



Engineering i naturen og på naturskolen



Niels Jacob Jensen
Masterafhandling – Master i scienceundervisning

Vejleder: Marianne Achiam

IND's studenterserie nr. 78, 2019

INSTITUT FOR NATURFAGENES DIDAKTIK, www.ind.ku.dk

Alle publikationer fra IND er tilgængelige via hjemmesiden.

IND's studenterserie

39. Jeanette Kjølback: One-dimensional regression in high school (2015)
40. Anders Wolfsberg: A praxeological investigation of divergence – Exploring challenges of teaching and learning math-in-physics (2015)
41. Asger Brix Jensen: Number tricks as a didactical tool for teaching elementary algebra (2015)
42. Katrine Frovin Gravesen: Forskningslignende situationer på et førsteårskursus I matematisk analyse (2015)
43. Lene Eriksen: Studie og forskningsforløb om modellering med variabelsammenhænge (2015)
44. Caroline Sofie Poulsen: Basic Algebra in the transition from lower secondary school to high school (2015)
45. Rasmus Olsen Svensson: Komparativ undersøgelse af deduktiv og induktiv matematikundervisning (2016)
46. Leonora Simony: Teaching authentic cutting-edge science to high school students(2016)
47. Lotte Nørtoft: The Trigonometric Functions - The transition from geometric tools to functions (2016)
48. Aske Henriksen: Pattern Analysis as Entrance to Algebraic Proof Situations at C-level (2016)
49. Maria Hørlyk Møller Kongshavn: Gymnasieelevers og Lærerstuderendes Viden Om Rationale Tal (2016)
50. Anne Kathrine Wellendorf Knudsen and Line Steckhahn Sørensen: The Themes of Trigonometry and Power Functions in Relation to the CAS Tool GeoGebra (2016)
51. Camilla Margrethe Mattson: A Study on Teacher Knowledge Employing Hypothetical Teacher Tasks - Based on the Principles of the Anthropological Theory of Didactics (2016)
52. Tanja Rosenberg Nielsen: Logical aspects of equations and equation solving - Upper secondary school students' practices with equations (2016)
53. Mikkel Mathias Lindahl and Jonas Kyhnæb: Teaching infinitesimal calculus in high school - with infinitesimals (2016)
54. Jonas Niemann: Becoming a Chemist – First Year at University
55. Laura Mark Jensen: Feedback er noget vi giver til hinanden - Udvikling af Praksis for Formativ Feedback på Kurset Almen Mikrobiologi (2017)
56. Linn Damsgaard & Lauge Bjørnskov Madsen: Undersøgelserbaseret naturfagsundervisning på GUX-Nuuk (2017)
57. Sara Lehné: Modeling and Measuring Teachers' praxeologies for teaching Mathematics (2017)
58. Ida Viola Kalmark Andersen: Interdisciplinarity in the Basic Science Course (2017)
59. Niels Andreas Hvitved: Situations for modelling Fermi Problems with multivariate functions (2017)
60. Lasse Damgaard Christensen: How many people have ever lived? A study and research path (2018)
61. Adonis Anthony Barbaso: Student Difficulties concerning linear functions and linear models (2018)
62. Christina Frausing Binau & Dorte Salomonsen: Integreret naturfag i Danmark? (2018)
63. Jesper Melchjorsen & Pia Møller Jensen: Klasserumsledelse i naturvidenskabelige fag (2018)
64. Jan Boddum Larsen, Den lille ingeniør - Motivation i Praktisk arbejdsfællesskab (2018)
65. Annemette Vestergaard Witt & Tanja Skrydstrup Kjær, Projekt kollegasparring på Ribe Katedralskole (2018)
66. Martin Mejlhede Jensen: Laboratorieforsøgs betydning for elevers læring, set gennem lærernes briller (2018)
67. Christian Peter Stolt: The status and potentials of citizen science: A mixed-method evaluation of the Danish citizen science landscape (2018)
68. Mathilde Lærke Chrøis: The Construction of Scientific Method (2018)
69. Magnus Vinding: The Nature of Mathematics Given Physicalism (2018)
70. Jakob Holm: The Implementation of Inquiry-based Teaching (2019)
71. Louise Uglebjerg: A Study and Research Path (2019)
72. Anders Tørring Kolding & Jonas Tarp Jørgensen: Physical Activity in the PULSE Exhibit (2019)
73. Simon Arent Vedel: Teaching the Formula of Centripetal Acceleration (2019)
74. Aputsiaq Bent Simonsen: Basic Science Course (NV) (2019)
75. Svenning Helth Møller: Peer-feedback (2019)
76. Lars Hansen & Lisbeth Birch Jensen: Feedbackformater på Mulernes Legatskole (2019)
77. Kirsi Inkeri Pakkanen: Autobiographical narratives with focus on science (2019)
78. **Niels Jacob Jensen: Engineering i naturen og på naturskolen (2019)**

IND's studenterserie omfatter kandidatspecialer, bachelorprojekter og masterafhandlinger skrevet ved eller i tilknytning til Institut for Naturfagenes Didaktik. Disse drejer sig ofte om uddannelsesfaglige problemstillinger, der har interesse også uden for universitetets mure. De publiceres derfor i elektronisk form, naturligvis under forudsætning af samtykke fra forfatterne. Det er tale om studenterarbejder, og ikke endelige forskningspublikationer.

Se hele serien på: www.ind.ku.dk/publikationer/studenterserien/



Masterafhandling

Niels Jacob Jensen

Engineering i naturen og på naturskolen

- undersøgt ved elevers deltagelse

Vejleder: Marianne Achiam

Afleveret den: 3.maj 2019



Flere elever arbejder energisk med konstruktion af fuglerede

Kolofon

Institutnavn:	Aarhus Universitet/Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet
Afdelingsnavn:	Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet
Forfatter(e):	Niels Jacob Jensen
Titel og evt. undertitel:	Engineering i naturen og på naturskolen – undersøgt ved elevers deltagelse
Emnebeskrivelse:	Naturfagsdidaktik, naturskoler, eksterne læringsmiljøer, engineering, deltager-observation.
Vejleder:	Marianne Achiam
Afleveret den:	3.maj 2019
Karakteroptælling:	120.199 tegn inklusiv mellemrum – 50 normalsider

Tak

Forfatteren takker Naturvejlederne Mette Milner og Mads Ellegaard, Ishøj Naturcenter, for samarbejdet samt elever og lærere fra en 3. klasse i Ishøj. Endvidere takkes Dorte Salomonsen, Elzebeth Wøhlk, Rikke Mortensen og Lærke B. Haupt for gode og konstruktive diskussioner og ideer undervejs.

Abstract

With this master thesis, I seek to shed light on how the design-oriented teaching method "Engineering" can be applied to a nature school. I work with two relationships: 1) Based on the engineering work of the real world, I develop the model "Engineering in the nature school in nature" (EiSnatur), which is adapted to students' work in nature at a nature school. 2) I examine students' work with an EiSnatur teaching case directly at a nature school and in nature. The results show that the pupils are actively participating throughout the teaching activity. In the discussion, the reader is guided through my insights before the results of my study and my field study are put into perspective. The teaching case is developed on the basis of my model (EiSnatur). Both relationships are based on the interpretive paradigm. Nature schools are external learning environments, which have an impact on the participants' different roles as well as forms of teaching and - organization. In the practical evaluation I collect data by participant observation. The results show that the students are actively participating throughout the case. Furthermore, the EiSnatur model as a model and the practical activity offers students real-life work in groups that involve the design processes and materials nature offers in a situation that is clearly different from the students' school life. It is concluded, among other things, that both model and practical case show that engineering is suitable for being implemented for students' work in nature and at nature schools.

Med denne masterafhandling søger jeg at kaste lys over, hvordan den designorienterede undervisningsform "Engineering" kan anvendes på en naturskole. Overordnet set arbejder jeg med to forhold: 1) Med afsæt i ingeniørers arbejde i den virkelige verden udvikler jeg modellen "engineering på naturskolen i naturen" (EiSnatur), der er tilpasset elevers arbejde i naturen på en naturskole. 2) Jeg undersøger elevers arbejde med et konkret EiSnatur-forløb direkte på en naturskole og i naturen. Forløbet er udviklet på baggrund af min model (EiSnatur). Begge forhold tager udgangspunkt i det fortolkende paradigme. Naturskoler er eksterne læringsmiljøer, hvilket har betydning for deltagernes forskellige roller samt undervisningsformer og – organisering. I den praktiske afprøvning indsamler jeg data ved deltagerobservation. Resultaterne viser, at eleverne er aktivt deltagende i hele forløbet. Endvidere, at EiSnatur-modellen som model og den praktiske afprøvning tilbyder elever virkelighedsnært arbejde i grupper, der inddrager de designprocesser og materialer naturen tilbyder i en situation som, tydeligt adskiller sig fra elevers skolehverdag. Det konkluderes bl.a. at både model og praktisk afprøvning viser at engineering er velegnet til at blive implementeret til elevers arbejde i natur og på naturskoler.

Indholdsfortegnelse

ABSTRACT	3
INDLEDNING	8
Hvorfor lære naturfag?	8
Regeringen har en strategi.....	8
Interessen fra erhvervslivet.....	8
Engineering - metoden der forener mål og midler?.....	9
Engineering i den aktuelle politiske strømning	9
Problemfeltet i min personlige erfarings- og interessesfære	10
Min problemstilling	11
Problemformulering	11
TEORI OG BEGREBER	12
”Engineering i skolen” – et nyt design	12
Engineering i skolen som en designproces.....	13
Elevroller og elevkompetencer i engineering.....	14
Krav til elever.....	14
Krav til lærerroller og lærerkompetencer i engineering.....	14
NATURSKOLEN SOM LÆRINGSARENA	17
Naturskolen som eksternt læringsmiljø.....	17
Læring i eksterne læringsmiljøer, herunder naturskoler	18
Elevers roller, funktioner og læringsudbytte ved besøg på en naturskole.....	19
Lærer-/ Undervisers roller og funktioner på en naturskole.....	20
Undervisningsformer og -organisering på en naturskole.....	22

METODE – UDVIKLING AF MODEL	23
Idéen om dekonstruktion og rekonstruktion af begrebet engineering.....	23
Dekonstruktion og rekonstruktion af engineering-elementer.....	24
Udvikling af EiSnatur - Designkriterier for engineering på naturskole i naturen.....	24
Tager udgangspunkt i udfordringer og inddrager naturvidenskab	24
Fremstiller prototyper	25
Materialer.....	25
Organisering, frihedsgrader og progression	26
Andre aspekter af EiSnatur	28
FRA EISNATUR-MODEL TIL EISNATUR-UNDERVISNINGSFORLØB	29
METODE - DELTAGEROBSERVATION	30
Læring i eksterne læringsmiljøer	31
FELTARBEJDET – AFPRØVNING AF EISNATUR.....	32
Observation af eleverne.....	32
Afvikling af feltarbejdet.....	33
RESULTATER.....	34
Forstå udfordringen	34
Undersøge	36
Få ideer og Konkretisere	39
Konstruere.....	39
Forbedre	41
Konstruere, anden omgang.....	43
Præsentere.....	44
METODEKRITIK AF DATAGENERERING OG -INDSAMLING	46
Kritik af datagenerering og dataindsamling.....	46
Validitet	47
Reliabilitet.....	47

DISKUSSION	48
Elevroller og funktioner	48
Elevers deltagelse.....	48
Vanskeligt gruppearbejde	49
Elevers valgmuligheder og frihedsgrader	49
En styrke for eleverne – de lærer af hinandens løsninger	50
Elevers hverdagsforestillinger præger elevs samtaler i gruppearbejdet.....	51
Har eleverne fordel af at vide, i hvilken EiSnatur praksis de befinder sig i?	51
Lærer - / Underviserroller og -funktioner	51
Lærernes opfattelse af engineering-praksisserne	52
Har de eksterne læringsmiljøer et problem med lærerrollen i engineering?	53
Undervisers rolle.....	54
Undervisningsformer og organisering	54
Konsekvenser af EiSnatur-praksisser.....	55
Har de eksterne læringsmiljøer en fordel med organiseringen i engineering?	56
De eksterne læringsmiljøer trækker på viden fra mange områder ligesom engineering	56
Betydningen af at EiSnatur-aktiviteten afholdes i naturen.....	57
Opsummering.....	58
KONKLUSION.....	59
EiSnatur og elevroller	60
EiSnatur og lærerroller.....	60
EiSnatur og undervisningsformer og -organisering	61
PERSPEKTIVERING.....	62
De fire naturfagskompetenceområder og EiSnatur.....	62
Kritik af opfattelsen af hvad ingeniører arbejder med	63
LITTERATUR	65
BILAG 1.....	67
Drejebog engineering-fugletur for 3. klasse, Skovhytten Ishøj 28/2 2019.....	67
Kompetenceområder i natur/teknologi.....	75
BILAG 2.....	76
Mail til 3. classes lærer og Naturvejleder som oplæg til forløb 28.02.2019	76

BILAG 3.....	77
Mit felt-note-skema til observation: Mulige roller for elevgruppe EiSnatur.....	77
BILAG 4.....	78
Kandidater til engineering-cases – idékatalog	78
BILAG 5.....	83
Designkriterier for undervisningsaktiviteter i engineering i skolen.....	83
Fagligt indhold	83
Narrativ kontekst.....	83
Materialer.....	83
Flere mulige løsninger	84
Frihedsgrader, progression og prototype.....	84

Indledning

Hvorfor lære naturfag?

Der findes mange forskellige syn på og argumenter for *hvorfor* elever skal lære naturfag. Ifølge Sjøberg (2012) handler de mest fremherskende argumenter om nytte og dannelse: kultur, demokrati, hverdagsduelighed (hverdags-nytte) og økonomi. Ifølge kulturargumentet ses naturfag som et bidrag til vores kultur idet faget anses for at være kulturbærende. Demokratiargumentet handler om, at det er væsentligt at have viden om naturfag for at kunne tage stilling og beslutning og dermed ansvar inden for dele af samfundsudviklingen. Endvidere er der nytteargument, der handler om vores hverdagsduelighed og praktisk mestring i et moderne samfund. Her fremhæves det, at vores levevilkår forbedres, hvis vi fx kender de apparater, vi håndterer i hverdagen. Som sidste argument fremfører Sjøberg (2012) de samfundsøkonomiske årsager til, at elever skal lære naturfag; et argument, der træder tydeligt frem i den nuværende regerings strategi:

Regeringen har en strategi

I regeringens ”National Naturvidenskabsstrategi” fra 2018 hedder det:

Naturvidenskab og teknologi er en vigtig nøgle til Danmarks fortsatte vækst og velfærd. ... Vi kan ikke konkurrere på lige vilkår med for eksempel Kina eller USA. Disse lande vil også i fremtiden have flere ingeniører, biokemikere og programmører, som er villige til at arbejde for en langt lavere løn. Til gengæld har vi i Danmark tradition for at have en befolkning og en arbejdsstyrke, der gennem et stærkt uddannelsessystem opnår dannelse, er omstillingsparate, selvstændige, fagligt dygtige, kreative og kritisk tænkende (Regeringen, 2018).

Som det tydeligt fremgår, skal elever i Danmark, ifølge regeringen, lære naturfag for at opnå dannelse, men i høj grad også for at understøtte Danmarks fortsatte økonomiske vækst.

Interessen fra erhvervslivet

I verden over står mange interessenter på spring for at fremhæve netop deres særlige tilgange og bidrag til undervisningen, bl.a. i naturfag. Helt tilbage i 1960'erne blev skolemælksordningerne udviklet på danske folkeskoler som et velment sundhedsbidrag, men også som kvalificeret branding fra danske mælkeproducenter. Lego har i mange år været inde på markedet for undervisningsmateriale i de engelsktalende lande og er nu også vidt udbredt i Danmark med bl.a. Lego Mindstorms. I dag er minicomputeren Micro:Bits, der skal bidrage med læring inden for

teknologiforståelse, bl.a. udviklet af Microsoft mfl. Mange store virksomheder præger altså samfundsudviklingen gennem skole og undervisning.

Erhvervslivet præger ikke alene skolen med fysiske konkrete og materialer, men også med tilgange til undervisning. Her er engineering et relevant og spændende eksempel.

Engineering - metoden der forener mål og midler?

Kan engineering være det rette middel til at opnå målet om, at flere skal interessere sig for og lære naturfag? Ingeniørforeningen (IDA), Dansk Industri, Dansk Metal, Akademiet for de Tekniske Videnskaber, universiteter og en række store virksomheder har etableret den teknologiske alliance ”Engineer the future”, hvis formål er *at komme manglen på arbejdskraft til livs blandt andet gennem en opkvalificering af fødekæden fra grundskole til universitet inden for teknologi og naturvidenskab* (UC Viden, 2019) ”Engineer the future” står bag en omfattende udvikling af programmet ”Engineering i Skolen” (EiS), der er tilpasset danske forhold og baseret på en række erfaringer samt et omfattende teoretisk og praktisk grundlag (Auner *et al.*, 2018). På et kursus i 2018 betegnede det nationale naturfagscenter Astra metoden engineering som en af de væsentligste måder at arbejde med naturfag i grundskolen på. I artiklen ”Engineering – svaret på naturfagernes udfordringer” beskriver Sillasen *et al.* (2017) engineeringens potentiale som en pædagogisk praksis med mulighed for at integrere STEM-fagene (naturfag, teknologi, engineering og matematik).

Undervisningsministeriet har sat fire obligatoriske kompetenceområder (undersøge; modellere; perspektivere og kommunikere) op, der er gældende for grundskolens naturfag. Som jeg senere vil beskrive (Tabel 1), har elevers arbejde med engineeringforløb et stort potentiale til støtte og træning af de fire naturfaglige kompetenceområder. Engineering har endvidere kvaliteter og potentialer i andre og mere elevcentrerede retninger, som jeg vil komme ind på i de følgende kapitler.

Engineering i den aktuelle politiske strømning

Engineering er en tilgang til naturfagsundervisning, som giver et konkret bud på, *hvordan* elever kan lære naturfag. Engineering beskrives af Sillasen *et al.* (2017) som en praksis i undervisningen, der handler om, hvordan man skaber praktiske løsninger på praktiske problemer. Om hvordan man indkredser et problem. Om hvordan man kommer frem til et godt design. Om hvordan man vurderer om en løsning er ”god.” Engineering er en konceptuel og designorienteret tilgang

til undervisning og til elevers læring, der er oppe i tiden. Ikke alene anvendt i grundskolen, men også allerede i dagtilbud, i erhvervsuddannelser samt i gymnasiale uddannelser. Cunningham, der er kendt som den amerikanske ”mor” til engineering i skolen, skriver i bogen ”Engineering in Elementary STEM Education (2018)”, at det allervigtigste spørgsmål man kan stille en elev er: ”Hvilke problemer vil du løse når du bliver voksen?” Trods min alder vil mit svar på Cunninghams spørgsmål være: ”- jeg vil gerne forbedre naturskoleundervisningen ved at undersøge om og hvordan elever kan arbejde med engineering i naturen på naturskolen”.

Problemfeltet i min personlige erfarings- og interessesfære

Til dagligt er jeg leder af en naturskole i hovedstadsområdet. På ”min” naturskole arbejder vi ikke med engineering som metode. Det er heller ikke tilfældet på mange andre naturskoler på Sjælland ifølge en rundspørge til lederkollegaer. Der er dog mange træk ved naturskolernes tilgang til undervisning i naturfag, der taler ind i ingeniørers arbejde i virkeligheden og i engineering i skolen.

Naturskole er en institution, der har til formål at formidle viden om og skabe øget forståelse for naturen blandt børn og unge ved for en tid at flytte undervisningen fra klasseværelset ud i naturen. Mange af Danmarks ca. 100 naturskoler er et supplement til grundskolerne, hvor elevernes arbejde i naturen understøttes af en særlig beliggenhed i naturen og med ansatte undervisere, der ofte er efteruddannet som naturvejledere (Frydendal & Winckles, 2012; Hyllested, 2017).

Engineering synes særlig velegnet til at blive implementeret i naturen og på naturskoler på grund af at 1) naturskolernes arbejde med konkrete materialer eller ”rigtige genstande” (og ikke repræsentationer eller virtuelle genstande) i autentiske sammenhænge ligner meget den tilgang, engineering tager, 2) naturskolernes fokus på virkelige problemer ligger tæt op ad ideologien bag engineering, 3) naturskolernes ofte konstruktivistiske undervisningsform omfatter praksisorienteret, undersøgelsesorienteret samt elevcentreret undervisning, hvor der er fokus på elevernes aktive deltagelse og dermed læring. Herved tager naturskoleundervisningen afsæt i, at eleverne gennemfører eksperimenter på egen hånd i grupper og drager deres egne konklusioner. Derfor er det min vurdering, at det er relevant for en naturskole at vurdere *om* og eventuelt *hvordan* den kan anvende engineering i arbejdet med naturfagsundervisning. Denne vurdering er særlig vigtig set i lyset af to væsentlige forhold: 1) at engineering-undervisningen kommer til at foregå i et eksternt

læringsmiljø og 2) at engineering-undervisningen foregår i naturen med naturens materialer og genstande.

Som jeg senere vil uddybe er der, efter min vurdering, en del fællestræk mellem engineering i skolen og en engineering-lignende tilgang på en naturskole, men der er også en række forhold, man skal være opmærksom på (bl.a. Tabel 3). På trods af engineering-aktiviteters potentiale på naturskoler er der endnu ikke udviklet en særlig form for engineering i naturen eller til brug på naturskoler. Denne afhandling er bygget op om udviklingen af en model for arbejdet med engineering i naturen på en naturskole, samt udvikling og afprøvning af modellen via et konkret engineering forløb på en naturskole. På den baggrund byder afhandlingen på resultater, diskussion og perspektiver på betragtninger om engineering-aktiviteter på naturskolen i naturen.

Min problemstilling

Mange af de eksisterende engineering-forløb, der er udviklet (fx Astra; engineerthefuture.dk; Naturvidenskabernes Hus) er tilegnet indendørs miljøer og de materialer, der anvendes, er på forhånd udvalgt af lærere. Som tidligere nævnt er der en række fælles træk mellem engineering i skolen og elevers arbejde i naturen på naturskoler, fx at arbejdet ofte er problembaseret og organiseret omkring gruppearbejde. Her arbejder jeg med spørgsmålene: Hvad 'sker der' med elevernes deltagelse når et engineering-forløb flyttes ud i naturen? Hvad 'sker der' når aktiviteterne gennemføres i et eksternt læringsmiljø? Disse spørgsmål kan formaliseres i følgende problemformulering.

Problemformulering

Hvordan kan engineering i skolen 'oversættes' til en naturskolekontekst, hvor elever arbejder i naturen og hvad betyder denne 'oversættelse' for elevernes deltagelse i de forskellige engineering praksisser?

Afhandlingen har således to dele. En del hvor jeg udvikler en model for engineering i naturskolekontekst og en anden del hvor jeg afprøver modellen i virkeligheden.

Teori og begreber

Hele afhandlingen tager udgangspunkt i at et fænomen – ingeniørens arbejde i den virkelige verden – oversættes og tilpasses forskellige kontekster. Jeg tager dermed udgangspunkt i et såkaldt *fortolkende* paradigme, da mine observationerne fokuserer på de forståelser og betydninger af det faglige indhold og de faglige praksisser, der opstår i situationen som produkt af deltagernes sociale interaktioner og af den specifikke kontekst (Treagust *et al.*, 2014).

I mit arbejde med at udvikle en model for engineering aktiviteter på en naturskole i naturen (EiS-natur) er fortolkningen af naturskolens rammer som eksternt læringsmiljø nødvendige at tage i betragtning. På samme måde er naturen som ramme for aktiviteten relevant at iagttage, da naturen har konsekvenser for elevers arbejde.

I min datafremstilling er det også nødvendigt for mig at *fortolke*, hvad jeg observerer, idet jeg som observatør skaber de registrerede data i den specifikke fysiske og faglige kontekst. Det fortolkende paradigme bygger således på en konstruktivistisk tilgang til læring, idet denne læring forstås som deltagernes egen opbygning (konstruktion) af viden og forståelser ud fra deres personlige erfaringer, kultur og kontekst.

Det, som Treagust *et al.*, (2014) beskriver som det fortolkende paradigme, svarer til Anderson og Ellenbogens (2012) *relativistisk-kontekstafhængige* forskningsparadigme. Ifølge Anderson og Ellenbogen er den stedbundne situation – konteksten - væsentlig for læringen, og dette fokus stemmer overens med min interesse for den samlede læringsarena, jeg undersøger. Som jeg vil fremhæve i de følgende afsnit, er det eksterne læringsrum – og naturskoler i særdeleshed – markant anderledes end klasserums- og skolekonteksten, og de data jeg indsamler fra observationerne er afhængige af den kontekst, de er indsamlet i. Det er således centralt for mig at forholde mig til den aktuelle kontekst. Dette fokus på den specifikke kontekst betyder til gengæld, at de resultater jeg kommer frem til, ikke nødvendigvis vil kunne overføres til alle engineeringforløb, der afholdes i eksterne læringsmiljøer. Generaliserbarheden vil være begrænset.

”Engineering i skolen” – et nyt design

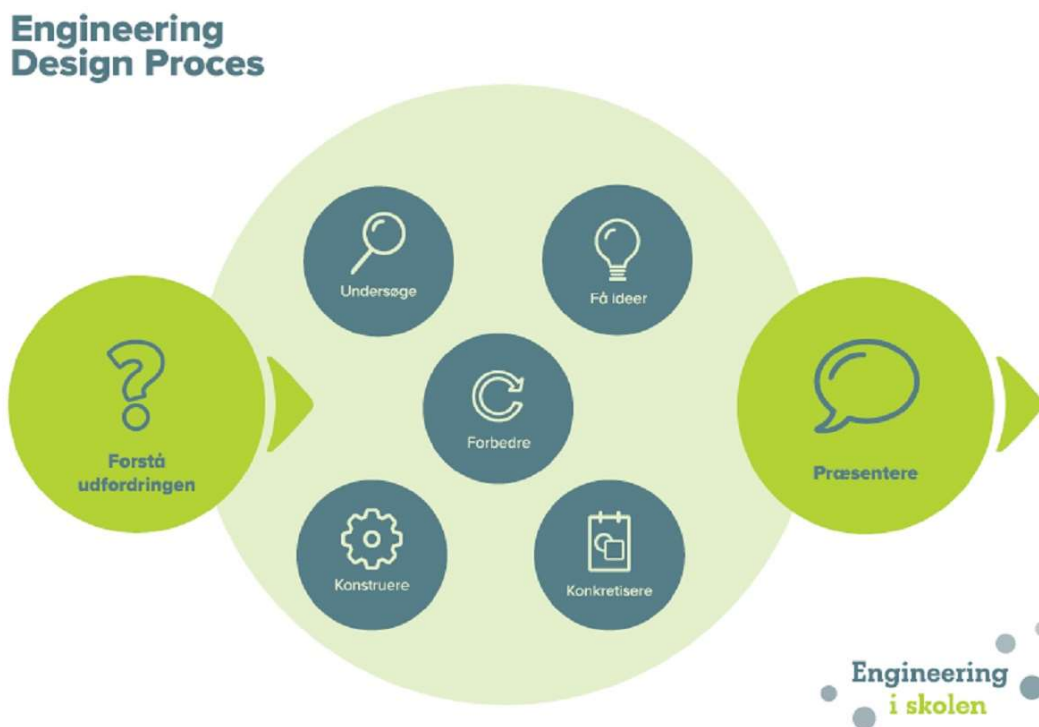
I Danmark er engineering i undervisningen i grundskolen blevet behandlet af en samarbejdsgruppe (Engineer the future, VIA University Collage, Astra og Naturvidenskabernes Hus, UCC samt lærere fra 5 kommuner), som har udviklet en særlig tilgang, ’Engineering i Skolen’ eller

EiS, som er tilpasset danske forhold. Denne tilgang er udviklet på basis af en række erfaringer samt et omfattende grundlag af teoretisk og praktisk arbejde. I nærværende rapport vil jeg hovedsageligt forholde mig til samarbejdsgruppens tilgang som beskrevet i Auner *et al.* (2018).

I en række engelsktalende lande er udviklet tilsvarende tilgange tilpasset nationale kontekster (fx EiE – Engineering is Elementary i USA, Cunningham, 2018) Den danske tilgang er dog et naturligt valg for mig, da den er tilpasset den danske skoleverden.

Engineering i skolen som en designproces

Engineering i skolen-tilgangen adskiller sig fra traditionelle måder af planlægge og gennemføre naturfagsundervisning på, idet engineering i skolen (EiS) er organiseret som problemorienteret gruppe- og projektarbejde. Endvidere fordyber eleverne sig i at konstruere en prototype via iterative processer i engineering.



Figur 1. Engineering design processen fremstillet som proces-diagram (Auner *et al.*, 2018). Hver cirkel udgør en engineering praksis.

Engineering processen for elevers arbejde med engineering i skolen er opdelt i syv delprocesser (se Figur 1). De delprocesser kalder jeg for engineering praksisser. Der er ifølge Auner *et al.* (2018) tale om engineering, når de fleste af elementerne kommer i brug. Eleverne arbejder sig

ikke nødvendigvis gennem forløbet i en lineær proces (Figur 1, de blå cirkler), men der er dog som regel tale om en tydelig begyndelse ved ”Forstå udfordringen” og afslutning ved ”Præsentere” (Figur 1, de to grønne cirkler).

Elevroller og elevkompetencer i engineering

En elev, der arbejder med engineering, møder forskellige situationer som eleven kan opfatte som udfordringer: 1. selve opgaven, 2. læreren, 3. de andre elever i gruppen og 4. sig selv.

For at skabe overblik over hvilke krav EiS-modellen vist i Figur 1 stiller i forskellige dele af forløbet, har jeg med udgangspunkt i idéen om forskellige faser i undervisningen (se Winsløw 2006) beskrevet et EiS-undervisningsforløb i tabelform (Tabel 1). Tabellen, der er baseret på Auner et al. (2018), beskriver hvilke kompetencer der adresseres, og hvilke roller, der spilles, af individuelle elever, elevgrupper, og lærere, i de forskellige praksisser af EiS-undervisningsforløb.

Krav til elever

Som det fremgår af Tabel 1 stiller EiS modellen krav til elevens kompetencer både som individ og som medlem af en gruppe. Som det fremgår af tabellen, har elevers arbejde med engineering-forløb et stort potentiale til støtte og træning af de fire naturfaglige kompetenceområder. Dette vil jeg komme yderligere ind på i afhandlingens perspektivering. Udover de allerede nævnte elementer skal man tilføje den konkrete fagfaglige læring, der fremmes gennem et konkret engineering-forløb.

Krav til lærerroller og lærerkompetencer i engineering

Som det fremgår af Tabel 1, har læreren flere forskellige roller i EiS-undervisningsforløb. Særligt i de to elementer i EiS-procesmodellen, der hedder ”Forstå udfordringen” og ”Præsentere” har læreren særlige muligheder for at tilføre forløbet autenticitet. Læreren kan ved indledende og afsluttende diskussioner med eleverne tilføre projektet omverdens-autenticitet, der kan virke motiverende og legitimerende for eleverne. Ønsket om reelt omverdensperspektiv på løsningen af en udfordring fordrer at ”nogen” skal hjælpes.

Desuden kan lærerrollen i engineering karakteriseres som faciliterende, idet læreren hjælper og understøtter elevgruppernes arbejde. Lærerens rolle er at understøtte elevernes kollektive arbejdsprocesser i grupper – denne understøttelse kan tage form af struktureret og/eller situeret stilladsering med forskellige formål:

- At fange elevernes interesse.
- At justere på elevernes frihedsgrader.
- At rette fokus mod læringsmål.
- At fremhæve kritiske elementer ved elevernes arbejdsproces.
- At yde støtte gennem faser der opleves frustrerende af eleverne.
- At hjælpe med hvornår elever går fra en fase til en anden fase (Auner et al., 2018).

I bilag 5 beskriver jeg en række designkriterier for undervisningsaktiviteter i engineering i skolen.

Tabel 1. Mulige didaktiske faser og kompetencer for den enkelte elev og roller for grupper af elever og roller for læreren igennem "Engineering design processen". Efter: Winsløw, 2006; Auner et al., 2018.

Elementer i "Engineering proces design" modellen	Den enkelte elev	Elev-gruppens rolle	Lærers rolle
Forstå udfordringen	Afkode budskaber Stille kritiske spørgsmål Fremsætte budskaber. Analysere Fortolke, Reformulere	Blive enige med hinanden og lærer om mål. Beskrive udfordring med egne ord	Præsentere udfordringen Sætte i gang Afklare Ejerskab gives til elever Mulighed for autenticitet
Undersøge	Samtale om viden Kortlægge viden Skelne mellem forskellige typer af viden* Tage beslutninger	Fælles kortlægning af fælles viden. Skaffe og tilegne sig manglende viden.	Observere Reflektere Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål Angive start og stop i fasen
Få ideer	Forklare Lytte Generere ideer Argumentere Fleksibel Afgrense	Forhandle og udvælge ideer	Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål Angive start og stop i fasen
Konkretisere	Formidle ideer Analysere kritisk Bearbejde Lytte Vælger Træffer aftaler Fordeler roller	Konkretisere, skitsere og vælge materialer og redskaber. Planlægge videre arbejde. Fordele opgaver.	Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål Angive start og stop i fasen
Konstruere	Følge aftaler Viden bruges funktionelt Improvisere Argumenterer for ændringer	Virkeliggøre deres ide til prototype	Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål Angive start og stop i fasen
Forbedre	Være vedholdende Være kritisk ift. eget og andres arbejde Diskutere Lytte Afp prøve Observere Dokumentere Analysere Erkende og lære af fejl	Teste, evaluere og forbedre prototypen	Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål Angive start og stop i fasen
Præsentere	Skabe overblik Kommunikere Forholde sig konstruktivt og kritisk til eget og andres arbejde	Vise løsning Præsentere overvejelser og valg undervejs	Mulighed for autenticitet

Naturskolen som læringsarena

Der eksisterer ikke meget litteratur om naturskoler, hvorfor en del i dette afsnit baserer sig på grå litteratur, som fx rapporter og hæfter. Som supplement har jeg inddraget litteratur om eksterne læringsmiljøer, vel vidende at her er en risiko for at pointerne bliver generelle og bredt dækkende.

Naturskolen som eksternt læringsmiljø

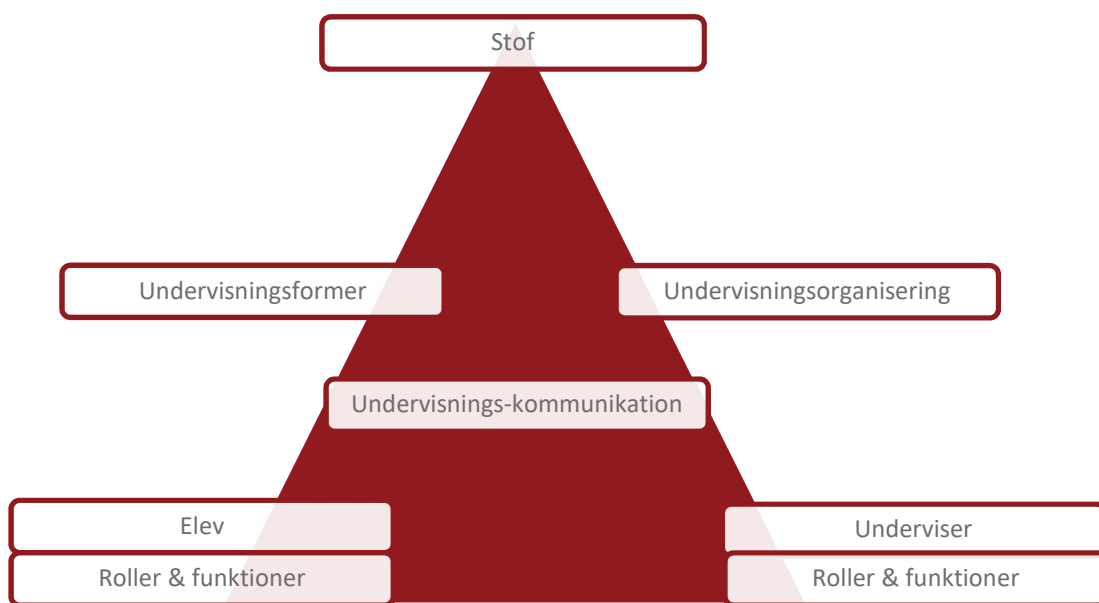
Spørgsmålet om hvorvidt et eksternt læringsmiljø er formelt eller uformelt afgøres af graden af tilknytning til skolens formelle ramme (fagenes og skolens formelle bestemmelser, rammer og krav). Læringsmiljøer i tæt forbindelse med skoler – fx naturskoler og skoletjenester kan således betegnes som formelle eksterne læringsmiljøer. I min case, på en naturskole, vælger jeg at aktiviteten skal spille sammen med de relevante lærings- og kompetencemål for fag og årgang, hvorved læringsmiljøet kan betegnes som formelt eksternt. Naturskolen er at regne som et eksternt læringsmiljø, der har til formål at formidle viden om og skabe øget forståelse for naturen blandt børn og unge ved for en tid at flytte undervisningen fra klasseværelset ud i naturen. Naturskoler er et supplement til grundskolerne, hvor elevernes arbejde i naturen understøttes af en særlig beliggenhed i naturen og med ansatte undervisere, der ofte er efteruddannet som naturvejledere (Frydendal & Winckles, 2012; Hyllested, 2017). I det følgende vælger jeg at betegne naturvejlederen eller det ansatte læringspersonale på naturskolen for *underviseren*.

På naturskolen er rammerne anderledes end på skolen. Her tænkes bl.a. på omgivelserne, underviseren og oftest også undervisningsformen. Et større udredningsarbejde om naturskoler's anvendelse af naturoplevelser som led i undervisningen blev udført og beskrevet af Andersen *et al.* (1995). Endvidere nævner Gutwill & Allen (2012) en række forhold, der adskiller læringsmiljøer i skoler og “uden for skolen” (særligt museer). Som en særlig betydningsfuld faktor fremhæver alle de nævnte forfattere de forskellige sociokulturelle kontekster. I skolen er der fx ofte et smalt fokus på læseplaner, eksperimenter med modeller og symboler, mens fx museer er steder hvor man kan udvikle interesse og engagement for science via “real-world phenomena” (ibid.).

Begrebsafklaring – eksternt læringsmiljø anvender jeg om steder, der fysisk er uden for skolen, men tænkt ind i skolens formelle kontekst (inden for loven og dertil formulerede mål). Det kan være i naturen, naturskoler, museer, science-centre eller virksomheder (Linderoth & Andersen, 2014).

Læring i eksterne læringsmiljøer, herunder naturskoler

Hvis vi kigger nærmere på læringen i de eksterne miljøer, fx på naturskolen, kan det være en fordel at anskue den didaktiske trekant. Den didaktiske trekant fra skolen flytter så at sige med udenfor skolen, og møder en ny didaktisk trekant i det eksterne miljø, især hvis der her er ekstern underviser. Her kan det være relevant at se på flere forhold. Det er bl.a. denne analyse, der danner grundlag for min udvikling af en model for engineering i naturen på en naturskole, og hvad den kan og skal indeholde.



Figur 2: Didaktisk trekant i en undervisningssituation. (med inspiration fra Slide #25 af Helle Mathiasen, MiSU5 2017).

Af figur 2 fremgår det, at en undervisningssituation er en meget kompleks størrelse. Af figuren udleder jeg følgende temaer, der har kvalitativ betydning for udvikling af engineering-forløb i naturen på naturskolen (EiSnatur), samt for min konkrete case:

- Elevroller og -funktioner
- Lærer-/ Underviserroller og -funktioner
- Undervisningsformer
- Undervisningsorganisering

I de følgende afsnit vil jeg kort belyse konsekvenserne af at skolen flytter ud i det eksterne læringsmiljø ("mødet mellem de to didaktiske trekanter") i relation til min udvikling af modellen

EiSnatur. Jeg vil i den forbindelse fokusere på de specifikke betingelser, der gør sig gældende for naturskoler som eksterne læringsmiljøer, selvom litteraturen er sparsom.

Elevers roller, funktioner og læringsudbytte ved besøg på en naturskole

Læring i eksterne miljøer, herunder naturskoler, er ikke blot en forlængelse af læring i klasselokalet, men bør ses som et væsentligt *supplement* til denne læring. Elevernes udbytter afhænger af en række komplekse forhold:

- organiseringen af besøget inden det afvikles,
- den forudgående viden hos lærer og elever,
- elevernes interesse og kendskab,
- den sociale sammenhæng besøget foregår i,
- lærerens dagsorden(er),
- elevernes oplevelser under besøget,
- hvorvidt der er klare relationer til undervisningen på skolen samt kvaliteten af disse relationer,
- strukturen og organiseringen af besøget samt
- eventuel evaluering og opsamling

(Linderoth & Andersen, 2015; DeWitt & Storksdieck, 2008; Hyllested 2007; Andersen et al., 1995).

Goldbech (2009) skriver – henvendt til naturvejledere, at ”overvejelser over emnet eller temaet går forud for overvejelser over, hvilke smarte, sjove eller pudsige aktiviteter eller eksperimenter, der kan laves”. Ved valg af indhold bør man tænke i helheder og sammenhænge. Reflekteret brug af praktiske aktiviteter er en forudsætning for en læringsmæssig værdi. Det er således nødvendigt at overveje, hvilke refleksioner en given aktivitet skal medføre.

Andersen *et al.* (1995) fremhæver, at det kan øge læringsudbyttet, hvis læreren er i dialog med underviseren som en del af planlægningen inden besøget. Denne dialog kan afklare, hvad der er i fokus ved netop deres besøg. Især for besøg i de eksterne læringsmiljøer gælder det, at der udover elevernes kognitive udbytter, også fremhæves sociale og følelsesmæssige udbytter ved elevernes direkte deltagelse og aktivitet. Sociale aspekter, såsom at eleverne har fælles oplevelser og opnår fælles erfaringer, kan positivt understøtte elevernes læring. På naturskolen og i naturen er det ofte andre kompetencer, der kommer i spil for eleverne end indendørs. Undervisere og lærere ser derfor indimellem elever, der blomstrer og viser evner og engagement, som ikke er set i

klasselokalet (Skytte & Krog, 2013). Linderoth & Andersen (2015) definerer syv mulige læringsudbytter (kognitive-, sociale- og følelsesmæssige udbytter) af elevers besøg i eksterne læringsmiljøer:

- Bidrag til oplevelsesbank, hvor elever ikke reflekterer
- Kropslig viden
- Ændring af følelser og attitude
- Aktiv nysgerrighed, interesse, bevågenhed
- Forståelse af nye fænomener
- Udvikling af praktiske eller mentale færdigheder
- Information og faktuel viden.

Sjældent opnår elever alle syv udbytter ved et besøg, men hovedparten af de nævnte læringsudbytter kan ifølge Linderoth og Andersen (2015) knyttes til elevernes direkte deltagelse under besøget.

En begrænsning er den korte tid et besøg varer, og de få besøg eleverne har mulighed for (Andersen *et al.*, 1995).

Udover de ovennævnte faktorer viser forskningen, at elevernes grad af medbestemmelse og autonomi har signifikant betydning for besøgsoplevelsen. Eleverne tillægger læring i det eksterne læringsmiljø værdi, når de oplever at have valgmuligheder, at emnet er relevant for dem, at målene er tydelige og at oplevelsen er fornøjelig eller de har det sjovt. Modsat trækker det ned, hvis eleverne oplever, at læreren ikke er engageret i besøget eller hvis aktiviteterne eller formen er for ”skolastisk” (Griffin, 2011).

Lærer-/ Undervisers roller og funktioner på en naturskole

På naturskolen er det ofte underviseren, der tilrettelægger forløbet og styrer de besøgende elever, efter lærerens ønsker. Det er sjældent, at lærerne anvendes som faglige medlærere, ofte fordi de ikke er fagligt kompetente på fagområdet. Lærerrollen på naturskolen er altså karakteriseret ved en disciplinerende funktion og/eller som gruppeleder (Andersen *et al.*, 1995). Der forekommer derfor situationer, hvor den traditionelle lærerrolle (læreren som eksperten, der ved alt) over for klassen nedbrydes og læreren optræder som medelev, hvilket af nogle forfattere vurderes til at have en positiv betydning for klassens arbejde (ibid). I kontrast til dette fandt Hyllested (2007) i en større undersøgelse af bl.a. lærerens rolle under besøg til eksterne læringsmiljøer, at mange lærere har svært ved at finde en passende rolle, hvilket hun betegner som et ”magtparadoks”.

Samlet set peger litteraturen på at læreren, for at optimere elevernes potentielle læringsudbytte, bør:

- Kende til besøgsstedet inden besøget med eleverne
- Søge at ”tune” eleverne ind til besøget, hvad angår stedet, aktiviteter og formål
- Sikre sammenhæng til undervisningen/elevernes arbejde før besøget
- Sikre at eleverne har den rette mængde tid til fordybelse under besøget
- Planlægge og gennemføre efterbehandling af besøg. (DeWitt & Storksdieck, 2008; Hyllested, 2007; Andersen et al., 1995).

For udviklingen af min model - EiSnatur - er det relevant at tage udgangspunkt i ovenstående forhold. Vil det være muligt at indbygge en form for fælles overenskomst, mellem lærer og underviser, via en potentiel kendt designorienteret tilgang til undervisningen i det eksterne læringsmiljø: Engineering i naturen på naturskolen – EiSnatur? Kan modellen bygge bro og bl.a. afhjælpe ovennævnte ”magtparadoks” ved at give læreren en klar og tydelig rolle under naturskolebesøget og derved øge elevernes potentielle læringsudbytte? Jeg har iagttaget, at enkelte kommunale naturskoler kører efter modeller, hvor læreren slet ikke deltager på elevernes ture, men eleverne dukker op alene. Trods de potentielle styrker ved EiSnatur er det dog min vurdering, at EiSnatur ikke kan anbefales som en model, hvor klassens lærer *helt* kan undværes. Dette underbygges endvidere af Griffin (2011), der skriver, at i tilfælde hvor læreren intet har med en classes besøg væk fra skolen at gøre, vil besøget have en begrænset læringsmæssig værdi for eleverne.

En undersøgelse foretaget af Griffin (2011) viste, at undervisere i eksterne læringsmiljøer tillagde et besøg værdi, når klassens lærer deltog aktivt i mere end halvdelen af tiden, og hvis læreren havde forberedt eleverne på besøget inden det fandt sted. Endvidere viste denne undersøgelse, at det havde værdi, hvis eleverne besøgte det eksterne læringsmiljø i mindre grupper. Andersen et al., (1995) nævner, at ca. to tredjedele af lærerne, der besøgte naturskoler, havde intentioner om at besøget på en eller anden måde skulle hænge sammen med den daglige undervisning. Det er værd at huske, at en lærers motiver, syn på og tanker om formål, mål og hensigter ved et besøg i et eksternt læringsmiljø ofte er helt forskellige og anderledes, end det syn underviseren i det eksterne læringsmiljø har. Fx kan et besøg være motiveret af en lærers ønske om variation i hverdagen (for lærere som for eleverne) eller for elevernes fornøjelse (DeWitt & Storksdieck, 2008). De nævnte forhold er alle med til at underbygge Hyllesteds (2007) tanker om magtparadokset underviser og lærer imellem.

Undervisningsformer og -organisering på en naturskole

Naturskolens tilbud kan supplere elevernes undervisning på forskellige områder, bl.a. sociale, motivations- og oplevelsesmæssige, samt faglige områder, særligt i relation til naturfag. Naturskolen giver i kraft af personale med særlig indsigt og erfaring, beliggenhed midt i undervisningsobjekt, naturen, mulighed for aktiviteter som hjemskolen sjældent kan tilbyde.

Som omtalt i det ovenstående har besøgets struktur samt antallet af frihedsgrader betydning for elevernes læringsudbytte af et besøg (fx Thorhauge 2011). Organiseringen af elever i mindre grupper kan betyde, at hver enkelt elev i højere grad arbejder praktisk, stiller flere spørgsmål og er mere aktiv og deltagende, hvilket sandsynligvis bidrager mere til elevernes læring (DeWitt & Storksdieck, 2008; Thorhauge, 2011).

Andersen *et al.* (1995) har undersøgt aktivitetsformer på naturskoler, dvs. aktiviteter der var bygget op om oplevelsesmetoder, om faglige metoder eller om håndværks- og husholdningsteknikker. De konkluderer, at alle de valgte tilgange opfattes som meningsfulde af deltagende elever. For eleverne var det væsentlige, at aktiviteterne var organiseret på en velafgrænset måde, så eleverne hurtigt kunne opfatte, hvad de skulle gøre, samt at aktiviteterne indgik i en sammenhæng, der var tydelig for eleverne.

Engineering er bare en af flere tilgange til at strukturere et besøg på fx en naturskole; en tilgang der både refererer til struktur, frihedsgrader og gruppeorganisering. Hvad betyder disse indsigter om struktur og frihed for udviklingen af min model for engineering-aktiviteter på en naturskole? Kan EiSnatur bidrage med at strukturere og skabe klarhed over roller for både elever og lærere når der arbejdes med engineering på en naturskole?

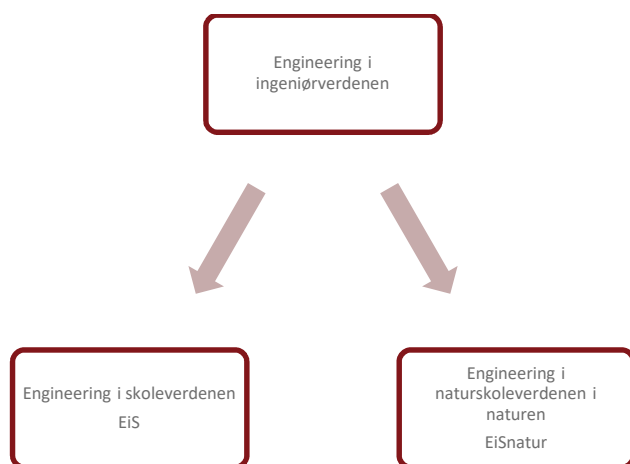
I udviklingen af EiSnatur skal der således tages hensyn til både indre (fra Engineering-verdenen, engineering som metode og tilgang, hvilket jeg uddyber i de følgende afsnit) og ydre forhold (naturskolen, naturen, eksterne læringsmiljøer) så EiSnatur tilpasses og organiseres optimalt for elevernes aktive deltagelse og dermed mulige læringsudbytte.

Metode – Udvikling af model

Denne afhandling tager som nævnt udgangspunkt i Engineering i Skolen (EiS). EiS overfører elementer fra ingeniørers arbejde i virkeligheden til ”fiktivt” ingeniørarbejde i skolesammenhæng. Denne overførsel er ikke triviell, men involverer en ”didaktisk re-formulering” eller en didaktisering af ingeniørers arbejde, hvor de dele, der er centrale for undervisningens mål, reformuleres på en måde så de kan realiseres og håndteres i praksis i skolesammenhæng (Auner *et al.*, 2018). På samme måde som i tilfældet EiS vil jeg overføre elementer fra ingeniørers arbejde i virkeligheden til ingeniørers arbejde i naturskoleverdenen i naturen (Figur 3). Den generelle model, der resulterer fra dette ”oversættelsesarbejde” kalder jeg EiSnatur. Jeg udvikler altså EiSnatur gennem en teoretisk *udvælgelse* af relevante engineering-elementer fra virkeligheden, en *dekonstruktion* og *rekonstruktion* af disse elementer, og en reformulering af elementerne for at tilpasse dem til en naturskolekontekst (se fx Achiam *et al.* 2016). Modellen EiSnatur anvender jeg derefter som udgangspunkt for udvikling af et konkret engineering-forløb, der afprøves i praksis, på en naturskole. I kapitlet ”Fra EiSnatur-model til EiSnatur-undervisningsforløb” beskriver jeg de overvejelser der ligger bag udviklingen af det konkrete engineering-forløb jeg siden afprøver på en naturskole.

Idéen om dekonstruktion og rekonstruktion af begrebet engineering

”Engineering i naturskolen i naturen” eller EiSnatur, er som sagt baseret på en dekonstruktion og rekonstruktion af ingeniørers arbejde i virkeligheden (Figur 3).



Figur 3: Dekonstruktion og rekonstruktion af ingeniørers arbejde i hhv. skoleverdenen (EiS) og naturskoleverdenen i naturen (EiSnatur).

Som det fremgår af Figur 3 er det *ikke* tanken at oversætte EiS direkte til Eisnatur, men snarere at gentænke hvordan ingeniørpraksisser fra virkeligheden kan rekonstrueres som EiSnatur. I praksis kan jeg dog ikke udelukke, at der forekommer ”medtænkning” fra EiS til EiSnatur, blandt andet fordi konteksterne - trods alt - har en del tilfælles.

Dekonstruktion og rekonstruktion af engineering-elementer

Det er selvfølgelig ikke muligt at skabe en kopi 1:1 i klassen af ingeniørens arbejdsmetoder, idet undervisningssammenhængen adskiller sig fra ingeniørverdenen på mange områder. Derfor er der *udvalgt og omformuleret* en række træk, der er relevante for undervisningen. Det er vigtigt at være opmærksom på, at denne omformulering til skolekontekst kan medføre, at noget af det autentiske går tabt (jf. Achiam *et al.*, 2016). I skoleverdenen er det derfor en særskilt udfordring at gennemføre engineering-undervisning, så eleverne oplever høj grad af autenticitet. Som det vil vise sig i det følgende, er autenticiteten en af styrkerne ved naturskole- og naturkonteksten, og derved også ved EiSnatur. Endvidere gør skolens opdeling i fag det svært at overføre ingeniørens tværfaglighed fra virkeligheden til skolen.

Udvikling af EiSnatur - Designkriterier for engineering på naturskole i naturen

I dette afsnit udvikler jeg de kriterier, som udgør ”oversættelsen” fra ingeniørens arbejde i den virkelige verden til en undervisningssituation for elever på en naturskole. Det er således i dette afsnit, at jeg udvikler min model ”EiSnatur”. Kriterierne for modellen kan anvendes af andre, der ønsker at udvikle engineering-forløb til en naturskole, hvor elever arbejder i naturen. Afsnittet er primært struktureret efter ingeniørers arbejde i den virkelige verden. Afsnittet opsummeres i Tabel 3.

Tager udgangspunkt i udfordringer og inddrager naturvidenskab

Undervisningsforløb til engineering i naturskolen i naturen relaterer til Fælles Mål for naturfagene (og evt. andre fag). I relation til fx dataindsamling kan relevante teknologier og matematik indgå som redskab til fx grafer, målinger, mv. Endvidere kan andre fag som fx håndværk og design eller idræt (friluftsliv) indgå. Her er det relevant at huske på, at naturen ofte byder på flerfaglig tilgang og at naturen ofte understøtter elevens sanselige, herunder taktile tilgang. Udfordringerne kan øge elevernes forståelse for sammenhænge og samspil i naturen. Her kan eleverne inddrages i naturens egne designprocesser.

Beskrivelsen af udfordringen bør være enkel og kortfattet. Narrativer, der danner baggrund for engineering-aktiviteten, kan potentielt nærme sig autentiske forhold, idet eleverne kan arbejde med de fænomener og problemstillinger eleverne oplever eller kan iagttage direkte i naturen. Altså problemstillinger, der forekommer eleverne at være ægte, måske endda selvoplevede. Dette kan have betydning for eleveres motivation. Mange elever har dog ikke et indgående kendskab til naturen, hvorfor den narrative kontekst ikke behøver at tage udgangspunkt i en virkelighedsnær udfordring i elevernes umiddelbare hverdag. Det er dog væsentligt, at afsættet er inspirerende og motiverende for eleverne.

Fremstiller prototyper

Udfordringen formuleres, så der er flere løsninger på udfordringen, hvor funktion er vigtigere end løsningens udseende. Der arbejdes med at udvikle prototyper, der ved innovative og iterative processer forbedres. Det er afgørende for engineering-forløb, at elever producerer en prototype og at prototypen kan forbedres på baggrund af test. Det er eleverne, der undersøger, hvilke forbedringer der er relevant for prototypen. Engineering-forløbene bør understøtte en ”konstruktiv fejlkultur”, hvor eleverne oplever, at fejl kan være produktive. I denne forbindelse er det dog relevant at fremhæve, at vejen til elevens læring går ad mange andre veje end via ”fejl”. Det er væsentligt, at både narrativ, materialer og redskaber (uddybes herunder) skal kunne rumme elevernes forskellige mulige løsninger af udfordringen.

Materialer

For at understøtte udviklingen af prototyper bør der være flere forskellige materialer til rådighed for elevernes arbejde. Materialer der samles i naturen, kan eleverne opleve som mere autentiske, idet eleverne opfatter, at de hører til ”den ægte verden”. De oplagte redskaber der anvendes (se Tabel 2), har eleverne måske mindre kendskab til, men det er min erfaring, at mange elever føler en nysgerrighed overfor den type materialer. Det bør fremhæves, at valg af materialer i høj grad er styrende for en række centrale forhold ved en engineering-aktivitet. Karakter og mængde af frihedsgrader kan styres via materialer. Endvidere kan materialer direkte fremtvinge elevernes arbejde med naturfaglig viden eller naturfaglige undersøgelser, ved at materialer har forskellige kvaliteter, der kan beskrives naturvidenskabeligt.

Tabel 2: Sammenstilling af relevante materialer for elevers arbejde med engineering på hhv. skole (EiS) (Auner et al., 2018) og i naturen (EiSnatur).

Materialesamling basic Skole	Materialesamling basic Natur
Sugerør, ispinde, tape, plastikskeer, tandstikker, plastikposer, plastikkopper, papkrus, piberenser, stanniol, elastikker, vat, husholdningsfilm, snor, clips, plastikflasker, engangsklude, paprør, grillspyd, blomsterpinde, lim og limpistol.	Urter, blade, kviste, grene, sten, jord, stammer, målebånd, dolk, sav, økse, kikkert, net, reb, snor
Materialesamling Udvidet Skole	Materialesamling udvidet Natur
Lego Mindstorm, micro:bits, datalogger,	Bål, termisk kamera, datalogger, trangia,

Organisering, frihedsgrader og progression

Elevernes arbejde er organiseret i grupper, hvilket stiller krav om, at der er arbejdsopgaver til alle og plads til alle elevers bidrag. Arbejdet bør organiseres, så der indgår besøg i naturen, hvor der foretages en form for observation, registrering, indsamling af materialer, afprøvning af redskaber mv. I denne forbindelse er det centralt, at eleverne oplever naturens uforudsigelighed, idet denne uforudsigelighed kan være kilde til elevernes innovative inspiration.

Hvor store frihedsgrader eleverne kan arbejde med afhænger af flere faktorer: klassetrin, elevernes erfaring med projektarbejde og lærerens erfaring med engineering-aktiviteter samt ikke mindst lærerens samspil med ekstern underviser på naturskolen. Det kan være nødvendigt for underviser på forhånd at overveje, hvilke og hvordan EiSnatur-frihedsgraderne kan justeres in-situ. Man skal være opmærksom på, at naturen som rum byder på uendeligt mange frihedsgrader og det er derfor helt nødvendigt nøje at overveje hvordan og hvilke frihedsgrader eleverne tilbydes. Tilsvarende gælder hvis elever *ikke* er vant til at arbejde i det eksterne læringsmiljø. Graden af uforudsigelighed ved at arbejde i naturen, herunder vind- og vejrforhold og andre pludselige hændelser, udgør naturligvis også en forskel.

Tabel 3. Karakteristika af ingeniørers arbejde, og hvordan elementerne i denne karakteristik afspejles af henholdsvis EiS og EiSnatur.

Karakteristik af ingeniørers arbejde (Auner et al., 2018)	Karakteristik af elevers arbejde med engineering i skolen (Auner et al., 2018) (EiS)	Karakteristik af elevers arbejde med engineering på naturskole i naturen (EiSnatur)
Tager udgangspunkt i udfordringer	Tager udgangspunkt i ”tænkte” fortællinger og udfordringer	Tager udgangspunkt i virkelighedsnærhed og autenticitet
Er organiseret i grupper med mange forskellige fag og viden.	Er organiseret i grupper med elever fra samme klasse	Er organiseret i grupper med elever fra samme klasse
Inddrager relevante teknologier	Inddrager de teknologier lærer og skole stiller til rådighed	Inddrager de teknologier lærer, underviser, natur samt de materialer natur tilbyder
Er løsnings- og/eller produktorienterede	Er i et vist omfang løsnings- og/eller produktorienterede	Er i et vist omfang løsnings- og/eller produktorienterede
Inddrager innovative og iterative designprocesser	Inddrager designprocesser lærer tilbyder	Inddrager designprocesser naturen, lærer og underviser tilbyder, herunder naturens mange frihedsgrader og uforudsigelighed
Fremstiller en eller flere prototyper	Elever søger at fremstille prototype	Elever søger at fremstille prototype
Er målrettet og processtyret	Undervisningssituation	Undervisningssituation, der på en række områder, adskiller sig fra elevernes skole-hverdag
Inddrager naturvidenskabelig viden, matematik og IT	Skole er ofte fagopdelt	I naturen ses udfordringer ofte på tværs
Er underlagt tidsmæssige, økonomiske, miljømæssige, etiske og andre begrænsninger	Indtil klokken ringer... flere timer over flere dage	Ingen klokke ringer..., men ofte maks. 5 timer i sammenhæng

Andre aspekter af EiSnatur

Da besøget på en naturskole er begrænset i tid, vil aktiviteterne være underlagt en stram tidsplan. Ofte er et besøg på en naturskole af tre til seks timers varighed på en dag. Her skal det dog fremhæves, at der ingen forstyrrende klokke er og at det er sjældent at elever tilbydes eller føler behov for et frikvarter. På en naturskole og i naturen har elever ofte vanskeligt ved at genfinde eller trække på viden eller færdigheder, de har lært i en anden situation eller kontekst. Fx kan det være en udfordring for elever at beregne arealet af en dam, selvom de er bekendt med begreber og formler for omkreds, diameter, areal m.m. Der kan således konstateres en anderledes læsning af kultur og fag, hvor mange elever der arbejder i naturen ikke genkalder sig fagopdelingen fra skolen.

Som nævnt i ovenstående afsnit er der en lang række forhold, som adskiller en undervisningssituation på en naturskole fra forhold på en skole. I udviklingen af kriterierne for EiSnatur er der med ovenstående afsnit taget hensyn til relevante forhold fra ingeniørers arbejde i den virkelige verden. Mange af disse forhold relaterer sig til stoffet, undervisningsformer og -organisering. Tabel 3 opsummerer hvordan ingeniørers arbejde er blevet dekonstrueret og rekonstrueret til hhv. EiS (Auner *et al.*, 2018) og min model: EiSnatur. For at gøre EiSnatur-modellen mere komplet skal der suppleres med enkelte pointer fra afsnittet ”Naturskolen som læringsarena”. Det er beskrevet, at elevers roller indbyrdes og overfor lærer kan være forskelligt fra klasseværelset. Lærers rolle overfor elever og underviser vil ændre sig med læringsmiljøet. Der er intet i disse rolle-ændringer der taler imod EiSnatur. Det kan diskuteres om EiSnatur kan have en særlig afhjælpende funktion i forhold til det som Hyllested (2007) betegner som ”mangtparadoks”, hvor læreren i det eksterne læringsmiljø har svært ved at finde en passende rolle i forhold til underviser. EiSnatur kan i udgangspunktet tænkes at bidrage med at strukturere og skabe klarhed over roller for både elever og lærere, når der arbejdes med engineering på en naturskole.

Fra EiSnatur-model til EiSnatur-undervisningsforløb

I det følgende afsnit vil jeg kort gøre rede for de overvejelser, der ligger i arbejdet med at udvikle mit konkrete EiSnatur-undervisningsforløb med udgangspunkt i modellen EiSnatur. Det er det forløb, jeg har testet i mit feltarbejde. Af Bilag 1 fremgår drejebogen for det konkrete undervisningsforløb. I kapitlet ”Feltarbejdet” (herunder) beskriver jeg i afsnittet ”Indsamling af data fra felten” hvordan naturvejlederen valgte forløbet, der blev testet. I Bilag 4 beskriver jeg, i et idékatalog, en række ”Kandidater til engineering-cases” til naturskoler.

Forløbet er udviklet på baggrund af tre grundlæggende forhold: (a) Min problemformulering: ”Hvordan kan engineering i skolen ’oversættes’ til en naturskolekontekst, hvor elever arbejder i naturen og hvad betyder denne ’oversættelse’ for elevernes deltagelse i de forskellige engineering praksisser?” (b) De syv faser (praksisser) i engineering og (b) De forhold der er beskrevet i Tabel 3: ”Karakteristik af elevers arbejde med engineering i naturen (EiSnatur).

For at undersøge kvaliteten af de forskellige engineering-praksisser i naturen var det væsentlig for mig, at eleverne kom igennem så mange af dem som muligt. For hver fase (engineering-praksis) var det væsentligt, at temaet for forløbet fik den rette opmærksomhed og behandling af eleverne og den rette stilladsering af lærer og underviser. Disse forhold er derfor beskrevet nøje i drejebogen (Bilag 1) med vægt på formål og begreber, der så vidt muligt skulle anvendes for hver engineering-praksis hele forløbet igennem. Endvidere var samtlige formelle krav til undervisningen indtænkt og beskrevet for lærer og underviser.

Forløbet skulle tage udgangspunkt i en autentisk og virkelighedsnær opgave, der inddrog de teknologier og materialer naturen tilbyder. Endvidere skulle aktiviteten være tilpasset årstid, tid til rådighed og elevers organisering i grupper. Der skulle kunne arbejdes med forskellige prototyper og en række frihedsgrader. En tur i naturen var en forudsætning, blandt andet for at gøre undervisningen tydelig forskellig fra mulighederne på elevernes skole, men også for at gøre iagttagelser og indsamle materialer og for at give mulighed for uforudsigelige oplevelser. Endvidere for at underbygge elevernes oplevelse af autenticitet og give dem mulighed for at se udfordringen på tværs af skolens fag (Tabel 3, EiSnatur).

Det er min vurdering, at min model er repræsenteret og kommer til udtryk i mit EiSnatur-forløb.

Metode - Deltagerobservation

Dette er ikke en læringsteoretisk afhandling, men jeg vurderer nu alligevel, at der kan være grund til at overveje, hvordan læring kan anskues. Sfard (1998) har beskrevet to forskellige metaforer for læring: *Acquisition metaphor* – på dansk, tilegnelsesmetaforen og *Participation metaphor* – på dansk, deltagelsesmetaforen. De to metaforer afspejler forskellige opfattelser af læring, som bygger på henholdsvis mere individuelle og mere sociale mekanismer.

Ordet *metafor* betyder på græsk en bevægelse fra et sted til et andet. Metaforer anvendes til at skabe situerede blikke og til at generere nye former for perspektiver, der er udviklet til at fremme nye måder at tænke på (Brinkmann og Tanggaard, 2015).

Sfard (1998) beskriver tilegnelsesmetaforen for læring ud fra et individuelt perspektiv. Her er det individet, som erhverver eller modtager viden. Deltagelsesmetaforen, derimod, anser læring for at være den fælles opbygning af kompetencer i en gruppe, hvor individet er én af flere deltagere. Tabel 4 giver en oversigt over de forskellige karakteristika for de to læringsmetaforer.

Tabel 4. Egenskaber for de to læringsmetaforer. Efter Sfard (1998).

Tilegnelsesmetafor		Deltagelsesmetafor
Individuel berigelse	Mål med læring	Opbygge fællesskab
At opnå noget	Læring	At blive deltager
Modtager (forbruger)	Elev	Deltager, lærling
Udbyder, facilitator	Lærer	Ekspert-deltager, fastholder praksis/diskurs
Ejendom, besiddelse, varer	Vidensbegreb	Aspekt af praksis/diskurs/aktivitet
At have, at besidde	Viden	Tilhører, deltager, kommunikerer

Læring i eksterne læringsmiljøer

Mange nyere undersøgelser af naturfagsdidaktik udenfor skolen, altså forskning i *eksterne læringsmiljøer*, anvender eksplicit eller implicit Sfards (1998) deltagelsesmetafor. I sådanne undersøgelser (her fx Rennie 2014) beskrives elevernes læringsproces med følgende nøgleord (original i kursiv):

- Bestemt af konkret situation (*situatedness*)
- Kontekst, sammenhæng (*context*)
- Læring som social praksis (*social meditation*)
- Diskurs (*discourse*)
- Kommunikation (*communication*)

Ifølge Oh (2006) kan deltagelsesmetaforen ofte opfattes som en del af *the theory of situated learning* eller *the situativity theory*. Grundlæggende er antagelsen, at al læring tager udgangspunkt i en eller anden situation, hvor læring sker i et socio-kulturelt system, et praktisk fællesskab, hvor individer interagerer med omgivelserne (systemet) såvel som de andre individer. Sfards deltagelsesmetafor synes altså velegnet til at indfange læring indenfor det fortolkende og kontekstafhængige forskningsparadigme, jeg arbejder indenfor. Sfard (1998) argumenterer i øvrigt for, at de to læringsmetaforer ikke bør ses som hinandens modsætninger, men ”sameksisterer i et patchwork af læringsmetaforer”, netop som virkeligheden er, hvad angår læring i eksterne læringsmiljøer.

Oh (2006) peger bl.a. på nedenstående indikatorer for læring, som er i tråd med deltagelsesmetaforen:

Autentisk opgave: Opgaver er tæt knyttet til elevernes egne interesser og ligner aktiviteter for forskning (eller for den sags skyld ingeniørarbejde) i praksis.

Indbyrdes afhængighed i gruppearbejde

Forhandling af forståelse: Mellem lærer/underviser og elever.

Samarbejde med eksperter: Elever samarbejder med eksperter uden for skolen. Fx ekstern underviser.

Disse indikatorer og nøgleord ligger fint i tråd med læringsprocesser i eksterne læringsmiljøer og EiSnatur, hvad angår indhold, organisering og læringssyn, hvorfor jeg anser deltagelsesmetaforen som værende en relevant tilgang og omdrejningspunkt for mine undersøgelser.

Feltarbejdet – afprøvning af EiSnatur

Når man skal undersøge elevernes specifikke udbytter under besøg i eksterne læringsmiljøer, kan det være en fordel at studere processer, der indikerer at læring finder sted (elevernes deltagelse) frem for hvad de har lært (deres tilegnelser) (Griffin, 1999). For at vurdere læring i eksterne læringsmiljøer kan det derfor være relevant at undersøge oplevelserne direkte, fx ved at betragte elevgrupperes samtaler som indikatorer for potentiel læring (Mortensen & Smart, 2007).

Et væsentligt aspekt af de eksterne læringsmiljøer er, at de engagerer eleverne i praksisser, der adskiller sig fra elevernes dagligdag på skolen. I de eksterne miljøer er det praktiske arbejde ofte i fokus, og særligt elevernes deltagelse spiller en central rolle. Mine undersøgelser fokuserer på situationen, og undersøgelser af øjeblikket. Med udgangspunkt i EiSnatur-modellens fem elementer (undersøge; få ideer; forbedre; konstruere og konkretisere) vil jeg observere elevernes deltagelse udtrykt som elevernes *samtaler og handlinger* under gruppearbejdet i en autentisk situation. Jeg vil således hævde, at der er tale om et godt match mellem det eksterne læringsmiljøes kvaliteter, engineering som tilgang til elevernes læring og mine observationer af elevernes samtaler og handlinger direkte i situationen og nuet, hvor aktiviteterne udspiller sig.

Dataindsamlingsmetoden er relevant, idet værdien af besøget i det eksterne læringsmiljø netop er kontekstuel – foregår i en særlig ramme og i en særlig situation. Det er derfor relevant for mig at fokusere på det unikke, som sker mens eleverne arbejder med og i de forskellige EiSnatur-praksisser. Jeg kigger på elevernes deltagelse i gruppen udtrykt som gruppens samtaler og handlinger i forbindelse med EiSnatur's forskellige faser.

Observation af eleverne

Jeg vil benytte mig af metoden ”deltagerobservation”. For at sikre en *struktureret observation* af fænomenet EiSnatur vil jeg benytte mig af eksplicit formulerede retningslinjer for selve observationen samt registreringen af adfærd (Aarhus Universitet, 2019). Mine retningslinjer er på forhånd sat i et skema (observationsguide, se evt. Bilag 3), der understøtter en systematisk registrering af indsamlede data. Metoden kaldes også for systematisk observation. Endvidere vil jeg gøre noter undervejs.

Jeg benytter en *passiv observation (non-participant)* idet jeg ikke direkte deltager som underviser i det der foregår, men blot observerer. Jeg vil så vidt muligt undgå, at have indflydelse på den

situation observationerne foregår i. Jeg vil dog være ærlig og åbenlys omkring min tilstedeværelse som observatør. Eleverne ved således, at jeg observerer dem, hvilket kan påvirke deres adfærd og føre til, at de agerer efter, hvordan de ønsker at fremstille sig selv. Jeg ved ikke, hvordan eleverne handler, når jeg ikke er tilstede (Aarhus Universitet, 2019). Endelig vil jeg optage video af den gruppe, jeg observerer. Tilladelse vil være givet af elevernes forældre på forhånd. Jeg har på forhånd valgt at følge én elevgruppe á 4-5 elever.

Afvikling af feltarbejdet

Engineering-aktiviteten hed *Fuglereder – engineering i dyreverdenen* og var valgt af naturvejlederen. Feltarbejdet blev foretaget den 28. februar 2019, hvor en 3. klasse fra Ishøj var på tur på Ishøj Naturcenter fra kl. 9-12. Naturvejleder (U – for underviser) og jeg var i Skovhytten, der fungerer som naturskole for Ishøj Naturcenter. Klassen ankom med to lærere (>5 års anciennitet, en med linjefag i N/T). Alle har været på naturskolen før. U og lærere (L) kendte hinanden. Elever (E) virkede glade og engagerede. Mit indtryk er, at det var en rolig og harmonisk klasse med to engagerede lærere. TV-Ishøj ankom med en kameramand, det så ikke ud til at påvirke E. Solen skinnede fra en skyfri himmel og det var 5 grader C. Læs eventuelt mere om aftalen med naturskolen i bilag 1.

Mit overordnede indtryk af forløbet var, at stort set alle elever var meget engagerede fra start til slut. Endvidere, at mange elever havde idéer og konkrete bud på løsning af udfordringer undervejs i de forskellige EiSnatur-praksisser, og at eleverne diskuterede livligt i grupperne og var gode til at holde fokus i de forskellige faser. U fortolkede drejebog og gennemførte aktiviteter i store træk i overensstemmelse med mine intentioner i drejebogen. Det var tydeligt at både U og L havde stor indflydelse på elevens og gruppens arbejde undervejs gennem faserne. Jeg vurderede, at min tilstedeværelse ikke havde stor indflydelse på elevernes arbejde (samtaler og handlinger), men dog en vis påvirkning af U og L.

Efter forløbet viste det sig, at mine noter fra felten ikke var tilstrækkeligt dækkende for situationerne, hvorfor jeg siden inddrog mine videooptagelser. Det er min vurdering, at jeg mens situationerne opstod og udspandt sig, ikke var tilstrækkelig trænet eller hurtig nok til at få noteret de nuancer, jeg havde brug for. I det følgende kapitel vil jeg på refererende vis gennemgå udvalgte passager (resultater), som de fremgår af de forskellige EiSnatur-praksisser. Resultaterne er således ikke et samlet og komplet referat af alt hvad der er sket i de ca. tre timer, men er udvalgt for at illustrere temaer, der er relevante for min problemformulering.

Resultater

Jeg har valgt at beskrive resultaterne i den kronologiske rækkefølge, der udspandt sig på dagen, og som alle deltagere oplevede. Beskrivelsen følger drejebogen og dermed de forskellige EiSnaturpraksisser (se evt. Bilag 1). Betegnelser E1, E2 og E3 er indført for at vise situationer, hvor forskellige elever taler sammen. Jeg anvender indimellem betegnelsen fase som synonym for engineeringpraksis.

Forstå udfordringen

Drejebog: Målet med denne fase er at skabe klarhed over dagens formål og aktiviteter. Underviser fortæller om reders formål, betydning for fugle og beskriver hvilke materialer reder er bygget af og hvordan de er konstrueret. Der bliver også fortalt om, hvad reder skal kunne holde til: stærk vind, en tung fugl der ruger på æg og måske flere tunge unger. Endvidere lægges der vægt på terminologien: stamme-gren-kvist i relation til materialer. Det er i denne fase tanken, at eleverne i grupperne selv og med egne ord skal formulere den udfordring, de netop er blevet præsenteret for.

I situationen: Lærerne har lavet grupper hjemmefra og eleverne fordeler sig hurtigt i grupperne. Jeg præsenterer mig og mit formål kort. De er fem elever i hver gruppe og de sidder ved tre borde under halvtag. Se foto 1. Eleverne i grupperne fik *ikke* talt med hinanden om udfordring og mål. Eleverne fik således ikke beskrevet udfordringen med egne ord. Dvs. at eleverne ikke selv har arbejdet med og reflekteret over ”forstå udfordringen”. Der er sandsynligvis mange individuelle forståelser og opfattelser af, hvad gruppen skal undersøge, arbejde med og præstere som svar på udfordringen. Der var ikke en fælles gennemtalt og konkret ide til prototype.

Som en del af introduktionen er eleverne gode til at komme med relevante bud på, hvordan de kan studere og konstruere reder. Følgende udveksling illustrerer, hvordan eleverne kommer med forslag til handlinger, der trækker på ”de designprocesser naturen tilbyder” (EiSnatur, Tabel 3):

- U: i dag skal det handle om reder. Fugle er megaseje, de bygger godt. I skal bygge en rede (viser grenkløft, E siden skal bygge rede i). Ikke let – vi er ikke fugle. Vi skal efterligne fugle og bygge rede, hvordan kan vi lære det?
- E1: kigge på fugle
- E2: prøve os frem
- E3: kig på reder

U: mange reder sidder højt oppe, hvordan kigge?

E4: vi kan bruge kikkert!

Underviseren fortalte ikke eleverne om de forskellige arbejdsfaser (engineering-praksisser), da den var bygget op omkring, men gjorde det dog klart, at eleverne skulle gennem en arbejdsproces med mulighed for at forbedre rederne, hvis de ikke umiddelbart klarede en test. I denne forbindelse nævnte underviseren, at testen ville simulere regn og blæst, mens den fremstillede rede indeholdt flere ”test”-æg:

U: vores reder skal kunne holde til en test med ægte æg fra en vagtel. Vi ryster reden for at efterligne blæst. Hvis ikke reden holder testen, skal vi forbedre den. Det er processen – Engineering-processen.

Denne test afspejler, at elever arbejder ”virkelighedsnært” og ”fremstiller prototyper” (EiSnatur, Tabel 3).

Som oplæg til næste fase, Undersøge, gav underviseren en forholdsvis kortfattet introduktion til eleverne. De fik at vide, at fugle bygger reder af forskellige materialer, og at deres opgave derfor var at tage forskellige materialer med tilbage til naturskolen: ”Vi går en tur og ser hvor mange reder, vi kan finde. I får papir og blyant. I kan tegne reder, så I ved hvordan de skal bygges. I får kurv til materialer.” Det blev således ikke præciseret, hvordan eleverne skulle gøre studier, noter og skitser.



Foto 1 og 2: Klassen samlet under naturskolens halvtag under fasen ”Forstå udfordringen” samt foto af begyndelsen af fasen ”Undersøg”. Bemærk kameramand fra TV-Ishøj til venstre i foto 2 til venstre.

Undersøge

Drejebog: Formålet med denne fase er, at eleverne opdager reder, der siden skal studeres. Ved elevernes studier skulle de fokusere på redernes placering i træet. På konstruktion - hvordan er rederne bygget - og af hvilke materialer? Målsætningen var, at hver gruppe fandt mindst en rede. Det var planen, at eleverne skulle lave detaljerede studier.

Kontekst: Vi forlader nu naturskolebygningen. De to lærere holder alle elever tæt samlet. TV-Ishøjs kameramand følger med og vækker ikke stor opsigt hos elever (se foto 2). Elever er optaget af, om de må gå alene – en og en. De får besked på, at de skal følges i grupperne, hvilket de (til min overraskelse) gør de næste ca. 20 minutter. Samtlige elever virker stærkt engagerede. Alle grupper ser mange reder. Kikkerter anvendes flittigt og deles mellem eleverne i grupper hele turen igennem, og bemærkninger som ”vi har fundet fire reder og nu kan jeg se en til” forekommer ofte. En gruppe registrerer 22 reder (se foto 3). Situationen trækker på, at eleverne arbejder i et ”autentisk” miljø, der tydeligt ”adskiller sig fra elevernes skole-hverdag” (EiSnatur, Tabel 3).

At gå med en tom kurv og en opgave om at samle materiale i skovbunden virker tilsyneladende stærkt dragende for flere grupper, der straks vil i gang med at indsamle materiale. En elev spørger læreren ”må vi samle grene nu?” hvortil læreren svarer ”Nej. I skal først tegne reder”. Det giver mig en formodning om, at det nok var en fejl at tage kurve med på dette tidspunkt i forløbet, idet indsamling var tiltænkt næste fase (Få ideer og konkretisere). Det var dog heller ikke en del af drejebogen, men underviserens valg. Kurven var faktisk mere styrende for elevernes valg af materialer end jeg havde ventet, som illustreret af en elevs bemærkning til en anden: ”Se de her grene – de er lidt for lange til kurven, vi knækker dem bare”. Situationen viser, at eleverne i deres tilgang er ”løsnings – og produktorienterede” (EiSnatur, Tabel 3).

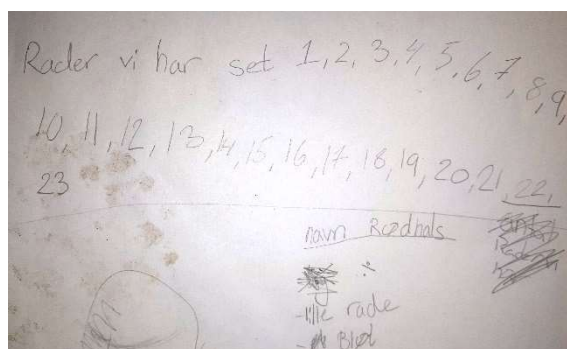


Foto 3: Gruppens felt-noter fra fasen ”Undersøg”. Her mest fokus på optælling af observerede reder.

Elever får ikke studeret reder grundigt i grupperne. Udvalgte grupperes felt-noter fremgår af foto 3-6. Som det fremstår fik ingen af grupperne tegnet skitser, der bidrog eleverne med ny viden om reders placering, materialer eller konstruktion. Grupperne talte sammen om reders placering, materialer eller konstruktion ud fra deres egne forestillinger og hverdagsforståelser, snarere end det de kunne observere. Derimod samler alle grupper materialer; de fleste grupperes kurve er fyldt (foto 8). Dermed blandes Undersøge-fasens studie af reder sammen med indsamling af materialer af både underviser, lærer og elever.

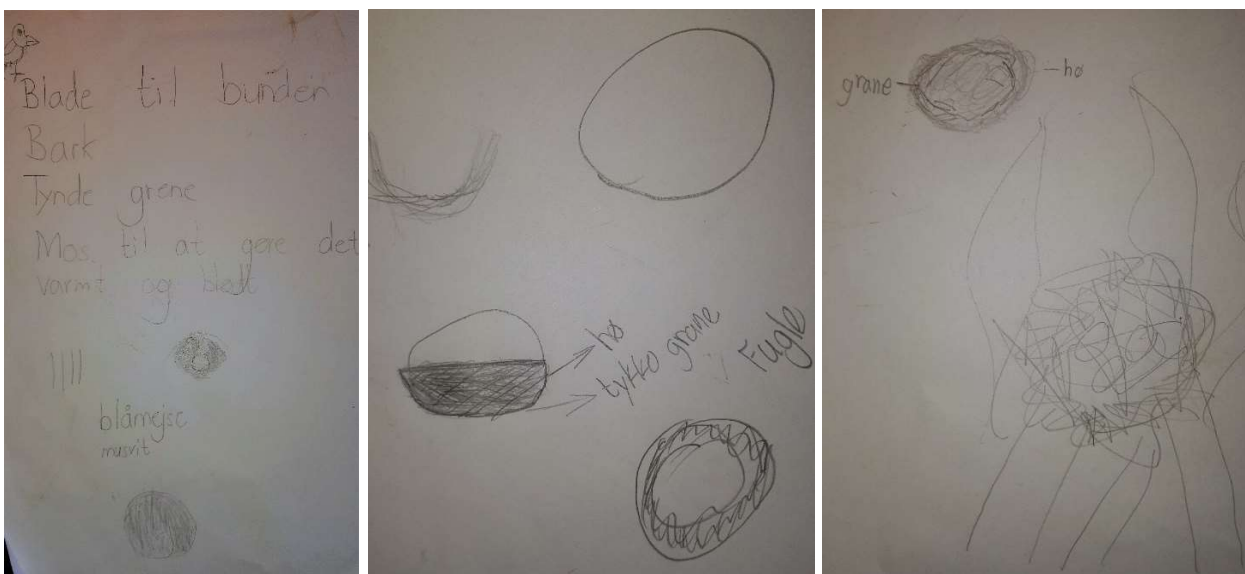


Foto 4, 5 og 6: Tre grupperes felt-noter fra fasen "Undersøg". Kikkert er anvendt til iagttagelse. Alle reder sad >4 meter oppe. Det var ikke muligt for eleverne at konstatere, at rederne var konstrueret med hhv. mos eller græs, som eleverne ellers har noteret.

Undervejs på turen rundt var eleverne stærkt optaget af at diskutere deres opgave med dels at skulle konstruere reder, dels at studere reder samt at samle byggematerialer:

- E4: kan vi bruge sten?
- E1: nej de er nok for hårde.
- E2: (med kikkert) jeg prøver at se om de (fuglene) har brugt mos i reden.
- E3: bruger de bark?
- E2: Det kan jeg ikke se. Måske ikke den slags bark, men nogle mindre flager, tænk fugle har jo spidse næb som de kan bruge på en anden måde end os!
- E4: vi kan flette med bark, grene og mos. Så kommer der varme mellem grene og mos.

Elevernes ordveksling illustrerer, hvordan elever ser ”udfordringer på tværs” i naturen (EiSnatur, Tabel 3).

Et andet eksempel på elevernes sammenblanding af deres hverdagsforestillinger med observationer og refleksioner illustreres af det følgende citat, som synes at pege på idéer om, at fugleunger fødes, at nyfødte fugleunger fryser, at nyfødte fugleunger findes om vinteren, at der er varme i mos:

E3: (henvendt til gruppe): vi har fundet en rigtig god ide, vi bygger en mos-radiator, så de nyfødte fugleunger ikke fryser om vinteren.



Foto 7 og 8: Gruppe med kikkert, notatark og kurv gik samlet igennem hele fasen ”Undersøg”. Gruppens kurv rummer mange typer materialer, der ikke kunne iagttages i de observerede reder.

På turen rundt i skoven forekom indslag og elementer, der ikke havde med fuglereeder at gøre, men som alligevel optog elevernes fokus, som illustreret i den følgende udveksling, der foregik i en granskov:

- E3: Årrh her er smukt, lige som i en jungle.
E4: kig her – der er en svamp.
E4: (til E1) Tør du tage den op? Årr den er klam. Hvad er det for en? Er den giftig så får du nu gift i kroppen.
U: se hvad er der sket her?
E: en fugl er død, et drab?
U: ja og I kan se på fjerene at det er en due, der er blevet ædt, men af hvem...?

Ikke overraskende og ikke afgørende afsporende indslag, men som passende og naturlige afbrydelser fra det stramme fokus. Som beskrevet i EiSnatur-modellen i Tabel 3, ses elevernes udfordringer (opgaver) i EiSnatur i den virkelighedsnære kontekst, hvor spontane oplevelser og uforudsigelighed forekommer hyppigt. Har den type indslag en positiv indflydelse på elevernes deltagelse i aktiviteten? Jeg forestiller mig, at dette er en situation, som ingeniører i den virkelige verden, ofte oplever. Lidt hypotetisk, men alligevel: eleverne der fandt en bunke duefjer og -dun fra drabet kunne have fået inspiration til at fjer og dun kunne anvendes i fugles konstruktion af reder.

Få ideer og Konkretisere

Drejebog: På dagen blev fasen Få ideer og Konkretisere sprunget over. Ifølge drejebogen skulle eleverne nu i grupper have samlet materialer ind. Jeg havde tænkt, at det var vigtigt, at fokusere på et trin af gangen og med tydelighed i processen holde forskellige trin adskilt. Der skulle udover indsamling være fokus på termer og sortering: Altså en klassificering af forskellige materialer og kvaliteter.

Som det fremgår ovenfor samlede eleverne materialer i foregående fase. Det var ikke planen efter drejebogen, men alene underviserens valg, måske ud fra et rationale om at det var praktisk? Eleverne var jo alligevel ude og studere reder – hvorfor kunne de så ikke ligeså godt også samle materiale på samme tid? ”Få ideer og Konkretisere” kom således ikke til at fremstå som selvstændige faser i EiSnatur. Jeg var ikke varslet om denne ændring i forhold til drejebogen. I praksis betød det, at der blev samlet materialer ind i fasen Undersøg. Den fase jeg havde planlagt blev således sprunget helt over, men elevernes begyndte at arbejde direkte i fasen Konstruere. Fra fasen Undersøg var alle grupper fyldt af forskellige materialer fra skovbunden, som eleverne forventede kunne anvendes af dem og måske af fugle til at konstruere reder. Ingen grupper fik forhandlet og udvalgt ideer til valg af materialer og til konstruktion. Ingen brugbare skitser eller noter vedr. konstruktion af reder, ingen planlægning eller aftaler inden Konstruktionsfasen. Nok et eksempel på ”naturens mange frihedsgrader (EiSnatur, Tabel 3), men også et eksempel på en underviser, der ikke har mange erfaringer med engineering og fasernes betydning for elevernes arbejde.

Konstruere

Drejebog: I denne første (af to) Konstruere-faser var det planen, at eleverne i grupper på baggrund af studier og skitser af reder, indsamling og sortering af materialer og enighed i gruppe skulle i gang med at konstruere reder.

Kontekst: Vi er nu kommet retur efter skov-rund-turen og grupperne sidder ved borde. Alle elever er stærkt optaget af samtaler om, hvordan reder skal konstrueres. Alle elevers hænder tager forskellige materialer op af kurvene og placerer det i grenkløfter. Prøver at bøje, binde, flette og dele bark op i mindre strimler. Alle taler fagligt om udfordringen og mulige løsninger. Kun i få minutter samtaler eleverne om ikke-relevant emne, fx ”*hvad skal du være til fastelavn?*”. Det er dog tydeligt, at alle grupper mangler idé, aftale og plan. Der er ingen skitser. Elever har reelt ikke de materialer som de reder, eleverne har observeret, er bygget af. Der er ikke enighed i grupperne, og tilsyneladende planløst og impulsivt prøver de sig frem, men det er vanskeligt at få kviste og grene til at sidde sammen. Læreren forsøger i nogle tilfælde at holde fast i den oprindelige drejebog:

- L: har I lavet en plan eller går I bare i gang? Hvad snakkede vi om hjemme? Først idé-fase med brainstorm, inden man begynder.
- E1: Teis har en idé!
- L: som alle i gruppen er enige om?
- E1: han er lige ude og hente græs.

Ordvekslingen mener jeg kan ses som eksempel på, at eleverne inddrager de ”designprocesser lærere og underviser tilbyder” (EiSnatur, Tabel 3) - i dette tilfælde var lærerens forsøg dog ikke fuldendt.

Efter ca. 20 minutter konstaterer jeg en del forvirring og frustration både hos elever som hos lærere og i mindre omfang hos underviser. Denne frustration grunder i, at der dels ikke er truffet aftaler i grupperne, og dels at elever prøver sig frem, men at det ikke lykkes at få en rede til at sidde fast og til at holde selv til små rystelser. Det ser ud til, at elevernes erfaringer fra hulebyggeri i træer anvendes, det er dog ikke italesat af eleverne. Begge lærere synes også frustrerede. En lærer tager uden gruppens opfordring hårdt fat i deres rede og ryster den så redens bryder sammen, under følgende dialog:

- L: hvad hvis der kommer en storm?
(E1 kigger forundret på L, der går videre)
- E2: jeg gir sgu osse op!
(E1 henter ny gaffelgren til ny rede. Nu græder E3, anden L ankommer.)
- L: (Bestemt (vredt?) henvendt til E2) du skal være stille og lytte med respekt til de andres ideer.

L: prøv at flette med kviste!



Foto 9: Flere elever arbejder energisk, men planløst med konstruktion af rede.

På et tidspunkt bringer en lærer et nyt (og ikke aftalt) fagligt tema på banen:

L: har I tænkt over, hvilken fugl der skal bo i reden blåmejse eller allike?

E2: Måske en lille fugl – vi tager rødhals!

Underviseren, der ikke synes frustreret, men registrerer de andres frustrationer og den begyndende dårlige stemning siger på dette tidspunkt, at der vil blive holdt en ”time-out” om fem minutter. Jeg noterer, at ”ingen klokke ringer” til frikvarter (EiSnatur, Tabel 3), men at der i dette tilfælde var brug for en time out. Det er lykkedes for to grupper at bygge to reder, der nu er klar til at blive testet af underviseren i fasen Forbedre.

Forbedre

Drejebog: Ifølge drejebogen skal underviseren nu teste rederne og elevernes forventninger til deres prototyper (reder); desuden skal underviseren samle op og trække konklusioner frem af tests. I denne proces er det væsentligt, at alle elever får ideer til forbedringer af prototyper.

Kontekst: To grupper ud af fem har bygget reder, der skal testes. De to reder er tydeligvis bygget af græs, hvilket ikke var et materiale eleverne observerede i rederne i skoven.

U: hvordan kom I på ideen med græs?

E1: vi kiggede efter hvad de andre gjorde

(U tester rede og alle æg bliver i rede; eleverne er tydeligt lettede over at rede bestod testen)

U: hvordan kan I forbedre reden alligevel?

(alle i gruppen har fingeren oppe og giver relevante bud på konstruktive forbedringer).

Observationen illustrer to forhold, der refererer til modellen EiSnatur (Tabel 3): dels at eleverne arbejder ”løsnings-/produktorienteret”, med fokus på at løse den stillede opgave og dels at ”naturlens mange frihedsgrader” tilbyder materialer, der måske ikke lige var tænkt som en del af løsningen fra planlæggerens side.

Jeg oplever, at alle elever er meget fokuserede og lytter til test-gruppernes forklaringer til materialevalg og konstruktion. Herefter testes en ny gruppes rede:

U: hvor skal æg i?

E2: der hvor der er mos – det er dejligt blødt

U: nu stormer det (bevæger grenkløft m rede fra side til side. Alle elever følger koncentreret med og ingen siger noget.)

U: ups – der røg et æg ud – nu et tilbage. Hvordan kan det være at det ene æg klarede stormen?

(Eleverne kommer med forskellige bud der har med konstruktionen at gøre, fx dybere hul med mere plads, højere kanter, stærke og stabile kanter.)



Foto 10: For at styrke fortællingen og gøre den virkelighedsnær (Tabel 3) blev der anvendt ægte vagtelæg til test af redernes egenskaber.

Elever (og lærere) har tilsyneladende ingen viden om forskellige fuglearters valg af redemateriale, placering eller konstruktion ej heller begreb om arternes størrelse. Underviser har ikke planlagt det som en del af aktivitetens mål, men spørger alligevel gruppen:

U: hvilken fugl har denne rede?

E1: en lille rødspætte

U: troede det var en fisk, I mener rødhals

(Alle griner - venligt)



Foto 11: Naturvejleder (U) Tester en gruppes prototype på en rede i fasen "Forbedre".

Konstruere, anden omgang

Drejebog: Målet for denne del af EiSnatur-forløbet er, at eleverne i grupper skal bygge reder på ny. Eleverne skal med nye ideer fra den forrige fælles forbedre-fase opbygge nye forbedrede prototyper (EiSnatur, Tabel 3).

Kontekst: Efter den korte pause, som underviseren valgte at lægge ind, er vi nu tilbage og eleverne bygger reder på ny. Pausen var valgt for at give eleverne lidt fysisk aktivitet (og dermed varme) og for at give eleverne lidt afstand til det forrige frustrerende rede-byggeri. Jeg oplever, at hovedparten af eleverne arbejder fokuseret og praktisk med diskussioner af konstruktion af reder. Alle reder bygges nu primært af græs. Jeg hører dog ikke elever, under konstruktionsarbejdet, referere til de præsenterede forslag til forbedringer.

Jeg oplever fortsat engagerede elever, der alle arbejder med at bygge reder på ny, mens de taler om principper for konstruktion og diskuterer materialers kvaliteter, som illustreret i den følgende udveksling:

- E1: Hvorfor må vi ikke bruge mos? E2: Det ved jeg ikke – fordi L siger det.
E2: vi må ikke bruge mos for L, jeg ved ikke hvorfor, vi bruger bare lidt alligevel.

Modellen EiSnatur (Tabel 3) hævder, at elever "inddrager de designprocesser lærer eller underviser tilbyder" – det passer så ikke til denne situation, hvor eleverne selv tager styringen og arbejder innovativt.

Alle grupper får i løbet af blot 15 minutter bygget reder, primært af græs (Foto 12). Eleverne anvender således ikke det redemateriale fra de reder de observerede, men eleverne efterligner i højere grad de prototyper der virkede og kunne leve op til testen. I relation til EiSnatur-modellen (Tabel 3) vil jeg fremhæve "naturens mange frihedsgrader", der tilbyder et væld af materialer. Eleverne er alle klar til sidste fase, hvor grupperne skal præsentere deres nye prototyper.

Præsentere

Her er det formålet, at eleverne viser deres løsninger og præsenterer de overvejelser og valg de har truffet for at konstruere rederne. Underviseren tester rederne for sidste gang. En gruppe kommer op en ad gangen og præsenterer deres rede. Underviseren fører grupper gennem præsentationen, primært med karakter af overhøring: "*Fortæl hvad I har...*" Alle fem gruppers reder klarede testen til slut. Alle reder er nu primært bygget af græs (Foto 12).

U: I bruger græs, men de duereder vi så var ikke bygget af græs, men af kviste, hvorfor kan fugle?

E: de har øvet sig. De fletter med kviste.

U: de bruger meget tynde kviste, de er lette af forme og flette sammen.

Alle elever virkede lettede og glade over at klare test. Elever klapper, når en rede klarer testen. Stemningen er god nu. Underviseren spørger alle grupper, om hvilke eventuelle forbedringer de kunne foreslå:

U: hvilke forbedringer kunne I lave?

E1: komme tag på, som beskyttelse for rovfugle

E2: mere stabil med flere kviste på siderne

E3: vi kunne bygge højere kanter, så æg ikke falder ud under storm

E4: vi ku gøre den lidt pænere

U: tror I fugle går op i det?

E4: ved ikke

I relation til ovenstående ordveksling vil jeg fremhæve, at "i naturen ses udfordringer ofte på tværs" (EiSnatur, Tabel 3), hvilket tilsyneladende også gør sig gældende for de *løsninger*, der foreslås af eleverne.



Foto 12: En flot rede, primært bygget af græs, i modsætning til de reder eleverne studerede oppe i træerne, der var bygget af kviste. I sidste omgang valgte alle grupper at bygge reder af græs.

Som afrunding af dagen spørger underviseren:

- U: hvad har I lært i dag?
- E1: hvor svært det er at bygge rede, men at græs, der kan formes giver gode reder
- E2: samarbejde, fx på turen i skoven, hvor vi skulle aftale, hvad vi skulle samle.
- E3: hvor seje fugle er til at bygge og at der skal være meget plads til både æg og fugl
- E4: vi har lært, hvordan man bygger noget ved først at tænke på en plan og siden at prøve sig frem.
- E5: at samarbejde er svært, vi er uenige og har forskellige ideer.
- E6: at finde ting i skoven, grene og kviste, efter reder jeg har set

Den afsluttende ordveksling illustrerer, at der er blevet arbejdet ”virkelighedsnært” (E1, E6) ”i grupper” (E2) og at det var en udfordring for eleverne (E5). Endvidere at eleverne inddrager de ”designprocesser og materialer naturen tilbyder” (E3, E6) og at de arbejdede ”løsnings-/produktorienteret” (E4) og var i en undervisningssituation, der ”adskiller sig fra elevens skoler-hverdag” (E6) (EiSnatur, Tabel 3).

Det kan således opsummeres, at flere forskellige elevs kommentarer undervejs og som afsluttende kommentarer trækker på karakteristika fra modellen EiSnatur (Tabel 3).

Metodekritik af datagenerering og -indsamling

Vejen fra min drejebog til underviserens tolkning og fremstilling af engineering-praksisser for eleverne er lang og kompleks. Det er værd at fremhæve dette som en kritik af aktivitetens overordnede organisering. I sagens natur er det en kompleks proces, der er bag organiseringen: Jeg har udarbejdet en drejebog over et koncept og design, jeg er usikker på (EiSnatur), dette videregives til en underviser, der ikke har erfaring med engineering og som med sin fortolkning udfolder konceptet overfor en klasse med lærere, som i et løst fællesskab med underviser skal lede og understøtte elever i arbejdet med EiSnatur. Jeg vil nu trække en række elementer frem til nærmere diskussion.

Kritik af datagenerering og dataindsamling

Mit EiSnatur-forløb om konstruktion af reder er ikke stærkt gennemsyret af engineering. Det skyldes flere forhold. Dels er jeg uerfaren med engineering-tilgangen lige som underviseren er uerfaren, dels er det min erfaring, at lærere generelt er uerfarne i at arbejde i naturen og ikke mindst med engineering. Det er dog min vurdering, at jeg ikke kunne have gjort det anderledes. Som nævnt i indledningen viste en rundspørge til naturskoler på Sjælland, at ingen havde arbejdet med engineering. Jeg mener således, at jeg ikke kunne have udført mit feltarbejde meget anderledes. Her er det værd at fremhæve, at min undersøgelse hører til det fortolkende paradigme, hvor der ikke findes forkromede løsninger og hvor enhver læringsituation betragtes som værende unik. Enhver engineering-model vil derfor være genstand for lokal tilpasning.

En af fordelene ved den direkte observation er, at jeg er tilstede i situationen, som netop er genstand for min undersøgelse. Man kunne overveje andre dataindsamlingsmetoder. Fx et efterfølgende interview, hvor underviser, lærere og elever selv skulle fortælle, hvad de gjorde i et EiSnatur-forløb. Et interview med det formål ville dog byde på andre selv-oplevede svar end min observation. Et andet alternativ til direkte observation kunne være en spørgeskemaundersøgelse, men den ville være vanskelig at gennemføre for at belyse min problemstilling, da jeg ikke ville vide om spørgsmålene kunne rumme, indfange og være dækkende for de aktuelle situationer, der opstod undervejs. En spørgeskemaundersøgelse kunne derimod fx anvendes som et forsøg og et bud på at afdække elevernes faglige udbytte af EiSnatur. Men som Sfard (1998) advarer om, er der en risiko ved at anvende deltagelse som metafor for læring, nemlig at det videnskabelige emne gradvis kan forsvinde. Med andre ord, hvis man fokuserer for meget på elevernes deltagelse i de videnskabelige processer (fx via deltagerobservationer som her), løber man risikoen

for at adskille disse processer fra det faglige indhold, der skabte eller afstedkom dem (Ault & Dodick, 2010). Det betyder, at læseren af denne afhandling kan sidde tilbage med spørgsmålet om, hvad der faktisk læres i den konkrete case.

Observation som metode er udviklet til anvendelse over lang tid (flere måneder). I mit tilfælde blev observationen udført over bare tre timer. Jeg kender dog til situationen fra mange års erfaring med feltet og et indgående kendskab til skoleklassers besøg og arbejde i eksterne læringsmiljøer i naturen.

Validitet

Er min undersøgelses konklusioner gyldige? Undersøger jeg det, jeg hævder at undersøge? Det vil jeg hævde, idet jeg som sagt har et indgående erfaringsbaseret kendskab til feltet naturskoleundervisning.

I det fortolkende paradigme udarbejdes ikke en lang gyldighedserklæring, men en klar beskrivelse af hvad der er foretaget og en forklaring af hvorfor. Fortolkningen af situationen og dermed konklusionen anses ikke som den absolutte sandhed (Treagust *et al.*, 2014).

Reliabilitet

Hvor pålidelig er min undersøgelse? Vil en gentagelse give samme resultat? Det vil være en illusion at tro, at min specifikke undersøgelse kan gentages, da den specifikke situation og de specifikke kontekster kun er gældende for den ene dag pga. kontekstafhængighed. Er min tolkning præget af særlige omstændigheder, der kan præge pålideligheden?

Treagust *et al.*, (2014) skriver om "Common quality standards" at datakvaliteten bl.a. afhænger af: dybdegående erfaringer med feltet, af reflekteret analyse af dataene og af klar (gennemsigtig for læseren), righoldig rapportering. Jeg har med mine mange erfaringer fra naturskoler gode forudsætninger for at være opmærksom observatør i felten og særdeles gode forudsætninger for at fange, hvad der er relevant. Jeg præsenterer en forholdsvis klar og 'righoldig' afrapportering af data med fotos, tegninger, noteark, citater og observationer. Det er derfor sandsynligt, at andre vil vurdere mine data på samme måde som jeg.

Diskussion

Mine resultater viser, at engineering ”i virkeligheden” kan oversættes til konkrete engineering-aktiviteter i naturskolekontekster, hvor særligt naturens materialer og muligheder anvendes. I en konkret afprøvning af et specifikt udviklet EiSnatur-forløb og design observerede jeg et højt niveau af elevdeltagelse i samtlige afprøvede engineering-praksisser.

I nærværende afsnit er det min hensigt, at diskutere mine resultater i lyset af de teoretiske betragtninger jeg gør mig om hhv. EiS, EiSnatur, om eksterne læringsmiljøer i samspillet mellem underviser, lærere og elever. Strukturen i diskussionen følger elementer i den didaktiske trekant (Figur 2), der rummer det væsentlige i en undervisningssituation. En undervisningssituation er en meget kompleks størrelse; som beskrevet i kapitlet ”Naturskolen som læringsarena” øges kompleksiteten når undervisningen flyttes ud og væk fra skolen. I det nævnte kapitel udledte jeg disse temaer, der har kvalitativ betydning for elevernes arbejde i min praktiske afprøvning af en case med EiSnatur:

- Elevroller og -funktioner
- Lærer-/ Underviserroller og -funktioner
- Undervisningsformer- og -organisering

Strukturen i diskussionen er således ikke en kronologisk gennemgang af EiSnatur engineering-praksisser efter drejebogen for aktiviteten, men snarere en diskussion af ovennævnte temaer. I diskussionen vil korte observationer fra feltarbejdet (mine feltnoter eller udsagn fra deltagere) være sat i citationstegn og EiSnatur-praksisser skrevet med VERSALER. Jeg anvender indimellem betegnelsen fase som synonym for engineering praksis.

Elevroller og funktioner

Elevers deltagelse

Det var tydeligt, at eleverne hele vejen igennem forløbet var aktive, engagerede og deltagende. Ingen elever spurgte på noget tidspunkt om en pause eller et frikvarter, hvilket jeg tolker som tegn på højt niveau af elevdeltagelse. Gennem hele UNDERSØG fasen på ca. 20 min. blev eleverne i grupperne (mod min forventning). Eleverne virkede stærkt engagerede. Alle grupper opdagede mange reder. Kikkerter blev anvendt flittigt og delt mellem eleverne i grupperne. Også i KONSTRUERE fasen var hovedparten af eleverne aktivt deltagende både med samtaler og praktiske handlinger. Jeg noterer, at ”alle elever sidder med forskellige materialer i hænderne. Prøver

at bøje, binde, flette og dele bark op i mindre strimler. Alle taler fagligt om udfordringen og mulige løsninger.” Dohn (2007) skelner mellem to former for interesse, hhv. situationel og individuel interesse, der henviser til elevers engagement. I min case er der tale om at elevernes interesse er stimuleret i den specifikke situation.

Breiting (2011) beskriver, at elevers ejerskab til aktiviteter, problemstillinger, idéer og resultater øges ved en række forhold, herunder ved social anerkendelse, hvilket jeg vurderer var tilfældet da elevernes begejstring kulminerede omkring fasen FORBEDRE. Her blev rederne testet med ægte vagtelæg. Testen bød på drama - næsten i form af liv eller død - hvis et æg faldt ud ville det gå itu (Foto 10 og 11). Alle elever klappede, når en rede bestod testen. Mange elever i hver gruppe havde endvidere forslag til forbedringer af netop deres rede. Jeg har, ud fra min undersøgelse, vanskeligt ved præcist at pege på hvilke faglige læringsudbytter (Linderoth & Andersen, 2015) eleverne opnår, hvilket da heller ikke har været mit primære mål. Allerede i fasen FORSTÅ UDFORDRINGEN kom eleverne selv med relevante bud på, hvordan de selv kunne arbejde i fasen UNDERSØGE med at efterligne fugles rede-byggeri: Vi kan ”kigge på fugle..., prøve os frem..., kigge på reder..., vi kan bruge kikkert!” På baggrund af min undersøgelse vurderer jeg dermed, at eleverne var meget aktive og deltagende hele forløbet igennem.

Vanskeligt gruppearbejde

Omend gruppearbejde er en forudsætning i EiSnatur (og for EiS), kan gruppearbejde være en vanskelig arbejdsform i 3. klasse. På et tidspunkt godt henne i første KONSTRUER fase valgte underviseren da også at tage en timeout, da samarbejdet i en gruppe brød sammen og en elev græd. Jeg vurderer, at sammenbruddet skyldes frustrationer i kommunikationen, uhensigtsmæssig ageren af en lærer (uddybes senere) og at eleverne havde svært at konstruere en rede der kunne holde. Disse iagttagelser får mig til at rejse spørgsmålet: Hvad betyder elevers begrænsede erfaring med gruppearbejde i relation til engineering? Grundlæggende manglede eleverne tilsyneladende kompetencer som for eksempel at lytte til hinandens ideer, at træffe fælles aftaler, og at fordele roller (som nævnt i Tabel 1: ”Mulige didaktiske faser...”). Da gruppearbejde er en forudsætning for elevers arbejde med engineering er det relevant, at der fokuseres mere på disse kompetencer helt fra indskolingen, ellers vil det potentielt kunne være en begrænsende faktor for udrulningen af engineering i Danmark.

Elevers valgmuligheder og frihedsgrader

Forskningen viser, at elever værdsætter at få medbestemmelse og valgmuligheder under besøg til eksterne læringsmiljøer (Griffin, 2008; Bamberger & Tal 2006; Mortensen & Smart 2007); i en

del litteratur om engineering kaldes elevers valgmuligheder for *frihedsgrader*. I naturen kan der være overvældende mange frihedsgrader. Jeg havde for eksempel ikke regnet med, at eleverne havde valgt så mange forskellige typer redemateriale. Jeg forventede, at eleverne med udgangspunkt i fasen UNDERSØGE ville identificere og indsamle materiale svarende til det, som fuglene havde anvendt. Eleverne havde da også mange relevante samtaler og overvejelser, og anvendte en kikkert til at nærstudere rederne. Jeg vurderer derfor, at eleverne faktisk forsøgte at gennemføre UNDERSØGE fasen med de intentioner, der er planlagt. Det viste sig dog, at eleverne reelt ikke kunne se, hvad rederne var foret med, hvorfor de fornuftigt kom med bud baseret på deres egen viden, og samlede materialer ud fra en hverdags-forståelse af hvad fugle bygger reder af, og hvad de så på jorden i skoven under rederne (jf. resultaterne: ”Anvender fugle mon sten? Mos? Bark?”). Jeg synes, at det ville være uetisk, og et forkert signal at sende, hvis elevernes opgave havde været at indsamle og dissekere fuglereder om foråret. Gamle reder, som jeg havde indsamlet om vinteren, kunne have været anvendt som supplement til elevernes iagttagelser og indsamling af materialer og give elever viden om fugles konstruktion af reder.

Bamberger & Tal (2006) undersøgte betydningen af elevers frihedsgrader for elevers egen opfattelse af læring på et museum. Forfatterne finder, at optimale vilkår opnås ved en mellemform for styret/guidet struktur, mens både *ingen* og *ubegrænsede* frihedsgrader er utilstrækkelige for at understøtte elevernes læring. Udtalte frihedsgrader opfattes af eleverne som sjovt, men ikke som en læringsoplevelse. Niveauet af frihedsgrader havde derimod ikke betydning for elevernes evne til at forbinde besøget i det eksterne læringsmiljø til eksisterende for-forståelser (ibid.). På baggrund af dette studie vurderer jeg, at det er vigtigt nøje at gennemtænke og vælge frihedsgraderne, når der arbejdes med EiSnatur.

En styrke for eleverne – de lærer af hinandens løsninger

Jeg oplevede flere og andre fortolkninger og løsninger af opgaven, end jeg havde forudset. Det var en fordel for elevernes oplevelse af aktiviteten med at bygge reder, at der forekom to runder, der gav plads til at forbedre og udvikle en prototype. I sidste ende betød det nemlig, at alle elever kunne være med til at løse opgaven og dermed vise, at de alle kunne klare testen til slut. Der ville have været en helt anderledes mindre god stemning, hvis dagen var slut efter første runde af test i fasen FORBEDRE. I fasen FORBEDRE var det tydeligt, at eleverne fik udvekslet ideer med hinanden. I en situation hvor underviseren skulle teste en gruppes rede spurgte hun gruppen: ”Hvordan kom I på idéen med græs?” hvortil eleverne svarede ”vi kiggede efter hvad de andre gjorde”. Jeg mener, at det er en kvalitet at EiSnatur-modellen gør det legitimt, at eleverne lærer af

hinanden. Konkret betyder det, at frustration og modgang kan vendes til positivt engagement og skabe grundlag for, at ingen elever ”mentalt stempler ud” af undervisningen.

Elevers hverdagsforestillinger præger elevers samtaler i gruppearbejdet

Som det fremgår af resultaterne, observeres en samtale i en gruppe, der er præget af hverdagsforestillinger og som på samme tid knytter sig til elevernes arbejde med at løse en konkret opgave: ”Vi har fundet en rigtig god ide, vi bygger en mos-radiator, så de nyfødte fugleunger ikke fryser om vinteren”. Her identificerer jeg flere interessante hverdagsforestillinger, der spejler sig i elevens refleksioner over løsning af opgaven... Fødes en fugleunge? Fryser nyfødte fugleunger? Findes nyfødte fugleunger om vinteren? Er der varme i mos? Hvor fra kommer varmen i en radiator? etc. Disse hverdagsforestillinger tager udgangspunkt i en ”hverdagsbevidsthed eller intuitiv bevidsthed” som Niels Ejbye Ernst (2013) kalder menneskebundet.

Har eleverne fordel af at vide, i hvilken EiSnatur praksis de befinder sig i?

I 3. klasse og i min case, hvor klassen for første gang arbejder med engineering og endda på en naturskole, vil det være for ustruktureret at lade eleverne frit hoppe mellem de forskellige EiSnatur-praksisser. Det er dog ikke det samme som at sige, at eleverne ikke kan have glæde af at vide hvilken fase de konkret arbejder i. Det kan være relevant at minde eleverne om, hvilken delproces de befinder sig i, meget er nyt og eleverne mister let overblikket. Auner et al., (2018) skriver, at eleverne kan have glæde af at blive fastholdt i en bestemt delproces. Denne fastholdelse kan ske ved, at læreren eller underviseren stiller specifikke krav om, at eleverne skal nå et bestemt resultat, før de går videre. I et perspektiv hvor elevernes proceskompetencer er i fokus, vil det være helt centralt, at eleverne ved, hvilken EiSnatur-praksis de befinder sig i, og hvilken fase der skal være næste skridt. Det kan endda være relevant at udvikle særlige EiSnatur praksis-ikoner med fokus på naturens materialer og naturskoleredskaber, der adskiller sig fra EiS ikonerne i Figur 1. Dette kunne være relevant for at udvikle og markere forskelle mellem modellerne EiS og EiSnatur. Særligt hvis EiSnatur udrulles til landets ca. hundrede naturskoler.

Lærer - / Underviserrøller og -funktioner

De Witt & Storksdieck (2008) beskriver, at det kan optimere elevernes potentielle læringsudbytte når læreren kender besøgsstedet, tuner elever ind på hvad der skal ske, og sikrer sammenhængen til undervisningen på skolen. Selv om elevernes fag-faglige udbytte ikke er i fokus i min undersøgelse ved jeg, at lærer og underviser inden turen, har talt sammen om aktivitetens indhold og i et vist omfang talt turen og aktiviteterne igennem for bl.a. at opnå enighed om, hvad der skal

være i fokus. Alligevel kan jeg konstatere, at det undervejs bliver uklart, hvad det fag-faglige felt omfatter. Hvad er vigtigst?

Under forløbet kræver lærerne for eksempel at eleverne gør sig tanker om, hvilken fuglearts rede det er, de vælger at bygge. Det er ikke et element, der fremgår af drejebogen, fordi aktiviteten ikke er opbygget omkring forskellige arters udformning af reder. Ved en grundig samtale med lærerne kunne det have vist sig at være et væsentligt fagligt indhold set fra lærernes side. Det er dog tydeligt, at eleverne ikke har begreb om forskellige fuglearter, jævnfør eleven der taler om, at den rede hans gruppe har konstrueret, er en rede til ”en lille rødspætte...” I øvrigt siger en af lærerne på et tidspunkt, henvendt til en gruppe: ”har I tænkt over, hvilken fugl der skal bo i reden – blåmejse eller allike?” Det fortæller mig, at læreren heller ikke har begreb om fugle og reder, idet begge arter bygger reder der er skjult - de er begge hulrugere og yngler i hule træer, fuglekasser, mv.

Lærernes opfattelse af engineering-praksisserne

I engineering er den vigtigste lærerrolle at fastholde eleverne i en given arbejdsfase (Auner *et al.*, 2018). Det oplevede jeg flere gange, at lærerne bidrog konstruktivt til undervejs, fx i fasen UNDERSØG, hvor en elev spurgte læreren ”må vi samle grene nu?”, hvortil læreren svarede ”Nej. I skal først tegne reder.” Som det dog tydeligt fremgår af elevernes skitser (se kapitlet Resultater) fik eleverne dog aldrig studeret, herunder tegnet, de reder de observerede. Selvom det var tydeligt, at lærerne hjemmefra havde talt med eleverne om, hvad det vil sige at arbejde med faserne som designet i engineering foreskriver, er det dog sandsynligt, at eleverne ikke var erfarne med denne tilgang. Dette understøttes af en anden handleanvisning fra læreren, under en situation fra KONSTRUERE: ”L: Har I lavet en plan eller går I bare i gang? Hvad snakkede vi om hjemme? Først idé-fase med brainstorm inden man begynder...”

Jeg opfattede situationen som om, at den pågældende lærer delvist henvendte sig til mig, idet hun indirekte fik oplyst mig om, at de havde talt om engineering på skolen inden besøget. Det var dog på samme tid tilsyneladende ikke en intervention, der bragte eleverne igennem den ønskede proces. Det kunne være en overvejelse værd, om eleverne i de forskellige praksisser skulle have støtte til arbejdsprocessen ved ”mikro-faser” i faserne. Astra har fx udviklet metodekort (se <https://astra.dk/engineering/proces>), som er simple elev-instruerende kort, der vejleder gennem de forskellige delprocesser, som en struktureret stilladsering af gruppers aktive og selvstændige arbejde.

Jeg er usikker på, om lærerne vidste, hvilken konkret fase der blev arbejdet i og hvilken der ville være næste. Jeg tror, at det vil være en fordel, at lærerne ved, hvilken fase eleverne arbejder i for at yde rette støtte til eleverne, hvilket da også fordres i EiS (Auner *et al.*, 2018). For eksempel var det i fasen KONSTRUER tydeligt, at eleverne manglende idé, aftale og plan. De havde ingen skitser, og indsamlede reelt ikke de materialer, som de reder de kunne observere var bygget af. Det var en kilde til frustration hos både lærere og elever. Her vurderer jeg, at en struktureret stilladsering af grupperes aktive og selvstændige arbejde (fx via mikro-faser) kunne have fremmet EiSnatur-tanken og endvidere reduceret niveauet af frustration.

De to læreres frustrationer var tydelige, da de i fasen KONSTRUERE kom til en gruppe, der åbenlyst havde problemer med samarbejdet eleverne imellem (se evt. Resultater). Det er min vurdering, at lærernes interaktioner med eleverne i dette tilfælde var ufrugtbare og stred mod intentionerne i at understøtte elevernes arbejde gennem en faciliterende rolle, fx ved at stille produktive spørgsmål (Tabel 1). Det er endvidere tydeligt, at en lærer på et tidspunkt direkte interagerer uproduktivt i fasen KONSTRUERE, hvor eleverne får mulighed for på ny at bygge reder. Her siger en elev til en anden elev: ”vi må ikke bruge mos for L, jeg ved ikke hvorfor, vi bruger bare lidt alligevel”. Der skal heldigvis noget til, at få en viljestærk og engageret elev fra en selvstændig ide.

Har de eksterne læringsmiljøer et problem med lærerrollen i engineering?

I engineering-sammenhæng er det bl.a. en forudsætning, at lærer og underviser faciliterer elevernes arbejde (samtaler, stimulere tanker og handlinger) ved at stille produktive spørgsmål. En lærer, der er optaget af at kommunikere (i tale og handling) med ekstern underviser om, hvad han/hun ”allerede har fortalt klassen hjemmefra” kan let afspore elevernes refleksioner og handlinger og dermed potentielt afspore elevernes nødvendige selvstændige arbejde i grupperne. Det er nok en ubevidst handling fra lærerens side, men den har konsekvenser for elevernes arbejde i EiSnatur. Et eksempel på en sådan uproduktiv tilgang fra en lærer, der kortslutter tankerne hos elever i EiSnatur, er givet i det følgende. Her hindres eleverne i selv at arbejde sig frem til løsningen. Fra fasen KONSTRUERE noterede jeg: ”E1: Hvorfor må vi ikke bruge mos? E2: Det ved jeg ikke – fordi L siger det”.

Winsløw (2006) taler om, at når elever arbejder med et didaktisk miljø uden lærerens indgriben, kaldes det en adidaktisk situation. I det ovennævnte eksempel forstyrrer læreren den adidaktiske situation og dets adidaktiske potentiale. Med udgangspunkt i Auner *et al.*, (2018) kan man

betragte lærerens intervention som en (passende?) justering af frihedsgraderne, hvilket er en vel-defineret lærerrolle i engineering. Konsekvenserne for eleverne vurderer jeg dog er de samme uanset lærerens motiv.

Det kan være en særlig udfordring for lærere at have deres elever med i et eksternt læringsmiljø med en ekstern underviser. I det følgende tilfælde (under FORSTÅ UDFORDRINGEN) skælder en lærer eleverne ud, idet hun siger bredt og vredt henvendt til hele klassen ”...nu må I mande op...” Jeg kan ikke aflæse situationens betydning konkret, da ingen elever kommenterer lærerens udsagn, men det er min opfattelse at en kollektiv skideballe ikke fremmer den gode stemning i klassen. Winsløw (2006) beskriver en *didaktisk kontrakt*, der eksisterer mellem elever og lærer som et spil, der kan vindes (af både elever og lærer), når eleverne lærer. I denne kontrakt har læreren et klart medansvar for elevernes succes, og en del af dette medansvar er ikke at sætte eleverne i en situation, de ikke kan håndtere. Det er klart, at den didaktiske kontrakt er under øget pres, når lærere tager deres elever ud af deres vante omgivelser. I det omfang at den kollektive irettesættelse (eksemplificeret ovenfor) er lærerens reaktion på, at eleverne ikke er hjemmevante i det eksterne miljø, og at de derfor er usikre på den rigtige fremgangsmåde, bryder læreren altså denne didaktiske kontrakt med sine elever. I en tænkt situation, hvor skoler og naturskoler er mere trænede i at arbejde med engineering, er den didaktiske kontrakt måske mere afstemt, idet lærere og underviser er mere sikre på deres roller og engineering tilbyder flere mulige løsninger og ikke kun én løsning, som kun lærer eller underviser kender (jf. Tabel 3).

Undervisers rolle

Underviseren formåede under hele forløbet at bevare overblikket og styre eleverne og lærere gennem de forskellige EiSnatur-praksisser. Som nævnt i resultat afsnittet, var det et uheldigt valg at slå faser sammen, der ellers var planlagt adskilt (ifølge Drejebog, Bilag 1), idet det siden skabte en del frustration blandt elever og lærere. Underviserens manglende erfaring med EiSnatur vurderer jeg dog ikke havde grundlæggende betydning for undersøgelsens resultater, idet tolkning og gennemførelse af aktiviteterne langt hen ad vejen er i overensstemmelse med intentionerne i drejebogen og dermed med EiSnatur-casen.

Undervisningsformer og organisering

Det er relevant at fremhæve aktivitetens overordnede organisering. Det er en kompleks proces, der er bag organiseringen fra min drejebog til underviser, der skal lede og understøtte elever i

arbejdet med EiSnatur. Når det er nævnt, er der trods alt belæg for at trække en række elementer frem til nærmere diskussion om undervisningsform og -organisering.

Konsekvenser af EiSnatur-praksisser

FORSTÅ UDFORDRINGEN viser sig at være en grundlæggende og central fase (Auner *et al.*, 2018) og i min undersøgelse i det eksterne læringsmiljø er fasen ligeledes central. Min vurdering er, at det er her, lærere og underviser har mulighed for:

1. at kalibrere fælles forventninger til elevernes kommende arbejde
2. at konstatere, at eleverne forstår opgaven på samme måde som lærer og underviser
3. at sikre at eleverne selv har afkodet og omsat budskab om opgave til egne ord og forståelse.

Allerede i fasen UNDERSØG viser det sig, at en gruppe tolker aktiviteten som en ”rede-finder-konkurrence” og dermed skifter fokus undervejs og forstår udfordringen anderledes. Her finder en gruppe 22 forskellige reder (Foto 3). Jeg kan på baggrund af mine resultater ikke vurdere om nogle praksisser i EiSnatur derudover spiller en vigtigere rolle end andre praksisser.

Det har konsekvenser for elevernes arbejde, når faser lægges sammen, hvilket skete med hhv. FÅ IDEER OG KONKRETISERE. Her havde underviseren besluttet, at de to nævnte faser ikke skulle fremstå som selvstændige faser i EiSnatur. Det betød, at faserne dels blev lagt sammen med foregående fase UNDERSØGE og dels med næste fase KONSTRUERE. Det havde den konsekvens, at ingen grupper fik studeret reder grundigt i grupper. Ingen af grupperne fik tegnet skitser (foto 3-6), der gav eleverne ny viden om redernes placering, materialer eller konstruktion, eller talt sammen om det. Ingen grupper fik forhandlet og udvalgt ideer til konstruktion af første prototype inden fasen KONSTRUERE.

I Drejebog for FÅ IDEER OG KONKRETISERE står: *”Elever i grupper samler materialer. Fokus på termer og sortering, klassificering af forskellige materialer og kvaliteter.”* Det var tydeligt, at disse elementer i aktiviteten ikke blev behandlet eller taget op af underviser, lærere eller elever. Måske var dette en kilde til de frustrationer, der opstod blandt lærere og elever, som jeg tidligere har beskrevet.

Min undersøgelse peger ikke på, at nogle praksisser fungerer bedre i EiSnatur end i EiS, men jeg kan konstatere, at faserne fungerer godt i relation til stærk elevdeltagelse. Fasernes succes afhænger naturligvis af indholdet der arbejdes med og den kontekst de indgår i. Muligheder for aktiviteter med engineering i naturen vil jeg diskutere senere.

Har de eksterne læringsmiljøer en fordel med organiseringen i engineering?

Er der tegn på, at EiSnatur skaber et fælles sprog mellem lærer og underviser, der ellers er fraværende i de eksterne læringsmiljøers undervisningssituation? Altså en platform for en fælles forståelse af elevernes arbejde og en hjælp via engineering-praksisser, der kan være velkendt af både underviser og lærer (som gæst) i modsætning til et besøg, der ikke er organiseret efter en fælles overenskomst, som EiSnatur har potentiale for at udvikle sig til? Jeg har ikke data, der kan underbygge dette, men det er min vurdering, at EiSnatur over tid har potentiale for at udvikle sig til et fælles sprog og en designet tilgang til undervisningen i de eksterne læringsmiljøer. Forudsætningen er, at undervisere og lærere får flere erfaringer med den tilgang og bliver mere fortrolige med EiSnatur-modellen.

Tilgangen til besøgende lærere og elever fra undervisernes side i de eksterne miljøer kan variere fra stramt struktureret program til tilfældige interaktioner med undervisere og til blot at stille miljøer/konkreter/materialer til rådighed for besøgende, der så arbejder på egen hånd (DeWitt & Storksdieck, 2008) hvilket jeg vurderer at EiSnatur-modellen fint kan rumme. Det tyder dog på, at nogle former for samvær har større potentiale for at understøtte elevernes læring. Det gælder fx, når programmer er udviklet i tråd med læringsmål. Tæt kontakt mellem besøgsstedets underviser og lærer fremmer ligeledes større potentiale for at understøtte elevernes læring. Ofte er det de eksterne besøgssteder, der forsøger at række ind i skolerne med materialer og særlige tilbud til lærere (ibid.), hvilket ligeledes er i tråd med tankerne i EiSnatur.

De eksterne læringsmiljøer trækker på viden fra mange områder ligesom engineering

Engineering er beskrevet som en tværfaglig tilgang til bl.a. STEM (Auner *et al.*, 2018), og natur-skoler fremhæves ligeledes som et sted hvor der arbejdes tværfagligt. Kulturarvsstyrelsen anbefaler, at museer ikke overtager eller kopierer den undervisning som allerede finder sted på uddannelsesinstitutioner, men i stedet er et supplement og anvender de anderledes fysiske rammer og den faglige specialviden, der er tilstede (Kulturarvsstyrelsen, 2009). Engineering trækker på viden fra mange felter, hvilket kan give anledning til praktiske problemer for elever, idet de ikke forbinder EiSnatur til fag eller strukturer de kender fra skolen, hvor faglighed er knyttet til særlige strukturer (fx fag og lektioner). Dette forhold kan jeg dog ikke belyse tydeligt via mine data, men jeg vurderer, at der er god overensstemmelse og match mellem potentialet for tværfaglighed i engineering og i naturen og elevens løsninger af opgaver der går på tværs (jf. afsnit ”Præsentere” i kapitlet ”Resultater”).

Betydningen af at EiSnatur-aktiviteten afholdes i naturen

Det er oplagt at elevers arbejde i naturen sætter visse begrænsninger, fx i forhold til potentielle forstyrrelser, der kan aflede elevernes fokus og opmærksomhed. Omvendt byder naturen også på en masse mulige engineering-aktiviteter. Der kan være situationer, hvor vejrlig sætter en barriere op for elevernes arbejde, hvis de bliver våde og kolde. Hertil beskriver Bendix & Barfod (2012) en lille guide ”Lidt om at overleve” om hvordan man holder sig mæt, tør og varm henvendt til udeskole-interesserede. Vilsholm (2018) foreslår at arbejde i naturen foretages på sommerdage eller at elever der er utilstrækkeligt påklædt bliver på skolen. I uderummet kan det være vanskeligt at læse længere tekster i naturen, ligesom det kan være vanskeligt at skrive tekst eller notere data i større omfang og i det hele taget arbejde med papir. ”Ikke papir i skoven” er et citat fra Annemarie Møller Andersen, som tidligere forskede på DPU (ibid.). Det betyder ikke, at der ikke må tages noter eller slås op i bøger, men det betyder, at aktiviteter der udføres skal være på stedets præmis og vægte de muligheder og kvaliteter stedet tilbyder. Det er forhold, som bør overvejes, hvis man ønsker at elevernes arbejde i faserne skal støttes af metodekort (som tidligere diskuteret). Disse forhold bør endvidere tages i betragtning ved elevers dataopsamling i forbindelse med at forbedre prototyper. Det kan endvidere være vanskeligt, for en lærer, at samle elever i naturen og rette særlig fokus, da eleverne oftest ikke er trænet til at arbejde i naturen. Her mangler tavle, stole og kateder som støtte og struktur for (nogle) elevers opmærksomhed. Manger lærere oplever, at eleverne får mere taletid i naturen end tilfældet er i klassen, hvilket betyder, at det i mindre omfang er lærerne eller underviseren, der ”serverer undervisningen”, men lige så meget eleverne, der er med til at definere undervisningen. Og eleverne har mulighed for selv at finde løsninger, der interesserer dem.

Som jeg viser i min case, kan eleverne hurtigt udvikle deres prototype ved at hente nye typer af materialer. Skulle der være behov for at en enkelt elev ”stempler ud af en gruppe” er ophold i naturen velegnet, idet det ikke bliver tydeligt eller forstyrrende for de øvrige elever, at en forlader arbejdet for en stund.

Som det fremgår af mine resultater, sker der ofte uforudsete hændelser i naturen. I min case oplever eleverne forskellige ”forstyrrelser” fx svampe, en død due m.m. Omvendt er der belæg for at naturen har særlige måder at engagere og motivere elever på (Tordsson 2006; Schilhab *et al.*, 2007).

Opsummerende kan det hævdes, at naturen er fleksibel og matcher på flere måder vores behov for fleksible rammer for læring.

Opsummering

Engineering synes særlig velegnet til at blive implementeret i naturen og på naturskoler på grund af en række forhold der beskrevet, undersøgt og diskuteret i nærværende afhandling. Eleverne er tydeligt aktivt deltagende og de drager fordel en undervisningsform, der er elevcentreret samt praksis- og undersøgelsesorienteret. Naturens ”rigtige genstande” i autentiske sammenhænge ligner meget den tilgang, engineering tager i virkeligheden og appellerer til elever, bl.a. ved at tilbyde alsidige læringsmuligheder. Frihedsgrader og valgmuligheder, som naturen byder på til overflod, har betydning for elevernes arbejde og skal på samme tid fremhæves som elementer der nøje skal styres af lærer og underviser ved planlægning og i situationen. Engineering kan muligvis være et fælles sprog og tilbyde en form der kan afhjælpe et eventuelt ”magtparadoks” mellem lærer og underviser. Organisering i gruppearbejde er en forudsætning i engineering-forløb og kan være en udfordring, hvis eleverne ikke er bekendt med den arbejdsform. Undervisningsformen giver mulighed for faglig diskussion og samtale eleverne imellem og vægter proces fremfor overførsel af fakta og viden. Det kan således opsummeres, at flere forskellige forhold, der karakteriserer elevens arbejde med engineering på naturskolen i naturen trækker på karakteristika fra modellen EiSnatur (Tabel 3). Alt i alt giver engineering i naturen mulighed for at fokusere på det unikke ved besøgsstedet, der adskiller sig fra mulighederne i klassen og på skolen.

Konklusion

I denne afhandling har jeg arbejdet med at udvikle en model for engineering i naturen på en naturskole, samt at udvikle og afprøve et konkret engineering-forløb på en naturskole. Dette arbejde skal ses i lyset af to væsentlige forhold for engineering-feltet: 1) at engineering-undervisningen kommer til at foregå i et eksternt læringsmiljø og 2) at engineering-undervisningen foregår i naturen med naturens materialer og genstande.

Problemformulering: Hvordan kan engineering i skolen 'oversættes' til en naturskolekontekst, hvor elever arbejder i naturen og hvad betyder denne 'oversættelse' for elevernes deltagelse i de forskellige engineering praksisser?

Ingeniørers arbejde i virkeligheden kan oversættes til konkrete engineering-aktiviteter i naturskolekontekster, hvor særligt naturens materialer og muligheder anvendes. I en konkret afprøvning af et specifikt udviklet EiSnatur-forløb og design blev der observeret højt niveau af elevdeltagelse i samtlige afprøvede engineering-praksisser. Jeg kan på baggrund af min model og mit feltarbejde konkludere, at engineering er velegnet til at blive implementeret i naturen og på naturskoler på grund af:

- 1) Naturskolernes arbejde med konkrete materialer og rigtige genstande (og ikke repræsentationer eller virtuelle genstande) i autentiske sammenhænge,
- 2) Naturskolernes fokus på virkelige problemer,
- 3) Naturskolernes ofte konstruktivistiske undervisningsform omfatter praksisorienteret, undersøgelsesorienteret samt elevcentreret undervisning, hvor der er fokus på elevernes aktive deltagelse og dermed læring.

Herved tager naturskoleundervisningen afsæt i, at eleverne gennemfører eksperimenter på egen hånd i grupper og drager deres egne konklusioner - alle forhold der ligger tæt op ad ideologien bag engineering og er relevante i en naturskolekontekst. Derfor er det min konklusion, at en naturskole kan anvende engineering i arbejdet med naturfagsundervisning. I det følgende trækker jeg konklusioner frem, der er væsentlige vedrørende elev- og lærerroller samt forhold om undervisningsformer og -organisering.

EiSnatur og elevroller

Fra mit modelarbejde og mit feltstudie konkluderer jeg om EiSnatur og elevers forskellige roller:

- At det er tydeligt, at eleverne hele vejen igennem forløbet er aktive, engagerede og deltagende både med samtaler og praktiske handlinger. Mange elever har forslag til konstruktive forbedringer af prototyper.
- At gruppearbejde i tredje klasse er en vanskelig forudsætning ved EiSnatur.
- At elevers valgmuligheder og frihedsgrader er en kvalitet, og at naturen byder på overvældende mange frihedsgrader, hvorfor jeg konkluderer, at det er centralt nøje at gennemtænke og vælge frihedsgraderne, når der arbejdes med EiSnatur.
- At det er en styrke for eleverne, at de lærer af hinandens løsninger. Det betyder konkret, at frustration og modgang kan vendes til en positiv stemning og skabe grundlag for at ingen elever ”mentalt stempler ud”.
- At det kan være en fordel for eleverne at vide, i hvilken EiSnatur praksis de befinder sig i. Det kan være relevant at udvikle særlige EiSnatur praksis-ikoner med fokus på naturens materialer og naturskoleredskaber, der adskiller sig fra EiS ikonerne i Figur 1.

Ud fra mine resultater konkluderer jeg endvidere, at EiSnatur kan anvendes på naturskoler til at:

- Tilbyde alsidige læringsmuligheder.
- Fokuserer på det unikke ved besøgsstedet, der adskiller sig fra mulighederne i klassen og på skolen.
- Tilbyde en vis struktur og passende tid til elevers udforskning.
- Tilbyde elever kontrol og valg i forbindelse med oplevelser.
- Give mulighed for faglig diskussion og samtale eleverne i mellem.
- Tage udgangspunkt i proces frem for overførsel af fakta og viden.

EiSnatur og lærerroller

Fra mit modelarbejde og mit feltstudie konkluderer jeg om EiSnatur og lærerroller:

- At lærere kan bidrage konstruktivt undervejs ved at kende og vide, i hvilken EiSnatur praksis der aktuelt arbejdes. Udvikling af ”mikro-faser” i faserne, (a la Astras metodekort) kan fremme lærerens mulighed for en struktureret og situeret stilladsering af gruppens aktive og selvstændige arbejde.
- At EiSnatur kan optimere elevernes potentielle aktive deltagelse, når lærer kender besøgsstedet.

- At det *kan* være en særlig udfordring for lærere at have deres elever med i et eksternt læringsmiljø med en ekstern underviser. Her kan EiSnatur *muligvis* afhjælpe et eventuelt ”magtparadoks” som form for fælles overenskomst, mellem lærer og underviser, hvor EiSnatur kan give læreren en klar og tydelig rolle under naturskolebesøget.

EiSnatur og undervisningsformer og -organisering

Fra mit modelarbejde og mit feltstudie konkluderer jeg om EiSnatur og undervisningsformer og -organisering:

- At EiSnatur-fase ”forstå udfordringen” viser sig at være en grundlæggende fase, da det er her, at lærere og underviser har mulighed for:
 - at kalibrere fælles forventninger til elevernes kommende arbejde
 - at konstatere, at eleverne vitterligt forstår opgaven på samme måde som lærer og underviser
 - at sikre at eleverne selv har afkodet og omsat budskab om opgave til egne ord og forståelse.
- At jeg derudover ikke kan konkludere om nogle faser i EiSnatur spiller en vigtigere rolle end andre faser.
- At det har konsekvenser for elevernes intenderede arbejde, når faser lægges sammen.
- At de eksterne læringsmiljøer måske kan have en fordel med organiseringen efter EiSnatur, idet modellen kan skabe et fælles sprog mellem lærer og underviser, der ellers er fraværende i de eksterne læringsmiljøers undervisningssituation.
- At det har en betydning, at EiSnatur-aktiviteten afholdes i naturen. Særligt fremhæves de mange muligheder for konkrete og autentiske aktiviteter med materialer og aktiviteter, der tydeligt adskiller sig fra muligheder i klassen. Her har eleverne mulighed for selv at finde løsninger, der interesserer og engagerer dem. Elever kan hurtigt udvikle prototyper ved let at hente nye typer af materialer direkte i naturen.
- At arbejdet i naturen sætter visse begrænsninger, fx i forhold til begrænsninger i dataopsamling, potentielle forstyrrelser (ved spændende, men for fagfagligt fokus irrelevante hændelser), vejrlig, mm., som kan aflede elevernes opmærksomhed.
- At naturen er velegnet til, at en enkelt elev ”stempler ud af en gruppe” uden at det bliver tydeligt eller forstyrrende for de øvrige elever.

Opsummerende kan det hævdes, at naturen er fleksibel og matcher på flere måder vores behov for fleksible rammer for læring i EiSnatur.

Perspektivering

De fire naturfagskompetenceområder og EiSnatur

Det er ikke direkte en del af min problemstilling at vurdere min EiSnatur-case i relation til de fire kompetenceområder inden for naturfag, men jeg finder det alligevel relevant at behandle temaet kort, da dette felt fylder i skole- og naturskole-verdenen. På baggrund af mine resultater fra feltarbejdet er det min vurdering, at min EiSnatur-aktivitet på alle områder indfrier Undervisningsministeriets formelle krav til elevernes arbejde i faget Natur og teknologi i 3. klasse. Jeg mener således, at også andre EiSnatur aktiviteter vil have potentiale for at efterleve de formelle krav. Jeg vil således hævde, at EiSnatur kan være et svar på kompetence-tænkningen, da tilgangen demonstrerer tydelig sammenhæng og relevans for alle fire naturfaglige kompetencer i min case (Tabel 5).

Tabel 5. Tabellen viser, at EiSnatur kan være et svar på kompetence-tænkningen, da tilgangen demonstrerer tydelig sammenhæng og relevans for alle fire naturfaglige kompetencer i min case i faget Natur og Teknologi (N/T).

Kompetenceområde	Efter 2. klasse (N/T)	Efter 4. klasse (N/T)	EiSnatur (N/T)
Undersøgelse	Eleven kan udføre enkle undersøgelser på baggrund af egne og andres spørgsmål	Eleven kan gennemføre enkle undersøgelser på baggrund af egne forventninger	Ja, reder blev studeret hvad angår placering, opbygning, struktur og materialer. Elever byder ind m metoder
Modellering	Eleven kan anvende naturtro modeller	Eleven kan anvende modeller med stigende abstraktionsgrad	Ja, modeller af reder blev konstrueret af eleverne
Perspektivering	Eleven kan genkende natur og teknik i sin hverdag	Eleven kan relatere natur og teknologi til andre kontekster	Ja, eleverne syntes at fugle er seje
Kommunikation	Eleven kan beskrive egne undersøgelser og modeller	Eleven kan beskrive enkle naturfaglige og teknologiske problemstillinger	Ja, eleverne beskriver konstruktive forbedringer og overvejelser i plenum. Mange byder ind.

Kritik af opfattelsen af hvad ingeniører arbejder med

Ideen om at EiS er et billede på, hvordan ingeniører i den virkelige verden arbejder, udgør et stærkt simplificeret billede. Trevelyan (2010) undersøgte ved interview og feltobservationer, hvad ingeniører reelt arbejder med og argumenterede for, at ingeniørarbejde eller ”engineering” bør forstås meget bredere end de traditionelle narrativer, der fokuserer på design og teknisk problemløsning. Et panel under den amerikanske sammenslutning af civilingeniører (ASCE) beskriver 21 elementer fordelt i fire kategorier, der er karakteristiske for ingeniørers arbejde (Tabel 6). Beskrivelsen tager bl.a. udgangspunkt i Blooms taksonomi, som er en klassifikation af læringsmål, der beskriver affektive, psykomotoriske og kognitive områder.

*Tabel 6: Den amerikanske sammenslutning af civilingeniører (ASCE, 2018, s. viii) beskriver 21 elementer fordelt i fire kategorier, der er karakteristiske for ingeniørers arbejde (referenc: indsat herunder). * markerer, efter min vurdering, væsentlige forskelle til EiS.*

Foundational Mathematics * Natural Sciences Social Sciences Humanities*	Engineering Fundamentals Materials Science Engineering Mechanics Experiment Methods & Data Analysis Critical Thinking & Problem Solving
Technical Project Management* Engineering Economics* Risk & Uncertainty* Breadth in Civil Engineering Areas Design Technical Depth* Sustainability*	Professional Communication Teamwork & Leadership Lifelong Learning* Professional Attitudes* Professional Responsibilities* Ethical Responsibilities

Som det fremgår af Tabel 6, er ingeniørernes arbejde i den virkelige verden langt mere kompleks og mangfoldig end det antydes i EiS-modellen (Figur 1). I oversættelsen til EiS mangler væsentlige elementer, der alle er markeret med *. Jeg vil således hævde, at det er et narrativ i sig selv at hævde at den virkelige verdens ingeniørers arbejde er gengivet i EiS. Når engineering (EiS og EiSnatur) alt andet lige er et væsentligt bidrag til uddannelse, skyldes det, efter min vurdering, en række forhold hvoraf mange er berørt i denne afhandling. Herunder er en kort opsummering i ikke-prioriteret række:

- Undersøgende, eksperimenterende og problemløsende fokus og dimension i naturfag
- Bidrag til anderledes skole via autenticitet
- Elevcentreret og motiverende
- Naturfaglige kompetenceområder skal prioriteres (er et krav fra Undervisningsministeriet samt en prøveform i 9. klasse)

- Tvær/fler-faglig tilgang
- Almendannelse
- Bidrage til "Scientific literacy"
- Bidrage til at sikre rekruttering.

Når vi - en dag - er trygge ved EiSnatur og EiS, kan flere aspekter fra Tabel 6 måske inddrages?

Som nævnt finder læring ikke kun sted i skolen, men også i andre sammenhænge og ofte er elevers motivation større for at lære her (Dolin, 2005). "Det kunne være nyttigt at få fagene ud af deres størknede rammer, både indholdsmæssigt og strukturelt, fx ved at trække på læringsformer uden for skolen" (ibid.) - Måske kunne engineering ikke kun i skolen, men også på naturskolen og i naturen og i en række andre kontekster kunne bidrage til Dolins tænkning? Måske kunne skolen fornys ved at kigge ud i en række andre verdener for at hente inspiration til gavn for elevers dannelse og samfundets nytte.

Litteratur

- Achiam, M., Simony, L., & Lindow, B. E. K. (2016). Objects prompt authentic scientific activities among learners in a museum programme. *International Journal of Science Education*, 38(6), 1012-1035.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2018). *Preparing the future Civil Engineer* (draft report). Reston: ASCE. Downloadet fra <https://www.asce.org/>
- Andersen, A. M., Breiting, S., Hansen, J. B., & Nielsen, K. (1995). *Naturoplevelser og naturskoleundervisning*. København: Danmarks Lærerhøjskole og Friluftsrådet.
- Auner, S., Daugbjerg, P., Nielsen, K., & Sillasen, M. K. (red.) (2018). *Engineering i skolen: Hvad, hvordan, hvorfor*. VIA University College.
- Bamberger, Y., & Tal, T. (2007). Learning in a personal context: Levels of choice in a free choice learning environment in science and natural history museums. *Science Education*, 91(1), 75-95.
- Bendix, M., & Barfod K. (2012). *Udeskole – viden i virkeligheden. En kort vejledning om udeskolens praksis og didaktik*. Hæfte udgivet af Skoven i Skolen.
- Breiting, S. (2011). *Udeskole og elevers handlekompetence – hvad kan elever lære i naturen som uddannelse for bæredygtig udvikling*. Artikel. Downloadet fra <https://www.skoven-i-skolen.dk/content/udeskole-og-elevers-handlekompetence>
- Brinkmann, S. og Tanggaard, L., (2015). *Kvalitative Metoder. En grundbog, 2. udgave*. København: Hans Reitzel.
- Cunningham, C. (2018). *Engineering in Elementary STEM Education. Curriculum Design, Instruction, Learning, and Assessment*. Teachers Collage Press. Museum of Science.
- DeWitt, J. & Martin Storksdieck (2008). A Short Review of School Field Trips: Key Findings from Past and Implications of the Future. *Visitor Studies* 11(2), 181-197.
- Dohn, N. B. (2007). Elevers interesse i naturfag – et didaktisk perspektiv. *MONA* 2007(3), 7-24.
- Dolin, J. (2005). Naturfagsdidaktiske problematikker. *MONA* 2005 (1), 7-23.
- Ernst, N. E. (2013). Pædagogers formidling af naturen til børnehavebørn. *MONA* 2013(3), 7-22.
- Frydendal J. og Winckles, V. (2012) *Naturskolebogen. Naturskolen i Viborg Kommune 1987-2012*. Viborg Kommune.
- Goldbech, O. (2009). Med hænder og hoved – reflekteret brug af praktiske aktiviteter. *Naturvejleder* 18(4), 14-16.
- Griffin, J. (1999). An exploration of learning in informal settings. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, Boston, March 28-31, 1999.
- Griffin, J. (2011). Valuing the informal setting as a learning space – exposing the gap between intentions and actions. *Unge Pædagoger* 2011(1), 111-115.
- Gutwill, J. P., & Allen, S. (2011). Deepening students' scientific inquiry skills during a science museum field trip. *Journal of the Learning Sciences*, 21(1), 130-181.
- Hyllested, T. (2007). *Når læreren tager skolen ud af skolen*. Phd.afhandling. Danish University Colleges. Downloadet fra <https://www.ucviden.dk/>
- Hyllested, T. (2007). Når skolen tages ud af skolen. *MONA*, 2007(4), 25-34.

- Hyllested, T. (2011). Kan uformelle læringsmiljø bruges som læringsmidler i naturfag? Unge Pædagoger Nr. 4 2011. Klima og Udeskole. Downloadet fra: www.blivklog.dk/
- Kulturarvsstyrelsen (2009). Museernes læringspotentialer. Kortlægning af museers undervisningsaktiviteter til grundskoler og ungdomsuddannelser. Hæfte.
- Linderoth, U. H. & Andersen, P. U. (2014). Eksterne læringsmiljøer og scienceundervisning. Downloadet fra <https://astra.dk/>
- Linderoth, U. H. & Andersen, U.A. (2015). Eksterne læringsmiljøer og naturfagsundervisning. Downloadet fra ntsnet.dk/naturfagsdidaktik.
- Mortensen, M. F., & Smart, K. (2007). Free-choice worksheets increase students' exposure to curriculum during museum visits. *Journal of Research in Science Teaching* 44.9: 1389-1414.
- Regeringen (2018). National naturvidenskabsstrategi. Undervisningsministeriet: København. Downloadet fra <https://uvm.dk/>
- Rennie, L. 2014. Learning Science Outside of School, in Lederman, N. and Abell, S. (ed), *Handbook of Research on Science Education Volume II*, pp. 120-144. USA: Routledge.
- Schilhab, T., Petersen, A. M. K. & Sørensen, L.B. & Gerlach, C. (2007). *Skolen i skoven: hjerne, krop og læring i naturen*. Bog. Danmarks Pædagogiske Universitetsforlag.
- Sillasen, K. M., Daugbjerg P. S. & Nielsen K. (2017). Engineering – svaret på naturfagernes udfordringer. *MONA* 2017(2), pp. 64-82.
- Sjøberg, Svein (2012). Hvorfor skal alle lære naturfag? Side 173-204 i *Naturfag som almindelse: en kritisk fagdidaktik*, 2. udgave. Århus: Klim.
- Skytte, E. og Krog, J.S. (2013). Liv i Skolen. Brug Naturvejlederen! *VIA University College* 2013 (4), pp. 49-52.
- Thorhauge, S. (2011). Det er mere levende på museum. *Unge Pædagoger* 2011(1), 47-57.
- Tordsson, B. (2006). Hvad er det naturmøtet gør med os? Artikel. Downloadet fra <https://www.skoven-i-skolen.dk/content/hvad-er-det-naturm%C3%B8tet-gj%C3%B8r-med-oss>
- Treagust, D.F., Won, M. & Duit, R., (2014). Paradigms in science education research. In NG Lederman & SK Abell (eds), *Handbook of research on science education*, vol. II. Routledge, New York, pp. 3-17.
- Trevelyan, J. (2010). Reconstructing engineering from practice. *Engineering Studies* 2 (3), 175-195.
- Vilsholm, R. (2018). Fællesfaglig undervisning med feltarbejde. *MONA*, 2018(4), 128-135.
- Winsløw, C. (2006). *Didaktiske elementer – en indføring i matematikkens og naturfagernes didaktik*, 1. udgave. Frederiksberg: Biofolia.
- UC-Viden (2019). *Engineering i skolen. Teknologisk dannelse og uddannelse. Projektbeskrivelse*. Downloadet fra https://www.ucviden.dk/portal/files/45515498/Projektbeskrivelse_Engineering_i_skolen.pdf
- Aarhus Universitet (2019). *Metodeguiden*. Downloadet fra <http://metodeguiden.au.dk/deltager-observation/>

Bilag 1

Drejebog engineering-fugletur for 3. klasse, Skovhytten Ishøj 28/2 2019

Aftalen med naturskolen

Aftalen med naturskolen kom på plads ved et møde med naturvejleder og naturskoleleder, kommunens naturfagskonsulent og jeg. På forhånd havde jeg sendt EiSnatur-idékatalog (se Bilag 4). På mødet drøftede vi fordele og ulemper ved de forskellige forslag til aktiviteter, der er listet i idé-kataloget. Valget faldt på ”**Fuglereder – engineering i dyreverdenen**” (se tekstboks herunder) af flere grunde: Naturvejlederen havde erfaring for, at flere klasser arbejder med temaet ”fugle” og at temaet med reder ville passe fint til årstiden og at det netop i det tidlige forår er muligt for elever, at se reder i træerne. Naturvejlederen fandt, at indholdet af naturfagligt stof i rede-bygger-aktiviteten var passende.

Vi aftalte, at jeg skulle udarbejde et udkast til en drejebog for aktiviteten og sende til naturvejlederen. Drejebogen fremgår af Bilag 1, herunder. Her er der endvidere lagt vægt på beskrivelse af, hvorledes aktiviteten forholder sig til de formelle krav til undervisningen: Kompetenceområde og -mål samt videns- og færdighedsområde og – mål for N/T efter 4. klasse. Endvidere aftalte vi, at jeg skulle skrive et kort intro-brev til læreren, med vægt på hvilken rolle lærerne skulle tilstræbe at spille på dagen (Se Bilag 3). Hverken lærere eller naturvejleder havde spørgsmål eller kommentarer til drejebog eller intro-brev. Vi aftalte, hvilke materialer jeg skulle stå for, og både naturvejleder og lærere accepterede at jeg ville optage video undervejs og de gav endvidere tilladelse til at eleverne kunne filmes til brug for masterafhandlingen.

Fuglereder – engineering i dyreverdenen: Eleverne begynder aktiviteten med at kigge efter reder i naturen. Hvor er rederne placeret i træets grene? Eleverne observerer (due/krage/skade) rede og kigger efter hvilke materialer fuglene har anvendt. Eleverne samler tilsvarende materialer og skal nu selv konstruere en tilsvarende rede i en grenkløft. Elevernes reder skal kunne klare en ryste-test, der efterligner vinden. Prototyper testes. Underviseren samler op. Elever konstruerer på ny reder. Eleverne får lejlighed til at forbedre deres reder. Der vil blive lagt æg i reden for at teste, om de falder ud.

Formål: Dyrs tilpasning til levesteder, en organismes liv, at fokusere på detaljer i naturen. Fremme elevernes naturforståelse.

Forår og i forbindelse med en fugletur

Tidsforbrug en 2-4 timer.

Mål: Eleverne arbejder med kompetenceområde ”undersøgelse”. Forståelse for dyrs tilpasning og dyrs krav til levesteder.

Tekstboks: Kort beskrivelse af aktiviteten, der undersøges som case for EiSnatur og grundlag for feltarbejde.

Engineering i *struktureret* forløb, dvs. med få valg og frihedsgrader for elever. Underviser/Naturvejleder og lærer er gennemgående styrerende. Varighed 2 timer og 20 min.

Aktivitet og ca. tid og EDP fase	Formål og begreber	Elever	Lærer/ Naturvejleder	Andet
<p>Inde – tale om Dagens program. Om reder. 15 min.</p> <p>Forstå udfordringen (**)</p>	<p>Skabe klarhed over formål aktiviteter.</p> <p>Tydeliggøre reders: Formål Betydning Materialer og Konstruktion</p> <p>Terminologi (*) redematerialer: kvist, pind, gren</p>	<p>Taler evt. to og to om reders: Formål Betydning for arten</p>	<p>Naturvejleder taler</p> <p>Dialog m elever</p> <p>Elever deles i grupper som L har dannet</p>	
<p>Undersøgelsestur ude 30 min</p> <p>Undersøge</p>	<p>Opdage reder Studere reder Placering Konstruktion Materialer (klassificering af observerede materialer)</p>	<p>Observere, tegner og gør noter</p>	<p>Naturvejleder har planlagt rute. Vi skal helst se due- og skaderede</p>	<p>Hver gr.: Kikkert, blyant og papir.</p>

<p>Samle rede- materiale</p> <p>Ude</p> <p>10 min</p> <p>Få ideer & Konkretisere</p>	<p>Samle rede- materialer</p> <p>Fokus på Termer og sortering, Klassificering af forskellige materialer og kvaliteter</p>	<p>Elever samler kviste, grene og græs mm</p>	<p>Fokus på: Termer Sortering og Klassificering af materialer.</p>	<p>Kurve eller poser. Nær skovhytte. Efter vi har set en /flere reder</p>
--	---	---	--	---

Fortsat...

Aktivitet og ca. tid og EDP fase	Formål og begreber	Elever	Lærer/ Naturvejleder	Andet
Bygge reder Inde (evt ude) 20 min Konstruere	Opsætte forventninger	Elever bygger reder		Grenkløfte gives til elever
Teste reder Data opsamling Inde (evt ude) 20 min. Forbedre	Teste elevers forventninger	Vagtelæg lægges i rede	Lærer simulerer blæst v. at ryste grenkløft i 5 sek. Naturvejleder: Elevers forventninger Testes, Opsamle konklusioner af test	Vagtelæg
Bygge reder 2. gang Inde (evt ude) 15 min. Konstruere	Opsætte reviderede forventninger Teste	Elever bygger reder		
Præsenter og teste Inde (evt ude)	Elever præsenterer forbedringer	Et hold af gangen	L og naturvejleder hjælper	

20 min. Præsentere	Teste elevers forventninger		gr m præsentationer. Undersøgelses muligheder og begrænsninger fremhæves	
Afrunding og opsamling Inde (evt ude) 10 min.		Plenum.	Dyrs krav og tilpasning til levested	

(*) <http://www.skoven-i-skolen.dk/content/s%C3%A6t-ord-p%C3%A5-et-tr%C3%A6>

(**) **Narrativ: fortællingen om at mennesket efterligner naturen – MEN det er svært for os at kopiere naturen: kan vi fx bygge en fuglerede, der kan holde i blæst så æg ikke falder ud?**

Fuglereder – engineering i dyreverdenen: Elevernes begynder aktiviteten med at kigge efter reder i naturen. Hvor er rederne placeret i træets grene? Eleverne observere (due/råge/krage/skade) rede og kigger efter hvilke materialer har fuglene anvendt? Eleverne samler tilsvarende materialer og skal nu selv konstruere en tilsvarende rede i en grenkløft. Elevernes reder skal kunne klare visse ryste-teste, der efterligner vinden. Prototyper testes. Læreren samler op. Elever konstruerer på ny reder. Eleverne får lejlighed til at forbedre deres reder. Der vil blive lagt æg i reden for at teste om de falder ud.

Formål: Dyrs tilpasning til levesteder, en organismes liv, ... at fokusere på detaljer i naturen.

Fremme elevernes naturforståelse.

Forår og i forbindelse med en fugletur

Tidsforbrug en 2-4 timer.

Mål: Eleverne arbejder med kompetenceområde ”undersøgelse”. Forståelse for dyrs tilpasning og dyrs krav til levesteder.

Kompetenceområde: Undersøgelse (efter 4. klassetrin)

Engineering aktiviteten og de formelle krav til undervisningen

Den planlagte aktivitet efterlever de nationale krav. I faget Natur og teknologi skal eleverne, efter 4. klasse have arbejdet med kompetenceområdet ”undersøgelse”. Her er det som mål beskrevet at ”Eleven kan gennemføre enkle undersøgelser på baggrund af egne forventninger”. Den konkrete engineering aktivitet omhandler to færdigheds- og vidensområder hhv. ”Undersøgelser i naturfag” og ”Naturen lokalt og globalt”. Inden for undersøgelser i naturfag skal eleven kunne sortere og klassificere samt opstille forventninger, der kan testes i undersøgelser. Eleven skal have viden om naturfaglige kriterier for sortering samt viden om undersøgelsers muligheder og begrænsninger. Kigger vi på området Naturen lokalt og globalt skal eleverne bl.a. kunne indsamle og bestemme planter og dyr i naturen og kunne undersøge tilpasninger til naturen. Eleverne skal have viden om dyrs og planters levesteder og livsbetingelser. Se evt. tabellen herunder hvor de formelle krav er oplyst efter gældende taksonomi.

Kompetencemål	Færdighedsmål	Vidensmål
Eleven kan gennemføre enkle undersøgelser på baggrund af egne forventninger		
Færdigheds- og vidensområde Undersøgelser i naturfag	Eleven kan sortere og klassificere	Eleven har viden om naturfaglige kriterier for sortering
	Eleven kan opstille forventninger, der kan testes i undersøgelser	Eleven har viden om enkle undersøgelsers muligheder og begrænsninger

Kompetencemål	Færdighedsmål	Vidensmål
Eleven kan gennemføre enkle undersøgelser på baggrund af egne forventninger		
Færdigheds- og vidensområde Naturen lokalt og globalt	Eleven kan indsamle og bestemme dyr, planter, svampe	Eleven har viden om hovedgrupper af sten og enkel

	og sten, herunder med digitale databaser	klassifikation af dyr, planter og svampe
	Eleven kan undersøge dyrs og planter tilpasninger til naturen	Eleven har viden om dyrs og planter levesteder og livsbetingelser

Tabel: Kompetenceområde og -mål samt videns- og færdighedsområde og – mål for N/T efter 4. klasse (kilde: https://www.emu.dk/sites/default/files/Natur_teknologi%20-%20jannuar%202016.pdf)

Model for Engineering-processen: se herunder. Alle 7 faser kommer vi igennem.



Deltagernes forskellige roller i engineering praksisser

Elementer i "Engineering proces design" modellen	Den enkelte elevs kompetencer	Elev-gruppens rolle	N: Naturvejleder rolle L: Lærerens rolle
Forstå udfordringen	Afkoder budskaber Stiller kritiske spørgsmål Fremsætter budskaber. Analysere Fortolker Reformulere	Enige med hinanden og lærer om mål. Kan beskrive udfordring med egne ord.	N: Præsentere udfordringen Historien: hvorfor skal vi...? Sætte i gang Afklare Ejerskab gives til elever
Undersøge	Samtaler om viden* Kortlægger viden* Skelner mellem forskellige typer af viden* Tager beslutninger (*naturfagligt: ord og begreber)	Fælles kortlægning af fælles viden. Skaffe og tilegne sig manglende viden.	N+L: Observere Reflektere Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål N: Angive start og stop i fasen
Få ideer	Forklare Lytte Generere ideer Argumentere Fleksibel Afgørse	Forhandle og udvælge ideer	N+L: Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål N: Angive start og stop i fasen
Konkretisere	Formidle ideer Analysere kritisk Bearbejde Lytte Vælger Træffer aftaler Fordeler roller	Konkretiserer, skitserer og vælger materialer og redskaber. Planlægger videre arbejde. Fordele opgaver.	N+L: Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål N: Angive start og stop i fasen
Konstruere	Følge aftaler Viden bruges funktionelt Improvisere Argumenterer for ændringer	Virkeliggør deres ide til prototype	N+L: Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål N: Angive start og stop i fasen
Forbedre	Vedholdende Kritisk ifh til eget og andres arbejde Diskutere Lytte Afprøver Observerer Dokumenterer Analyserer Erkende og lære af fejl	Tester, evaluerer og forbedrer prototypen	N+L: Facilitere elevernes arbejde Produktive spørgsmål N: Angive start og stop i fasen
Præsentere	Skabe overblik Kommunikere Forholde sig konstruktivt og kritisk til eget og andres arbejde	Løsning vises Overvejelser og valg undervejs	N+L: styre og støtte elevs præsentationer

BAGGRUNDSINFO fra Undervisningsministeriet vedr. formelle krav for:

Natur/teknologi i 3. - 4. klasse

Hvad skal dit barn lære i faget natur/teknologi?

I faget natur/teknologi skal dit barn udvikle naturfaglige kompetencer og opnå indblik i, hvordan naturfag bidrager til vores forståelse af verden. Dit barn skal i natur/teknologi få færdigheder og viden om vigtige fænomener og sammenhænge samt udvikle tanker, sprog og begreber om natur og teknologi, som har værdi i det daglige liv.

Natur/teknologiundervisningen for 3.-4. klasse tager stadig afsæt i dit barns nære omverden, men temaerne perspektiveres både i forhold til tid, sted og menneskets samspil med naturen. Dit barn arbejder med at sammenstille og modstille iagttagelser og data samt at foretage enkelte generaliseringer. Der arbejdes med sammenhænge, som bygger på relationer mellem kendte ting og fænomener.

Kompetenceområder i natur/teknologi

- Undersøgelse
- Modellering
- Perspektivering
- Kommunikation

N/T 3.-4. klasse:

Kompetenceområdet undersøgelse omfatter fem færdigheds- og vidensområder:

Undersøgelser i naturfag er naturfaglige mål og fokuserer på sortering af data samt forventninger til undersøgelsesresultater og -konklusioner.

Teknologi og ressourcer fokuserer på materialekendskab, sortering og enkel produktudvikling.

Mennesket sætter fokus på dissektion til sammenligning af anatomi og fysiologi.

Naturen lokalt og globalt fokuserer på indsamling, bestemmelse, klassifikation af organismer og geologisk materiale, samt organismers tilpasning.

Vand, luft og vejr sætter fokus på undersøgelser af atmosfærisk luft, lys og målinger af nedbør, vind og temperatur.

Bilag 2

Mail til 3. klasses lærer og Naturvejleder som oplæg til forløb 28.02.2019

Hej Mette og lærer for 3. klassen – jeg er glad for, at I er friske på en tur torsdag den 28/2, hvor vi undersøger hvordan elever kan arbejde med engineering i naturen.

Jeg er jo i gang med at skrive en masterafhandling om netop hvordan ”Engineering i skolen” kan oversættes til aktiviteter på en naturskole og i natur-sammenhæng, herunder hvad det betyder for elevernes deltagelse. Undervejs kommer jeg til at være fluen på væggen og måske lidt i luften... men jeg kommer ikke til at styre eller blande mig. Jeg vil helst bare følge en gruppe og videofilme dem: jeg er interesseret i at høre hvad de taler om og hvad de gør rent praktisk. Det bliver for uoverskueligt at følge hele klassen. I vælger bare hvem jeg følger. Jeg synes, at grupper a 4-5 elever passer bedst til aktiviteten. Jeg vil gerne videfilme gruppen jeg følger. Film anvendes KUN af mig, lægges IKKE på nettet og slettes 1/6 2019.

Jeg vedhæfter et skema med klassiske/typiske roller for hhv. enkelte elever, elev-grupper samt for lærer og Naturvejleder under engineering-arbejdet.

Overordnet kan lærer- og naturvejlederrollen i engineering kan karakteriseres som faciliterende, idet de voksne hjælper og understøtter elevgruppernes arbejde. Det centrale er at understøtte elevernes **kollektive arbejdsprocesser i grupper** – det kan gøres ved stilladsering med forskellige formål:

- At fange elevernes interesse, at justere på elevernes frihedsgrader, rette fokus mod mål, at fremhæve kritiske elementer ved elevernes arbejdsproces, at yde støtte gennem faser, der opleves frustrerende af eleverne. Konkret at hjælpe med hvornår grupper går fra en engineering fase til en anden fase. **Åbne og produktive spørgsmål understøtter bedst** gruppernes arbejde. Har I spørgsmål så tøv ikke med at ringe: 30 76 02 22

Jeg glæder mig til at vi ses!

Mvh

Jacob Jensen

Jacob Jensen
Leder af Tårnby Naturskole

-
-

Tårnby Kommune

Kultur og Fritid
Tårnby Naturskole
Granatvej 3
2770 KASTRUP
TEL. direkte: 32526255
JJN.NS.UK@TAARNBY.DK
WWW.TAARNBY.DK

Bilag 3

Mit felt-note-skema til observation: Mulige roller for elevgruppe EiSnatur.

<i>Tid og sted</i>		
<i>Elementer i "Engineering proces design" modellen</i>	<i>Elevgruppens rolle</i>	<i>Feltnoter</i>
		<i>Samtale</i> <i>Handling</i>
<i>Undersøge</i>	Fælles kortlægning af fælles viden. Skaffe og tilegne sig manglende Viden. Andet	
<i>Få ideer</i>	Forhandle Udvælge ideer Andet	
<i>Konkretisere</i>	Konkretiserer, Skitserer Vælge materialer og redskaber. Planlægger videre arbejde. Fordele opgaver. Andet	
<i>Konstruere</i>	Virkeliggør deres ide til prototype Andet	
<i>Forbedre</i>	Tester Evaluerer og forbedrer prototypen Andet	

Bilag 4

Kandidater til engineering-cases – idékatalog

Krav og kriterier samt ideer til engineering-cases som udendørsforløb på en Naturskole

Først lidt om rammer siden konkrete ideer.

Krav og kriterier til aktiviteten

Skal kunne gennemføres ved besøg i naturen, helst hvor naturens materialer indsamles og eller anvendes af eleverne. Skal være praktisk muligt at gennemføre uanset vejr og antallet af elever, vikarer, mv...

Skal kunne anvende den procesmodel for engineering, der er udviklet til "Engineering i naturen". Fokus på:

- *Praktisk arbejde, der tager udgangspunkt i en udfordring,*
- *Elevernes mulighed for at afprøve og forbedre*
- *Samt faglige naturvidenskabelige begreber.*

Skal kunne gennemføres på en dag (maks. 5 timer) under besøget på Naturskolen.

Målgruppe: mellemtrin evt. udskoling.

Det vil være allerbedst hvis aktiviteten har betydning for og reference til elevernes hverdag - "virkelighedsnært". At eleverne arbejder med noget de selv kan bruge... Dog ikke en forudsætning.

STEM-indhold

Undervisningsforløb til engineering i naturen relaterer til Fælles Mål for naturfagene (og evt. andre fag). Fra 1. til 6. klasse med udgangspunkt i faget natur/teknologi og i 7. til 9. klasse med udgangspunkt i de fællesfaglige fokusområder inden for fagene biologi, geografi og fysik/kemi.

Matematik kan indgå som redskab til fx grafer, målinger og designs samt beregning og behandling af testresultater. Desuden inddrages de fire kompetenceområder: Undersøgelles-, modellerings- perspektiverings- og kommunikationskompetence.

Narrativ kontekst

Beskrivelsen af udfordringen bør være enkel og kortfattet. Den narrative kontekst behøver ikke tage udgangspunkt i en virkelighedsnær udfordring i elevernes umiddelbare hverdag, når blot afsættet er inspirerende og motiverende for eleverne. Fortællingen kan indeholde specifikke krav til løsningen.

Flere mulige løsninger

Både narrativ og materialer skal kunne rumme elevernes forskellige mulige løsninger af udfordringen. Udfordringen udformes så der er flere løsninger på udfordringen. Der bør lægges vægt på funktion frem for krav til løsningens udseende.

Materialer

For at understøtte ”Flere mulige løsninger” bør der være et udvalg af flere forskellige materialer til rådighed for elevernes arbejde. Det bør fremhæves, at underviserens valg af materialer i høj grad er styrende for en række centrale forhold. Karakter og mængde af frihedsgrader kan styres via materialer. Endvidere kan materialer direkte fremtvinge elevernes arbejde med naturfaglig viden, ved at materialer har forskellige naturvidenskabelige karakteristika, der kan anvendes ved løsning af udfordringen. Via materialerne kan eleverne opnå erfaringer med forskellige materialetyper og materialers forarbejdningsmuligheder.

Materialesamling basic Skole	Materialesamling basic Natur
Sugerør, ispinde, tape, plastikskeer, tandstikker, plastikposer, plastikkopper, papkrus, piberenser, stanniol, elastikker, vat, husholdningsfilm, snor, clips, plastikflasker, engangsklude, paprør, grillspyd, blomsterpinde, oasis, lim og limpistol.	Urter, blade, kviste, grene, sten, jord, stammer, målebånd, dolk, sav, økse, reb og snor
Materialesamling Udvidet Skole	Materialesamling udvidet Natur
Lego Mindstorm, micro:bits, datalogger,	Bål, termisk kamera, datalogger, trangia

Tabel: Sammenstilling af relevante materialer for elevers arbejde med engineering på hhv. skole og i naturen.

Frihedsgrader og progression

Engineering-forløb bør som udgangspunkt altid være udarbejdet med bestemte klassetrin og tilhørende færdigheds- og vidensområder for øje. Hvor store frihedsgrader eleverne kan arbejde med afhænger af flere faktorer: klassetrin, elevernes erfaring med projektarbejde og lærerens erfaring med engineering-aktiviteter. I de eksterne læringsmiljøer og med eksterne undervisere bør antallet af frihedsgrader reduceres pga. den nye og uvante kontekst for elever (og deres lærer).

Praktisk-konstruktive-optimerende elementer

Det er afgørende for engineering-forløb, at elever producerer en prototype og at prototypen kan forbedres på baggrund af test og evaluering. Elevers dataopsamling bør være styrende for evalueringerne. Ved de åbne forløb, med store frihedsgrader er eleverne selv i stand til at vurdere

hvilke data, der er relevante at opsamle. Det er op til eleverne at undersøge hvilke forbedringer af prototypen, der giver de relevante forbedringer. Engineering forløbene bør understøtte en ”konstruktiv fejlkultur”, hvor eleverne oplever, at fejl kan være produktive.

Ideer til Engeneering-cases som udendørsforløb på en Naturskole

”Kandidat # 1”

Bål og energi: Eleverne skal koge en l vand hurtigst muligt.

Første runde får eleverne lov til at undersøge forskellige typer af brænde (træsarter og størrelser af brænde) siden forskellige typer af bål/ opbygninger. Læreren samler op på bål-og-brænde - ”prototyper” og eleverne skal nu hurtigst muligt koge en liter vand.

Termiske kameraer kan evt anvendes i arbejdet med prototyper incl spgs om hvad udvikler hurtigt varme? Konstruktionens betydning eller brændets eller begge dele? Træers hårdhed og brændværdi...

Begreber: forbrænding, energi, kulstof



Berberbål -----Pagodebål-----Tilfældigt bål

”Kandidat # 2”

Undersøgelse af kulstofkredsløb: Vi tager udgangspunkt i Raadvad Naturskole’s tur: ” Kulstof kredsløb - bliv klar til naturfagene i udskolingen”.

<http://www.raadvadnaturskole.dk/raadvad-aktiviteter?aid=155>

Turen modificeres så den passer til Engineering design processen.

Dagen starter med en introduktion af programmet, hvorefter klassen gruppevis arbejder med opgaver, modeller og undersøgelser om forbrænding og fotosyntese. Til sidst laves en fælles model, hvor eleverne gennem en narrativ tilgang til kulstofkredsløbet selv indgår i modellen.

Læringsmål:

Eleven kan koble fænomener fra naturen med kulstof kredsløb (f.eks. blade der nedbrydes eller planters opbygning). Eleven kan bruge begreberne CO₂, ilt, energi, nedbrydning, fotosyntese og

forbrænding, når de forklarer kulstofets kredsløb. Eleven kan forklare kulstofets kredsløb ud fra modeller de selv er med til at fremstille på dagen.

”Kandidat # 3”

Fuglereder – engineering i dyreverdenen: Elevernes begynderaktiviteten med at kigge efter reder i naturen. Hvor er rederne placeret i træets grene? Eleverne undersøger (dekonstruerer) en (due/råge/krage/skade) rede og skal se om de kan rekonstruere en tilsvarende. Hvilke materialer har fuglene anvendt? Eleverne samler tilsvarende materialer og skal nu selv konstruere en tilsvarende rede i en grenkløft de selv har valgt. Grenkløften klippes ud af en trækrone der er lagt til eleverne. Elevernes reder skal kunne klare visse ryste-teste, der efterligner vinden. Prototyper testes. Læreren samler op. Elever konstruerer på ny reder. Eleverne får lejlighed til at forbedre deres reder. Der vil blive lagt kunstige æg i reden for at teste om de falder ud.

Ved vandet: Blishøne og lappedykker reder der flyder. Bygget af materialer fra årstiden (forår) og lokaliteten. Flyde – synke.

Formål: Dyr tilpasning til levesteder, en organismes liv, ... at fokusere på detaljer i naturen.

Fremme elevernes naturforståelse.

Forår og i forbindelse med en fugletur

Tidsforbrug en 2-4 timer.

Andre ideer:

Bånd, snore og tov: af naturmaterialer skal eleverne fremstille et reb der efterlever visse krav til styrke og længde

<http://www.skoven-i-skolen.dk/content/b%C3%A5nd-og-snore>

Byg et fugletårn: Eleverne skal konstruere et stabilt og højt tårn af rafter.

<http://www.skoven-i-skolen.dk/content/pioner-matematik>

/Vanskelig matematik/fysik for elever og lærer på mellemtrin/

Foder-automat til småfugle. Mange hjorte æder fuglenes frø når vi fodrer småfugle om vinteren.

/ikke helt en natur-aktivitet, idet naturens materialer ikke anvendes/

Byg et bål-komfur: Naturskolens personale er ved at få dårlig ryg af alt det bålmad der koges over lave bålsteder. Det vil være en hjælp hvis eleverne kan bygge bålsteder i komfur-højde...

/virker søgt når der ikke er tale om en uges sommer camp/

Hold kakaoen varm: Eleverne skal ved at anvende materialer indsamlet i naturen bygge en termokande der bedst holder kakaoen varm.

/virker søgt når der allerede er en masse termokopper/

Bro over kanal: Eleverne skal med et udvalg af rafter bygge en bro der skal efterleve visse krav.

/svært at identificere de faglige mål fra N/T/

Transporter tømmer: Skovens maskiner er blevet meget tunge og kan ikke anvendes til at fjerne tømmer fra sumpede eller bløde områder. Eleverne skal ved hjælp af forskellige reb, trisser og taljer konstruere tovbaner eller kraner, der kan anvendes til at trække tømmer ud til en skovvej.

I forbindelse med tur om skovbrug.

Tidsforbrug 2-3 timer.

Materialer: reb og trisser... /Vanskelig matematik/fysik for elever og lærer på mellemtrin/

Bilag 5

Designkriterier for undervisningsaktiviteter i engineering i skolen

Auner et al. (2018) har listet en række kriterier for engineering-aktiviteters faglige indhold, kontekst, materialer, løsningsmuligheder og frihedsgrader. Kriterierne er betegnende for EiS og kan anvendes som en ramme af lærere, der ønsker at udvikle engineering-forløb. I det følgende ridser jeg de enkelte kriterier op med udgangspunkt i Auner et al. (2018).

Fagligt indhold

Undervisningsforløb til engineering i skolen relaterer til Fælles Mål for naturfagene (og evt. andre fag): Fra 1. til 6. klasse med udgangspunkt i faget natur/teknologi og i 7. til 9. klasse med udgangspunkt i de fællesfaglige fokusområder inden for fagene biologi, geografi og fysik/kemi. Matematik kan indgå som redskab til fx grafer, målinger og designs samt beregning og behandling af testresultater (Auner et al., 2018).

Narrativ kontekst

Beskrivelsen af udfordringen i en undervisningssammenhæng bør være enkel og kortfattet. Den narrative kontekst og de indledende testfaser *behøver ikke* at tage udgangspunkt i en virkelighedsnær udfordring i elevernes umiddelbare hverdag, når blot afsættet er inspirerende og motiverende for eleverne. Fortællingen kan indeholde specifikke krav til løsning (Auner et al., 2018).

Materialer

For at understøtte ”Flere mulige løsninger” (se herunder) bør der være flere forskellige materialer til rådighed for elevernes arbejde. Det bør fremhæves, at lærerens valg af materialer i høj grad er styrende for en række centrale forhold. Karakter og mængde af frihedsgrader kan styres via materialer. Endvidere kan materialer direkte fremtvinge elevernes arbejde med naturfaglig viden, ved at materialer har forskellige naturvidenskabelige karakteristika, der kan anvendes ved løsning af udfordringen. Gennem materialerne kan eleverne opnå erfaringer med forskellige materialetyper og materialers forarbejdningsmuligheder. Derved kan eleverne opnå forarbejdningskompetence. Tabel A herunder lister materialer og redskaber, der ofte ses anvendt ved engineering aktiviteter på skoler (Auner et al., 2018).

Tabel A: Sammenstilling af relevante materialer og redskaber for eleverns arbejde med engineering på skole (EiS) (Auner et al., 2018).

Materialesamling, basic
Sugerør, ispinde, tape, plastikskeer, tandstikker, plastikposer, plastikkopper, papkrus, piberenser, stanniol, elastikker, vat, husholdningsfilm, snor, clips, plastikflasker, engangsklude, paprør, grillspyd, blomsterpinde, oasis, lim og limpistol.
Materialesamling, udvidet
Lego Mindstorm, micro:bits, datalogger,

Flere mulige løsninger

Både narrativ og materialer skal kunne rumme elevernes forskellige mulige løsninger af udfordringen. Udfordringen udformes så der er flere løsninger på udfordringen. Der bør lægges vægt på funktion frem for krav til løsningens udseende (Auner et al., 2018).

Frihedsgrader, progression og prototype

Engineering-forløb bør som udgangspunkt altid være udarbejdet med specifikke klassetrin og tilhørende færdigheds- og vidensområder for øje. Hvor store frihedsgrader eleverne kan arbejde med, afhænger af flere faktorer: klassetrin, elevernes erfaring med projektarbejde og lærerens erfaring med engineering-aktiviteter. Det er afgørende for engineering-forløb, at elever producerer en prototype og at prototypen kan forbedres på baggrund af test og evaluering. Det er op til eleverne at undersøge hvilke forbedringer af prototypen, der giver de relevante forbedringer. Engineering-forløbene bør understøtte en ”konstruktiv fejkultur”, hvor eleverne oplever, at fejl kan være produktive (Auner et al., 2018).