

Knut Moksnes er ansatt som universitetslektor ved Nord universitet, fakultet for lærerutdanning og kunst- og kulturfag, faggruppe for grunnskolelærerutdanning, naturfagseksjonen i Levanger. Han er utdannet sivilingeniør (siv.ing.) i elektronikk/akustikk, og har undervist i ingeniørutdanning (elektronikk) i 15 år, før han skiftet til undervisningsstilling ved lærerutdanningen i Nord universitet. Han underviser i dag primært i fysikk, teknologi og programmering ved lærerutdanningen, men også i musikkteknologi ved flere av musikkutdanningene i fakultetet.

KNUT MOKSNES

Nord universitet, Norge
knut.moksnes@nord.no

Oppnåelse av dybdelæring i et teknologi- og design-prosjekt

Abstract

The present case study examines a group of teacher students performing a Technology and Design project primarily intended for strengthening their competencies in electricity and electronics. The project was based on a traditional schema; a challenging task, design and problem-solving phases, decision making and finally assembling/building a real functioning product. The main purpose of the investigation was focusing on the type of competencies the students gained; transferable competence or rote learning, i.e. whether the project would facilitate deeper learning or not. The project was partly open-ended, where the students might conclude in different ways regarding their final circuit design. The motivating effect of having to alternate between calculations and circuit-testing, searching for faults, discussing with each other and finally succeeding, seemed to have a very positive effect on the overall learning outcome. At the end of the project the students had to solve a completely new circuit-construction challenge, with specifications differing from the ones in the original project, that is, a new context. The demands for knowledge were similar to-, but higher than the first project, and they had to apply their newly acquired competency in a different manner. All the student groups managed to solve the task in maximum 45 minutes. This tends to give evidence for deeper learning as an outcome of this particular project.

INNLEDNING

I forbindelse med innføring av nye læreplaner for grunnskolen i Norge både i 2006 (Utdanningsdirektoratet, 2006) og i 2020 (Utdanningsdirektoratet, 2019b) har flere områder og begreper fått økt oppmerksomhet. Offentlige utvalg har utredet framtidens behov for kompetanse (Ludvigsen et al., 2014; Ludvigsen et al., 2015), og internasjonal forskning og utdanningstrender påvirker både utdanningsmyndighetene, lærerutdanningene og skolene.

Dybdelæring som begrep har blitt stadig vanligere, og benyttes bl.a. nå av det norske utdanningsdirektoratet (Utdanningsdirektoratet, 2019a) i forbindelse med innføring av de helt nye læreplanene

for grunn- og videregående skole (Utdanningsdirektoratet, 2019b). Det finnes flere perspektiver på begrepet dybdelæring, og kanskje ingen entydig definisjon. I denne artikkelen tas det utgangspunkt i kompetansen som utvikles, nemlig fra en prosess som gjør et individ i stand til å anvende det som er lært i en situasjon, inn i en annen situasjon/kontekst (Fullan, Quinn, McEachen & Gregersen, 2018; Ludvigsen et al., 2015; Pellegrino & Hilton, 2012). Hvilken undervisning som leder til dybdelæring finnes det heller ikke noe entydig svar på.

Teknologi og design (T&D) kom for første gang inn som eksplisitt nevnt tema i den norske læreplanen for naturfag i 2006 (Utdanningsdirektoratet, 2013), som et flerfaglig område integrert i læreplanene for Naturfag, Matematikk og Kunst og Håndverk (Bungum, 2006). Implisitt i kompetansemålene for T&D i Naturfag kunne det leses føringer for prosjektbaserte arbeidsmåter elever skulle følge/lære. Dette kan sees på som en metodikk utviklet med utgangspunkt i teknologisk, ingeniørfaglig praksis, og som annerledes og delvis adskilt fra utviklingen av utforskende arbeidsmåter i naturfag (Inquiry-Based Science Education, IBSE), som også har vært en fremmet tilnærming.

Denne artikkelen ser på resultatet av et T&D-prosjekt i naturfag for en mindre gruppe norske lærerstudenter. Prosjektet omhandlet flere faglige tema, men la mest vekt på elektrisitetslære. Målet med studien var å kunne vurdere læringsutbyttet til studentene i relasjon til undervisningsformen, nærmere bestemt å finne tegn på eventuell dybdelæring hos studentene.

Studier viser at læring av grunnleggende teorier og konsepter knyttet til elektrisitet er krevende (Angell, 2011; Azaiza, Bar & Galili, 2006; Gunstone, Mulhall & McKittrick, 2009; Tarciso Borges & Gilbert, 1999). Elektrisitet er et sentralt tema innenfor den naturvitenskapelige disiplinen fysikk og samtidig en viktig del i moderne teknologi. Dette gjenspeiles i den norske læreplanen for Naturfag ved at elektrisitet omtales både som naturvitenskapelig fenomen, og som viktig fenomen innenfor teknologi (Utdanningsdirektoratet, 2013). Det aktuelle T&D-prosjektet hadde utgangspunkt i et opplegg for norske lærere fra nettstedet naturfag.no (Naturfagsenteret, u.å.), hvor det var kategorisert som utforskende og Teknologi og Design. T&D-prosjektet ble modifisert og tilpasset lærerstudenter, særlig til et høyere elektrisitetsfaglig nivå og med betydelig større frihetsgrad.

For å vurdere læringsutbyttet fikk studentene en ny problemløsningsoppgave kort tid etter at T&D-prosjektet var ferdigstilt. Den nye oppgaven var også en åpen T&D-oppgave, avgrenset i tid og til en elektronikkfaglig utfordring. Utfordringen lå altså innenfor samme kunnskapsdomene, men konteksten var ny og utfordringen vanskeligere. Denne studien ser på hvordan studentene gjennomførte denne siste nye oppgaven – med den hensikt å se om deres nye kompetanse fra det første prosjektet lot seg overføre til det neste, altså overførbar kompetanse.

Forskningsspørsmålene er:

1. Hvilke tegn på oppnådd dybdelæring viser en gruppe lærerstudenter etter å ha gjennomført et T&D-prosjekt?
2. Hvordan har T&D-prosjektet fremmet eller svekket dybdelæringen?

TEORETISKE PERSPEKTIVER

Læring og kompetanse henger tett sammen. Ulike læringsformer gir ulik kompetanse, delvis uavhengig av selve læringsinnholdet (Illeris, 2015).

Kompetanser og dybdelæring

Framtidens kompetansebehov omtales internasjonalt ofte som 21st Century Competencies (21ST CC) (Pellegrino et al., 2012). Disse skiller seg lite fra «gårsdagens» kompetanser, men begrepet innebærer en tydeliggjøring av kompetansebegrepet til å bestå av mer enn fagspesifikke kunnskaper og fer-

digheter. Dette er for øvrig kompetanser pekt på i lang tid innenfor feltet teknologiutdanning (McCormick, 1997; Schooner, Nordlöf, Klasander & Hallström, 2017). Kreativitet, problemløsning og evne til bruk av kunnskap i nye kontekster blir viktig i et samfunn hvor teknologi i stadig økende tempo erstatter mange yrker og arbeidsoppgaver med nye. Pellegrino og Hilton (2012) definerer framtidens kompetanse som bestående av tre domener inndelt i clustre av mange mindre kompetanseområder:

- *Kognitivt domene* – kognitive prosesser og strategier, kunnskap, kreativitet, kritisk tenking, refleksjon, argumentasjon, innovasjon, problemløsning mm.

- *Personlig domene (intrapersonal)* – åpenhet, ansvarsbevissthet, egenvurdering, selvregulering, metakognisjon, fleksibilitet, initiativ mm.

- *Sosialt domene (interpersonale)* – samarbeid, lederskap, kommunikasjon, ansvarlighet, konfliktløsning mm.

Denne brede tilnærmingen innebærer både et kognitivt og et sosiokulturelt læringsperspektiv (Anderson, Reder & Simon, 2016; Lave & Wenger, 1991; Piaget, 1999).

Dybdeløring

Dybdeløring er et begrep som trekkes inn i forbindelse med diskusjonene rundt 21ST CC, det vil si en kobling mot kompetanse. Dybdeløring defineres som en prosess som gjør et individ i stand til å anvende det som er lært i en situasjon, inn i en annen situasjon/kontekst (Pellegrino et al., 2012). Resultatet av dybdeløring er altså overførbart kompetanse (dybdekompetanse), som inkluderer både kunnskap og ferdigheter innenfor et område, og kunnskap om hvordan denne kompetansen kan anvendes til å løse nye utfordringer. Metastudien til Pellegrino og Hilton (2012) beskriver en tett sammenheng mellom dybdeløringssprosessen og den brede definisjonen av kompetanse, hvor det ene avhenger av det andre. Dybdeløring kan sies å være nødvendig for å utvikle overførbart kompetanse – samtidig som slik kompetanse gir grunnlag for – og støtter dybdeløringssprosessen i en gjensidig rekursiv syklus.

Generell kompetanseoverføring innebærer at innlærte kunnskaper og ferdigheter innen ett felt kan styrke evnen til å lære eller løse problemer innenfor et helt annet felt, mens spesifikk kompetanseoverføring innebærer å løse problemer innen samme felt som den opprinnelige kompetansen. Generell overføring har vist seg vanskelig, mens spesifikk kompetanseoverføring er mulig dersom den opprinnelige kompetansen innebærer generelle konsepter, strategier og prinsipper innenfor det aktuelle feltet. En viktig faktor for dette er at eksisterende kunnskap er organisert på en hensiktsmessig måte. Dette støttes også i tilknytning til teknologiundervisning, hvor McCormick (1997) påpeker det samme, nemlig at problemløsningsevne ikke er en generelt overførbart kompetanse, men snarere er avhengig av dybdekompetanse innenfor et aktuelt område.

Kognitive kompetanser

Læringspsykologien forklarer ifølge Pellegrino og Hilton (2012) hvordan arbeidsminnet med sin begrensede kapasitet avhjelper dersom relevant kunnskap i langtidsminnet er lett tilgjengelig, dvs. er hensiktsmessig strukturert. I møte med problemløsningsoppgaver benytter eksperten sterke og effektive metoder pga. sin godt strukturerte kunnskap innenfor gjeldende område, mens nybegynneren vil ty til ineffektive problemløsningsmetoder. Kunnskapsstrukturen til eksperten er foreslått beskrevet på ulike måter. Den klassiske kognitive læringspsykologien bruker ofte begrepet skjema, mens Ohlson (2011) opererer med et hierarkisk system av antagelser. Ved behov henter vi kunnskap og ferdigheter fra disse strukturene, samtidig som læring innebærer endringer/tilpasninger av strukturene. Dybdeløring innebærer at den lærende i utgangspunktet besitter noen systematiske strukturer om temaet og at disse utvides/korrigeres, framfor at ny kunnskap lagres adskilt eller ikke konseptuelt forbundet med eksisterende strukturer. Dette innebærer at undervisning må bygge på eksisterende kunnskapsstrukturer, samt trekke inn kontekster og situasjoner hvor den aktuelle kunnskapen skal eller har blitt benyttet.

Tilegnelse av både kunnskaper og ferdigheter krever gjentagelse. Ved gjentagelse av en oppgave vil den lærende kunne oppnå at gitte ferdigheter automatiseres. Dette kan så frigjøre ressurser når problemer som krever denne ferdigheten skal løses. Innlæringshastigheten øker dramatisk dersom den lærende får vurdering (tilbakemelding) på utførelsen, hvor både timing og kvalitet på vurderingen er avgjørende på effekten. Vurderingene bør være forklarende og komme tidlig nok til å unngå feil-læring, men ikke så tidlig at motivasjonen reduseres og muligheten til korrigere egne feil tas bort, jfr. personlige kompetanser (Koenig, 2011; Shute, 2008).

Personlige og sosiale kompetanser

To underkategorier av personlige kompetanser er motivasjon og produktive holdninger. Disse bidrar til å styrke organisering og integrering av kunnskap. Tro på egne evner til å lære og løse problemer gir økt utholdenhet, noe som igjen leder til hyppigere suksess og dermed en positiv forsterkning. Yeager og Walton (2011) har beskrevet hvordan små intervensjoner rettet mot holdninger og egenvurdering kan gi markant økte prestasjoner, dvs. en utvikling av overførbare personlige kompetanser.

Metakognisjon – å kunne tenke om sin egen tenking – kan læres, men helst innenfor bestemte kunnskapsområder. God metakognitiv kompetanse innebærer å kunne ha et mer bevisst forhold til egne valg av strategier og fortløpende vurdering av strategibruk. Generelt viser individer med gode metakognitive kompetanser bedre evner til å velge riktige løsninger, planlegge, og fordele sine kognitive ressurser hensiktsmessig. Selvregulering er forbundet med de ovenfor nevnte personlige kompetansene og inkluderer evnen til å planlegge og velge læringssituasjon (f.eks. med hvem og hvor). Det synes å være overlapp mellom selvregulering og sosiale kompetanser som samarbeidsevne og kommunikasjon, ved at personlige kompetanser kan utvikles og styrkes gjennom sosiale prosesser, og at godt selvregulerte individer lettere søker hjelp hos andre, jobber bedre i grupper osv. (Wolters, 2010).

Sosiokulturelle kompetanseperspektiv har som forutsetning at sosiale kompetanser er viktige for den overordnede kompetanseutviklingen hos et individ. Den sosiale kompetansen har i henhold til Pellegrino og Hilton (2012) en rekke underkategorier og består av en rekke delkompetanser. Bransford, Brown & Cocking (1999), Chi (2009) m.fl. viser til at sosial deltakelse og interaksjon er viktige mekanismer for å bygge kunnskaper og ferdigheter. Deltakere i faglige kollektiv yter bedre med gode evner til å formulere og forstå spørsmål og utfordringer og til å bidra til felles meningsdanning (Lave og Wenger, 1991). Sosiale interaksjoner påvirker gjensidig personlige kompetanser som motivasjon, egenvurdering etc.

Overflate- eller dybdekompetanse

Mayer (2011) tar utgangspunkt i begrepene overflatelæring og meningsfull læring og beskriver to typer tester; repetisjonstest (fakta skal reproduseres og prosedyrer gjentas) og overføringstest (det som er lært skal brukes til å løse et problem/lære noe nytt i en ny kontekst). God score på både repetisjonstest og overføringstest indikerer ifølge Mayer (2011) at dybdelæring har skjedd.

Anderson (2014) videreutviklet Blooms taksonomi til å bestå av kunnskap, ferdigheter og holdninger, mens Pellegrino og Hilton (2012) altså foreslo kognitive, personlige og sosiale kompetanser. Mayer (2011) har foreslått at dybdelæring innebærer å utvikle et sammenbundet nettverk av fem typer kompetanse, hvor måten disse er organisert på er avgjørende for om kunnskapen leder til dybdelæring og overførbarhet. Han beskriver også kjennetegn ved disse kompetansene. Tabell 1 viser dette skjematisert og er hovedgrunnlaget for undersøkelsen som er beskrevet i denne artikkelen.

Tabell 1 Overfladisk eller dyp kompetanse, oversatt og tilpasset fra Pellegrino og Hilton (2012)

Kompetanse	Overfladisk	Dybdekompetanse
1	Fakta	Fragmentert, isolerte enheter, evt. kategorisert etter ytre egenskaper
2	Konsepter	Overfladisk memorert
3	Prosedyrer	Krever stor kognitiv anstrengelse ved anvendelse
4	Strategier	Generelle, ineffektive metoder for problemløsning
5	Holdninger	Kontraproduktive - både til egen evne til å lære og til å løse problemer

Implikasjoner for undervisning

Pellegrino og Hilton (2012) har ut fra sin metastudie oppsummert og formulert noen generelle anbefalinger for utvikling av undervisningsmetoder for dybdeløring og 21ST CC:

- Bruk av flere og varierte representasjoner av fakta, teorier, konsepter og oppgaver, kombinert med aktiviteter og bistand som binder de ulike representasjonene sammen. Dette sikrer gjentagelse og utvikling av hensiktsmessige kunnskapsstrukturer.

- Bruke utforskning, spørsmål, diskusjoner og forklaring som arbeidsmåter. Dette bidrar også til metakognisjon, kommunikasjons- og motivasjonsmessige ferdigheter og samarbeidskompetanse.

- Gi elever utfordrende oppgaver sammen med veiledning, oppmuntring og undervisvurdering, men tilpasset for å unngå kognitiv overbelastning. Veiledning og vurdering bidrar bl.a. til kognitiv, personlig og sosial kompetanseutvikling.

- Bruk av eksempler og case, hvor aktuelle prosedyrer og framgangsmåter modelleres steg- for steg, slik at elevene ser hvordan oppgaver kan løses, og som de kan øve på.

- Styrke elevenes motivasjon ved å benytte nære og relevante kontekster, gjerne knyttet til elevenes interesser og nærmiljø. Rett oppmerksomheten mot tilfredsstillelsen av å erverve kunnskaper og ferdigheter, framfor slutt karakterer.

- Bruk av undervisvurdering (formativ) til å sette tydelige læringsmål, fortløpende vurdere og respondere på elevenes framgang, samt involvere elevene i egenvurdering og kameratvurdering.

Teknologi og Design

Anbefalingene over kan implementeres på en rekke måter. I den norske læreplanen ble T&D plassert som ett tverrfaglig tema, med en ekstra tydelig plass innenfor Naturfag (Utdanningsdirektoratet, 2013). Her er temaet tatt inn i et partnerskap med naturvitenskapen, dvs. både som et område for anvendt naturvitenskap, men også med egen tilhørende kunnskap (Bungum, 2006). T&D kan slik danne varierte og motiverende kontekster for undervisning av naturvitenskap (Bungum, Esjeholm & Lysne, 2014). Kjennetegn for T&D-prosjekter er å starte med en produktidé eller bestilling med kravspesifikasjoner, flere (utforskende) faser og til slutt presentasjon av et ferdig produkt som det endelige målet. Dermed åpnes muligheter for mange og multimodale arbeidsformer og representasjoner, samt utforskning, kreativitet og problemløsning (Dahlin, Svorkmo & Voll, 2013; Johnsey, 1995; Jones, Bunting & de Vries, 2013).

Teknologiprojektets iboende natur møter på mange måter Pellegrino og Hilton (2012) sine anbefalinger, ved at det ofte innebærer realistiske (real-world) kontekster, varierte, og flerfaglige innfallsvinkler og rom for kreativitet og problemløsning. Samtidig representerer det gjennom sin konteksthengighet og sitt faglige mangfold utfordringer både for læreplanutviklere og lærerne. Lærerens kompetanse og rolle i undervisningen blir av stor betydning (Brand, 2020; Esjeholm & Bungum, 2012). Dette leder videre mot diskusjonen om hva som skal defineres som den primære kunnskapen

formidlet gjennom T&D-prosjekter, hvor det i mange land har vært et hovedfokus på en generell oppskriftsbasert designprosess. I lys av teknologiens kontekstavhengighet er dette kritisert av flere, som mener at en generell designmetode som dekker alle typer teknologi ikke finnes (Esjeholm et al., 2012; Jones et al., 2013; McCormick, 1997). Problemløsningskompetanse er alltid domenespesifikk og må undervises eksplisitt i tilknytning til den aktuelle konteksten. Dette stiller krav både til læreplaninnhold, men ikke minst til utforming av det enkelte T&D-prosjekt (Barak, 2013; Brand, 2020). Dette peker videre mot at det enkelte T&D-prosjekt må være utformet for den type teknologi det omhandler, men også at læringsmålene, enten disse er knyttet til spesifikke naturvitenskapelige eller teknologiske konsepter, eller også problemløsningsferdigheter og kreativitet, er tilsvarende spesifikke. Barak (2013) konkluderer med at kompetanse innen teknologisk design og problemløsning ikke kan oppnås uten kontekstspesifikk kunnskap, og at eleven først må utvikle både fakta-, prosedyrell, konseptuell og metakognitiv kunnskap innen det spesifikke teknologiske og naturvitenskapelige området.

Rausher (2011) foreslår 8 kunnskapskategorier involvert i teknologiske designprosesser. En av disse er såkalte grunnleggende design-prinsipper bestående av operasjonelle prinsipper og konfigurasjon. De operasjonelle prinsippene til en teknologisk innretning kan beskrives som «virkemåten», uten at de involverte fysiske ligninger og prinsipper er beskrevet. Esjeholm (2014) påpeker betydningen av at sentrale operasjonelle prinsipper i et T&D-prosjekt er tidlig forstått for å åpne for kreativitet, samtidig som prosjektet også må innebære en åpenhet i form av ulike konfigurasjoner av den tekniske innretningen. Samtidig anbefales også eksplisitt undervisning av konseptuell kunnskap tidlig i prosjektet. Det må altså tilstrebes en balanse mellom tilførsel av ulike nødvendige kunnskaper før eller i starten av prosjektet og en åpenhet i sluttproduktet som tillater kreativitet.

Det aktuelle T&D-prosjektet hadde som et primært mål å utvikle bedre kompetanse innenfor det naturvitenskapelige området elektrisitet. Bungum, Esjeholm og Lysne (2014) belyser utfordringer med å trekke inn matematisk og/eller naturvitenskapelig konseptuell kunnskap i et T&D-prosjekt. De anbefaler grundig prosjekt-design slik at de ønskede konseptuelle kunnskapene oppleves nødvendige å bruke aktivt i prosjektet, samt at elevene må besitte relevant kunnskap i forkant av prosjektet.

McCormick (1997) behandler ideer om teknologisk kunnskap og definerer områdene prosedyrell, konseptuell og strategisk kunnskap, og påpeker den tette forbindelsen mellom disse. Eksempelvis trengs betydelig konseptuell kunnskap innen et område for å velge riktige prosedyrer for problemløsning innen samme område. I tillegg nevnes metakognisjon og selvregulering som bestanddeler av strategiske kunnskapen, som også er koblet inn i slike prosesser. En kan se paralleller med både Pellegrino og Hilton (2012) og Mayer (2011) sine kompetansemodeller uten at det enkelt kan gjøres en en-til-en-oversettelse. Eksempelvis kan Mayer (2011) sin definisjon av prosedyrer sammenholdes med kompetansen McCormick (1997) definerer som første-ordens automatiserte prosedyrer, dvs. rettet mot kjente mål, som f.eks. multiplikasjonstabellen, løse en gitt type ligning osv. I denne artikkelen benyttes Mayer (2011) sin definisjon.

I en praktisk hverdag kan det synes som at lærere bare delvis makter å implementere det forskningen peker på som ideelt. Skillet mellom IBSE og T&D-prosjekter antas å være diffust, og mye av undervisningen ser fortsatt ut til å følge tradisjonelle lærersentrerte metoder (Brand, 2020; Haugan, Korssjøn & Skarpnes, 2017). I retningslinjene fra det norske Universitets- og høyskolerådet (UHR) for lærerutdanningene brukes en taksonomi som også er videreført i emneplanene til universitetene. Her er læringsutbytter inndelt i kunnskaper, ferdigheter og generell kompetanse (UHR, 2018). Teknologi er plassert i kategorien *Ferdigheter*. Dette reflekteres også i emneplanen som lå til grunn for det aktuelle T&D-prosjektet, hvor studentene skulle lære seg «ferdigheten» å kunne «planlegge, gjennomføre og vurdere teknologi- og designprosjekter med et flerfaglig perspektiv». Vi ser altså at innenfor lærerutdanningene er teknologi fremdeles mest pekt på som en ferdighet og metode, og ikke definert som egen kunnskap.

METODE

Kontekst

Studien tar utgangspunkt i et T&D-prosjekt som var en del av den ordinære undervisningen for naturfagstudenter i 3. årstrinn i 4-årig grunnskolelærerutdanning. I etterkant av det ordinære T&D-prosjektet, fikk lærerstudentene en ny problemløsningsoppgave innenfor samme kompetanseområde som det forutgående prosjektet, dvs. en form for «transfer-test» (Mayer, 2011), egentlig også et nytt og tidsbegrenset T&D-prosjekt. Studien søker å finne hvordan kompetanse innenfor et gitt område ble utviklet i et konstruksjonsprosjekt med betydelig frihetsgrad. Mens hovedprosjektet var flerfaglig, var problemstillingen i slutt-oppgaven begrenset til elektronikk, med større kompleksitet og vanskelighetsgrad. Det skulle konstrueres en helt ny elektronisk krets med nye kravspesifikasjoner, funksjoner og noen nye (ukjente) komponenter. Oppgaven var utformet slik at inngående forståelse for konstruksjon og virkemåte til det første produktet studentene hadde laget, ville være et nødvendig premiss for å løse den nye utfordringen. I tillegg var tidsrammen betydelig kortere (60 min).

Studien ser på resultatet av denne ekstra oppgaven, og omhandler ikke analyse av læringsprosessene i det første prosjektet. De faktiske og formelle rammene for gjennomføringen av det første T&D-prosjektet var som følger:

T&D-prosjektet basert på et ferdig beskrevet undervisningsopplegg fra naturfag.no; «Tegne med lys», et opplegg for ungdomstrinnet (8-10) (Blaker & Sørborg, u.å.).

Naturfag.no er ett nettsted drevet av Naturfagsenteret som er et nasjonalt kompetansesenter underlagt Utdanningsdirektoratet i Norge. Opplegget er fra nettstedets side beskrevet som et rikt, utforskende T&D-prosjekt. Undervisningsopplegget ble modifisert faglig til å passe voksne norske lærerstudenter, med en klar flerfaglig profil. Samtidig skulle det gi en interessant og realistisk kontekst for elektronikkfaglig kunnskap. Oppgaven gikk ut på å lage en teknisk dekorasjon bestående av en sokkel med en stående plexiglassplate oppå. Inne i sokkelen skulle det være skjult et elektrisk system som ved hjelp av mange LED-pærer skulle lyse opp/inn i plexiglassplata. Det skulle graves inn et fritt valgt motiv i plexiglassplata. Kombinasjonen av totalrefleksjon og lysbrytning skulle gjøre selve motivet i plexiglassplata «selvlysende». Selve kretskonstruksjonen var «open-ended»: Studentene måtte planlegge, beregne og teste en elektronisk krets med fritt valg av antall og typer lysdioder (LED), motstander og kretsløsninger, samt lodde alle komponentene sammen på et selvdesignet kretskort. Det var gitt overordnede kravspesifikasjoner, eksempelvis tilgjengelig strømforsyning for produktet og ytre fysisk størrelse på det ferdige produktet. Tabell 2 viser organiseringen av prosjektet.

Tabell 2 Prosjektplan T&D-prosjekt og sluttoppgave

Dag	Fase	Beskrivelse
Dag 1 2 x 45 min veiledet *	1	Grovplanlegging, informasjonsinnhenting
	2	Konstruksjon (med beregninger) av elektronisk krets
Dag 2 2 x 45 min veiledet *	3	Testing av foreløpige del-kretser - evt. tilbake til fase 2
	4	Loddekurs
Dag 3 2 x 45 min veiledet *	5	Lodding av hele kretsen + kontrollmålinger, feilsøking etc
	6	Gravering av motiv i plexiglassplate
Dag 4 2 x 45 min veiledet	7	Sammenstilling av LED-krets, plexiglassplate og sokkel Demonstrasjon av produktet for lærer.
* Studentene disponerte utstyr og lab i opptil 2timer hver dag i tillegg til de veiledede timene		

Dag 5 60 min, lærer tilstede		Ny kretsdesignoppgave
--	--	-----------------------

Øvrige rammefaktorer kan oppsummeres slik: Lærer hadde ingeniørteknisk kompetanse og var til stede for veiledning i de timeplanfestede øktene. T&D-prosjektet og sluttoppgaven var utformet av læreren. Veiledningen var mest knyttet til bruk av praktisk og laboratorieteknisk utstyr og hjelp til måling og feilsøking, men også til andre tips og forslag. Studentene hadde hatt kortfattet innføring i det måle- og laboratorieutstyret som ble brukt. Prosjektprosessen er ikke analysert, men problemer med praktisk laboratoriearbeid og uklare modeller av elektrisitet som fenomen ble identifisert som det tydeligste problemet for studentene underveis. Det ble intervensert to ganger med korte felles «forelesninger» knyttet til praktisk bruk av materiell som var nytt og ukjent for studentene. Prosjektet krevde en skriftlig rapport fra studentene i ettertid (etter sluttoppgaven), men ingen formelle krav til skriftlige eller muntlige rapporteringer underveis. Alle gruppene leverte ferdige og fungerende produkt ved utløpet av prosjektet.

Utvalg

Prosjektet ble utført med en naturfagklasse i 3. årstrinn i 4-årig grunnskolelærerutdanning, bestående av 8 studenter (pseudonymer i tabell 3 nedenfor):

Tabell 3 Deltakere i T&D-prosjekt

Gruppe 1	Helle og Haldis
Gruppe 2	Kari og Knut
Gruppe 3	Jan og Ragnar
Gruppe 4	Olve og Morten

Dette kullet ble tatt opp før kravet om 4 i matematikk ble innført og kun to studenter hadde realfaglig fordypning fra videregående skole. Klassen ble regnet som en vanlig klasse mhp. faglig nivå, arbeidsvaner mm. Alle var etnisk norske studenter med norsk som førstespråk. Klassen hadde hatt tradisjonelle forelesninger om elektrisitet (norsk grunnskolepensum), samt en kort innføring i halvlederteknologi og kretser med LED'er i forkant av prosjektet. dvs. litt over norsk grunnskolepensum i elektrisitet, men hadde først og fremst trent på analyse av enkle gitte kretser og ikke konstruksjon av egne kretser. Sist, men ikke minst var studentene stort sett vant til tradisjonell lærersentrert undervisning gjennom lærerstudiet så langt, og hadde heller ikke gjennomgått teknologiske designprosesser i sin utdanning så langt.

Før prosjektet ble påbegynt, ga studentene både muntlig og via et tradisjonelt samtykkeskjema tilatelse til at prosjektgjennomføringen ble filmet og at videoene i etterkant kunne brukes i denne studien. De var også orientert om å kunne trekke seg ut av studien når som helst. Studien er godkjent av NSD.

Data

Data ble innsamlet fra videoopptak fra de ulike fasene av prosjektgjennomføringen. I hver prosjektgruppe fikk en student ett hodemontert kamera, slik at både lyd og film fra gruppenes prosjektarbeid ble tatt opp. Det ble tatt opp ca 12 timer fra hver av gruppene, fordelt på 8 arbeidsøkter. I denne artikkelen er det kun videoopptakene fra sluttoppgaven (overføringstesten) som er benyttet.

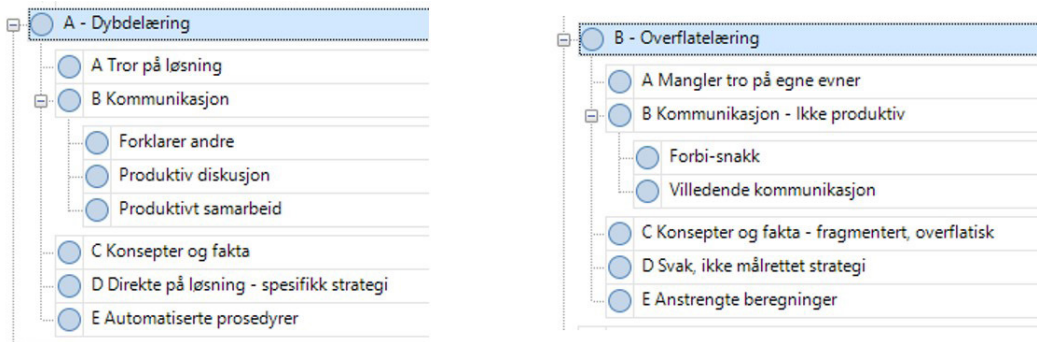
Dataanalyse

Det ble i utgangspunktet benyttet tematisk analyse, med spesifikk oppmerksomhet rundt noen få tema (Braun & Clarke, 2006). Det fantes i utgangspunktet en antagelse om at undervisningsopplegget til en viss grad kunne føre til dybdelæring og overførbar kompetanse hos studentene og det utviklet seg altså til en teoretisk/deduktiv variant av tematisk analyse. Dette framkommer også når hovedkodene etter hvert ble inspirert av kompetansekategoriene til Mayer (2011). Videomaterialet fra slutt-

oppgaven ble gjennomgått og transkribert. Noe av materialet (pauser etc.) ble definert som irrelevant. Målet med analysen var å identifisere tegn på dannelse av dybdekompetanse knyttet til virkemåten til enkle utvalgte elektroniske kretser. Det er på det rene at denne artikkelen ikke undersøker hele kompetansespekteret som f.eks. Pellegrino og Hilton (2012) beskriver, men altså et utvalg primært innenfor det kognitive kompetanseområdet og noe knyttet til personlige og sosiale kompetanser. Observasjon av tegninger og beregninger på papir, og ikke minst diskusjoner mellom studentene skulle kunne gi et innblikk i hvordan aktivitetene påvirket læringsprosessen. De endelige subkodene for «Dybdeløring» ble som flg:

- Fakta og konsepter
- Automatiserte prosedyrer
- Spesifikk strategi
- Holdninger (kalt «Tror på løsnning» i analyseverktøyet)
- Kommunikasjon

Fakta og konsepter var opprinnelig definert hver for seg hos Mayer (2011). I den aktuelle problemløsningsoppgaven er det isolert sett få spesifikke fakta som ikke henger tett sammen med gitte konsepter og det syntes mer naturlig å se disse to i sammenheng. Operasjonelle prinsipper (Rauscher, 2011) er inkludert i denne koden også. Det er også tilføyd en kode kalt «Kommunikasjon». Under analysen ble det tydelig at kommunikasjonen mellom studentene både var sentral for kunnskapsdannelsen, samtidig som den også ga et bilde av graden av forståelse hos studentene. Samtidig er jo kommunikasjon også sterkt vektlagt som del av de sosiale kompetansene en finner både hos Pellegrino et al. (2012) og andre. For å tydeliggjøre tendensene i dataene ble det laget et sett koder med «motsatt fortegn». Disse kunne på en enkel dikotomisk måte indikere overflatekompetanse som et motsatt funn av dybdekompetanse. Figur 1 viser kodene slik de framstår i analyseverktøyet.



Figur 1 Kodeoversikt for dybde/overflateløring

Begrensninger ved studien

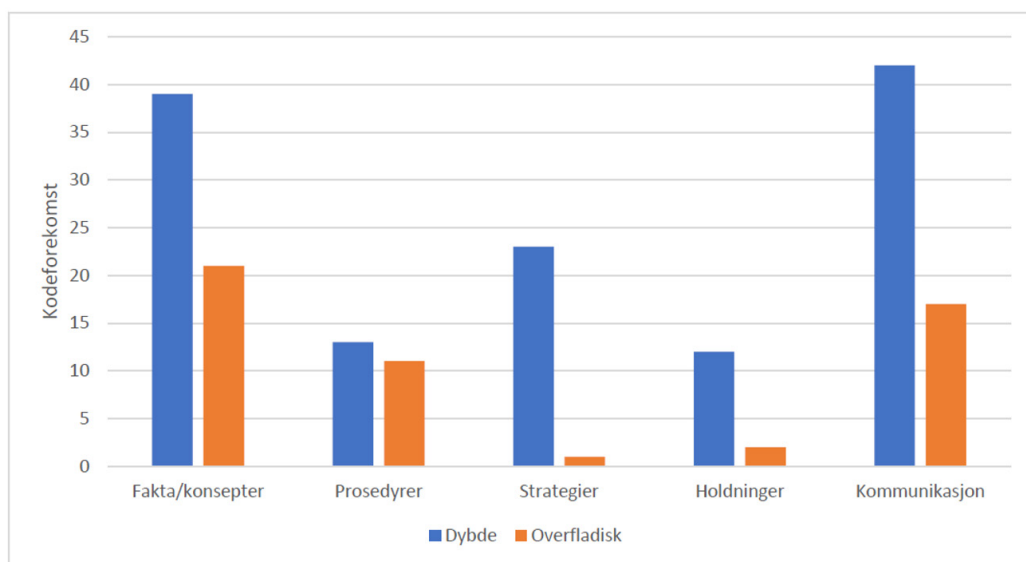
En begrensning ved denne studien er at det kun er videoopptak som er datakilden. Det kan riktignok hevdes at en vurdering av de rent faglige resultatendringene fra selve prosjektgjennomføringen, til utførelsen av den påfølgende slutt-oppgaven kan sees på som en datakilde nummer 2, dvs. som en før/etter-undersøkelse av studentenes kompetanse. Det hadde likevel vært en god supplerende kilde til informasjon om hva- og hvordan studentene har lært gjennom prosjektet, dersom det f.eks. hadde vært gjort intervju med studentene om prosjektet. Dette ble av praktiske årsaker ikke gjennomført. Videre hadde det vært en styrke å kunne kartlagt kompetansen til studentene i detalj før prosjektet startet, men dette lot seg ikke praktisk gjennomføre.

Etiske vurderinger

Bruk av hodekamera krever ytterligere forsiktighet med hensyn på personvern etc. på vegne av deltakerne i prosjektet. Det er vesentlig forskjellig å filme fra avstand i et rom og å se videoopptak fra et hodekamera, hvor en kommer innenfor personens intimzone. Deltakere vil typisk glemme at de har kameraene på seg, og vil kunne si eller gjøre ting som ikke er ment for noen andre å observere (Frøyland, Remmen, Mork, Ødegaard & Christiansen, 2015).

RESULTATER

Studentene har kompetanser av varierende omfang og kvalitet etter tre år i lærerutdanningen, og med ulike fordypninger fra videregående skole. Derfor viser materialet gjennomgående forskjeller på individnivå. Her er det forsøkt å se på klassen som helhet, deretter på gruppene. I enkelte tilfeller vil det likevel bli kommentert på enkeltindivid der dette er interessant. (I alle utdragene fra videosekvenser er kommentarer som beskriver ikke-verbale hendelser skrevet i kursiv og satt i parentes.) Figur 2 viser en samlet oversikt over forekomstene av de ulike kodene knyttet til dybdelæring.



Figur 2 Forekomst av hovedkoder for kompetanser

Fakta og konsepter

Dette kompetanseområdet dreier seg om hvorvidt studentene viser at det de vet om elektriske komponenter, kretsløsninger som f.eks. parallell- og seriekobling og sentrale begreper framstår som strukturert og ikke fragmentert. Videre om studentene viser grunnleggende konseptforståelse spesielt for sammenhengen mellom spenning, strøm og motstand utover å kunne gjengi Ohms lov, men også hvordan ulike kretsconfigurasjoner påvirker spenninger og strømmer. Første eksempel nedenfor viser kun hvordan de dels diskuterer, dels tenker høyt i tidlig fase av opptegningen av den nye kretsen de skal konstruere:

Olve: Fra pluss, så skal den gå gjennom motstanden, positiv strømretning fra pluss til minus ikke sant, så da må dioden peke den vegen som den gjør nå, for da går den den veien. Hvis du snur dem, så går blir det ikke noe lys...

Konseptene knyttet til hvordan en diode må kobles er tydelig forstått. I neste eksempel kommenterer de siste del av oppgaven, som i realiteten er svært enkel dersom de har forstått alle grunnleggende prinsipper ved slike kretser, men framstår som komplisert om ikke:

Olve: Vi har da regnet strømforbruket, for det står jo her, jo... (*Peker ned i spesifikasjonene i oppgaven.*) Det står jo her hvor mye strøm de får gjennom seg, strømforbruket... Alle skal jo ha likedan...

Morten: Vi må jo rett og slett finne ut hvor mye strøm som går mellom her, og her, og om den er åpen eller lukket.

Resonnementet er korrekt, og svaret på dette kom uten nøling eller problemer. Det finnes en rekke forekomster av tegn på godt strukturert kunnskap, hvor både underliggende naturvitenskapelige konsepter og teknologiske sammenhenger synes godt integrert. Samtidig viser en del referanser tilfeller av overflatiske fakta- og konseptkunnskaper, indikert gjennom feil utsagn og resonnementer. En mulig tolkning er at studentene har en operasjonell forståelse av noen av kretsene, men ikke helt i stand til å koble dette til fysiske lover og prinsipper. Forskjellene er også i stor grad knyttet til individuelle forskjeller hos studentene.

Prosedyrer – automatiserte eller anstrengte

Opgaven innebar utfordringer som krevde en del beregninger. Studentene måtte selv sette opp riktige ligninger for ulike deler av kretsløsningene de hadde konstruert, basert på kombinasjoner av forskjellige elektrisitetslover. Det sees her på som en viktig indikasjon på dypere forståelse av fagområdet dersom studenten raskt og uanstrengt setter opp riktige og relevante ligninger og deretter finner korrekte komponentverdier for den kretsløsningen de har valgt. Nøling, feil oppsatte ligninger, langvarig leting tilbake i tidligere notater og bøker osv. tolkes her som mindre automatiserte prosedyrer, og dermed mindre grad av overførbar kompetanse. Gjennomgangen av kodene viser relativt få referanser, med bare et lite flertall av koder for automatiserte beregninger. Dette betyr at flere av studentene gikk runder om feil oppsett, og oppslag i notater. Dette sees i sammenheng med konseptkategorien, dvs. at formelle konseptuelle kompetanser ikke har utviklet seg i samme grad som de operasjonelle prinsippene. Alle gruppene endte imidlertid opp med korrekte beregninger til slutt.

Strategier

Koden for strategier er knyttet til hvordan gruppene nærmer seg hovedutfordringen med oppgaven, nemlig valg av kretsløsning (ikke beregninger). Opgaven kan ha mange løsninger. Gruppene endte til slutt opp med noe ulike løsninger, men alle tegnet opp kretsløsninger som vil fungere! Noen grupper skisserte fungerende løsning allerede innen de fem første minuttene, mens andre måtte gjøre små justeringer i løpet av de første 30 minuttene. Dette gjelder særskilt den delen av oppgaven som inneholdt krav om en helt ny funksjon og nye ukjente komponenter. Dialogen nedenfor er fra starten av videosekvensen for gruppe 4 som egentlig formulerer en løsning muntlig i løpet av de første minuttene av arbeidsøkta:

Morten: Ja, ja, oppgave da.

(*Finner fram skriveblokka si, leser oppgaven og begynner å notere litt opplysninger.*)

Olve: De derre skal bare kobles med, ... vi bruker bare samme måte som vi gjorde sist, vet du, med en motstand på to blå...

Morten: Eeeh, ja

Olve: Det var jo snedig, da brukte vi jo bare tre komponenter.

...

Olve: Så det må jo bli eee først to blå, to som står kontinuerlig og lyser, sant, og strømbryteren er jo en sånn eee bryter, ikke sant... og så kommer to ledpærer, ikke sant, og så kommer beeperen. (*Skisserer raskt i blokka si.*)

Olve: Men vi må passe på så ikke strømbryteren er..., fordi her går det ikke strøm når strømbryteren er av... Hvis du har den i hele kretsen, så blir det jo...

(Han peker og forklarer på tegningen til Morten. Tegningen inneholder i prinsippet ferdig løsning.)

Holdninger

Når studentene går løs på sluttoppgaven var det svært få ytringer eller situasjoner som indikerte at studentene ikke trodde de vil få til denne oppgaven. Tvert imot finnes sekvenser fra alle gruppene i starten av arbeidet som viser optimisme og pågangsmot. Et eksempel fra ca 5 minutter etter at studentene fikk starte med sluttoppgaven, hvor Haldis, Helle (gruppe 1) og Kari (gruppe 2, men uten fast makker denne dagen):

Kari: Ja, jeg har allerede tegna hva jeg vet så langt.

...

Haldis: Ok, jeg kan begynne jeg da: Jeg har tenkt at vi starter med batteriet, og så tegner vi så vi har en sånn *(peker på kretsen sin, første seriesløyfe med motstand og dioder)*, hva skal vi kalle det, en motstand foran to hvite, må jo beregne motstanden slik at den blir riktig i forhold til de to hvite LED'ene.

Haldis: ... også parallellkobler vi slik at vi har en motstand og to blå lys. Og så har jeg også parallellkoblet inn et ledd hvor jeg først starter med en bryter, slik at hvis jeg holder inn den da, så går den gjennom en motstand og to røde lys og gjennom beeperen og tilbake.

Kari: Mm, slik jeg også har tenkt...

(Lett tone i gruppa.)

Underveis oppsto det situasjoner hvor gruppene sto fast, og hvor manglende tro på egne ferdigheter framkom, men denne merkes eksplisitt bare hos 1 – 2 enkeltstudenter.

Kommunikasjon

I og med at prosjektet var basert på faste grupper på to, og alle gruppene jobbet side om side i hele prosjektet, ble det sett på som en viktig dimensjon ved læringsprosessen at studentene kommuniserte godt med hverandre. Fokus på innholdet i gruppediskusjonene er begrunnet i en antagelse om at det kan gi et innblikk i graden av forståelse. Eksemplet nedenfor viser et utsnitt av en diskusjon som vurderes både som en produktiv diskusjon/forklaringssekvens og med en begrepsbruk som tilsier dypere konseptuell forståelse:

(Haldis ser på en enkel seriekrets med en diode og en motstand, hvor de har brukt Kirchoffs spenningslov. Hun ser ut til å klare å rekapitulere hvordan de opprinnelig tenkte.)

Helle: Over motstanden, ja..

Haldis: Men i dette tilfellet har vi jo to dioder, da...

Helle: Ja, her har jeg tydeligvis tulla ganske mye.

(Helle visker ut alle sine beregninger.)

Haldis: Må ha med to dioder her, må vi ikke det?

Helle: For da må vi ta spenningsfallet over alt...?

Haldis: Vi må ta spenningsfallet over den *(peker på batteriterminalene inn på hele kretsen)*, og så vet du hva spenningsfallet er over disse her *(peker på LED'ene i seriekretsen)*. Og for å finne spenningsfallet over motstanden, tar du bare hovedspenningen minus spenningsfallet over diodene...

Slike sekvenser finnes det mange av fra alle gruppene. Det kan observeres hvordan enkeltstudenter med problemer fikk bistand og hjelp til å forstå gjennom forklaringer fra medstudenter. Resonnementet i dette eksemplet er faglig helt korrekt, og på et relativt høyt nivå i denne utdanningen.

Samtidig finner en eksempler på kommunikasjon som kan karakteriseres som svak begrepsmessig, «snakker forbi hverandre», og til og med villedende eller forstyrrende kommunikasjon. Sekvensen nedenfor viser dette:

Jan: "Vis kontrollberegninger som dokumenterer riktig spenning over hver led-type pluss beeper." (*Leser fra oppgavearket.*)

Ragnar: Jah. Vi har ikke funnet strømmen over hver da...

Jan: Det har vi ikke. Men, i den ... jeg må bare tenke meg litt om her... for de to røde pærene her er koblet i serie, det vil si at de har et spenningsfall på 4 volt.

Ragnar: Men dem er jo koblet i parallell (peker i kretsen til Jan), så du må ikke gange dem med to...

Jan: Nei, ikke parallell nei, ...

Ragnar: Jo... fordi, summen er jo strømmen... Men røde blir ikke 5 volt da...

Jan: Eeh, Hm, jeg driver og tenker meg om...

Ragnar: Rød blir...

Jan: Rød det blir 4 volt, for de er jo i parallell, de er seriekoblet i ei parallellkobling. Serie, da plusser vi jo på spenningsfallet...

Ragnar: Jo,jo, vi har gjort det rett, ja.

Jan: Ja, det blir rett ja. For den lille motstanden her til beeperen skal jo ha to volt den...

(*De konkluderer foreløpig feil her.*)

I dette eksempelet finner vi en rekke eksempler på svak/feilaktig begrepsbruk, spesielt fra Ragnars side. Samtidig leder denne sekvensen til at Jan, som gjennomgående viser ganske god konseptforståelse, her blir usikker på egen logikk, og til slutt går med på Ragnars logikk - som faktisk er feil. (Dette finner de ut av og retter opp seinere.)

Tilfellene av svak kommunikasjon er knyttet mer til enkeltindivider enn jevnt fordelt blant studentene. Dette gjenspeiler det åpenbare at deltakerne selvfølgelig ikke ligger på det samme faglige nivået generelt.

DISKUSJON

Hovedfunnene i denne studien gir tydelige tegn på at lærerstudentene tilegnet seg dybdekompetanse innenfor et begrenset naturvitenskapelig og teknologisk område ved å gjennomføre et tradisjonelt T&D-prosjekt. Argumentasjonen for dette er knyttet til Mayer (2011) sine definisjoner av kompetanser knyttet til en såkalt «transfer-test», noe den omtalte sluttoppgaven også kan betegnes som. Påstanden kan likevel diskuteres ut fra minst to punkter:

1) Var kontekstforskjellen mellom de to problemløsningsoppgavene stor nok til å kvalifisere for det Pellegrino og Hilton (2012) betegner som overførbar kompetanse? Her finnes ikke noe fasitsvar, men mye tyder på at de aktuelle studentene hadde tilegnet seg en betydelig kompetanseheving som ikke bare var overfladisk. Dette kan argumenteres for ved å vurdere tempoet og treffsikkerheten gruppene viste i løsningen av det siste/nye problemet. Her framstår studentene som «eksperter» som velger effektive og spesialiserte strategier (McCormick, 1997).

2) Hvor helhetlig/konsistent må den overførbare kompetansen være? I funnene ser vi forskjeller mellom kompetansekategoriene; vi ser god konsept-forståelse men samtidig noe sviktende kunnskap når det kommer til automatiserte prosedyrer for f.eks. beregninger av kretskomponenter. I sum var det god nok kompetanse til å løse det aktuelle sluttproblemet, men med enda mer konsistent kompetanse ville resultatet sannsynligvis blitt enda bedre.

Som oversikten over resultatene i figur 2 viser, er det samtidig en del funn av overfladisk eller svak kompetanse. Som nevnt i resultatdelen viser dette seg å være knyttet til individuelle forskjeller. Det vil si at enkeltpersoner står for mange av innslagene av overflatekompetanse fordelt over alle kategoriene. Dette kan vise at prosjektet ikke har klart å fange enkeltindividene like godt, men henger nok også sammen med ulike individuelle forkunnskapsnivå.

Fakta og konsepter og prosedyrer

Vi ser på overordnet nivå en god fakta- og konseptforståelse i gruppene, med noe unntak for fysikkfaglige konsepter. Dette innebærer at studentene for det første har oppnådd en grunnleggende forståelse for funksjonen til de enkelte komponentene, men også hvordan de samspiller i en kompleks krets. Hovedprosjektet hadde faser hvor kretsen ble utviklet i mindre deler, med kretstegning, testing og feilsøking, før disse ble sammenstilt til en sammenhengende enhet, og igjen med testing, deretter lodding. Vi ser at denne prosessen gir gjentatte berøringer spesielt med de operasjonelle prinsippene, og i ulike modaliteter, og hvor testing og feilsøking også kan betraktes som en form for feedback, dvs. i tråd med mange anbefalinger (Shute, 2008). Men koblingen mot de fysikkfaglige konseptene er altså ikke like sterk. Vi kan se dette i sammenheng med prosedyrekategorien. Her viser mange av funnene at beregningsprosedyrer, oppstilling av relevante ligninger osv. hos mange av studentene ikke er automatisert. De må slå opp i notatene sine fra forrige prosjekt og noen starter feil.

Bungum, Esjeholm & Lysne (2014) påpeker at naturvitenskapelige konsepter må oppleves som nødvendige i prosjektet for å bli trukket inn. Her var de åpenbart nødvendige, men bruken framsto likevel som anstrengt. Esjeholm (2012) peker på nødvendigheten av tilstrekkelige og riktige forkunnskaper, men også behovet for tidlig eksplisitt undervisning både av operasjonelle prinsipper og naturvitenskapelige konsepter. I det foreliggende prosjektet var kanskje spesielt de fysikkfaglige kunnskapene ikke gode nok.

Det er også relevant å trekke inn vurdering: Prosjektet hadde ikke formelle milepæler hvor prosedyrerrelaterte deloppgaver skulle framlegges og dermed sikre tilstrekkelig undervisningsvurdering av disse. Prosjektet hadde praktisk karakter, spesielt innenfor elektrisitetsområdet. Observasjon av praktiske hendelser kan lett forklares ved hjelp feilaktige mentale modeller av de naturvitenskapelige sammenhengene, og nettopp derfor er riktig timet og utformet feedback så viktig (Shute, 2008).

Samtidig vet vi at studentene fikk mye konteksttilpasset veiledning innenfor det teknologisk-praktiske området. Dette kan relateres med Esjeholm (2012) sin vektlegging av forståelsen for operasjonelle prinsipper, som det jo ser ut til at studentene har oppnådd. Det faktum at mye av veiledningen dreide seg om laboratorieteknisk arbeid kan også indikere en type kognitiv overbelastning, dvs. en for krevende kombinasjon av manglende forkunnskaper og utfordrende laboratoriearbeid.

Strategier

Alle studentgruppene valgte hensiktsmessige og kontekstspesifikke strategier i sluttoppgaven, til tross for at utfordringen innebar nye og ukjente elementer. Som Pellegrino og Hilton (2012) nevner, er kriteriet for overføring at kontekstene har noen felles generelle elementer. I det første prosjektet jobbet studentene seg inn i noen grunnleggende elektriske prinsipper via gjentakelser fra enkle delkretser opp til en kompleks sammensatt krets. Arbeidet var variert, fra tegninger, koblinger, måling osv. til fungerende kretser. Som nevnt gir testing, feilsøking og korrigerende av elektriske kretser umiddelbar feedback. Samtidig ga den spesifikke oppgaveutformingen implisitt rom for mange repetisjoner. Dette sammen har sannsynligvis gitt bidrag til den tilsynelatende gode kompetansen her.

Holdninger

Funnene for denne kategorien var primært knyttet til studentenes uttrykte tro på egne mestringsevner (self-efficacy), selvfølgelig overfladisk tolket fra videoopptakene. Når studentene i sluttprosessen gjennomgående viser optimisme og tro på at de vil løse problemet kan dette selvfølgelig bero på flere ting. Det faktum at alle gruppene nylig hadde ferdigstilt fungerende produkter bidrar sannsynligvis, samtidig som de av studentene som opplevde å forstå/mestre stadig mer underveis i hovedprosjektet bygget selvtillit knyttet til nettopp denne konteksten (Wolters, 2010). Interessant nok kan vi også i løpet av sluttoppgaven observere nye fornøyde utsagn fra enkeltstudenter, som erklærer at de der og da skjønner ting de ikke har forstått tidligere.

Kommunikasjon

Kommunikasjon defineres som en kompetanse i seg selv, men benyttes i denne sammenhengen også som ekstra indikasjon på kompetanse innen de andre områdene. Funnene bekrefter at studentene i slutttoppgaven kommuniserer mye og til dels bra i sine resonnementer for å løse problemet. Feil begrepsbruk kan indikere manglende naturvitenskapelige kompetanser, samtidig som de seg imellom klarer å formidle forståelige ideer knyttet til de operasjonelle prinsippene.

Oppsummering og konklusjon

Det må først presiseres at en så liten gruppe av lærerstudenter på ingen måte kan sees på som representative hverken for lærerstudenter og definitivt ikke elever i grunnskolen. Funnene kan likevel ha en overføringsverdi. Spørsmålet om dybdeløring har skjedd kan vanskelig besvares med et ja eller nei. Likevel finner vi mange eksempler fra materialet på at denne studentgruppen hadde tilegnet seg betydelig kompetanse i løpet av det første ToD-prosjektet. De var videre i stand til å overføre denne kompetansen til en ny problemstilling, dvs. det Pellegrino og Hilton (2012) definerer som dybdekompetanse. Alle gruppene ferdigstilte kretstegninger, beregninger etc til en helt ny kravspesifikasjon i løpet av 60 minutter. Studentene hadde ikke erfaring med konstruksjon av elektroniske kretser før hovedprosjektet startet, og ville åpenbart ikke løst den nye og litt vanskeligere utfordringen på så kort tid.

Den «målte» kompetansen kan sies dels å være et rent resultat av det foregående T&D-prosjektet, men også i en viss grad utviklet i løpet av gjennomføringen av slutttoppgaven! Som beskrevet i teoridelen er dybdeløring og dybdekompetanse gjensidig avhengige, og i den grad dybdekompetanse fantes i starten av sluttprosjektet, så kunne denne igjen bidra til god læring i gjennomføringen av den nye utfordringen.

Med henvisning til teorien tidligere i artikkelen kan det konkluderes med at et ToD-prosjekt kan være en god arena for dybdeløring gitt at en del forutsetninger er oppfylt. Prosjektets prosessplan bør være tilpasset den teknologiske konteksten og ha tydelig definerte læringsmål. Lærers teknologikompetanse er viktig og kontekstavhengig. Deltagerne må ha relevante og tilstrekkelige naturvitenskapelige (eller andre) forkunnskaper. Det samme gjelder operasjonelle prinsipper for den aktuelle teknologien, gjerne med supplerende tidlig eksplisitt undervisning om disse. Prosjektet må utformes slik at det gir en passende balanse mellom avgrensende struktur og åpenhet, slik at det gir rom for kreativitet, uten å være overbelastende. Prinsippene knyttet til såkalte støttestrukturer i prosjektet (scaffolding) er selvfølgelig viktige, men også i et kompetansemessig perspektiv, dvs. at støttestrukturene utformes slik at alle kompetanser (prosedyrer, strategier osv) utfordres og vurderes underveis. Avslutningsvis foreslås videre utforskning av bruk av gjentatt, lignende problemløsningsoppgave integrert i T&D-prosjekter, både som en ekstra læringsforsterking og som redskap for både formativ og summativ vurdering. Det ville da vært naturlig å se på utformingen av slike i sammenheng med kunnskapsmodeller spesifikt utviklet for teknologiundervisning jfr. f.eks. Raucher (2011). I tillegg vil det være av stor interesse å kombinere en grundig analyse av selve den opprinnelige prosjektprosessen med funnene gjort i denne studien.

REFERANSER

- Anderson, J. R., Reder, L. M. & Simon, H. A. (2016). Situated Learning and Education. *Educational Researcher*, 25(4), 5-11. doi: 10.3102/0013189x025004005
- Anderson, L. W. (2014). A taxonomy for learning, teaching, and assessing : a revision of Bloom's (Pearson new international edition. utg.). Harlow: Pearson Education Limited.
- Angell, C. (2011). Fysikkdidaktikk. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Azaiza, I., Bar, V. & Galili, I. (2006). Learning Electricity in Elementary School. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 45-71. doi: 10.1007/s10763-004-6826-9

- Barak, M. (2013). Teaching engineering and technology: cognitive, knowledge and problem-solving taxonomies. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 11(3), 316-333. doi: 10.1108/JEDT-04-2012-0020
- Blaker, V. & Sørberg, Ø. (u.å.). Tegne med lys. Hentet 10. mai 2019 fra <https://www.naturfag.no/uopplegg/vis.html?tid=2117339>
- Brand, B. (2020). Integrating science and engineering practices: outcomes from a collaborative professional development. *International Journal of STEM Education*, 7(1). doi: 10.1186/s40594-020-00210-x
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (1999). How people learn : brain, mind, experience and school. Washington, DC: National Academy Press.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. doi: 10.1191/1478088706qp0630a
- Bungum, B. (2006). Teknologi og design i nye læreplaner i Norge: Hvilken vinkling har fagområdet fått i naturfagplanen? *Nordina: Nordic Studies in Science Education*, 2(4), 28-39. doi: 10.5617/nordina.422
- Bungum, B., Esjeholm, B.-T. & Lysne, D. A. (2014). Science and Mathematics as part of practical projects in technology and design: An analysis of challenges in realising the curriculum in Norwegian schools. *Nordina: Nordic Studies in Science Education*, 10(1). doi: 10.5617/nordina.547
- Chi, M. T. H. (2009). Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73-105. doi: 10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x
- Dahlin, L. K., Svorkmo, A.-G. & Voll, L. O. (2013). Teknologi og design i skolen. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Esjeholm, B.-T. (2014). Design knowledge interplayed with student creativity in D&T projects. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(2), 227-243. doi: 10.1007/s10798-014-9280-1
- Esjeholm, B.-T. & Bungum, B. (2012). Design knowledge and teacher–student interactions in an inventive construction task. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(3), 675-689. doi: 10.1007/s10798-012-9209-5
- Frøyland, M., Remmen, K. B., Mork, S., M., Ødegaard, M. & Christiansen, T. (2015). Researching science learning from students' view – the potential of headcam. *Nordina: Nordic Studies in Science Education*, 11(3), 249-267. doi: 10.5617/nordina.1424
- Fullan, M., Quinn, J., McEachen, J. & Gregersen, F. T. (2018). Dybdelæring. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Gunstone, R., Mulhall, P. & McKittrick, B. (2009). Physics Teachers' Perceptions of the Difficulty of Teaching Electricity. *Research in Science Education*, 39(4), 515-538. doi: 10.1007/s11165-008-9092-y
- 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 (LK-06). *Nordina (elektronisk ressurs)*, 13, 66-80. doi:
- Illeris, K. (2015). Læring (3. utg.). Fredriksberg: Samfundslitteratur.
- Johnsey, R. (1995). The design process — Does it exist? *International Journal of Technology and Design Education*, 5(3), 199-217. doi: 10.1007/BF00769904
- Jones, A., Buntting, C. & de Vries, M. (2013). The developing field of technology education: a review to look forward. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 191-212. doi: 10.1007/s10798-011-9174-4
- Koenig, J. A. (2011). Assessing 21st Century Skills: Summary of a Workshop. Washington, DC: The National Academies Press.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). Situated learning: legitimate peripheral participation. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ludvigsen, S., et al. (2014). *Elvenes læring i fremtidens skole*. NOU - Norges offentlige utredninger 2014:7.
- Ludvigsen, S., et al. (2015). *Fremtidens skole : fornyelse av fag og kompetanser NOU - Norges offentlige utredninger 2015:8*.
- Mayer, R. E. (2011). Applying the science of learning. Boston: Pearson.
- McCormick, R. (1997). Conceptual and Procedural Knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 7, 141-159. doi: 10.1023/A:1008819912213

- Naturfagsenteret. (u.å.). Utforskende undervisningsopplegg. Hentet 5. januar 2018 fra <https://www.naturfag.no/undervisningsprogram/vis.html?tid=2047762>
- Ohlsson, S. (2011). *Deep Learning: How the Mind Overrides Experience*. Cambridge University Press.
- Pellegrino, J. W. & Hilton, M. L. (2012). *Education for life and work : Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, D.C: The National Academies Press.
- Piaget, J. J. (1999). *The CHILD's CONCEPTION of Physical CAUSALITY*. London: Taylor & Francis Group.
- Rauscher, W. (2011). The technological knowledge used by technology education students in capability tasks. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(3), 291-305. doi: 10.1007/s10798-010-9120-x
- Schooner, P., Nordlöf, C., Klasander, C. & Hallström, J. (2017). Design, System, Value: The Role of Problem-Solving and Critical Thinking Capabilities in Technology Education, as Perceived by Teachers. *Design and Technology Education: an International Journal*, 22(3), 60-75. doi:
- Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153-189. doi: 10.3102/0034654307313795
- Tarciso Borges, A. & Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117. doi: 10.1080/095006999290859
- UHR. (2018). *Nasjonale retningslinjer for grunnskoleutdanning-trinn 5-10*. Hentet 14. februar 2020 fra <https://www.uhr.no/temasider/nasjonale-retningslinjer-for-larerutdanningene/>
- Utdanningsdirektoratet. (2006). *Læreplanverket for Kunnskapsløftet (Midlertidig utg. juni 2006. utg.)*. Oslo: Kunnskapsdepartementet ; Utdanningsdirektoratet.
- Utdanningsdirektoratet. (2013). *Læreplan i naturfag*. Hentet 28. oktober 2018 fra <https://www.udir.no/klo6/NAT1-03>
- Utdanningsdirektoratet. (2019a). *Dybdeløring*. Hentet 10. januar 2020 fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/dybdelaring/>
- Utdanningsdirektoratet. (2019b). *Læreplanverket Fagfornyelsen 2020*. Hentet 10. mai 2020 fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/Nye-lareplaner-i-grunnskolen-og-gjen-nomgaende-fag-vgo/>
- Wolters, C. A. (2010). Self-regulated Learning and the 21 St Century Competencies. *NRC Planning Meeting on 21st Century Competencies*. Hentet fra https://www.researchgate.net/publication/267701907_Self-Regulated_Learning_and_the_21_st_Century_Competencies
- Yeager, D. S. & Walton, G. M. (2011). Social-Psychological Interventions in Education: They're Not Magic. *Review of Educational Research*, 81(2), 267-301. doi: 10.3102/0034654311405999