

Engineering som evaluering



Denne artikel er en del af en artikelsamling, som præsenterer, analyserer og uddyber relevante emner i relation til engineering som didaktik i skolen og viser hvordan praktikere anvender engineering i deres egen praksis.

Du finder alle artikler på www.engineeringiskolen.dk.

Elevens arbejde med en engineering-udfordring rummer muligheder for at evaluere elevernes naturfaglige kompetencer. Gennem arbejdet med en engineering-udfordring benytter og udvikler elever deres naturfaglige viden og færdigheder. Den konkrete løsning, og ikke mindst elevernes evner til at forklare den, rummer derfor muligheder for at evaluere elevens viden om naturfaglige fænomener og forhold i deres løsning, men også deres færdigheder med at undersøge og modellere disses betydning for deres løsningsfunktion og virkemåde. Denne artikel beskriver, hvordan et naturfagligt forløb kan afsluttes og evalueres med en engineering-udfordring¹.

Udarbejdet af Susanne Daugaard Foldager, naturfaglærer Ringkøbing Skole og Peer Daugbjerg, lektor VIA University College.

Engineering som evaluering

Forløb om plastforurening evalueret med engineering-udfordring

I 9. klasse arbejder eleverne med det fællesfaglige fokusområde 'Den enkeltes og samfundets udledning af stoffer'. Eleverne har gennem cirka fem uger tilegnet sig viden og færdigheder inden for emnet gennem de tre naturfag - fysik/kemi, biologi og geografi. Det afsluttende tema er nu plast og plastforurening. Her har eleverne blandt andet arbejdet med PlastLabs plastanalyse, hvor de via forskellige undersøgelser kategoriserer plasttyper ved hjælp af densitet, flammetest og opløselighed mm. Derudover har de arbejdet med materialer fra Plastic Change, hvor de både har læst og set små videoer om plastforurening i verdenshavene. Eleverne er således blevet klogere på hvorfor og hvordan de store plasticsupper opstår samt hvor store områder de strækker sig over.

Eleverne har arbejdet med følgende materialer, som er tilgængelige på web²

- Plastlab
- Plastic Change og
- Fang plast i havet.

Derefter får eleverne stillet følgende engineering-udfordring:

*Udfordring: Fang plast i havet!
I skal designe og bygge en løsning til hvordan man kan opsamle plast i havet. I vælger selv, hvorfra fangsten skal foregå (om det er fra et skib, flyver, platform, fra bunden eller andet) og hvilke materialer I vil benytte. I kan evt. lade jer inspirere af materialerne fra listen herunder. I skal undersøge, om jeres prototype kan opsamle forskellige typer plast.*

*Materialer:
Pap, papir, sugerør, plastflasker, mundbind, piberensere, dørslag, si, net, gazebind, affaldssække, stof, limpistoler, hæfteklammer, stanniol, sakse, knive, tape, elastikker, papkrus, balloner mm.*

¹ Artiklen baserer sig på undervisningsforløb gennemført ved Ringkøbing Skole. Foto i cases stammer fra elevens egne video-logs fra disse forløb

² Plastlab: <https://plast.dk/plastlab/>, Plastic Change: <https://plasticchange.dk/faq/> Fang plast i havet: <https://astra.dk/tildinundervisning/fang-plast-i-havet>

Udfordringen er en formativ evaluering, og dens indhold er udarbejdet med inspiration fra Engineering i Skolens engineering-materiale³ om plastforurening.

Udfordringen er tilpasset og forenklet af læreren, som har afsat en dobbeltlektion til elevernes arbejde med den. I løbet af de 90 minutter er eleverne i små grupper igennem alle delprocesser i engineering designprocessen³ – de undersøger, ideudvikler, konkretiserer, konstruerer og forbedrer. Eleverne har tidligere arbejdet med mindre engineering-udfordringer og kender derfor metoden.

For at visualisere arbejdsprocesserne og således tydeliggøre for eleverne, hvor de befinder sig i engineering designprocessen, anvendes store magneter af hver delproces, der hænger på væggen i lokalet.

I den afsluttende fase præsenterer eleverne deres prototyper gennem små video-logs, som deles på en fælles padlet. Disse præsentationer danner grundlag for lærerens evaluering af elevernes arbejde med plast i havmiljøet.

De små cases vi inddrager i det følgende, er udarbejdet på baggrund af undervisningssituationer fra de to lektioner. Eleverne har dokumenteret deres arbejde ved at lave korte videoer om deres proces og deres løsning via små video-logs. Læreren har i denne henseende opstillet følgende ramme for eleverne:

Præsentation: I skal udarbejde en videopræsentation af jeres prototype.

Krav til indhold:

- *Beskriv jeres arbejdsproces. Hvilke valg tog I og hvorfor. Vær opmærksom på at inddrage jeres overvejelser fra alle punkterne i engineering designprocessen.*
- *Forklar hvorfor jeres prototype ser ud som den gør.*
- *Hvilke funktioner har prototypen (inddrag så mange væsentlige fagbegreber som I kan).*

Videodokumentationen er ekstraordinært lavet til brug for elevernes materiale i denne artikel. Normalt ville eleverne gennemføre en præsentationsrunde, hvor grupperne viser deres løsning og dens virkemåde for hinanden. Vi vil dog senere i artiklen komme ind på, at video-logs faktisk kan være et godt alternativ til den almindelige præsentationsrunde.

³ <https://engineerthefuture.dk/>

De fire naturfaglige delkompetencer

I de følgende afsnit beskrives, hvordan elevernes arbejde med den stillede udfordring viser aspekter af de fire naturfaglige delkompetencer.

Læs mere om de seks engineering-kompetencer i engineering-didaktikkens kapitel 5, hvor de fire naturfaglige kompetencer indgår. De to øvrige kompetencer er hhv. problemløsning og design samt praksisfaglighed og teknologisk handleevne³.

Klassen er inddelt i seks mindre grupper, og vi har analyseret elevernes videoer ud fra kendetegn ved delkompetencerne, som de er beskrevet i faghæfterne for naturfagene. Videoerne er meget korte (2-4 minutter), hvorfor vores materiale ikke er omfattende. Lærerens primære erfaringer med, og iagttagelser af elevernes arbejde gør det muligt for os at kontekstualisere de umiddelbare indtryk af processen, som videoerne formidler.

Undersøgelseskompetencen

En gruppe elever arbejder med at designe et net til at indsamle plast i havet. De undersøger flere materials evne til at filtrere forskellige størrelser plast fra. De tester blandt andet et medicinsk mundbind og konstaterer, at vandet ikke kan trænge igennem, hvorimod en rengøringsklud lader vandet passere og samtidig tilbageholder mindre plaststykker.



Elevernes test af forskellige materialer.

Undersøgelsen er ganske enkel og kan udføres uden større forberedelse. Umiddelbart undersøger eleverne materialers gennemtrængelighed for både vand og partikler. De stiller sig tilfredse med at konstatere, at rengøringskluden kan skille deres plastpartikler fra en vandprøve. De undersøger ikke forskellige partikelstørrelser. Deres sprog om filtre eller net er præget af hverdagssprog, "det løber ikke igennem", "det bliver i kluden", etc. Baseret på disse primære erfaringer med materialers gennemtrængelighed arbejder eleverne videre med deres design.

En anden gruppe vælger at benytte tre forskellige materialer for at vise, at de vil samle plast op i forskellige størrelser.

I arbejdet med engineering-udfordringen viser eleverne deres aktuelle kompetencer til at vælge metoder, være systematiske og drage konklusioner på baggrund af deres undersøgelser. Udfordringen gør, at eleverne gennemfører konkrete og fokuserede undersøgelser. Elevernes præsentation af deres arbejde åbner desuden for formative dialoger med eleverne om flere almene forhold vedrørende naturfaglige undersøgelser.

Elevernes undersøgelser i arbejdet med engineering-udfordringen viser, at:

- eleverne designer deres egne undersøgelser, som umiddelbart giver ideer til deres løsning
- elevernes undersøgelse giver løsningsrelevante kompetencer
- eleverne bruger hverdagssprog.

I det videre arbejde kan eleverne

- udfordres på deres systematik i undersøgelsen med henblik på hvilke variable og hvilke fejlkilder, der er i spil
- henvises til relevante faglige begreber (fx partikelstørrelse, porestørrelse og maskestørrelse), som vil gøre det muligt for elever at relatere deres egne undersøgelser til andres faglige forklaringer.

Eleverne kan med fokus på at forbedre deres løsninger kvalificere arbejdet gennem systematik og fagsprog, hvilket kan lette deres selvstændige evaluering af løsningens kvalitet. Denne proces kan også skærpe opmærksomhed på den almene værdi af systematik og fagsprog.

Modelleringskompetencen

I mange af grupperne vælger eleverne at visualisere deres løsninger ved først at tegne de mange forskellige ideer. En pige fortæller: "Vi startede med at tegne alle de ideer vi havde på papir, og så talte vi om, hvad der kunne fungere."

Gruppen, hvis billeder ses herunder, starter med at tegne forskellige skitser på papir, så tegner de deres endelige ide på en kridttavle, for til slut at bygge den i pap med sugerør og sytråd som kranwire samt kaffekrus som sorteringsbeholdere til forskellige størrelser plast. Selve nettet til at fange plasten er lavet i forskellige farver og kvaliteter stof.

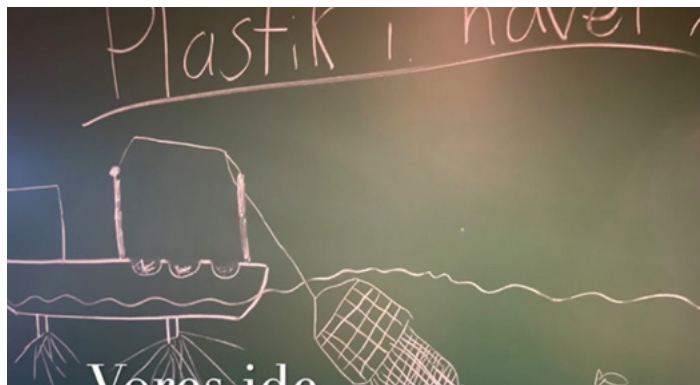
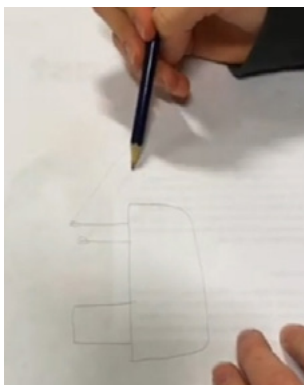
Gruppen bruger skitsetegningerne til først at forklare og vise hinanden, hvordan de tænker, at deres løsning kunne se ud.

I den færdige tegning på tavlen bliver flere af gruppens pointer fremhævet og de løsninger, de har diskuteret sig frem til, synliggøres. Her ses det fx tydeligt, at nettet, der skal fange plasten, er tredelt med forskellige størrelser netmasker. Under skibet er der to undervandshøjttalere, som udsender lyd, der skal skræmme dyrelivet ved skibet væk, så det primært er plast, der fanges. På selve skibet ses desuden tre fordybninger, hvor plasten kan sorteres efter størrelse.

Gruppen bygger nu skibet efter tegningen og udvælger forskellige materialer til de forskellige funktioner. Sytråden skal illustrere en wire, der kan rulles ind og derved trække nettet op fra vandet og ind over bådens opsamlingsbeholdere. Her er modellen meget virkelighedsnær, da tråden trækker nettet op, når trissen drejes.

Netmaskernes størrelse tager den fysiske model ikke hensyn til. Her har gruppen blot valgt at lade nettyperne symboliseres af forskellige farver og materialer stof. Selve sorteringsdelen i forskellige størrelser plast kan derfor ikke finde sted ved hjælp fra modellen, men blot forklares.

Den fysiske model har højttalere, som ikke kan udsende nogen form for lyd, da det blot er små træpinde.



En elevgruppes arbejdsproces fra skitse til færdigt produkt.



Elevernes modellering i arbejdet med engineering-udfordringen viser, at:

- elevernes løsninger udvikler sig betydeligt fra de første skitser til de færdigbyggede prototyper
- der gøres mange tanker om materialevalg i modellerne og eleverne kan inddrage viden fra tidligere undervisning i bl.a. håndværk og design ift. hvordan forskellige typer af materialer kan anvendes
- modellerne kan bruges til at visualisere, hvordan fænomener i virkeligheden fungerer, fx ved at lave en kran, der via en trisse trækker en snor op gennem et sugerør
- modellerne kan synliggøre forskellige forhold, som gør, at eleverne kan diskutere og forklare forskellige perspektiver, fx hvordan og hvorfor det er en god ide med en alarm, der viser, hvornår skibet er omgivet af store fiskestimer og derfor ikke skal opsamle plasten netop der
- revideringer og tilpasninger af modellerne sker gennem den løbende dialog, som finder sted i grupperne efterhånden som de undersøger forskellige forhold, fx hvilke materialer, der kan anvendes som net

- forholdet mellem virkeligheden og modellen udtrykkes ofte i elevernes forklaring af modellerne, herunder fx hvordan størrelsesforhold på modellen hænger sammen med virkeligheden. Fx forholder eleverne sig til forskellige afstande, havdybder, trykforskelle mm
- langt de fleste grupper reviderer og konstruerer modeller med afsæt i egne undersøgelser eller som en del af deres problemløsning.

I det videre arbejde kan eleverne:

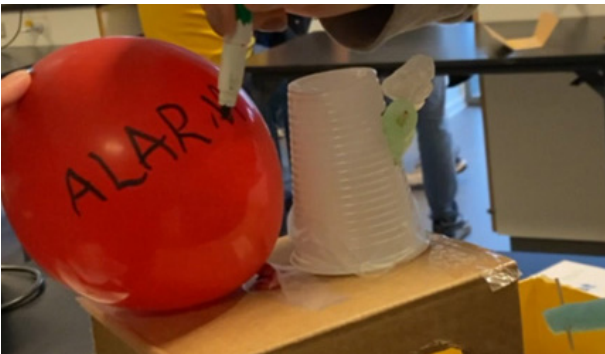
- gøre deres modeller mere virkelighedsnære ved fx at anvende faktiske højttalere - evt. en form for programmerede micro:bits
- afprøve flere modeltyper og modelmaterialer
- skelne mellem virkelighed og model, især modellens afgrænsning og idealisering af den virkelige situation.

Eleverne kan med fokus på at forklare deres løsning bruge modeller til at demonstrere virkemåder og begrænsninger i selve løsningen. Dette kan give dem en almen indsigt i hvordan de kan forstå, forklare eller forudsige fænomener og systemers opførsel, ved at diskutere og forholde sig kritisk til modeller – fx deres grundlag og rækkevidde.

³ <https://engineerthefuture.dk/>

Perspektiveringskompetencen

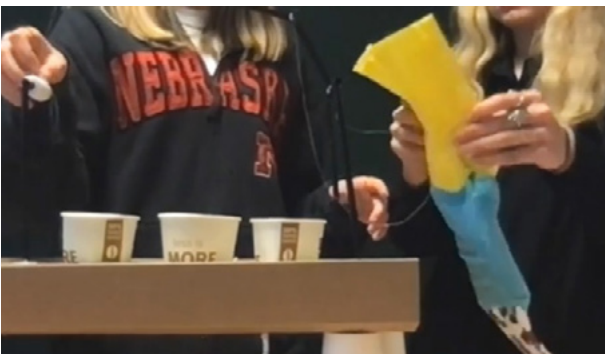
Nogle grupper gør sig overvejelser om, hvordan deres løsning skal virke i praksis. En gruppe overvejer fx, hvordan de undgår at fange fiskestimer, når deres net fisker efter plast. Dette viser, at de inddrager andre perspektiver i deres løsning end blot indsamling af plast. De beslutter, at deres plastindsamlende net skal monteres på et skib, hvor et ekkolod skal overvåge, om der er fiskestimer i nærheden. Hvis der opdages en fiskestime, vil en alarm signalere til mandskabet, at de skal indstille deres plastfiskeri. Den røde ballon illustrerer alarmen.



Model af alarm, så fiskestimer ikke fanges.

Andre grupper gør sig også overvejelser over udfordringen forbundet med, at de plastfangende net kan fange både plast og fisk. Der ses flere forskellige bud på, hvordan der kan installeres lydsignaler på modellerne, som skal skræmme fiskene væk.

Gruppen som lavede deres net af tre forskellige materialer for at opsamle forskellige størrelser af plast, gør desuden dette ud fra et perspektiv om at indsamlingen af plast kun er en del af løsningen. Den indsamlede plast skal også behandles videre efter indsamlingen. Denne videre behandling er afhængig af plastmaterialernes størrelse, hvorfor det er vigtigt med en sortering allerede når det bliver indsamlet.



Sortering af indsamlet plast.

Gennem udfordringen afdækker eleverne forskellige perspektiver på håndtering af problemstillingen med plast i verdenshavene. De forbinder deres hverdagsviden om skibe og net med indsamling af plast i havene. Eleverne viser på den måde de forbindelser, de umiddelbart ser mellem den faglige viden, som forløbet har beskæftiget sig med og de hverdagsmaterialer, de har til deres rådighed til at bygge modeller af løsninger med.

Elevernes perspektivering i arbejdet med engineering-udfordringen viser, at:

- eleverne er opmærksomme på udfordringen med 'bifangst' af fisk ved fiskeri efter plast
- eleverne kan inddrage relevante naturfaglige indsigter som fx fisks adfærd
- dilemmaet med, at net fanger både fisk og plast giver eleverne mulighed for at fortælle om udformning af net og den tilhørende teknologi, herunder diskutere forskellige net og deres anvendelse.

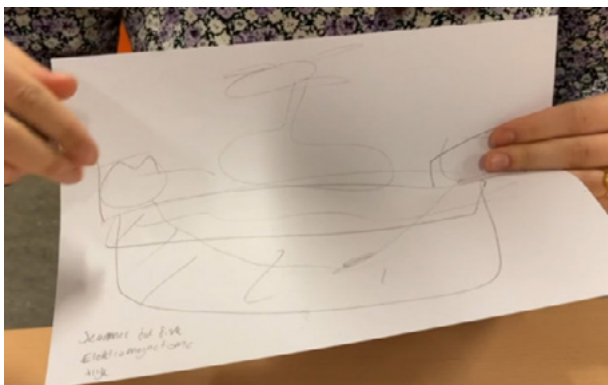
I det videre arbejde kan:

- man udfordrer elevernes forståelse af et net ved fx at have net med forskellige maskestørrelser, som de skal trække gennem vandet. Sådanne primære kropslige erfaringer fra en undersøgelse kan kvalificere elevernes perspektivering af deres egne netdesign
- en skelnen mellem aktive og passive nettyper kan danne grundlag for overvejelser over sådanne nettyper effektivitet og anvendelse, herunder skibes brændstofforbrug ved aktivt fiskeri.

Eleverne kan med fokus på andre virkninger af deres løsning inddrage aspekter af forskellige teknologiske og historiske perspektiver på den konkrete udfordring. Dialog med eleverne vil tydeligere kunne afdække deres forståelse af naturfaglige aspekter af deres løsninger på de behandlede samfundsmæssige problemstillinger.

Kommunikationskompetencen

Efter idegenereringsfasen fortæller en elev: “To skibe sejler ved siden af hinanden og smider begge et stort net ned. De to net samles under vandet mellem skibene ved hjælp af elektromagnetisme, som man kan slå til og fra ved at sende strøm igennem. Ledningerne, der går ned til magneterne er isoleret med gummi, så der ikke går strøm ud i vandet. Det er kun ca. 5% af al plasten, der ligger i overfladen, så derfor er det vigtigt at få alt det med, der ligger ved bunden.”



Model af to skibe der samler plast.

Hos denne gruppe inddrages flere faglige begreber fra bl.a. fysik/kemi. Eleverne har tidligere i dette skoleår lært, hvordan elektromagneter virker og forholder sig desuden til, at ledningerne skal være isolerede for ikke at lede strøm ud i vandet. Her trækker de på deres viden om strømledere tilbage fra 7. klasse. Desuden forholder de sig til den viden, de har fået om, hvor meget af plasten, der ligger ved hhv. overfladen og bunden.

I mange af de øvrige grupper tales desuden om densitet, når eleverne skal forholde sig til, hvilke typer af plast der flyder og hvilke der synker. Flere grupper gør sig ligeledes

overvejelser om de store trykforskelle, der vil være mellem havoverfladen og havbunden.

Det interessante er, at det er eleverne selv, der nævner de mange faglige begreber. Det er ikke læreren, der i sine samtaler med eleverne anvender begreberne først.

Når engineering-undervisning anvendes som formativt evalueringsværktøj i afslutningen af et større emne bliver det muligt for læreren at vurdere elevernes kommunikationskompetence. Elevernes viden og færdigheder inden for emnet kan komme til udtryk gennem måden hvorpå og hvormed de kommunikerer om deres ideer.

Elevernes kommunikation i arbejdet med engineering-udfordringen viser, at:

- elevernes fagsprog bliver tydeligt, når de skal forklare forskellige til- og fravalg og når de skal præsentere deres prototyper. Fx som nævnt ovenfor, hvor gruppen anvender deres viden om elektromagneter til at udvikle to net, der kan samle sig under vandet ved hjælp af magneter
- eleverne får mulighed for at træne at argumentere og forholde sig kritisk til argumentationen ved hjælp af deres faglige viden, fx ved at forklare, hvorfor noget plast synker og andet flyder med afsæt viden om i de forskellige plasttypers densitet.

Det videre arbejde kan støtte kommunikationskompetencen ved, at eleverne har mulighed for at:

- præsentere en udviklet løsningsfunktion og æstetik samt den gennemførte udviklingsproces med valg af relevante og hensigtsmæssige medier
- bruge et relevant fagligt sprog til både at beskrive og formidle faglige fænomener og indsigter, som er en del af løsningen eller af processen
- argumentere med relevante faglige belæg og forholde sig kritisk til argumentation med et fagligt islæt.

Eleverne kan med fokus på at præsentere deres løsning på en konkret udfordring dels træne deres kommunikationsfærdigheder med henblik på både produkt og proces og dels kvalificere deres viden om argumentation i forhold til naturfaglige emner og fænomener.

Præsentation af engineering-udfordring som evaluering

Gennemgangen af elevernes arbejde med den evaluerende engineering-udfordring om plast i havet giver små eksempler på, hvordan elevernes fagsprog og arbejdsmetoder kan gøres til genstand for evaluering. Grundlaget for at vurdere elevernes arbejde er deres videopræsentationer.

Video-log som evalueringsform

Videoerne giver læreren mulighed for at evaluere elevernes arbejde med plast i havmiljøet.

Der er mange fordele ved denne præsentationsform ift. at evaluere de fire naturvidenskabelige kompetencer - blandt andet er mundtligheden primært i fokus, hvilket giver eleverne mulighed for at træne formidling af naturfag og anvende relevant fagsprog – præcist som de skal til den fællesfaglige prøve. Desuden bliver det også nemmere for læreren at lytte til elevernes faglige forklaringer og dermed evaluere deres kommunikationskompetence, da video kan stoppes, genafspilles og aflyttes i rolige omgivelser, modsat face-to-face fremlæggelser i klasserummet.

Eleverne bliver bedt om at beskrive deres arbejdsproces i videoerne. Når de gør det, har læreren mulighed for at se og lytte til de forskellige undersøgelser grupperne har lavet. At grupperne bliver bedt om at forholde sig til de forskellige til- og fravalg gør, at de har mulighed for at blive mere bevidste om, hvilke undersøgelser de rent faktisk laver og hvornår de er undersøgende.

I forhold til modelleringskompetencen så vælger mange af grupperne at vise udviklingen af deres modeller fra de første skitsetegninger til den færdigbyggede model. På denne måde kan video-logs være med til at synliggøre elevernes arbejde med modellering mere end hvis de blot præsenterer deres færdige prototype. Modelleringsprogressionen bliver således nemmere for læreren at evaluere.

Evalueringen af perspektiveringskompetencen, afhænger bl.a. af hvordan læreren stilladserer kravene til videoen. Mange af grupperne forholder sig fx kritisk til, at det kun er plasten, der skal fanges og ikke fiskene i havet. Men sådanne perspektiver kan også sagtens indgå i en kort mundtlig præsentation.

Ulemperne ved video-logs er bl.a., at de er tidskrævende for eleverne, da de fleste grupper gerne vil redigere og

finpudse deres optagelser. Vælger læreren derfor at bruge video-logs, kræver det yderligere tid end den afsatte dobbeltlektion.

Læreren skal desuden overveje hvem der skal se videoerne og hvordan de skal ses. Skal de fx ses i fællesskab med hele klassen? Skal de ses i mindre grupper, hvor hver gruppe kun ser fx 2-3 videoer? Skal eleverne give hinanden feedback, eller er det kun læreren? Og skal feedbacken i så fald være mundtlig eller skriftlig?

I stedet for at anvende video-log, er en anden oplagt mulighed, at præsentationsfasen består af små pitch, hvor elevgrupperne på skift præsenterer deres løsninger for klassen. Dette er mindre tidskrævende og læreren har mulighed for at give sin feedback direkte i forlængelse af hver præsentation. Desuden vil eleverne på denne måde se hinandens prototyper.

Elevers ejerskab til evaluering gennem engineering-undervisning

De naturfaglige kompetencer er i grundskolens naturfag udspecificeret i færdigheds- og vidensmål. Mål som afspejler forskellige kognitive niveauer (Elmose, 2015). Opdelingen understreger, at kompetencer handler om elevernes viden om et naturfagligt fænomen, og elevernes evne til at bruge denne viden til at diskutere eller vurdere forskellige forhold vedrørende et givent naturfagligt fænomen. I engineering-inspireret undervisning udvides færdigheder til også at omfatte elevernes evne til at konstruere løsninger, som bygger på deres naturfaglige viden. Naturfagsdidaktisk litteratur, som beskæftiger sig med samfundsfagsmæssige aspekter af naturfaglige fænomener tilføjer ofte også en meningsdimension til forståelsen af naturfaglige delkompetencer (Elmose, n.d.). Dette meningsniveau er også relevant i engineering-inspireret undervisning, når der arbejdes med udfordringer med større samfundsmæssig betydning som fx plastforurening eller vand- og energiforsyning. Engineering-inspireret undervisning tilbyder således alsidige muligheder for at arbejde med og få indsigt i elevernes kompetencer.

Hensigten med evaluering er at beskrive, hvad eleverne har lært i forhold til målene for forløbet. Det betyder, at det skal beskrives, hvad der forventes, at eleverne lærer af at arbejde med et engineering-forløb og det skal afslutningsvis være beskrevet og dokumenteret hvad eleverne nåede. Denne dokumentation kan være enten kvalitativ eller kvantitativ (Egelund, 2005). Eksemplet i denne artikel

afdækker elevernes formulerede forståelser med en kvalitativ metode. Anvendelsen af engineering som afsluttende evaluering af et forløb om udledning af stoffer er brugt af læreren tidligere og kan ved yderligere gentagelser blive til en tilbagevendende evaluering, som med sit systematiske design vil muliggøre sammenligning af undervisningen fra år til år (Egelund 2005). I en sådan sammenligning er det afgørende at skelne mellem den indsamlede dokumentation (i dette tilfælde video-logs) og så selve vurderingen af elevernes udbytte af den forudgående undervisning - se vores gennemgang af de fire naturfaglige delkompetencer (Dolin et al., 2017).

Et forløb kan have specifikke undervisningsmål knyttet til det faglige indhold i forløbets udfordring og de arbejdsprocesser eleverne benytter. Elevernes kendskab til disse mål vil give dem mere ejerskab til at arbejde med fx en engineering-udfordring og til evalueringen af denne (Krogh og Andersen, 2016). En tilbagemelding til eleverne primært i form af kommentarer rettet mod deres arbejde med færdigheder, viden og mening har større betydning for elevernes tiltro til deres læringsmuligheder end feedback, som inkluderer en karakter (Dolin et al, 2017).

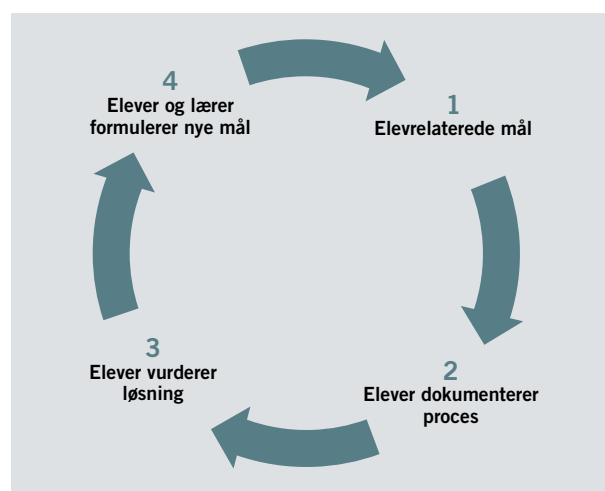
Alle forhold i et engineering-forløb kan ikke realistisk evalueres i hvert forløb, derfor skal man som lærer udvælge enkelte elementer, som man vil tildele særlig opmærksomhed i et givent forløb. De første gange et engineering-forløb gennemføres, kan det typisk være noget med elevernes systematik i arbejdsprocesserne; får de diskuteret deres ideer? Får de iterativt forbedret deres prototype? Får de fastholdt refleksioner over deres læreproces med i præsentationen af løsningen? Disse mange arbejdsprocesser åbner for, at evalueringen kan ske på mange måder, hvorved der kan indfanges mange dimensioner af både enkeltelever og en gruppes læring (Krogh og Andersen, 2016). Efterhånden som elever og lærere finder sig til rette i engineering som arbejdsform, kan fokus på læring af naturfaglige begreber, håndværksmæssige færdigheder eller teknologiske indsigter øges.

Læreren kan gennem forskellige stilladseringstiltag undervejs i forløbet få indblik i elevernes tilegnelse af arbejdsformer samt naturfaglig, håndværksmæssig og teknologisk viden og færdighed. Indblik som læreren bruger i sin dialog med eleverne til at forme deres videre arbejde med udfordringen. Gennem sådan formativ evaluering kan læreren få indsigt i behov for løbende at justere elevernes arbejds- og læringsprocesser. Behovet for stilladsering kan bestå af kortere eller længere 'pakker', hvor eleverne gennem forskellige tilbud kan tilegne sig nye kundskaber af

relevans for deres problemløsning og designproces (Engineer the Future, 2022). Faglig og processuel stilladsering kan for eksempel fokusere på formidling af skabeloner og processer til undersøgelser, idégenerering og konstruktion, præsentation af værktøjer og materialer fx gennem tutorials, eller det kan være faglige oplæg fra læreren eller eksterne videnspersoner.

Eksemplerne fra elevernes arbejde med plast i havet har vægt på elevernes egen omsætning af viden og færdigheder ved i praksis at udvikle løsninger eller modeller af løsninger. Det konkrete afsæt for arbejdet med en engineering-udfordring kan involvere eleverne meget direkte i deres vurdering af deres eget arbejde. De forbedrer selv deres skitser og løsninger, de drøfter disse med hinanden og vurderer derigennem også hinandens arbejde. Sådan elevfokuseret arbejde med evaluering flytter definitionen af evaluering væk fra læreren og understøtter dermed elevernes ejerskab til vurderingen af deres eget arbejde (Krogh og Andersen, 2016). Dette ejerskab kan kvalificere elevernes oplevelse af mening gennem formulering af deres personlige interesse og stillingtagen i forhold til samfundsmæssige problemstillinger som fx plastforurening af havene (Elmose, 2015).

Engineering-undervisning tilbyder med sine elevcentrerede opgaver og alsidige løsningsmuligheder et cyklisk arbejde med evaluering startende med 1) elevrelaterede mål med undervisning- og evalueringsaktiviteter, hvor eleverne selv 2) skaber dokumentationen af deres arbejdsproces, og 3) dels selv vurderer deres løsning mod de opstillede krav, dels modtager lærerens læringsorienterede feedback for 4) i samarbejde med læreren at formulere deres næste aktiviteter i den videre arbejds- og læringsproces (Dolin et al, 2017).



Disse aktiviteter beskrives med elevrelaterede mål og cyklusen kan gennemløbes igen. Mål- og aktivitetsbeskrivelser kan indeholde elevafstemte krav om naturfaglig viden, forudsætte brug af både naturfaglige og engineering-inspirerede færdigheder i arbejdet med aktiviteten, som leder til stillingtagen og meningstilskrivelse vedrørende løsningen og evalueringen af den og af arbejdsprocessen.

Sammenfatning

Elevers arbejde med en engineering-udfordring synliggør de fire naturfaglige kompetencer, hvilket kan ske gennem løbende dialog under elevernes arbejde og under præsentationen af deres løsning. Det er vigtigt, at man som lærer stiller spørgsmål, der kommer omkring alle fire kompetencer, for at sikre at eleverne får aktiveret og trænet dem alle:

- Undersøgelse
 - Læreren kan spørge eleverne om deres systematik og brug af fagbegreber i deres undersøgelser.
- Modellering
 - Læreren og eleverne kan drøfte, hvordan løsningen idealiserer og gengiver virkeligheden.
- Perspektivering
 - Læreren kan gå i dialog med eleverne om løsningens almene værdi og brug af primære erfaringer og observationer.
- Kommunikation
 - Læreren og eleverne kan samtale om naturfaglige fænomener og indsigter, som er en del af løsningen eller af processen.

Elever kan forberedes på sådanne spørgsmål gennem formulerede kriterier til både udfordring, løsning og præsentation. Såvel elevers selvstændige arbejde som dialogen med læreren kan støtte eleverne i deres udvikling af de naturfaglige delkompetencer.

Referencer

Dolin, J., Black, P., Harlen, W., & Tiberghien, A. (2017). Exploring relations between formative and summative assessment. In J. Dolin & R. Evans (Eds.), *Transforming Assessment* (first, pp. 53–80). Springer International Publishing.

Egelund, N. (2005). Evaluering. *Unge Pædagoger*, 2/3, 45–54.

Elmose, S. (n.d.). *Naturfaglig kompetence*. <https://Astra.Dk/Didaktiske-Ressourcer/Naturfaglig-Kompetence/>. Retrieved March 30, 2022, from <https://astra.dk/didaktiske-ressourcer/naturfaglig-kompetence/> [HENVISNING BEDRE TIL ETF (?)]

Krogh, L. B., & Andersen, H. M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag* (første). Frydenlund.

Auner, S., Daugbjerg, P.S., Nielsen, K., Rebsdorf, S.O., Sillasen, M.K. & Sørensen, M.J. (2022), *Engineering i skolen – hvad, hvordan, hvorfor*, Engineer the Future, <https://engineerthefuture.dk/undervisning/engineering-i-skolen/didaktikken-bag-engineering/> (tilgået 21.11.2022)