlaget.
- KUF (1996). Det kongelige kirke-, utdannings- og forskningsdepartement. *Læreplanverket for den 10-årige grunnskolen*, s. 206–207.
- Lawson, A. (2010). *Teaching inquiry science in middle and secondary schools*. London: SAGE publications.
- Mestad, I., Knain, E., & Kolstø, S.D. (2011). Begrepslæring gjennom snakk og skriving. I E. Knain & S.D. Kolstø (red.), *Elever som forskere i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Meld. St. nr. 28 (2015–2016). *Fag – fordypning – forståelse*. Hentet 20.03.2017 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-28-20152016/id2483955/sec1>
- Meld. St. nr. 30 (2003–2004). *Kultur for læring*. Hentet 08.11.2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/stmeld-nr-030-2003-2004-/id404433/>
- Minner, D.D., Levy, A.J. og Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of research in science teaching*, 47(4), 474–496.
- Mork, S. & Sørvik, G.O. (2016). Utforskende arbeidsmåter og grunnleggende ferdigheter i naturfag. I Ødegaard, M., Haug B.S., Mork, S.M. & Sørvik, G.O. *På forskerfotter i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.

- Møllhausen, M. (2015). *Nysgjerrigpermetoden*. Hentet 7.11.2016 fra <https://nysgjerrigper.no>
- NRC (2000). National Research Council. *Inquiry and national science educational standards*. Washington DC: National Academy Press. Hentet 24.02.2016 fra <http://www.nap.edu/catalog/9596/>
- Olsen, R.V., Kjærnsli, M., Lie, S., Roe, A. & Turmo, A. (2001). *Godt rustet for framtida? Norske 15-åringers kompetanse i lesing og realfag i et internasjonalt perspektiv*. Rapport nr. 4. ISSN: 1502-2013. Universitetet i Oslo. Hentet 24.11.2016 fra <http://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekt-sider/pisa/publikasjoner/publikasjoner/godt-rustet-for-framtida.pdf>
- Pellegrino, J.W. og Hilton, M.L. (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills for the 21st century*. Washington DC: The national academic press.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henrisson, H. og Hemmo, V. (2007). *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussel: European Commission: Directorate-General for Research.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse – en kritisk fagdidaktikk*. (3. utg.). Oslo: Gyldendal Akademisk forlag.
- Trna, J., Trnova, E. og Sibor, J. (2012). Implementation of inquiry-based science education in science teacher training. *Journal of educational and instructional studies in the world*, 2(4), 199–209.
- Utdanningsdirektoratet (2016). *Kunnskapsløftet. Læreplanverket for grunnskolen*. Hentet 17.04. 2018. <https://www.udir.no/klo6/NAT1-03>
- Wang, J. (2005). *Evaluation of Seeds of Science / Roots of Reading Project. CREEST report*. Berkley: University of California.
- Wood, D., Bruner, J.S. og Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *J. Child. Psychol. Psychiat.*, 17: 89–100.
- Ødegaard, M. (2016). Forskerföttermodellen. I Ødegaard, M., Haug B.S., Mork, S.M. & Sørvik, G.O. *På forskerfötter i naturfag*. Oslo: Universitetsforlag.
- Ødegaard, M. & Arnesen, N.E. (2010). Hva skjer i naturfagklasserommet? – resultater fra en videobasert klasseromsstudie. *NorDiNa*, 6 (1), 16–32.