

# **Evaluering af Engineering i skolen**

December 2019

Evalueringen er gennemført af

Jan Sølberg, Christina Frausing Binau, Olga Trolle, Dorte Elmeskov, Nana Quistgaard, Karin Mortensen og Bella Marckmann

Naturfagenes evaluerings- og udviklingscenter - [neuc.dk](http://neuc.dk)

## **Om Naturfagenes evaluerings og udviklingscenter**

Naturfagenes evaluerings- og udviklingscenter (NEUC) drives i et samarbejde mellem Institut for Naturfagenes Didaktik (IND) på Københavns Universitet og Astra - Det nationale naturfagscenter. Læs mere på [www.neuc.dk](http://www.neuc.dk)

# Indholdsfortegnelse

<b>Indholdsfortegnelse</b>	<b>3</b>
<b>1. Sammenfatning</b>	<b>6</b>
1.1 Projektets aktiviteter og produkter	6
1.2 Projektets foreløbige resultater	6
1.2.1 Kvantitative resultater	6
1.2.2 Kvalitative resultater	7
<b>2. Indledning og formål</b>	<b>8</b>
2.1 Kort om Engineering i skolen	8
2.2 Formål og baggrund for evalueringen	9
2.3 Overordnet evalueringsdesign	10
<b>3. Metode og datagrundlag for rapporten</b>	<b>13</b>
3.1 Overordnede metodiske overvejelser	13
3.2 Datakilder	14
<b>4. Kortlægning</b>	<b>16</b>
4.1 Kort sammenfatning	16
4.2 Formål	16
4.3 Fremgangsmåde	17
4.4 Tematisk syntese	18
<b>5. Slutevaluering</b>	<b>21</b>
5.1 Kort sammenfatning	21
5.2 Projektets succeskriterier	21
5.3 Datakilder	22
5.4 Resultater vedrørende reach og impact	25
5.4.1 Lærere	27
5.4.2 Læreruddannere	28
5.4.3 Lærerstuderende	28
5.4.4 Elever	28
<b>6. Tværgående evaluering</b>	<b>30</b>
6.1 Sammenfatning	30
6.1.1 Elevkompetence	30
6.1.2 Elevmotivation	31
6.1.3 Underviserkompetence	31
6.1.4 Afgørende faktorer for gennemførelsen	32
6.1.5 Muligheder/barrierer for forankring	33
6.2 Fremgangsmåde	34
6.2.1 Forandringsteori som gennemgående analyseredskab	34
6.3 Indsats A. Kompetenceudvikling	37
6.3.1 Kort sammenfatning	37

6.3.2	Datakilder	38
6.3.3	Kompetenceudvikling efter Q-modellen	38
6.3.4	Kompetenceudviklingens forløb i praksis	41
6.3.5	Delresultat - Elevkompetence	42
6.3.6	Delresultat - Elevmotivation	47
6.3.7	Delresultat - Underviserkompetence	48
6.3.8	Delresultat - Afgørende faktorer for gennemførelsen	51
6.3.9	Delresultat: Muligheder/barrierer for forankring	56
6.4	Indsats B. Udvikling af undervisningsmidler	58
6.4.1	Kort sammenfatning	58
6.4.2	Datagrundlag for kapitlet	59
6.4.3	Udvikling af undervisningsforløb til mellemtrin og udskoling	59
6.4.4	Delresultat - Elevkompetence	65
6.4.5	Delresultat - Elevmotivation	65
6.4.6	Delresultat - Underviserkompetence	66
6.4.7	Delresultat - Afgørende faktorer for gennemførelse	66
6.4.8	Delresultat - Muligheder/barrierer for forankring	67
6.5	Indsats C. Naturfagsmaraton	68
6.5.1	Kort sammenfatning	68
6.5.2	Datagrundlag	68
6.5.3	Naturfagsmaraton for elever i 5. og 6. klasse	69
6.5.4	Det forventede udbytte ved deltagelse i Naturfagsmaraton	70
6.5.5	Målbeskrivelse	71
6.5.6	Delresultat - Elevkompetence	71
6.5.7	Delresultat - Elevmotivation	76
6.5.8	Delresultat - Underviserkompetencer	77
6.5.9	Delresultat - Afgørende faktorer for gennemførelsen	80
6.5.10	Delresultat - Muligheder/barrierer for forankring	82
6.6	Indsats D. Læruddannelse	83
6.6.1	Sammenfatning	83
6.6.2	Datagrundlag	83
6.6.3	Engineering-aktiviteter på to professionshøjskoler	84
6.6.4	Delresultat - Elevkompetence (Her: lærerstuderende =elever)	86
6.6.5	Delresultat - Elevmotivation (her: lærerstuderende =elever)	87
6.6.6	Delresultat - Underviserkompetence	88
6.6.7	Delresultat - Afgørende faktorer for gennemførelsen	89
6.6.8	Delresultat - Muligheder/barrierer for forankring	90
<b>7.</b>	<b>Udvikling af redskab til evaluering af elevkompetence</b>	<b>92</b>
7.1	Kort sammenfatning	92
7.2	Design og udvikling af evalueringsredskabet	92
7.2.1	Brugercentreret udviklingsproces	94
7.3	Udvikling og afprøvning	98
7.3.1	Kvalitativ afprøvning af redskab	98
7.3.2	Seneste version	100
7.3.3	Opsummering af resultater i forhold til designkriterierne	101

7.4 Næste skridt: Anbefalinger til kvantitativ afprøvning	102
7.4.1 Gennemførelse af kvantitative analyser af redskabet	102
7.4.2 Digitalisering af redskabet	104
<b>8. Konklusion og opsamling</b>	<b>106</b>
<b>9. Litteratur</b>	<b>109</b>
<b>Bilag</b>	<b>112</b>
Bilag 1: Modificeret forandringsteori	112
Bilag 2: Oversigt over test af eksemplariske forløb	114
Bilag 3: Lærervejledning til engineering-evaluering	119

# 1. Sammenfatning

Denne rapport sammenfatter de erfaringer og resultater, som er fremkommet i Engineering i skolen i projektets første to år (2017-19). Rapporten giver overblik over den aktuelle viden om muligheder og opmærksomhedspunkter i forhold til at indføre engineering i grundskolen og peger samtidig på områder, som kræver nærmere undersøgelse, og hvor der fortsat er behov for udvikling.

## 1.1 Projektets aktiviteter og produkter

I projektets første 2½ år har tusindvis af lærere og elever deltaget i engineeringaktiviteter, ikke mindst via Naturfagsmaraton, hvor opgaverne fra 2018 er blevet struktureret ud fra engineeringmodellen. Der har været engineeringaktiviteter på læreruddannelsen på VIA UC og Københavns Professionshøjskole, hvor over 100 lærerstuderende og 30 læreruddannere har deltaget.

Der er udviklet en dansk engineeringdidaktik, som har dannet grundlag for kompetenceudviklingsforløb i fire kommuner. Der er udviklet eksemplariske undervisningsforløb til udskoling og til mellemtrinnet samt et sæt designkriterier og retningslinjer for udvikling af eksemplariske forløb, som vil gøre det nemmere at udvikle nye forløb fremover. Der er etableret en særlig Engineering Day, som en årligt tilbagevendende event, og mange andre tiltag, som tilsammen udgør en bred vifte af tiltag, som skal understøtte at engineering bliver en del af naturfagsundervisningen i Danmark.

NEUC har gennemført en praksiskortlægning af engineeringrettede indsatser i Danmark målrettet grundskolen gennem de sidste 10 år, hvoraf 32 er beskrevet i dybden, samt en sammenfattende syntese af tværgående tematikker fra fire udpegede indsatser under Engineering i skolen.

NEUC har udviklet et redskab, som er dokumenteret anvendeligt til formativ evaluering på klasseniveau, men som mangler at blive afprøvet tilfredsstillende i forhold til redskabets statistiske måleegenskaber som forudsætning for summativ anvendelse.

## 1.2 Projektets foreløbige resultater

### 1.2.1 Kvantitative resultater

Succeskriterierne er efter de første to år delvist opfyldt for lærere, elever, lærerstuderende og læreruddannere. For alle succeskriterier, hvor der foreligger data fra både 2017 og 2018, er der tale om en opadgående tendens. De sidste data til evalueringen foreligger først med udgangen af 2019, og de endelige succeskriterier er først målsat til udgangen af 2020.

### 1.2.2 Kvalitative resultater

På tværs af indsatser oplever lærere, at

- eleverne kan udvikle generiske kompetencer (f.eks problemløsning, samarbejdsevne og formidlingsevne), faglige kompetencer (inklusive praktiske kompetencer) og personlige egenskaber såsom vedholdenhed og selvtillid gennem engineering.
- eleverne kan motiveres af at arbejde med engineering-didaktikkens forskellige elementer, såsom det autentiske i udfordringerne, nye og anderledes undervisningsformer og det at bygge et håndgribeligt produkt.
- at engineering er et meningsfuldt tilbud til naturfagsundervisningen, og lærerne er generelt motiveret for at arbejde med engineering.

Der mangler stadig viden på en række områder, navnlig i forhold til systematiske undersøgelser af elevers lærings- og motivationsudbytte og af mulige forskelle mellem elevgrupper.

Evalueringen viser, at en række faktorer skal være på plads, for at engineering kan gennemføres og forankres med succes. Der er tale om faktorer på klasse-, skole- og forvaltningsniveau.

- På klasseniveau afhænger gennemførelsen i høj grad af elevernes og lærernes forudsætninger i form af erfaringer med tilsvarende undervisningsformer og deres faglige, didaktiske og tekniske kompetencer.
- På skoleniveau øger det sandsynligheden for, at der gennemføres vellykkede engineeringforløb, hvis såvel fagteam som ledelse bakker op om arbejdet, da det kan være vanskeligt at gennemføre et længere forløb uden særlig planlægning og ressourceallokering.
- På forvaltningsniveau kan en velfungerende kommunikation og infrastruktur understøtte implementeringen af engineering. Her er naturfagskoordinatoren en central aktør.
- Årligt tilbagevendende events såsom Naturfagsmaraton og Engineering Day kan være med til at fastholde fokus på engineering, så lærere og elever opbygger erfaring med processen.
- En vigtig brik i forankringen af engineering i naturfagsundervisningen på længere sigt er inklusionen af engineering i læreruddannelserne. Der er foretaget indledende forsøg med at indføre engineering i eksisterende uddannelseselementer, men det er fortsat begrænset, hvor udbredt og forankret engineering er på læreruddannelserne.

Engineering i skolen har opnået stor udbredelse på kort tid. Der er samtidigt udviklet en række vigtige koncepter for kompetenceudvikling, udvikling af undervisningsmaterialer og evaluering af engineeringkompetence, som fremover vil kunne bruges til forankring i praksis. Mange af koncepterne er dog fortsat under udvikling og skal modnes før programmets fulde potentiale kan udløses og undersøges.

## 2. Indledning og formål

Denne rapport sammenfatter de erfaringer og resultater, som er fremkommet i de forskellige evalueringsindsatser i perioden 2017-19, med henblik på at give et overblik over, hvad man på nuværende tidspunkt kan sige om muligheder og opmærksomhedspunkter i forhold til at indføre engineering i grundskolen. Rapporten peger samtidigt på de områder, som kræver nærmere undersøgelse, og hvor der fortsat er behov for udvikling.

### 2.1 Kort om Engineering i skolen

Med projektet Engineering i skolen har Engineer the future samlet en lang række centrale partnere omkring en fælles, koordineret, national indsats om at bringe engineering ind i undervisningen i den danske grundskole, så alle børn og unge får mulighed for teknologisk dannelse gennem engineering. Engineering, forstået som ingeniørens arbejdsmetode, er en anvendelses- og problemorienteret arbejdsmetode, som tager udgangspunkt i at løse et konkret problem eller behov. Engineering indgår i undervisningen andre steder i verden, f. eks. i USA, og det vil være væsentligt, at danske børn og unge ligeledes tilegner sig engineeringkompetencer allerede i grundskolen, for at Danmark kan fastholde sin konkurrenceevne inden for den teknologiske udvikling.

Projektet Engineering i skolen fokuserer målrettet på aktiviteter i grundskolen, hvorigennem lærere opnår kompetencer i at undervise i teknologi og teknologiudvikling med udgangspunkt i engineering. Det er en ambition med projektet, at elevernes interesse for problemorienterede arbejdsformer kan øges gennem engineeringtilgangen, og at de kan opnå teknologisk og naturvidenskabelig indsigt og engineeringkompetencer som en del af deres almene dannelse. Projektelementerne er en engineeringdidaktik og uddannelse heri, undervisningsmaterialer, events og konkurrencer.

Engineer the future er projektejer og deltager i projektgruppen sammen med projektpartnerne Astra, Naturvidenskabernes Hus og VIA University College. Derudover bidrager blandt andre Insero A/S samt læreruddannelsen på Københavns Professionshøjskole til projektet sammen med en lang række andre organisationer, virksomheder, universiteter/ingeniøruddannelser, kommuner, science-centre og andre aktører inden for naturfagsundervisning og -formidling (se Eksterne bilag 1, Projektbeskrivelse Engineering i skolen).

Engineering i skolen er på mange måder et unikt projekt inden for naturfagene i Danmark. For det første er det en national indsats, der er tilrettelagt med henblik på at indføre engineering i undervisningen i Danmark. Man har fra starten tænkt mange aktører med i processen og benytter mange forskellige virkemidler til at opnå en samlet og blivende ændring i praksis. Et andet vigtigt aspekt ved Engineering i



skolen er den langsigtede tidshorisont, som kan være med til at sikre, at der ikke alene kan opnås en stor udbredelse, men også forankring, dvs. en opbygning af tradition for at bruge engineering i skolerne. De første tre år, som denne evaluering omfatter, udgør kun første del af denne langsigtede indsats. Denne første del har været en udviklings- og afprøvningsfase, hvor hensigten har været at indsamle viden og erfaringer fra ind- og udland som et grundigt afsæt for at opnå de langsigtede mål. Meget få indsats har haft så grundigt et forarbejde til den egentlige indsats som Engineering i skolen, og derfor vil indsatsen i de kommende år i sjælden grad være velfunderet og relevant for dansk naturfagsundervisning. Sidst, men ikke mindst, er muligheden for at sammentænke en dansk engineeringdidaktik med lokalt forankret kompetenceudvikling, udvikling af undervisningsmaterialer og evalueringsværktøjer, som kan bruges til at understøtte elevernes kompetenceudvikling over tid, med til at gøre Engineering i skolen til et usædvanligt gennemtænkt tilbud til naturfagslærerne.

## 2.2 Formål og baggrund for evalueringen

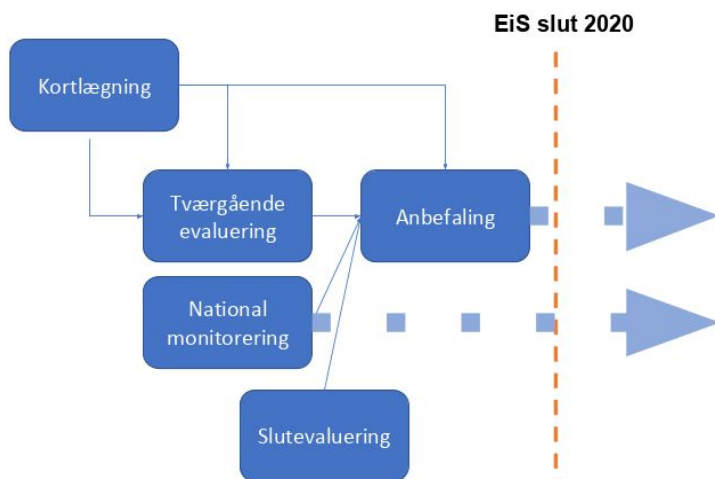
NEUCs evaluering af Engineering i skolen har haft til formål at *opsamle eksisterende viden* omkring engineering i grundskolen og at *sammenfatte de erfaringer og resultater*, som er opstået undervejs i projektet i perioden 2017-2020. De første år i Engineering i skolen har været præget af udvikling og afprøvning, og derfor har NEUCs evaluering primært haft karakter af at være en udviklingsorienteret evaluering. Evalueringen har dels haft til formål at spille ind i udviklingen af Engineering i skolen med løbende tilbagemeldinger og et overordnet perspektiv, så projektledelse, projektgruppe og de ansvarlige i de forskellige indsats fik mulighed for at reflektere over processen undervejs; dels frembringe anbefalinger, som kan kvalificere næste fase af projektet og sikre, at Engineering i skolen vil kunne opskaleres og udrulles nationalt på det bedst mulige vidensgrundlag. Således har det ikke været NEUCs opgave at evaluere effekten af de enkelte indsats, men at samle og sammenholde viden. Meget af denne viden er produceret af deltagerne i de enkelte indsats i forbindelse med kvalitetssikringen af disse, og de er derfor ikke gennemført ud fra en fælles ramme eller metode. Denne tilgang betyder, at NEUCs evaluering i vid udstrækning er baseret på synteser af selvrapporteret viden fra andre involveret i Engineering i skolen. Tilgangen er valgt for dels at sikre, at den genererede viden anvendes direkte i videreudviklingen af indsatserne, dels af pragmatiske hensyn til ressourcer i evalueringen. NEUCs fokus har altså været at skabe overblik over indsatserne og syntetisere den samlede erfaring.

Evalueringsdesignet er blevet tilpasset flere gange undervejs, og nærværende rapport indeholder derfor ikke alle delelementerne i det oprindelige design. Dette uddybes nærmere i næste afsnit. En af de væsentlige ændringer i projektets tidsplan har været, at Villum Fonden har ønsket en evaluering i 2019 og ikke i 2020 som oprindeligt planlagt. Dette betyder, at udviklingen af de enkelte indsats endnu ikke er færdige eller gennemført i et omfang, så den afledte viden kan bruges til at informere den fremtidige indsats i det omfang, som oprindeligt var planlagt. Eksempelvis er både indsatsen på læreruddannelsen

og udvikling af undervisningsmidler stadig i gang. Anbefalingsdelen er ændret fra at skulle munde ud i konkrete anbefalinger til at skulle beskrive hvilken viden, der findes på nuværende tidspunkt, og hvad der fortsat mangler tydelige svar på. Formålet med evalueringen er dog fortsat at sammenfatte den eksisterende viden om engineering i grundskolen til gavn for den fremtidige indsats på området. Det er NEUCs vurdering, at evalueringen, på trods af ændringerne, leverer et fagligt relevant bidrag til det videre arbejde i Engineering i skolen, som både indeholder originale produkter (kortlægning og redskab til evaluering af elevkompetencer) samt en slut- og tværgående evaluering baseret på dels egne undersøgelser og dels på sekundære kilder.

## 2.3 Overordnet evalueringsdesign

Evalueringsdesignets fem delopgaver indgår i hinanden som illustreret i følgende figur:



Figur 1. Oversigt over aktiviteterne NEUCs oprindelige evalueringsdesign.

**Kortlægningen** afdækker de seneste 10 års engineeringpraksis i Danmark og indeholder en analyse af tidligere erfaringer, som kan indgå direkte i anbefalingerne til et langsigtet Engineering i skolen-program. Desuden supplerer kortlægningen det litteraturreview, som blev gennemført på samme tid, som udgangspunkt for udviklingen af en engineeringdidaktik. Kortlægningen danner grundlag for udvælgelse af relevante indsatser, som indgår i en tværgående evaluering og en dybere syntese af erfaringer på tværs af indsatserne. Den **tværgående evaluering** sammenholder indsatser, som hver på sin vis sigter mod at fremme engineering i den danske grundskole. Her analyseres opnåede resultater inden for fem tværgående temaer (Elevkompetence, Elevmotivation, Underviserkompetencer, Afgørende faktorer for gennemførelsen, Muligheder/barrierer for forankring), hvilket var tænkt til at skulle indgå i formuleringen af **anbefalinger** til et langsigtet program. **Slutevalueringen** har indsamlet data med henblik på at vurdere, hvorvidt Engineering i skolen lever op til de kvantitative succeskriterier i projektbeskrivelsen.

NEUC har endvidere haft til opgave at udvikle et redskab til evaluering af engineering-kompetence blandt elever, som kan bruges i en **national monitorering**, som det var planen at iværksætte i starten af næste fase af Engineering i skolen i det oprindelige projekt. Et sådant evalueringsredskab findes ikke i forvejen. Erfaringerne med udvikling af redskabet skulle indgå i anbefalingerne med henblik på at integrere redskabet i relevante Engineering i skolen-indsatser (såsom kompetenceudvikling, udvikling af undervisningsmateriale) fremadrettet. Desuden skulle der udvikles en protokol for monitorering af unges uddannelsesvalg med særligt fokus på de naturvidenskabelige og tekniske uddannelser.

Se næste side.

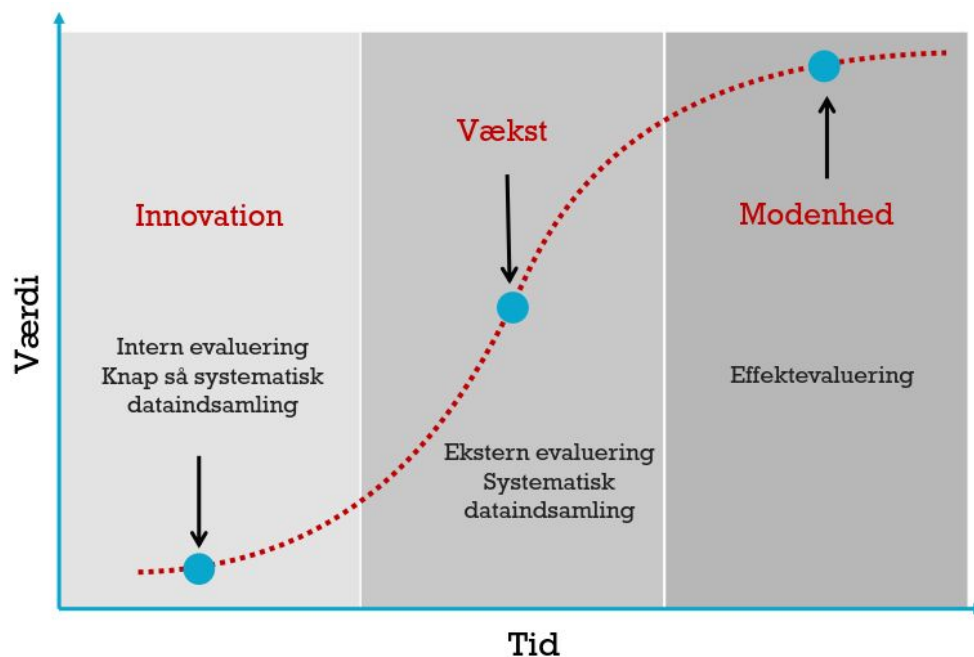
Overordnet opgave	Indsats under opgaven	Kort beskrivelse	Oprindelig plan/ <b>justeringer</b>
<b>1. Kortlægning</b>		Undersøgelse af de sidste 10 års relevante projekter i DK	Gennemført som oprindeligt planlagt
<b>2. Slutevaluering</b>		Opgørelse af reach (antal deltagere, både elever og lærere) og impact (motivation og læring)	<b>Afslutningen af slutevalueringen er fremskyndet til sommer 2019. Der gennemføres en sidste indsamling af outreach-data i starten af 2020, som afrapporteres separat.</b>
<b>3. Tværgående evaluering</b>	Kompetence-udvikling	Lærerefteruddannelse i 4 kommuner	Gennemført som planlagt, <b>men inden for kortere tidsfrist.</b>
	Lærerruddannelse	Engineering ind i lærerruddannelsen	<b>Indsatsen er fortsat i gang. Den hidtidige indsats beskrives frem mod sommer 2019.</b>
	Naturfagsmaraton	Årlig tilbagevendende begivenhed	Gennemført som planlagt, <b>men inden for kortere tidsfrist.</b>
	Læremidler	Udvikling af læremidler ud fra Engineering i skolen-didaktik	<b>Indsatsen er fortsat i gang. Den hidtidige indsats beskrives frem mod sommer 2019. Ultimo 2019 opsamles supplerende data indsamlet august-oktober 2019.</b>
	Fablab	Projekt med lignende mål som Engineering i skolen	<b>Udgår.</b>
<b>4. Design af redskaber til national monitorering</b>	Uddannelsesvalg	Udvikling af protokol til monitorering af unges uddannelsesvalg	<b>Protokollen udvikles i dialog med Villum Fonden i efteråret 2019.</b>
	Evaluering af engineering-kompetencer	Udvikling af redskab til monitorering af elevers engineeringkompetence	<b>Gennemført med væsentlige modifikationer og inden for kortere tidsfrist.</b>
<b>5. Sammenfatning og anbefalinger</b>		Opsamling af erfaringer og læringspunkter fra projektet rettet mod fremtidig ansøgning om fortsættelse af programmet.	Gennemført som planlagt, <b>dog udvikles anbefalinger rettet mod fortsættelse i programmet (og ikke rettet mod ny ansøgning som oprindeligt aftalt).</b>

Tabel 1. Oversigt over NEUCs evalueringsdesign. Den røde tekst indikerer ændringer til det oprindelige design.

## 3. Metode og datagrundlag for rapporten

### 3.1 Overordnede metodiske overvejelser

Som beskrevet i indledningen er Engineering i skolen et projekt, der befinder sig i innovationsfasen.



Figur 2. Fra oplæg om effektevaluering ved Mads Leth Jakobsen den 1/4, 2019. Engineering i skolen vurderes til at befinde sig i overgangen til vækstfasen på nuværende tidspunkt.

Det betyder, at den første projektperiode har været præget af udvikling af såvel indsatserne som af projektdeltagernes indsigt i, hvad der er muligt, og hvad der er realistiske forventninger i forhold til indsatserne. NEUC har derfor valgt at gennemføre en udviklingsorienteret evaluering (inspireret af developmental evaluation jf. Patton, 2010). Som følge heraf har vægten i evalueringen været på indsamling af intern erfaringsviden fra de forskellige professionelle, som har stået for at udvikle projektets forskellige indsats (Qvortrup og Keiding, 2014). Denne indsamling er sket via en række aktiviteter:

1. Løbende deltagelse i projektmøder. NEUC har gennem hele projektperioden deltaget i møder med projektdeltagerne og har fulgt og givet sparring på udviklingen af en fælles terminologi og de overvejelser, der har været gjort deltagerne imellem om f. eks. sammenhængen mellem de forskellige indsats. Denne løbende dialog har været en afgørende faktor for at NEUC har opnået en indgående forståelse af projektet og det har sat NEUC i stand til at drøfte projektets foreløbige

resultater med projektdeltagerne og indsamle relevante pointer til de fremadrettede anbefalinger undervejs.

2. Opsamlende interview med de ansvarlige for de forskellige indsatser, herunder refleksion over de data, de ansvarlige selv har indsamlet, i lyset af de fælles drøftelser undervejs.
3. Vidensopsamling i form en kortlægning af engineeringrettede indsatser.
4. Slutevaluering.
5. Udvikling af et evalueringsredskab til at måle engineeringkompetencer hos elever.

### 3.2 Datakilder

Som omtalt i indledningen bygger evalueringen på en række forskellige datakilder. De anvendte datakilder varierer dels mht. datatype (kvantitative/kvalitative) og dels mht. oprindelse (produceret af NEUC/produceret af projektdeltagere).

	Kvantitative	Kvalitative
<b>Produceret af NEUC</b>		<p><b>Kortlægning:</b> Systematisk søgning</p> <p><b>Tværgående:</b> interview med ansvarlige for kompetenceudvikling, læreruddannelse, naturfagsmaraton og undervisningsmidler</p> <p><b>Evalueringsredskab:</b> Observation og interview med lærere i forbindelse med afprøvning af redskabet</p>
<b>Produceret af projektdeltagere</b>	<p><b>Slutevaluering:</b> optælling af deltagere i 7 indsatser; surveybesvarelser vedr. oplevet kompetenceløft</p> <p><b>Tværgående:</b> surveybesvarelser fra Naturfagsmaraton, deltagere i kompetenceudvikling, elever og lærerstuderende</p>	<p><b>Tværgående:</b> Interview med lærerstuderende, naturfagskoordinatorer og deltagere i kompetenceudvikling</p>

Tabel 2. Kort oversigt over anvendte typer af datakilder.

De data, som er produceret af projektdeltagerne, er typisk produceret som led i den indsatsnære kvalitetssikring og er derfor meget forskelligartede. I forhold til denne rapport benytter vi disse data på to måder: dels *direkte som datakilde* i det omfang de indeholder relevant viden i forhold til evalueringens sigte, dels *indirekte som afsæt for dialog* i interview med de deltagere, der har stået for indsatsen. I de enkelte kapitler fremgår det, hvilke datakilder, der ligger til grund for kapitlernes konklusioner, og der

henvises til de oprindelige kilder, som alle er offentligt tilgængelige eller kan tilgås ved at kontakte projektleder for Engineering i skolen, Jonas Bo Hansen.

## 4. Kortlægning

### 4.1 Kort sammenfatning

- Årligt tilbagevendende begivenheder kan være med til at fastholde indsatser men også risikere at isolere dem til en afgrænset periode i løbet af skoleåret.
- Lærere må indtage en mere vejledende rolle i engineering-forløb, og denne rolle kan være udfordrende for lærere, fordi den udfordrer deres forståelse af, hvad det vil sige at være lærer og deres opfattelse af, hvad (natur-)faglighed er.
- Det kan være vanskeligt for de involverede at målsætte elevernes læring på en operationel måde, og der er derfor behov for kunne italesætte hvilke kompetencer, der er særligt relevante i et engineeringforløb, og hvordan disse kompetencer forholder sig til de fire kompetenceområder for naturfagene i Fælles Mål
- Elever kan få et stort og forskelligartet læringsudbytte af at arbejde med engineering i skolen og udvikle forskellige generiske kompetencer tillige med mere traditionelt fagligt udbytte. Desuden var der gennemgående tegn på, at elevernes interesse for naturfag øges ved at arbejde med engineering.
- Forskelle i elevernes forudsætninger bliver mere udtalte i den åbne, elevstyrede undervisning, og det er derfor nødvendigt med en opmærksomhed på, at engineering-undervisningen skal kunne tilgodese mange forskellige elevers behov og evner samtidigt med at stilladsere, at eleverne bliver udfordret på de dele af processen, som de ikke er fortrolige med.
- Der er behov for en definition af, hvordan teknologi forstås i relation til engineering i skolen, og hvilken rolle teknologi bør spille i engineeringforløb.
- Opbygning af relationer, ledelsesopbakning og kommunal støtte kan have stor betydning for forankring af indsatsernes aktiviteter.
- Eksterne aktører spiller en central rolle i mange af indsatserne.

### 4.2 Formål

Formålet med praksiskortlægningen var at kortlægge danske engineering-rettede indsatser mod grundskolen, hvis hensigt var at:



- styrke og udvikle læreres kompetencer
- styrke og udvikle læringsudbytte
- udvikle undervisningen inden for STEM-området

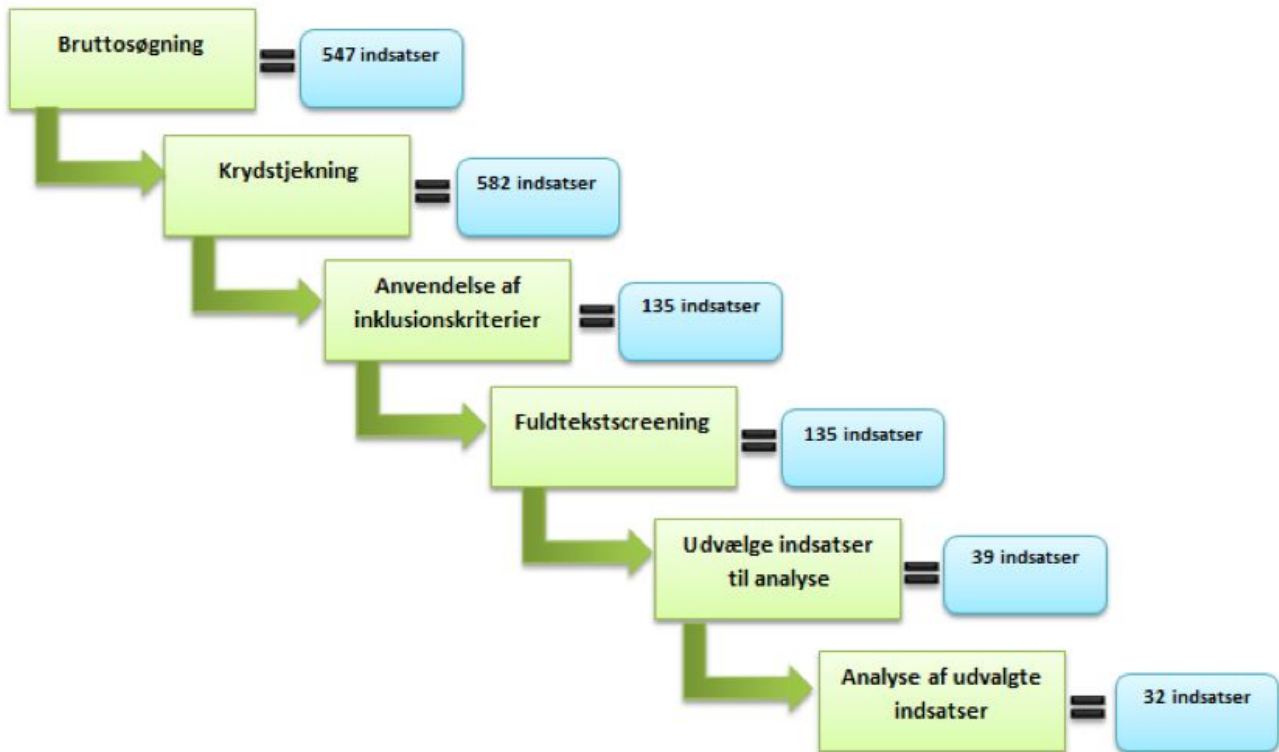
og endelig skulle kortlægningen:

- medvirke til at kvalificere arbejdet med en engineeringdidaktik til naturfagsundervisningen i grundskolen

I dette kapitel fremlægges de overordnede pointer vedrørende fremgangsmåden i kortlægningen og de væsentligste pointer fra kortlægningen. Detaljerne i kortlægningen er beskrevet i Eksterne bilag 2 Engineering i skolen - Syntese af en praksiskortlægning og Eksterne bilag 3 Teknisk rapport. Engineering i skolen - praksiskortlægning samt artiklen *Hvad ved vi om indsatser inden for engineering* (Waadegaard & Sølberg, 2019), hvor pointer særligt rettet mod udviklere og undervisere er fremhævet.

### 4.3 Fremgangsmåde

Kortlægningsprocessen var designet i seks overordnede faser, som illustreret i figur 3. I bruttosøgningsfasen blev 547 indsatser kortlagt. Denne liste blev krydstjekket mod kortlægning af naturfagsindsatser (Sølberg, 2016) gennemført af Institut for naturfagernes didaktik, Københavns Universitet, hvilket resulterede i yderligere 35 indsatser (N=582 i alt). Inklusionskriterierne blev herefter skærpet, og listen over indsatser blev reduceret til 135. Dernæst blev der foretaget en fuldtjekscreening af indsatserne, hvorefter 39 indsatser blev udvalgt til analyse. Den sidste fase var en analyse af i alt 32 indsatser, eftersom yderligere 7 indsatser blev sorteret fra. Metoden for kortlægningen er beskrevet i Eksterne bilag 3 Teknisk rapport. Engineering i skolen - praksiskortlægning. Nedenstående oversigt illustrerer arbejdsproces for kortlægningen.



Figur 3. Illustration af de forskellige trin i praksiskortlægningsprocessen.

#### 4.4 Tematisk syntese

De udvalgte 32 indsatser fremkommet gennem praksiskortlægningen blev underkastet en tematiske analyse (Braun & Clarke, 2006) for at belyse potentialer og udfordringer forbundet med engineeringaktiviteter i grundskolen. Nedenstående rummer en række fremadrettede betragtninger, som er formuleret med særligt henblik på at informere projektet. Disse pointer er forment af diskussioner af kortlægningen i projektgruppen den 23. november, 2017.

Syntesen viser, at årligt tilbagevendende begivenheder kan være med til at fastholde indsatser men også risikere at isolere dem til en afgrænset periode i løbet af skoleåret. Efterhånden som lærere opnår erfaringer med engineering-aktiviteter, er det tilsyneladende ikke ualmindeligt, at aktiviteterne bliver mere integrerede i lærernes normale undervisningspraksis. Men den åbne, elevstyrede form for undervisning som engineering lægger op til, kræver mange gentagelser før lærere og elever bliver tilstrækkelig bekendte med formen. Dermed er det vigtigt at tydeliggøre, at man ikke kan forvente nævneværdige resultater uden en vis vedholdenhed, da de første forsøg med engineering ofte er

behæftet med en del frustrationer for både lærere og elever.

Syntesen viser konsistent, at lærere må indtage en mere vejledende rolle i engineering forløb. Denne rolle kan være udfordrende for lærere i starten, fordi den udfordrer deres forståelse af, hvad det vil sige at være lærer og deres opfattelse af, hvad (natur-)faglighed er. Lærernes opfattelse af faglighed er ofte (i starten) i konflikt med de generiske kompetencer, som eleverne har brug for til at blive gode til engineering (såsom samarbejdsevne, problemløsning og kreative processer). Det kan derfor være nyttigt at italesætte over for lærerne, at engineering udgør en måde at undervise naturfag på, hvor eleverne ikke kun tilegner sig faglig viden, men samtidigt udvikler de nødvendige kompetencer til at kunne bruge den naturfaglige viden til at løse fagligt relevante problemstillinger.

I mange af indsatserne var det vanskeligt for de involverede at målsætte elevernes læring på en operationel måde. Dette peger på et behov for kunne italesætte hvilke kompetencer, der er særligt relevante i et engineeringforløb. Disse kompetencer skal kunne relateres til de fire kompetenceområder for naturfagene i Fælles Mål, hvis lærerne skal arbejde med engineering i undervisningen i nævneværdig grad. Desuden er der behov for at udvikle evalueringsredskaber, som kan stilladsere, at både elever og lærere bliver i stand til at arbejde målrettet med engineering. På den måde vil lærerne kunne afholde kortere såvel som længere engineering-forløb, som alle bidrager løbende til at udvikle elevernes kompetencer.

Syntesen viser, at elever kan få et stort og forskelligartet læringsudbytte af at arbejde med engineering i skolen. Læringsudbyttet dækkede mange forskellige generiske kompetencer, men også mere traditionelt fagligt udbytte. Desuden var der gennemgående tegn på, at elevernes interesse for naturfag øges ved at arbejde med engineering. Lærerne var ofte bekymrede for, om eleverne også opnåede tilstrækkeligt fagligt udbytte i starten, hvilket synes at hænge sammen med en forståelse af faglighed og faglige kompetencer, som ikke tilgodeser at eleverne gerne skal kunne anvende faget i praksis. Med andre ord er det vigtigt, at lærerne bliver klar over, at engineering er en måde at realisere ambitionerne i Fælles Mål, som rækker ud over de konkrete aktiviteter i undervisningen og peger frem mod, hvad eleverne skal kunne med naturfagene - også uden for skolen.

Syntesen viser, at forskelle i elevernes forudsætninger bliver mere udtalte i den åbne, elevstyrede undervisning. Dermed bliver det muligt for flere elever at bidrage til undervisningen. Men undervisningsdifferentieringen bør sikre, at eleverne ikke bliver fastholdt i kun at bidrage til de dele af et forløb, som de i forvejen er trygge ved. I flere indsatser erfarede man, at der var en tendens til at de elevstyrede forløb betød, at eleverne gang på gang valgte at lave det, som de var bedst til. Derved blev de ikke bedre til andre dele af den samlede proces. Det er derfor nødvendigt med en opmærksomhed på, at engineeringundervisningen skal kunne tilgodese mange forskellige elevers behov og evner samtidigt

med at stilladsere, at eleverne bliver udfordret på de dele af processen, som de ikke er fortrolige med.

Syntesen peger på, at det i indsatser med fokus på teknologi ofte var uklart for lærerne, hvad teknologi dækker over, og hvordan den skulle bidrage til elevernes læring. Dette kunne pege på, at der er behov for en definition af, hvordan teknologi forstås i relation til engineering i skolen, og hvilken rolle teknologi bør spille i engineering-forløb.

Syntesen viser, at opbygning af relationer, ledelsesopbakning og kommunal støtte kan have stor betydning for forankring af indsatsernes aktiviteter. Disse elementer var kun sjældent medtænkt i nævneværdig grad som en del af indsatserne, og deres betydning for forankring af indsatsen blev ofte først klar i evalueringerne som en forklaring på, hvorfor forankringen af indsatsen enten lykkedes eller ikke. En anden gennemgående faktor, som havde betydning for forankringen, var tid til udvikling. Dette gjaldt både i form af udviklingstid til lærerne, så de kunne engagere sig ordentligt i indsatsen, men også i form af tilstrækkelig tid til at foretage flere engineeringforløb, så lærere og elever kunne nå at blive fortrolige med den form for undervisning.

Syntesen viser, at eksterne aktører såsom virksomheder og andre uddannelsesinstitutioner spillede en central rolle i mange af indsatserne. Der synes, at være en tendens til, at samarbejde med eksterne kræver facilitering fra en tredjepart og afklaring af, hvad de forskellige aktører skal bidrage med og have ud af samarbejdet for at lykkes. Dette kan være lidt af en udfordring i områder, hvor der ikke i forvejen er en institution eller person til at foretage denne facilitering, og det er muligvis en udfordring for opbygningen af autentiske problemstillinger til brug i undervisningen, hvis ikke det er muligt at engagere eksterne aktører i større engineering-forløb.

I de analyserede indsatser fremgår etik ikke som et særlig centralt fokuspunkt for engineering aktiviteter. Det kan diskuteres, om en engineeringdidaktik skal indeholde en etisk stillingtagen i arbejdsprocessen frem mod en løsning af en problemstilling.

## 5. Slutevaluering

Slutevalueringen tager udgangspunkt i Engineering i skolen-projektets egne målsætninger og har til formål at undersøge i hvilket omfang, projektets succeskriterier om antal deltagere og oplevet kompetenceløft opfyldes (se Eksterne bilag 4 Slutevaluering af Engineering i skolen, Dorte og Olga 2019). Slutevalueringens resultater kan ikke stå alene, men skal sammenholdes med de øvrige dele af evalueringen.

### 5.1 Kort sammenfatning

- Succeskriterierne for deltagelse i engineeringaktiviteter er delvist opfyldt for lærere, elever, lærerstuderende og læreruddannere.
- Succeskriterierne for oplevet kompetenceløft er opfyldt for lærerstuderende og delvist opfyldt for elever. For lærere og læreruddannere er der ikke data om oplevet kompetenceløft.
- For alle succeskriterier, hvor der foreligger data fra både 2017 og 2018, er der tale om en opadgående tendens. De endelige data foreligger først med udgangen af 2019.

### 5.2 Projektets succeskriterier

Engineering i skolen-projektet opstiller succeskriterier rettet mod lærere, elever, lærerstuderende og læreruddannere. For hver gruppe er der ét kriterium, der vedrører reach (dvs. hvor mange personer, indsatsen er nået ud til) og ét, der vedrører impact (dvs. hvilke spor, indsatsen har sat). Succeskriterierne er målsat til udgangen af 2020 og er som følger:

Lærere:

*Reach:* Mindst 25% af alle grundskolelærere, som underviser i naturfag (ca. 3.000 lærere), har gennemført et forløb i forbindelse med en eller flere engineeringaktiviteter.

*Impact:* Heraf har 30% (dvs. ca. 900 lærere) oplevet et kompetenceløft i forhold til at gennemføre engineering- aktiviteter i undervisningen.

Læreruddannere:

*Reach:* Mindst 80% af alle naturfaglige undervisere på læreruddannelserne (ca. 50 undervisere) har deltaget i efteruddannelse i engineeringdidaktik.

*Impact:* Heraf har 20% (ca. 10 undervisere) oplevet et kompetenceløft i forhold til at undervise i engineering-didaktik på læreruddannelserne.

Elever:

*Reach:* Mindst 20% af alle elever på mellemtrinnet og i udkolingen (dvs. ca. 70.000 skoleelever) har deltaget i et forløb, som inddrager en eller flere engineeringaktiviteter.

*Impact:* Blandt de 25% grundskolelærere nævnt i pkt. 2.a ovenfor har 75% af lærerne (dvs. ca. 2250 lærere) set tegn på engineeringkompetencer hos eleverne<sup>1</sup>.

Lærerstuderende:

*Reach:* Mindst 50% af alle naturfaglige lærerstuderende (ca. 450 lærerstuderende) har beskæftiget sig med engineering-aktiviteter.

*Impact:* Heraf har 33% (ca. 150 lærerstuderende) oplevet et kompetenceløft i forhold til at gennemføre engineeringaktiviteter i undervisningen.

## 5.3 Datakilder

I slutevalueringen er der indsamlet data for 2017 og 2018 fra følgende syv indsætser, som indgår i Engineering i skolen-projektet:

- Didaktik og uddannelse
- Undervisningsmaterialer
- Engineering i Naturfagsmaraton
- Unge forskere
- Besøgsordning: Book en ekspert
- Naturvidenskabsfestival
- Engineering Day

Data fra projektets første år (2017) er indsamlet i perioden november 2017 til januar 2018. Data fra projektets andet år (2018) er indsamlet i perioden november 2018 til januar 2019. I rapporten (se Eksterne bilag 4 Slutevaluering af Engineering i skolen) har vi beskrevet, hvilke data vi har indhentet fra de forskellige indsætser i 2018. Fra de syv indsætser er der indhentet data om antal deltagere og oplevet kompetenceløft blandt deltagende lærere og elever for de indsætser, hvor det giver mening. Der er gennemført følgende delundersøgelser:

1. Undersøgelser rettet mod lærere, læreruddannere og lærerstuderende:
  - a. Undersøgelse af hvor mange naturfaglige grundskolelærere, som har gennemført en eller flere interne og/eller eksterne engineeringaktiviteter udvalgt efter aftale med

---

<sup>1</sup> Bemærk, at succeskriteriet for impact hos elever ikke iagttages direkte hos eleverne, men via lærernes oplevelse.

projektledelsen, og hvorvidt de har oplevet et kompetenceløft i forhold til at gennemføre engineering-aktiviteter i egen undervisning.

- b. Undersøgelse af hvor mange naturfaglige undervisere på læreruddannelserne, som har deltaget i efteruddannelse i engineeringdidaktik, og hvorvidt de undervisere på læreruddannelserne, som har været på efteruddannelse, har oplevet et kompetenceløft i forhold til at gennemføre engineering-aktiviteter i egen undervisning.
- c. Undersøgelse af hvor mange naturfaglige lærerstuderende, der har deltaget i engineeringaktiviteter i projektperioden, og hvorvidt de har oplevet et kompetenceløft i forhold til at gennemføre engineering-aktiviteter i egen undervisning.

## 2. Undersøgelser rettet mod elever:

- a. Undersøgelse af hvor mange elever i mellemtrinnet og udskoling, som har deltaget i et forløb i forbindelse med en eller flere interne og/eller eksterne engineeringaktiviteter udvalgt efter aftale med projektledelsen.
- b. Undersøgelse af lærernes vurdering af elevernes engineerin-kompetencer blandt de lærere, som har gennemført en eller flere interne og/eller eksterne engineeringaktiviteter jfr. punkt 1. a.

Data er indhentet gennem kontaktpersoner for de enkelte indsatser og består af indsatsernes egne data. Data kan derfor være forskellige og opgjort på forskellige måder, således at nogle data er opgjort som antal og andre er opgjort i procent, nogle er opgjort i tabeller, mens andre er beskrevet som tekst. De forskelligartede data betyder, at der ikke kan tegnes et entydigt billede af resultaterne på tværs af de udvalgte indsatser, og der er således snarere tale om en sammensat mosaik.

Ved indsamling af data til slutevalueringen fra Engineering i skolen-projektets første år (2017) blev det tydeligt, at der i flere tilfælde var behov for at tilpasse spørgsmål om elevers og læreres oplevede kompetenceløft inden for engineering til de enkelte indsatser for at kunne indsamle relevante data i projektets andet år (2018). NEUC kontaktede derfor projektlederne for de enkelte indsatser i første halvår af 2018 for at undersøge behovet for tillægsspørgsmål til indsatsernes egne evalueringer og/eller undersøgelser for at kunne indhente relevante data om elevers og læreres oplevede kompetenceløft.

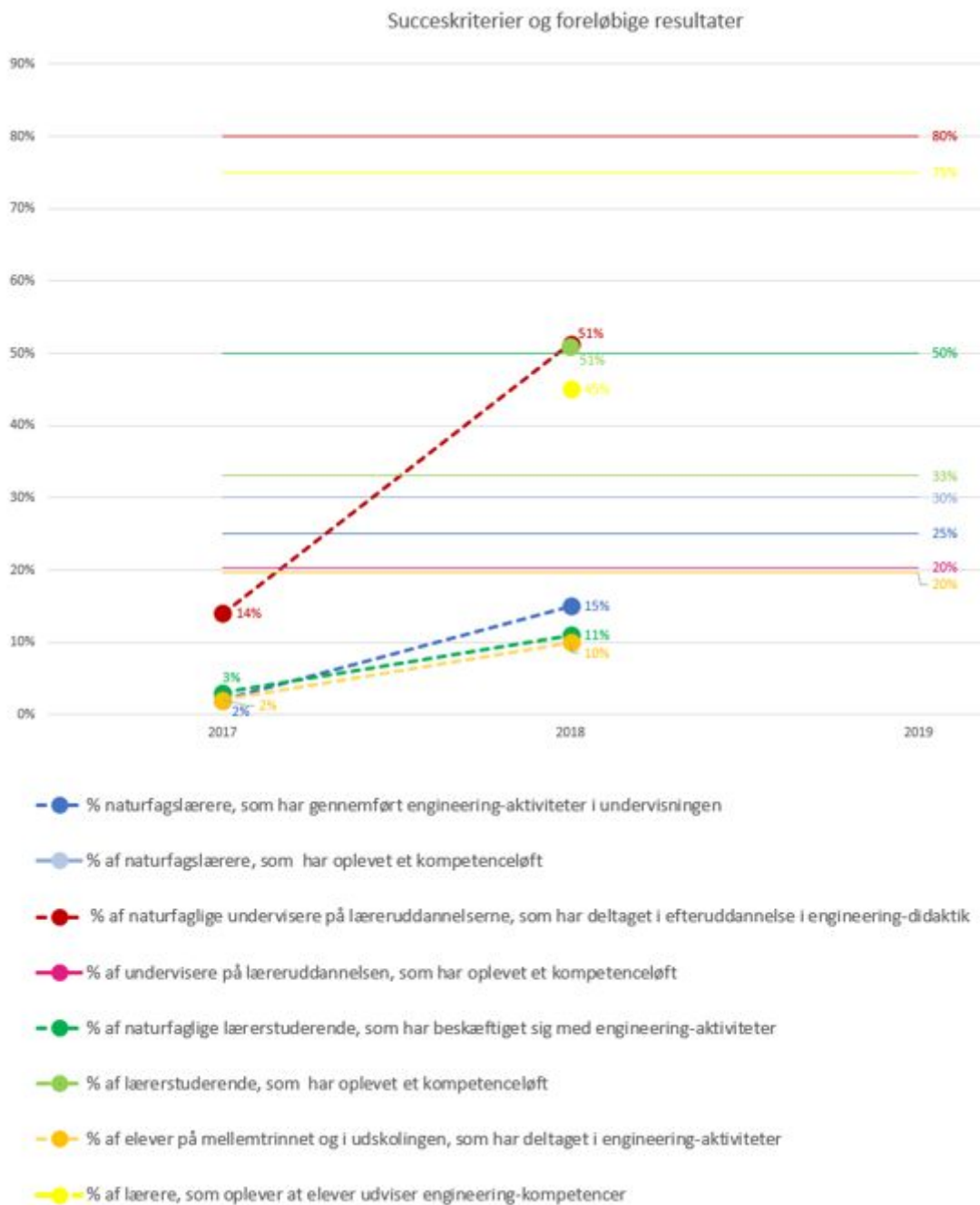
For at kunne formulere tillægsspørgsmål om elevers og læreres kompetenceløft har vi taget udgangspunkt i den forståelse af engineeringkompetencer, som forelå i første halvår af 2018, vel vidende at definitionen af engineering-kompetencer er under udvikling. Det betyder, at vi enten har taget udgangspunkt i engineeringdidaktikken, som den forelå i første halvår af 2018 (Aeuner et al. , 2018), eller har brugt definitioner, der fremgår af de forskellige indsatser projektbeskrivelser. I de tilfælde hvor

vi har formuleret tillægsspørgsmål, er der tale om kvantitative spørgsmål, som er tilføjet indsatsernes egne evalueringer og/eller undersøgelser.



## 5.4 Resultater vedrørende reach og impact

Figuren herunder giver et overblik over foreløbige resultater sammenholdt med succeskriterierne, som er målsat for udgangen af 2020. Figuren uddybes nærmere på næste side.



Figur 4. Samlet overblik over data vedrørende succeskriterierne i Engineering i skolen. De vandrette linjer indikerer målene for hver af succeskriterierne frem mod 2020.

	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
% naturfagslærere, som har gennemført engineering-aktiviteter i undervisningen	2%	15%	-
Mål for % naturfagslærere, som har gennemført engineering-aktiviteter i undervisningen			25%
% af naturfagslærere, som har oplevet et kompetenceløft	-	-	-
Mål for % af naturfagslærere, som har oplevet et kompetenceløft			30%
% af naturfaglige undervisere på læreruddannelserne, som har deltaget i efteruddannelse i engineering-didaktik	14%	51%	-
Mål for % af naturfaglige undervisere på læreruddannelserne, som har deltaget i efteruddannelse i engineering-didaktik			80%
% af undervisere på læreruddannelsen, som har oplevet et kompetenceløft	-	-	-
Mål for % af undervisere på læreruddannelsen, som har oplevet et kompetenceløft			20%
% af naturfaglige lærerstuderende, som har beskæftiget sig med engineering-aktiviteter	3%	11%	-
Mål for % af naturfaglige lærerstuderende, som har beskæftiget sig med engineering-aktiviteter			50%
% af lærerstuderende, som har oplevet et kompetenceløft	-	51%	-
Mål for % af lærerstuderende, som har oplevet et kompetenceløft			33%
% af elever på mellemtrinnet og i udskolingen, som har deltaget i engineering-aktiviteter	2%	10%	-
Mål for % af elever på mellemtrinnet og i udskolingen, som har deltaget i engineering-aktiviteter			20%
% af lærere, som oplever at elever udviser engineering-kompetencer	-	45%	-
Mål for % af lærere, som oplever at elever udviser engineering-kompetencer			75%

Tabel 3. Samlet overblik over data vedrørende succeskriterierne i Engineering i skolen

I det følgende sammenholdes resultater fra slutevalueringen 2017 og 2018 med projektets succeskriterier om antal deltagere og oplevet kompetenceløft, som de er beskrevet i projektbeskrivelsen. Det skal bemærkes, at der ikke er opgjort antal deltagere for undervisningsmaterialer og Naturvidenskabsfestivalen<sup>2</sup>. Desuden er der kun indhentet data om oplevet kompetenceløft i 2018 og kun fra de indsatser, hvor det har givet mening at spørge til oplevet kompetenceløft.

#### 5.4.1 Lærere

Det er et succeskriterium i Engineering i skolen-projektets første fase, at mindst 25% af alle grundskolelærere, som underviser i naturfag (ca. 3.000 lærere ud af i alt ca. 12.000 grundskolelærere, som underviser i naturfag), har gennemført et forløb i forbindelse med en eller flere engineeringaktiviteter, og at 30% af disse (dvs. ca. 900 lærere) har oplevet et kompetenceløft i forhold til at gennemføre engineeringaktiviteter i undervisningen.

I 2017 har 296 lærere og i 2018 har 1.828 lærere gennemført en eller flere engineeringaktiviteter (Eksterne bilag 4 Slutevaluering af Engineering i skolen, s. 9). Det svarer i 2017 til ca. 2% af alle grundskolelærere og i 2018 til ca. 15% af alle grundskolelærere<sup>3</sup>. Vi kan ikke gøre rede for gengangere i datamaterialet, så den samlede mængde af lærere, som i 2018 har været involveret i engineeringaktiviteter må forventes at være et sted mellem 15 og 17% (det højeste mulige tal, hvis 2017 og 2018 tallene lægges sammen).

Data om oplevet kompetenceløft blandt grundskolelærere, som underviser i naturfag, er indhentet fra indsatserne Didaktik og uddannelse, Naturfagsmaraton og Engineering Day for 2018. Det skal bemærkes, at data fra Naturfagsmaraton og Engineering Day ikke fokuserer på oplevet kompetenceløft, men på hvorvidt lærerne er blevet inspireret til at arbejde med engineering i deres undervisning.

Når det drejer sig om disse indsatser, ser vi, at de deltagende lærere generelt har oplevet et kompetenceløft og/eller er blevet inspireret til at arbejde med engineering i deres undervisning. I Didaktik og uddannelse er lærerne (N=74) generelt enige i, at de har oplevet et kompetenceløft (Eksterne bilag 4 Slutevaluering af Engineering i skolen, s. 11). Når det drejer sig om Naturfagsmaraton 2018 (N=499), oplever mere end 60% af lærerne, at Naturfagsmaraton har inspireret dem til at arbejde med engineering. 65% af lærerne har konkrete planer om at arbejde videre med engineering, og 62% oplever, at de er blevet inspireret til at inddrage konkrete eksempler fra omverdenen mere i undervisningen (Eksterne bilag 4 Slutevaluering af Engineering i skolen, s. 11 - 12). Ser vi på

<sup>2</sup> Antallet af downloads for undervisningsmidler er ukendt. 39% af grundskoler deltog sidste år i Naturvidenskabsfestivalen. Af 157 ansøgninger til festivalpuljen rummede ca. 10% ordet "engineering".

<sup>3</sup> Det skal bemærkes, at langt størstedelen af de deltagende lærere har deltaget i Naturfagsmaraton. De 15% er et konservativt estimat, da det ikke er undersøgt, hvor mange af de 296 fra 2017, der også optræder i 2018.

Engineering Day, giver de deltagende lærere (N=54) generelt udtryk for, at de er blevet inspireret til at arbejde med engineering i deres undervisning. Her angiver 79%, at Engineering Day har givet dem nogle nye vinkler på deres undervisning, og 91%, at de overvejer at inddrage engineering i deres undervisning i et andet forløb.

#### **5.4.2 Læreruddannere**

Et andet succeskriterium i Engineering i skolen-projektets første fase er, at mindst 80% af alle naturfaglige undervisere på læreruddannelserne (ca. 50 undervisere) har deltaget i efteruddannelse i engineeringdidaktik, og at ca. 20% heraf (ca. 10 undervisere) har oplevet et kompetenceløft i forhold til at undervise i engineeringdidaktik på læreruddannelserne.

I 2017 deltog ni naturfaglige undervisere på læreruddannelserne i efteruddannelse i engineeringdidaktik, og i 2018 deltog 32 undervisere. Det svarer i 2017 til ca. 14% af alle naturfaglige undervisere på læreruddannelserne og i 2018 til ca. 51% af alle naturfaglige undervisere.

Der er ikke indhentet data om oplevet kompetenceløft blandt naturfaglige undervisere på læreruddannelserne i 2017 og 2018. Det skyldes, at der ikke er gennemført egentlige kompetenceudviklingsforløb for denne gruppe, men derimod introducerende workshops.

#### **5.4.3 Lærerstuderende**

Et tredje succeskriterium i Engineering i skolen-projektets første fase er, at mindst 50% af alle naturfaglige lærerstuderende (ca. 450 lærerstuderende) har beskæftiget sig med engineeringaktiviteter, og at 33% heraf (ca. 150 lærerstuderende) har oplevet et kompetenceløft i forhold til at gennemføre engineeringaktiviteter i undervisningen.

I 2017 har 25 naturfaglige lærerstuderende deltaget i engineeringaktiviteter, mens 100 naturfaglige lærerstuderende har deltaget i 2018. Det svarer til, at ca. 3% af alle naturfaglige lærerstuderende (i alt ca. 900 lærerstuderende) har deltaget i engineering-aktiviteter i 2017, mens 11% har deltaget i 2018. I en intern evaluering af indsatsen Didaktik og uddannelse angiver 51% ud af 49 naturfaglige lærerstuderende at have haft et højt eller meget højt udbytte af at have arbejdet med engineering i naturfagene (Birgitte Lund Nielsen, 2019, s. 10).

#### **5.4.4 Elever**

Et fjerde succeskriterium i Engineering i skolen-projektets første fase er, at mindst 20% af alle elever på mellemtrinnet og i udkolingen (dvs. ca. 70.000 skoleelever) har deltaget i et forløb, som inddrager en eller flere engineering-aktiviteter.

I 2017 deltog 6.153 elever på mellemtrinnet og i udskoling i et forløb, som inddrager en eller flere engineeringaktiviteter, og i 2018 deltog 34.825 elever. Det svarer til ca. 2% af alle elever på mellemtrinnet og i udskoling i 2017 og til ca. 10% af alle elever på mellemtrinnet og i udskoling i 2018 (I alt ca. 350.000 elever)<sup>4</sup>.

Data om lærernes vurdering af elevernes engineeringkompetencer er indhentet fra indsatserne Naturfagsmaraton, Book en ekspert og Engineering Day. Når vi ser på disse indsatser, kan vi se, at lærerne generelt vurderer, at elevernes engineeringkompetencer er løftet. I evalueringen af Naturfagsmaraton 2018 bliver lærerne spurgt, om eleverne er blevet bedre til forskellige aspekter af engineering-kompetencer. Her oplever 45% af lærerne (N=204), at deres elever er blevet bedre til at formidle og arbejde selvstændigt samt har fået større selvtillid. 61% (N=268) vurderer, at deres elever er blevet bedre til problemløsning, og 70% (N=309), at deres elever er blevet bedre til at konstruere konkrete løsninger (prototyper) gennem Naturfagsmaraton (Se Eksterne bilag 4 Slutevaluering af Engineering i skolen, s. 12). I evalueringen af Book en ekspert angiver 30 ud af 76 lærere, at deres elever har fået indsigt i problemløsning med udgangspunkt i en autentisk problemstilling, og 28 ud af 76 lærere, at deres elever har fået indsigt i inddragelse af naturfaglig viden i udvikling af et løsningsforslag/en prototype. I evalueringen af Engineering Day angiver 76% eller flere af lærerne (N=54), at eleverne i forbindelse med Engineering Day har arbejdet med én eller flere af ingeniørens arbejdsmetoder. f. eks. angiver ca. 89%, at eleverne har arbejdet med problemløsning med udgangspunkt i en autentisk problemstilling, og ca. 83%, at eleverne har arbejdet med idégenerering (se Eksterne bilag 4 Slutevaluering af Engineering i skolen, s. 15)<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> I lighed med lærerne har langt størstedelen af elever deltaget i Naturfagsmaraton, og igen er der tale om et konservativt skøn over antallet, da antallet af gengangere fra 2017 til 2018 ikke er opgjort.

<sup>5</sup> I grafen har vi valgt at gengive de 45%, altså igen et konservativt skøn over projektets målopfyldelse.

## 6. Tværgående evaluering

### 6.1 Sammenfatning

#### 6.1.1 Elevkompetence

På tværs af de fire indsatser opleves det af lærere, at eleverne udvikler flere forskellige kompetencer, når de arbejder med engineering. Der er et klart billede af, at engineering understøtter elevernes udvikling af generiske kompetencer som opgaveløsning, selvstændigt arbejde, formidling og samarbejde. For lærerstuderende er der endvidere tale om udvikling af didaktiske kompetencer.

Hvad angår de specifikt naturfaglige kompetencer tyder de foreløbige erfaringer på, at det kræver en vis rutinisering hos både lærere og elever at opnå det fulde læringsudbytte. De første gange, en lærer eller en klasse arbejder med engineering, er den generelle erfaring således, at det processuelle fylder meget på bekostning af det specifikt naturfaglige, som f.eks. at både lærer og elever skal vænne sig til at arbejde i en åben proces, hvor der ikke er nogen foruddefinerede rigtige og forkerte svar. Der er endnu ret få lærere og klasser, der har nået at gennemføre flere engineeringforløb, men erfaringerne fra blandt andet Naturfagsmaraton tyder på, at allerede anden gang, en lærer eller en klasse prøver modellen, er det muligt at fokusere på det faglige indhold.

Der er indikationer på, at der kan være tale om forskelligt udbytte for forskellige grupper af elever, men der tegner sig ikke noget entydigt billede af, om der er tale om systematiske forskelle, eller i givet fald hvilke grupper af elever, der får et stort læringsudbytte af at arbejde med engineering, og hvilke grupper, der får et mindre udbytte.

Vi mangler viden om:

- Hvorvidt læringsudbytte stiger som antaget, når modellen er indarbejdet hos lærere og/eller elever. Herunder hvor lang tid forskellige grupper har brug for at arbejde med engineering før de kan regnes for at være rutinerede nok til at opnå det fulde udbytte, så de kan indgå i en systematisk evaluering.
- Hvilke af de mange mulige læringsudbytter (både generiske og naturfaglige) som engineering er *særligt* velegnet til at fremme. For lærerstuderende gælder dette også didaktiske kompetencer. Øget klarhed om dette er forudsætning for systematisk arbejde med videreudvikling af indsatser, stilladsring etc.
- Hvorvidt der er systematiske forskelle i udbyttet mellem grupper af elever, og hvilke forskelle, der i givet fald er tale om. Herunder om forskellene knytter sig til elevspecifikke faktorer som alder, køn, socioøkonomisk baggrund eller forskelle i personlige forudsætninger, eller mere

kontekstspecifikke faktorer som faglige forudsætninger eller forudgående erfaringer med forskellige arbejdsformer.

### 6.1.2 Elevmotivation

På tværs af de fire indsatser er der generel enighed om, at engineering virker motiverende på eleverne. Forskellige elementer i engineering udpeges som særligt motiverende. Elementer, som er blevet nævnt, er f.eks. det autentiske i udfordringerne, det nye og anderledes i forhold til vante undervisningsformer og muligheden for at bygge et håndgribeligt produkt. Demotiverende faktorer inkluderer oplevelse af spildtid samt forvirring i forhold til arbejdets formål og proces.

Vi mangler viden om:

- Hvorvidt der er systematiske forskelle mellem elevgrupper i forhold til, hvilke elementer, der virker motiverende, og i hvilket omfang - og om nogle elementer kan virke motiverende for nogle elever og demotiverende for andre
- Hvorvidt og under hvilke omstændigheder elevers umiddelbare motivation for engineering bidrager til en mere generel motivation rettet mod naturfag, og i bekræftende fald hvorvidt denne er af varig karakter.

### 6.1.3 Underviserkompetence

På tværs af de fire indsatser oplever lærerne, at engineering er et meningsfuldt tilbud til naturfagsundervisningen, og de er generelt motiveret for at arbejde med engineering.

Nogle lærere er udfordret af mængden af frihedsgrader (både for lærere og elever), som engineering lægger op til. Dette afhænger blandt andet af, hvor trygge lærerne er ved vejlederrollen, af deres præferencer for struktur, erfaring med åbne forløb m.m. I lighed med, hvad der er nævnt under elevkompetencer ovenfor, ser det ud til, at erfaring med at gennemføre åbne, problemorienterede elevstyrede undervisningsforløb kan være med til at afhjælpe eventuelle forbehold og øge lærernes fokus på naturfaglige læringsmål.

Arbejdet med de åbne processer i engineering kræver en bred vifte af kompetencer hos lærerne, hvis eleverne skal opnå det tilsigtede læringsudbytte. Arbejdet med engineering i naturfagsundervisningen fordrer fagfaglige, tekniske, didaktiske og evalueringsmæssige kompetencer, som ikke alle lærere har. Især klarhed omkring, hvilke kompetencer, der er vigtige i engineering, og hvordan disse kan evalueres, er en udfordring. Det er svært at dække alle læreres behov for kompetenceudvikling på de forskellige områder. Det skyldes dels udbredt tidspres, at forskellige lærere og lærerstuderende har forskellige kompetenceudviklingsbehov og at der mangler klarhed omkring, hvad der er mest vigtigt for at kunne arbejde med engineering i undervisningen. Elementer, som tilsyneladende bidrager til at understøtte en

fælles forståelse og en varig opbygning af kompetencer hos lærerne er f.eks. undervisningsmidlerne og de tilhørende metodekort samt arbejde i lærerteams i dagligdagen og i forbindelse med fælles begivenheder såsom Naturfagsmaraton.

Det hidtidige arbejde med engineering har hovedsageligt foregået i udskolingen og på mellemtrinnet. Det kvalitative datamateriale rummer en del udsagn, der peger på, at engineeringmodellen opfylder forskellige behov hos lærerne på de to trin. Det vurderes, at engineering også potentielt kan være frugtbart i indskolingen, men arbejdet med at tilpasse didaktikken og udvikle alderssvarende undervisningsmidler til indskolingselever udestår stadig.

Vi mangler viden om:

- Hvorvidt der er systematiske forskelle mellem læreres oplevelse af engineering-modellens frugtbarhed afhængigt af f.eks. undervisningsfag, klassetrin, erfaring eller måder at organisere arbejdet på i kommunen.
- Hvilke forandringer, der reelt er sket i lærernes undervisningspraksis efter introduktionen af engineering, og hvordan lærerne anvender engineering i deres almindelige undervisning. Herunder også i hvilken grad en øget fortrolighed med engineering giver anledning til mere udbredt brug af engineering i undervisningen.
- Hvordan den fremtidige kompetenceudvikling bør prioritere mellem faglige, tekniske, didaktiske og evalueringsmæssige kompetencer.

#### **6.1.4 Afgørende faktorer for gennemførelsen**

På klasseniveau afhænger gennemførelsen i høj grad af elevernes og lærernes forudsætninger i form af deres erfaringer med tilsvarende undervisningsformer og deres personlige villighed til at indgå i åbne forløb. Desuden spiller lærernes faglige, didaktiske og tekniske evner ind i forhold til de konkrete forløb, hvor lærerne vil have forskellige behov for stilladsering og/eller efteruddannelse for at kunne gennemføre specifikke engineering forløb. Tilsvarende har eleverne forskellige behov for stilladsering og brug for faglige eller tekniske input afhængigt af det konkrete forløb.

Den eksisterende engineeringdidaktik er særligt velegnet til udskolingen, men det er ikke afklaret, hvordan den spiller sammen med den fælles naturfaglige afgangsprøve, hvilket kan have betydning for udbredelse i udskolingen. Naturfagsmaraton er en effektiv måde at få engineering ud til en stor andel af lærere og elever på i 5. og 6. klasse, men for at nå bredt ud til alle elever i grundskolen må didaktikken tilpasses de yngre elever.

Det er en udfordring for lærerne at planlægge og gennemføre forløb, der er lange nok til, at eleverne får tilstrækkeligt mange frihedsgrader i arbejdet. Det kan derfor være svært for eleverne at nå igennem alle



delprocesserne i engineeringdidaktikken. Ofte vil det kræve samarbejde i fagteams eller årgangsteams og muligvis støtte fra ledelsen at gennemføre længere engineering-forløb.

Forvaltningen kan understøtte samarbejde på tværs af skoler samt bidrage til at fastholde fokus på engineering over tid. Graden af central styring af kommunale ressourcer og kommunikationen mellem forvaltningen og skolerne har betydning for muligheden for at fastholde en koordineret indsats, som kan køre over flere år. Naturfagskoordinatorerne kan være afgørende for denne kommunikation og dermed mulighederne for gennemførelse kommunalt. Ved inddragelse af eksterne tilbud i form af kompetenceudvikling eller Naturfagsmaraton vil tilbuddet skulle tilpasses kommunens eksisterende historik, dagsordener og ressourcer for at kunne gennemføres i større skala.

Vi mangler viden om:

- Hvordan engineeringforløb kan gennemføres, så eleverne får tid nok til at arbejde selvstændigt og komme igennem alle delprocesserne, når det ikke er muligt at få tid til at gennemføre længere undervisningsforløb
- Hvordan didaktikken udvikles til yngre elever, herunder at beskrive en progression af elevernes engineeringkompetence

### **6.1.5 Muligheder/barrierer for forankring**

Engineering er godt forankret i tre af de fire kommuner, der var involveret i kompetenceudviklingen. Forankringen lykkedes bl.a., fordi de udvalgte kommuner på forskellig vis var velfungerende på naturfagsområdet på forhånd, og på baggrund af forudgående udvikling og relationer, som gjorde det muligt og relevant for kommunerne at indgå i Engineering i skolen. Udover dette er Naturfagsmaraton veletableret i mange kommuner, og flere kommuner kommer til hvert år. Dette betyder, at lærere i disse kommuner har mulighed for at arbejde med engineering mindst én gang om året. Der er dog stor forskel på, hvordan dette arbejde udfolder sig på den enkelte skole.

Der er udviklet en didaktik, som har dannet grundlag for undervisningsmidler, kompetenceudvikling og et redskab til evaluering af engineeringkompetence, men elementerne har ikke været anvendt som en samlet pakke endnu. En sådan sammenhængende pakke vil være efter al sandsynlighed blive efterspurgt af naturfagslærere og kan danne grundlag for lærersamarbejde i og uden for naturfagsundervisningen, hvilket vil understøtte udbredelsen og forankringen af engineering i praksis.

En vigtig brik i forankringen af engineering i naturfagsundervisningen på længere sigt er inklusionen af engineering i læreruddannelserne. Der er foretaget indledende forsøg med at indføre engineering i eksisterende uddannelseselementer, men der er fortsat begrænset, hvor udbredt og forankret engineering er på læreruddannelserne.

Vi mangler viden om:

- Hvordan forankring kan understøttes i kommuner med forskellige forudsætninger.
- Hvor udbredt engineering er i praksis på skolerne - både på skoler, der har været direkte involveret i Engineering i skolen og dem, som ikke har været det.

## 6.2 Fremgangsmåde

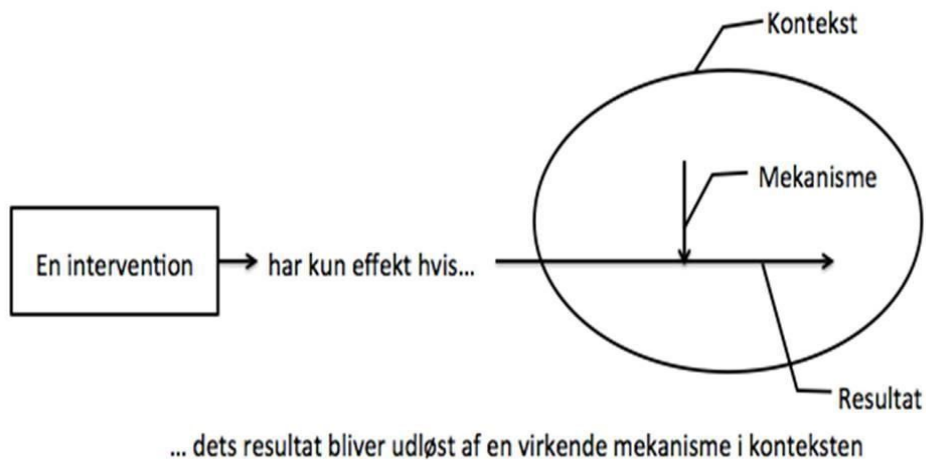
Den tværgående evaluering supplerer slutevalueringen af de kvantitative succeskriterier med en kvalitativ undersøgelse af fire indsatser, som blev udvalgt i samråd med projektledelsen og godkendt i styregruppen. De fire indsatser er alle væsentlige delelementer af Engineering i skolen:

- Kompetenceudvikling for lærere
- Kompetenceudvikling for lærerstuderende
- Udvikling af undervisningsmaterialer
- Engineering i Naturfagsmaraton

### 6.2.1 Forandringsteori som gennemgående analyseredskab

De fire indsatser har været meget forskelligartede i deres omfang, historik, egenart og formål. Derfor har det, for at kunne producere sammenlignelige data, været vigtigt, at samme grundlæggende tilgang blev anvendt i analysen af hver af de fire indsatser. Alle indsatserne er derfor analyseret ud fra Pawson og Tilley's tilgang til forandringsteorier med henblik på at tydeliggøre hvad virkede for hvem og under hvilke omstændigheder (Pawson & Tilley, 1997).

En forandringsteori er en beskrivelse og illustration af, hvordan og hvorfor en ønsket forandring kan forventes at ske i en bestemt kontekst (Chen, 1990). En forandringsteori er ikke 'givet', og den findes ikke som empirisk realitet. Det er en logisk struktur, som antages at ligge bag tilsyneladende tilfældige begivenheder og som kan rekonstrueres for at få et indtryk af en ideel sammenhæng mellem interventionen og det forventede resultat.



Figur 5. Model for sammenhæng mellem kontekst, virkningsmekanisme og resultat (Pawson & Tilley, 1997, s. 58).

Forandringsteorier, der er udformet ud fra Pawson & Tilley's kritisk-realistiske tilgang, fremstilles sædvanligvis efter 7 trin:

1. Identifikation af baggrunden for forandringen
2. Identifikation af langsigtede mål (impact)
3. Rekursiv ('baglæns') fremstilling af forudsætninger og aktiviteter der medvirker til at målet kan nås
4. Fremstillingen skal illustrere den logik, i form af årsag/virkninger, der antages at virke i det samlede forløb
5. Identifikation af de aktiviteter der skal igangsættes for at de nærliggende og de mere langsigtede mål kan nås
6. Udvikling af indikatorer der kan pege på, hvorvidt målene må antages at kunne nås eller er nået
7. Udformning af en sammenhængende beskrivelse eller fortælling der forklarer logikken i forandringsteorien

Punkterne 5 og 6 er kvalitetssikringspunkter, hvor forandringsteorien kan underkastes en kritisk gennemgang. Men det er først muligt at vide, om den forandringsteori man har lavet er god nok efterhånden som tiden går, og det fremgår, om man har fået alle væsentlige forhold med (Dahler-Larsen, 2001). Men det er en udfordring at bruge forandringsteorier som analytisk redskab for indsatser, der ikke er i planlægningsfasen, men som udvikles løbende mens de skal undersøges. En typisk kritik af forandringsteorier og andre former for summative evalueringer er, at man er nødt til at fastholde

udgangspunktet for forandringsteorien for at foretage en valid evaluering ved indsatsens afslutning (Patton, 2011). Dermed kan man ikke tage højde for, at i en dynamisk og foranderlig virkelighed kan de grundlæggende forudsætninger og antagelser ændre sig undervejs. Anvendeligheden af forandringsteorier begrænses derfor, hvis indsatsen har udviklet sig undervejs.

De første tre af de førnævnte indsatses var helt nye, og Naturfagsmaraton skulle udvikles til at basere opgaverne på engineeringdidaktikken i Engineering i skolen, så det har været oplagt at forsøge at følge udviklingen igennem de første år, hvor indsatsene er blevet til. For at systematisere denne udvikling har vi taget udgangspunkt i alle de materialer (projektbeskrivelser, mødenotater, egne evalueringer m.m. ), vi kunne tilgå for at opbygge vores bedste bud på en forandringsteori, der retvisende kunne beskrive indsatsens interne logik på det pågældende tidspunkt.

Vi har imidlertid også været interesseret i at følge de resultater, som er fremkommet undervejs. Derfor valgte vi at tilføje et element til forandringsteoriene, som handlede om resultaterne på fem udvalgte områder, som gik igen på tværs af indsatsene:

1. Hvordan bidrager aktiviteten til elevernes kompetenceudvikling i relation til kompetencerne udpeget af Engineering i skolen-didaktikken?
2. Hvordan påvirker aktiviteten til elevernes motivation for at arbejde med engineering i undervisningen?
3. Hvilke lærerkompetencer er nødvendige for at kunne gennemføre aktiviteten?
4. Hvordan bliver aktiviteten forankret eller videreført?
5. Hvilke andre faktorer er afgørende for gennemførelsen og eventuelt fastholdelsen af aktiviteten på skolen?

Dette er en variant af forandringsteorier, hvor man både beskriver de intenderede resultater ud fra indsatsens kontekst og interne logik, men også ud fra de opnåede resultater, hvilket gør det muligt at udtrække erfaringer på tværs af indsatsene. Denne variant er tidligere blevet brugt i en kortlægning af naturfagsindsats i Danmark gennem de sidste ti år (Sølberg, 2016), og denne variant er blevet brugt til at analysere de forskellige indsatses (se Bilag 1, Modifieret forandringsteori for en mere udfoldet beskrivelse).

Efter aftale med de ansvarlige for hver indsats aftalte vi et interview, hvor vi præsenterede og diskuterede vores bud på forandringsteorien bag indsatsen. På baggrund af samtalen og andre væsentlige kilder, som de ansvarlige gjorde os opmærksom på, tilpassede vi derefter forandringsteorien, så vi sammen med de projektansvarlige opnåede et billede af indsatsen, som var bekræftet af centrale

aktører. Samtidigt gav samtalen anledning til, at vi diskutere mulige mangler ved den fremkomne indsats teori, hvor middel og mål ikke nødvendigvis hang sammen. Således havde samtalerne også et formativt sigte, som gav de ansvarlig et udefrakommende syn på indsatserne.

Ca. et år efter den første runde af interviews, foretog vi justeringer af forandringsteoriene og gentog processen, så vi kunne følge udviklingen i de enkelte indsatser. Dernæst foretog vi en tværgående tematisk analyse inden for hvert af de fem udvalgte områder (Braun & Clarke, 2006) på baggrund af de resultater, som vi var kommet frem til. Her ledte vi efter gennemgående træk på tværs af indsatserne, som kunne bruges til at informere Engineering i skolen i fremtiden.

I de følgende afsnit gennemgår vi først analysen af de enkelte indsatser, og derefter beskrives resultaterne af de tværgående analyser ud fra hver af de udvalgte tematikker.

## 6.3 Indsats A. Kompetenceudvikling

### 6.3.1 Kort sammenfatning

- Kompetenceudviklingsforløb må tilpasses den enkelte kommunes kultur, ambitioner og forudsætninger. Længden af kompetenceudviklingsforløb tilpasses i en afvejning mellem på den ene side ønsket om at have tid til at komme i dybden og på den anden side hensynet til, at så mange lærere som muligt får adgang til forløbet.
- Lærerne oplever, at eleverne udvikler deres kompetencer i arbejdet med engineering. Det gælder navnlig de generiske kompetencer, men også de naturfaglige kompetencer.
- Både lærere og elever kan opleve, at processen tager opmærksomheden fra det naturfaglige indhold, men det lader til at være et begynderfænomen, som aftager, efterhånden som både lærere og elever bliver bekendte med processen.
- Det er ikke muligt at sige noget om, hvorvidt der er systematiske forskelle i læringsudbytte mellem elevgrupper.
- Engineering virker generelt motiverende på elever, men det er ikke muligt at udtale sig om, hvorvidt der er systematiske forskelle i motivation mellem elevgrupper.
- Lærerne har brug for at udvikle både deres fagfaglige, didaktiske og evalueringsmæssige kompetencer, og det er svært at imødekomme det hele inden for de relativt korte kompetenceudviklingsforløb.
- Vellykket gennemførelse af forløbene afhænger af faktorer på klasseniveau (elevernes og lærernes forudsætninger samt lærernes stilladsering af processen), på skoleniveau (inddragelse af ledelse og fagteam i planlægning og prioritering af ressourcer), på forvaltningsniveau

(forventningsafstemning, løbende kommunikation og rettidig inddragelse af relevante aktører som f. eks. naturfagskoordinator)

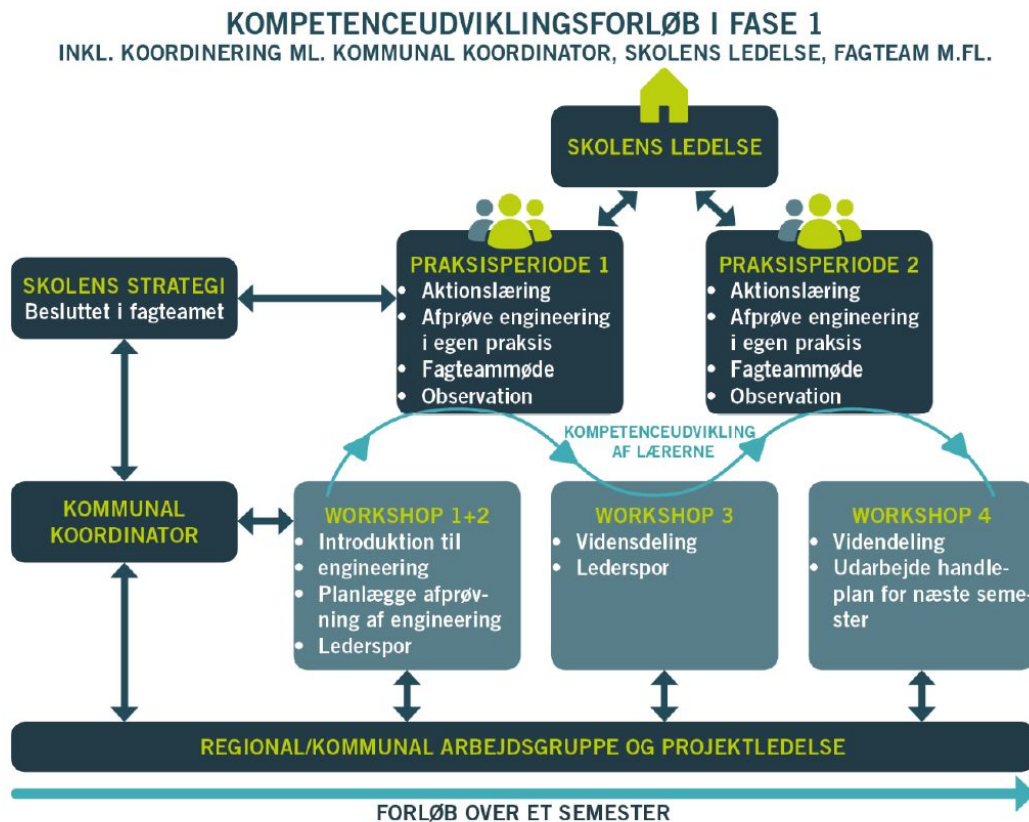
- Der er efterspørgsel på en videreudvikling af didaktikken, så den tilpasses alle klassetrin, især mellemtrinnet.

### 6.3.2 Datakilder

Pointerne i dette afsnit stammer dels fra indsatsens egen evaluering, som består af spørgeskemaundersøgelser blandt 74 lærere og 1286 elever fra 4. til 9. klasse; dels fra notatet *Forankring af engineering i kommunerne* (se Eksterne bilag 5 Forankring af engineering i kommunerne); dels fra NEUCs interview med de ansvarlige for kompetenceudviklingen. Dertil kommer løbende noter i forbindelse med projektaktiviteter og -møder.

### 6.3.3 Kompetenceudvikling efter Q-modellen

Kompetenceudviklingen af naturfagslærere i Engineering i skolen-projektet er gennemført efter den såkaldte Q-model for kompetenceudvikling, som er udviklet i samarbejde mellem Aarhus Universitet, professionshøjskolen VIA University College og fem kommuner i forbindelse med projekt QUEST (Qualifying In-service Education of Science Teachers; Mogensen et. al, 2016).

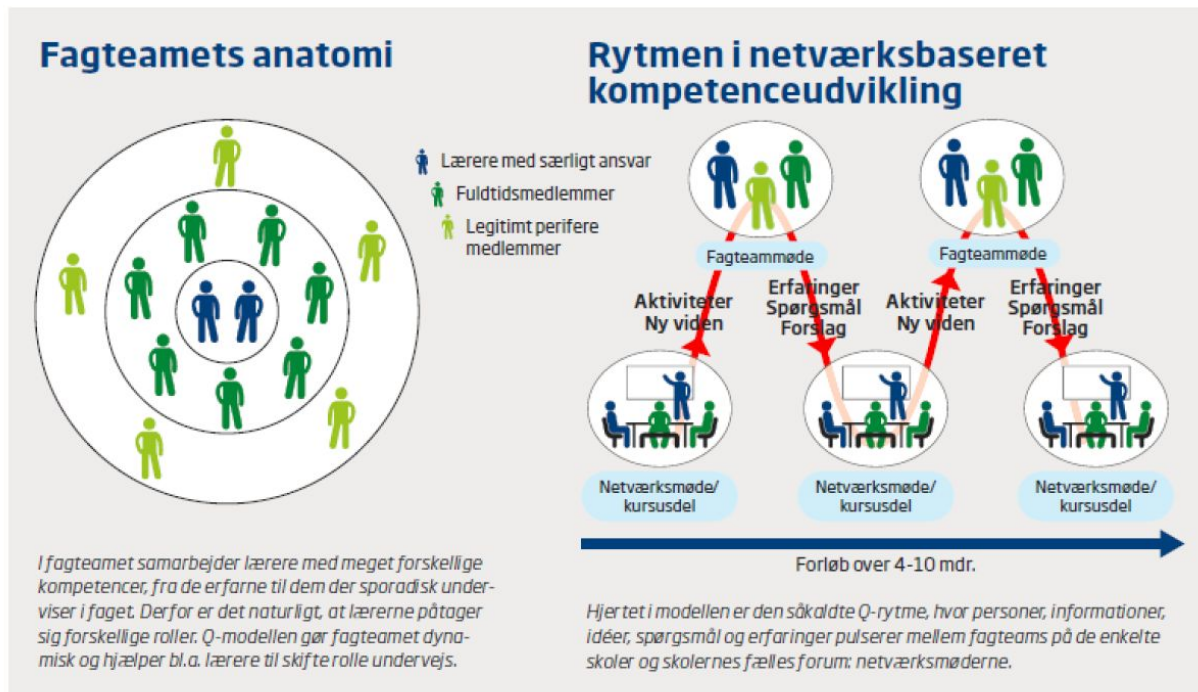


Figur 2: Kommunalt kompetenceudviklingsforløb for et semester i fase 1.

Figur 6. Kompetenceudviklingsmodellen anvendt i QUEST projektet som inspiration til Engineering i Skolen.

Det centrale element i kompetenceudviklingsmodellen er Q-rytmen, hvor lærere, undervisningsideer, spørgsmål og erfaringer pulserer mellem netværksmøder og fagteamsmøder på den enkelte skole<sup>6</sup>. Engineeringdidaktikken og undervisningsmaterialer introduceres til lærere på kurser/netværksmøder. Herefter afprøver lærere engineering i egen undervisning og diskuterer undervisningserfaringer med kollegaer i fagteamet. På det efterfølgende kursus/netværksmøde samler man op på erfaringerne fra hver enkelt skole. Denne proces organiseres ud fra principper om aktionslæring. Processen gentages en gang til. Til sidst samler man op på hele forløbet og laver en handlingsplan for, hvordan fagteamet på den enkelte skole vil fortsætte arbejdet med engineering i skolen. Figur 7 illustrerer organiseringen mellem fagteams og netværk samt rytmen i kompetenceudviklingen:

<sup>6</sup> Beskrivelsen af Q-rytmen herunder er hentet fra hjemmesiden <http://projekter.au.dk/q-model>.



Figur 7. Model over sammenhængen mellem fagteamet og Q-rytmen.

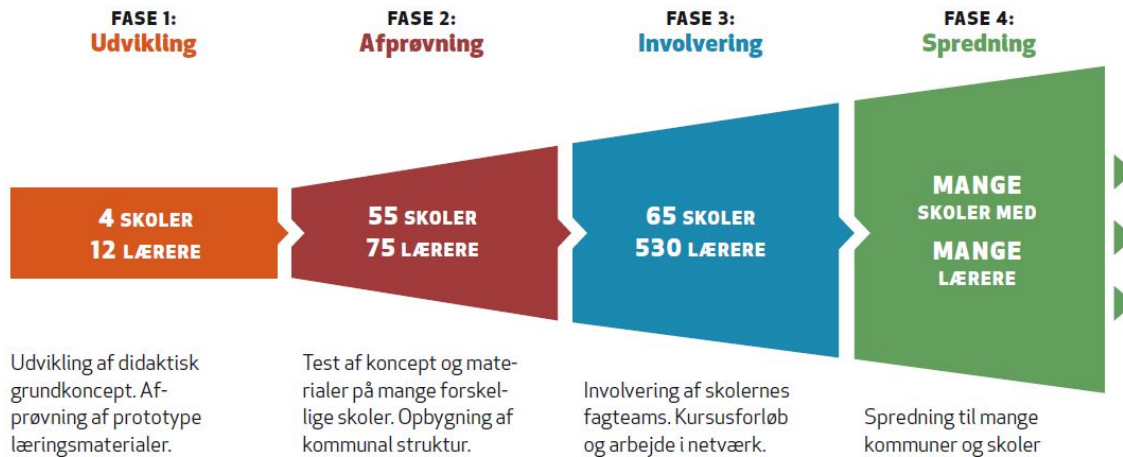
Det centrale redskab i modellen er udviklingen af et fagteam og en faglig kultur på skolen. Q-rytmen sikrer, at lærere, der får inspiration på et netværksmøde eller et kursus, deler denne inspiration med kollegerne på skolen og får den nye viden omsat til praksis. Q-rytmen består af følgende fem 'stationer':

- Som en fast del af et netværksmøde aftaler de deltagende lærere, hvordan de vil sikre, at det nye, de har fået præsenteret på mødet, afprøves på egen skole (eventuelt først i egen klasse) og formidles til kollegerne på næste fagteammøde.
- Mellem to netværksmøder afholdes mindst ét fagteammøde på hver af de deltagende skoler.
- På et efterfølgende netværksmøde er det en fast del af mødet, at der udveksles dokumenterede erfaringer fra fagteammøderne – hvordan reagerede kollegerne, og hvad kom der ud af mødet? Dernæst aftaler mødedeltagerne, hvordan de på næste fagteammøde vil involvere deres kolleger i afprøvning det nye i praksis i en eller flere klasser.
- Fagteammøde.
- På et efterfølgende netværksmøde udveksles erfaringer og nye ideer, og udfordringer diskuteres og indkredses. På denne måde sikres, at ny viden fra netværket forbindes med praksis på skolerne, og at erfaringer fra praksis samles op i et større kollektiv.



### 6.3.4 Kompetenceudviklingens forløb i praksis

Figur 8 herunder viser, hvordan kompetenceudviklingen har været planlagt til at forløbe i fire faser: udvikling, afprøvning, involvering og spredning.



Figur 8. Oversigt over de fire planlagte faser i kompetenceudviklingen i Engineering i Skolen.

I tabel 4 herunder ses de faktisk gennemførte aktiviteter. Der har været gennemført kompetenceudvikling efter modellen i 3 kommuner, nemlig Vejle, Horsens og Holstebro. Den fjerde kommune, Lyngby-Taarbæk, besluttede i 2018 at trække sig fra projektets kompetenceudviklings del for i stedet at fokusere på et fagfagligt og fagdidaktisk kompetenceløft af kommunens lærere (se Eksterne bilag 5 Forankring af engineering i kommunerne). I forhold til figuren er kompetenceudviklingsaktiviteterne nået til fase 3.

Fase	Holstebro*	Horsens	Lyngby-Taarbæk	Vejle**
F17 Udvikling		3 ws á 7 timer med 2 praksisperioder imellem	3 ws á 7 timer med 2 praksisperioder imellem	
E17 Test	4 ws á 7 timer med 3 praksisperioder imellem	3 ws á 7 timer med 2 praksisperioder imellem	3 ws á 7 timer med 2 praksisperioder imellem	5 ws: 3 á 6 timer + 2 á 4 timer, gruppevejl., 2 praksisperioder
F18 Kompetenceudvikling		4 ws á 7 timer med 2 praksisperioder imellem	4 ws á 7 timer med 2 praksisperioder imellem	6 ws á 6 timer, gruppevejl., 2 praksisperioder
E18 Kompetenceudvikling	4 ws á 7 timer med 3 praksisperioder imellem	3 ws á 7 timer med 2 praksisperioder imellem	***N/A	*****6 ws á 6 timer, gruppevejl., 2 praksisperioder
F19 Spredning		N/A	N/A	N/A
E19 Spredning	N/A	***3 ws á 7 timer med 2 praksisperioder imellem	N/A	N/A

Tabel 4. Oversigt over gennemførte kompetenceudviklingsaktiviteter ifm. kompetenceudviklingsindsatsen.

\*Holstebro Kommune implementerede engineeringkompetenceudviklingsforløb i eksisterende netværksrytme, som strakte sig over hele skoleåret 17/18.

\*\* Vejle Kommune kombinerede engineeringkompetenceudviklingsforløb med formel uddannelse af deltagende lærere på diplom-niveau.

\*\*\*Horsens Kommune har valgt selv at køre videre med engineering

\*\*\*\*Lyngby-Taarbæk Kommune har valgt ikke at indtænke projektets tilbud om kompetenceudvikling i deres tilbud til lærere fra skoleåret 18/19. Det har været svært at lave bindende aftaler med kommunen.

\*\*\*\*\*Vejle Kommune finansierer selv deltagende læreres kompetenceudvikling af tredje diplommodul.

I praksis har hver af de tre kommuner implementeret kompetenceudviklingen og den efterfølgende spredning på forskellig måde (Se Eksterne bilag 5 Forankring af engineering i kommunerne). Det er vigtigt at bemærke, at kompetenceudviklingen dermed ikke kan betragtes som én indsats, men snarere som tre kommunalt tilpassede indsatser, og at erfaringerne fra det første projekt er, at det er nødvendigt at tilpasse indsatsen til den enkelte kommunes kultur, ambitioner og forudsætninger.

### 6.3.5 Delresultat - Elevkompetence

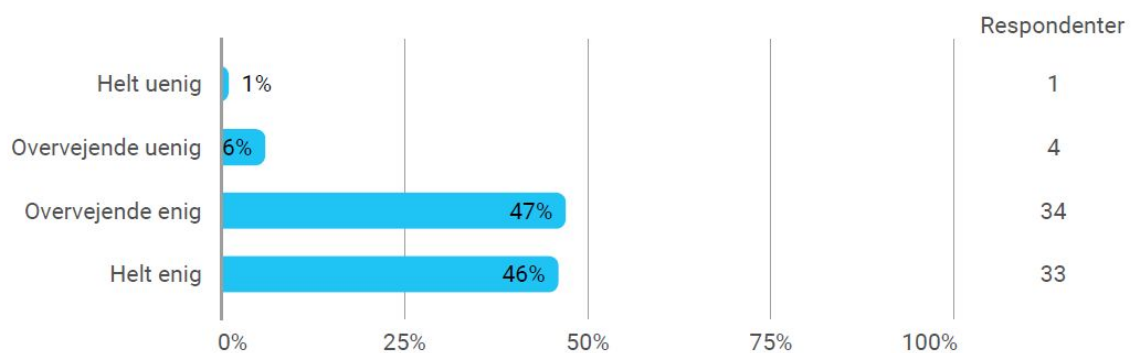
Engineering i skolen-didaktikken udpeger tre kompetenceområder (Auener et al., 2018, kap. 4) :

- naturfaglige kompetencer
- innovationskompetencer/generiske kompetencer
- forarbejdningskompetence

Spørgeskemaundersøgelsen blandt elever tyder på, at eleverne oplever, at de får et fagligt udbytte af engineeringforløbene. Eleverne har oplevet, at engineering hænger godt sammen med resten af undervisningen og hjælper til at forstå naturfaglig teori, samt at de tillærer sig en viden og forståelse, de

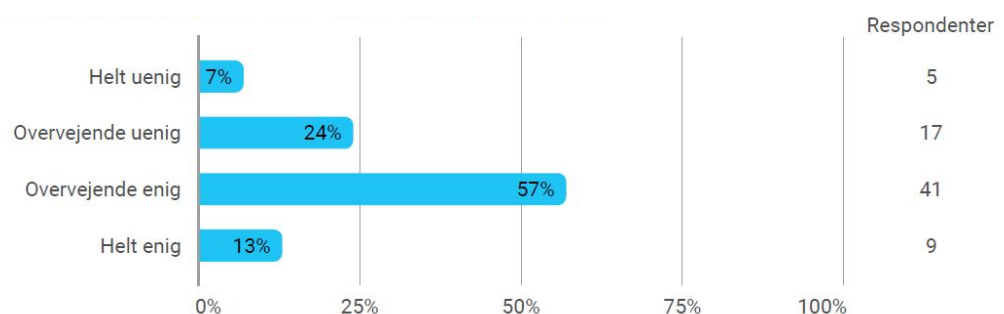
kan bruge i deres hverdag og i et kommende job (Se Eksterne bilag 6 Evaluering de første fire kommuner, s. 9).

Spørgeskemaundersøgelsen blandt de lærere, som har gennemført kompetenceudvikling, tyder på, at lærerne også i overvejende grad mener, at eleverne udvikler deres kompetencer. Figur 9 og 10 herunder viser, at lærerne især er enige om, at eleverne udvikler deres undersøgelseskompetence. 47% er overvejende enige, og 46% helt enige i dette.



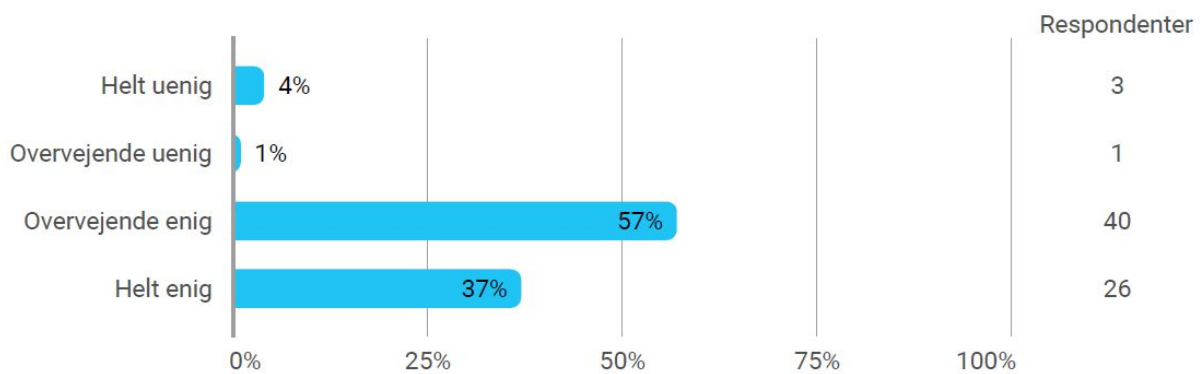
Figur 9. Hvor enig er du i følgende udsagn om elevernes udbytte af Engineering forløbet? - Eleverne fik større undersøgelseskompetence gennem arbejdet.

I spørgsmålet om det fagfaglige indhold er svarene lidt mere blandede, idet hhv. 7% og 24% af lærerne er helt uenige eller overvejende uenige i, at eleverne lærte nyt fagfagligt indhold som følge af Engineering i skolen-aktiviteterne, mens 57% er overvejende enige og 13% er helt enige.



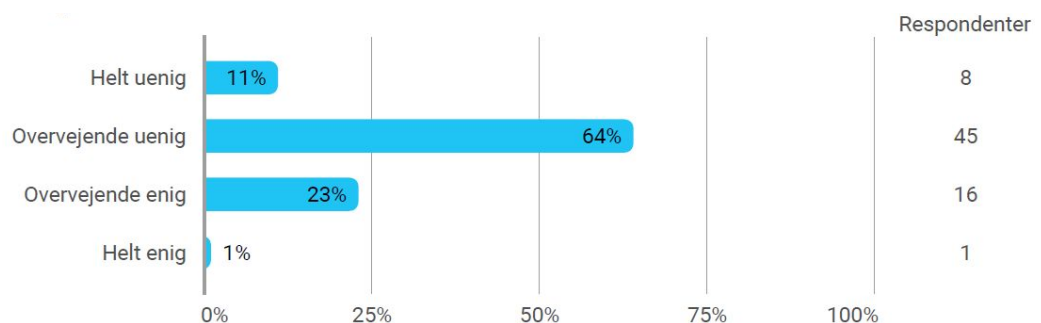
Figur 10. Hvor enig er du i følgende udsagn om elevernes udbytte af Engineering forløbet? - Eleverne lærte nyt fagfagligt indhold som følge af EIS-aktiviteterne.

Ved afsluttet forløb er 37% helt enige og 57% overvejende enige i, at engineeringaktiviteter understøtter læringen af naturfaglige kompetencer (figur 11).



Figur 11. Holdning og mulige barrierer - ved slutningen af forløbet - Hvor enig er du i følgende udsagn om Engineering i undervisningen i X-fag? - Engineeringaktiviteter understøtter læring af naturfaglige kompetencer.

Den tilsyneladende modsætning mellem svarene på de to spørgsmål peger formentlig på, at lærerne tænker "fagfagligt indhold" som noget andet end "naturfaglige kompetencer": Et bud kunne være, at lærerne opfatter dette som det, der skelnes imellem i Fælles Måls betegnelser "kompetencer" og "emneområder". De åbne besvarelser understøtter til en vis grad denne tolkning. I de åbne besvarelser giver nogle lærere således udtryk for usikkerhed i forhold til koblingen mellem engineeringaktiviteter og det fagfaglige. Nogle lærere mener, at faglighed er en forudsætning for at kunne lave engineeringaktiviteter (13 ud af 66 svar). Det betyder, at eleverne i visse tilfælde fik gennemgået fagligt stof forud for gennemførelsen af engineering-forløbet. Nogle lærere mener, at der er en utydelig kobling mellem de faglige mål og hvordan der arbejdes med dem i engineering (15 ud af 66 svar). Det er uklart, hvordan faglige mål er tilgodeset. En del lærere vurderer, at selvom der indgår faglige mål i engineeringaktiviteten, så er det ikke sikkert, at eleverne lærer noget fagligt. Således har 23% af lærere erklæret sig overvejende enig i udsagnet "Engineering-aktiviteter går ud over den normale faglige læring", og 1% helt enig. 64% hhv. 11% er overvejende og helt uenige i dette.



Figur 12. Holdninger og mulige barrierer - ved afslutningen af forløbet - Hvor enig er du i følgende udsagn om Engineering i undervisningen i X-fag? - Engineering aktiviteter går ud over den normale faglige læring.

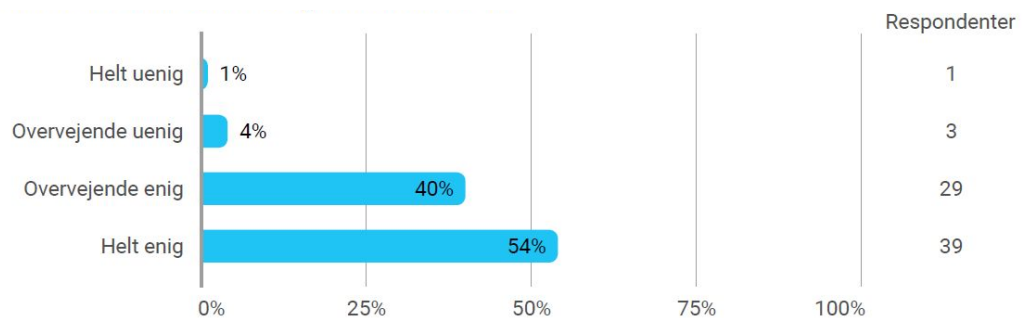
De ansvarlige for kompetenceudviklingen oplever i tråd hermed, at lærere og elever, som prøver engineeringaktiviteter for første gang, godt kan opleve, at processen fylder så meget, at det naturfaglige indhold træder i baggrunden. Imidlertid er det den foreløbige oplevelse, at det er et begynderfænomen, dvs. at efter at lærere og elever har gennemløbet processen et par gange og den opleves som velkendt, så får det fagfaglige indhold også en fremtrædende plads.

Disse konklusioner er i tråd med det internationale review, som har vist (Sillasen et al. 2018) at:

“På baggrund af de eksisterende studier kan man ikke hævde som en generel iagttagelse, at engineering er stærkt fremmede for elevernes naturfaglige læring. Der er imidlertid stor variation i elevernes naturfaglige udbytte. Der findes studier/tilgange, som viser, at eleverne under de rette omstændigheder opnår forøget naturfagligt læringsudbytte af engineering. Der er ikke fundet belæg for, at engineering formindsker elevernes fagfaglige udbytte. I sig selv er det en relativ succes, at man kan tilføje engineeringaktiviteter og -indsigter, uden at det går ud over den traditionelle læring.” (s. 25)

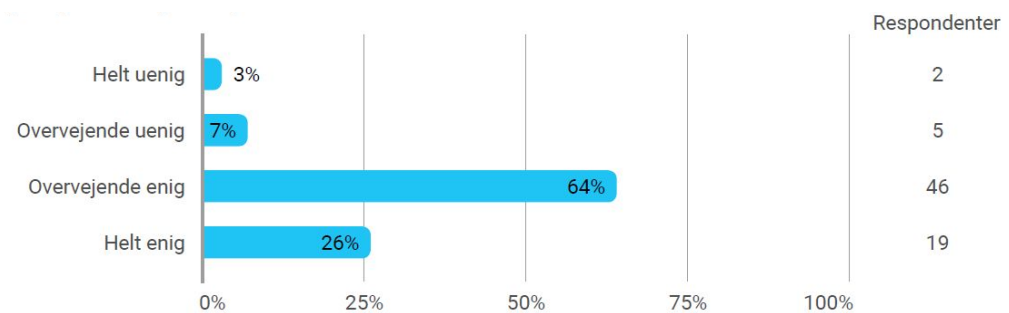
Er der en vis usikkerhed om at engineering på kort sigt fremmer de naturfaglige kompetencer, er der større enighed om at engineering fremmer elevernes udvikling af generiske kompetencer som samarbejde, problemløsning og kommunikation. Således viser figur 13, at 40% af lærerne er overvejende enige og 54% helt enige i, at engineeringforløbet har stimuleret elevernes kreativitet og innovationsevne.

fig



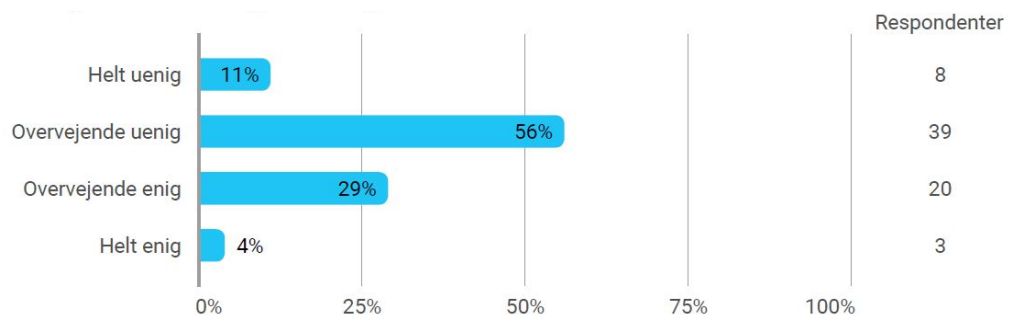
Figur 13. Hvor enig er du i følgende udsagn om elevernes udbytte af Engineering forløbet? - Eleverne fik stimuleret deres kreativitet og innovationsevne.

Og figur 14 viser, at 64% hhv. 26% er overvejende eller helt enige i, at eleverne har lært sig engineeringarbejds måder.



Figur 14. Hvor enig er du i følgende udsagn om elevernes udbytte af Engineeringforløbet? - Eleverne lærte sig Engineeringarbejdsmåder.

Lærerne er blevet spurgt, om de oplever, at eleverne har svært ved at håndtere det åbne problemorienterede arbejde. 29% er overvejende enige og 4% helt enige i, at dette er svært for eleverne, mens hhv. 11% og 56% er helt og overvejende uenige.



Figur 15. Holdninger og barrierer - ved slutningen af forløbet - Hvor enig er du i følgende udsagn om Engineering i undervisningen i X-fag? Eleverne har svært ved at håndtere det åbne problemløsende arbejde i Engineeringaktiviteter.

I interview med de ansvarlige for kompetenceudviklingen fremgår det, at første fase af kompetenceudviklingen har fokuseret på at opnå fortrolighed med engineering-didaktikken og kun i mindre grad på lærernes muligheder for at understøtte elevernes udvikling af de generiske kompetencer. de ansvarlige for kompetenceudviklingen giver udtryk for, at de vil arbejde med lærernes stilladsering af de generiske kompetencer i næste fase. Det skal blandt andet ske i dialog med udviklerne af undervisningsmidler, hvor f.eks. metodekortene kan bruges til at rammesætte og sætte ord på samarbejdsprocesser. Det er en afvejning i projektgruppen, hvorvidt man skal inddrage mere generelle pointer om samarbejde, problemløsning osv., og i hvilken grad man kan gå ud fra, at lærere i kraft af deres professionelle viden og erfaring inden for klasseledelse og relationskompetence har tilstrækkeligt med kompetence til at håndtere disse uden at de bliver adresseret direkte. Det er et gennemgående træk, at de ansvarlige for kompetenceudviklingen hele tiden er nødt til at foretage en prioritering af, hvad de skal anvende de begrænsede timer i kompetenceudviklingsforløbet til. For eksempel nævner de ansvarlige for kompetenceudviklingen, at der er en udtalt udfordring i forhold til elevernes gruppearbejde. I første fase blev det taget for givet, at lærerne kunne løse dette i kraft af deres generelle

lærerfaglighed, men det fremgår i interviewet, at dette ikke nødvendigvis er uproblematisk. En respondent giver således udtryk for, at selv om lærerne kender gruppearbejde som værktøj og også har nogle gennemprøvede praksisser i forhold til at sammensætte grupperne, så er det ikke sikkert, at disse praksisser også er mest hensigtsmæssige i forbindelse med engineering, hvor det praktiske fylder mere. Her kommer elevernes forarbejdningskompetence således i spil, hvilket lærerne ikke er vant til. Engineering kan således potentielt ændre lærernes gængse opfattelse af eleverne som hhv. "stærke" og "svage", da andre kompetencer kommer frem i engineeringforløb.

### 6.3.6 Delresultat - Elevmotivation

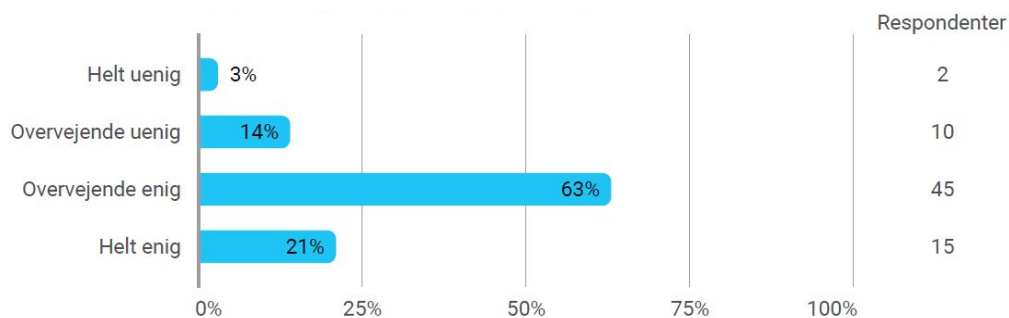
I rapporten "Engineering i skolen - vidensgrundlag" (Sillasen et al., 2018) konkluderes det, at "Nogle studier finder en positiv vækst i elevernes motivation, men lige så hyppigt er motivationsudbyttet forsvindende eller fraværende." (s. 30). Rapporten peger på, at motivationsudbyttet kan tænkes at variere i forhold til dels undervisningens tilrettelæggelse - således at opgaver, som kræver systematisk problemløsning, er mere motiverende end opgaver, som ikke kræver dette - dels i forhold til eleverne - således at nogle elever oplever åbne processer såsom engineering som motiverende, mens det for andre grupper er omvendt.

Motivation handler således om flere ting:

- generel umiddelbar motivation
- motivation over tid
- forskelle mellem elevgrupper

Elevsurveyen gennemført af kompetenceudviklingsgruppen konkluderer, at eleverne generelt er positive i forhold til engineering. Eleverne har oplevet, at engineering er med til at skabe en god variation i undervisningen og er sjovt og spændende. Endelig vil eleverne i samlet gerne have mere engineering i undervisningen. (Eksterne bilag 6 Evaluering de første fire kommuner s. 9).

I spørgeskemaundersøgelsen er hhv 63% og 21% af lærerne overvejende eller helt enige i, at eleverne blev mere motiverede for at deltage i faget i kølvandet på Engineering i skolen, mens hhv. 3% og 14% var helt eller overvejende uenige.



Figur 16. Hvor enig er du i følgende udsagn om elevernes udbytte af Engineering forløbet? - Eleverne blev mere motiverede for at deltage i faget i kølvandet på Engineering i Skolen.

I lærernes åbne besvarelser er der også mange, der nævner motivation: "Det motiverer alle. Lærer og elever" - "Det praktiske arbejde er utroligt motiverende og får alle elever til at deltage aktivt i undervisningen" - "At arbejdsmetoden inkluderer langt flere elever og højner motivationen." (LBK analyserapport s. 16)

Det er ikke på nuværende tidspunkt muligt at afgøre, i hvilken grad den øgede motivation er karakteristisk for Engineering i skolen som sådan, eller i hvilken grad det skyldes nyhedens interesse og det, at Engineering i skolen er anderledes end den daglige undervisning. I samtalen med de ansvarlige for kompetenceudviklingen var der enighed om, at det stadig er for tidligt at konkludere noget håndfast om, hvilke elevgrupper der motiveres af engineering. Det blev fremhævet, at nogle elevgrupper trives godt med det, de er vant til, og bliver udfordret af de anderledes rammer for undervisningen. Omvendt er nogle elever glade for engineeringtilgangens muligheder for hands-on-arbejde i modsætning til andre undervisningsformer, hvor der f. eks. er meget fokus på skriftlighed.

### 6.3.7 Delresultat - Underviserkompetence

Rapporten "Engineering i skolen - vidensgrundlag" fremhæver, at lærere, for at kunne anvende engineering i undervisningen, skal være i besiddelse af mange af de samme kompetencer, som man kender fra litteraturen om naturfagslærere generelt, nemlig solide fagfaglige og fagdidaktiske kompetencer. (Sillasen et al., 2018, s. 36).

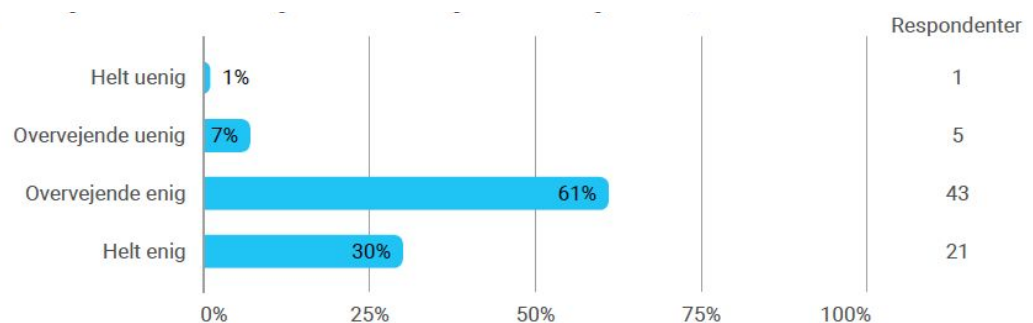
I evalueringsmaterialerne, som vi har indsamlet, fremgår det, at lærerne har brug for kompetencer på følgende punkter:

- fagfaglige kompetencer i forbindelse med de materialer, processer mv eleverne har brug for i deres arbejde med engineeringudfordringerne.



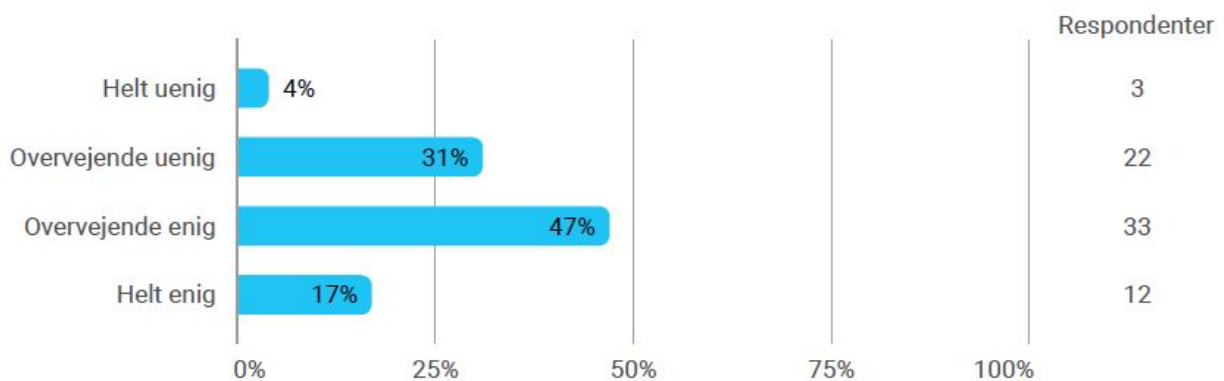
- didaktiske kompetencer, f. eks. at kunne navigere i en åben proces, at kunne stilladsere processen i passende omfang for eleverne, herunder også at understøtte elevernes udvikling af generiske kompetencer som f. eks. samarbejde
- evalueringsmæssige kompetencer

Spørgeskemaundersøgelsen blandt lærere konkluderer, at lærerne oplever, at de har fået et fagdidaktisk udbytte af at deltage i kompetenceudviklingen. Hhv. 61% og 30% er overvejende eller helt enige i, at Engineering i skolen deltagelsen har kvalificeret det fagdidaktiske grundlag for deres undervisning, mens hhv. 7% og 1% er overvejende eller helt uenige i dette.



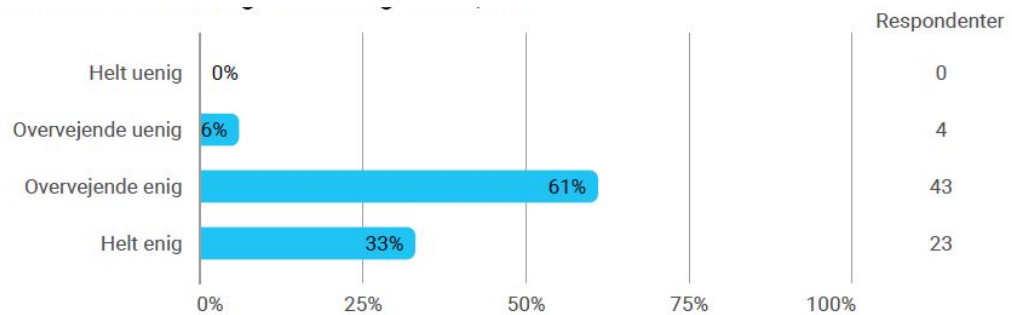
Figur 17. Samlet vurdering af dit udbytte af Engineering i skolen projektet - Hvor enig er du i, at... Engineering i Skolen deltagelsen har kvalificeret det fagdidaktiske grundlag for min naturfagsundervisning.

Fagfagligt er billedet lidt mere blandet, idet hhv. 47% og 17% er overvejende eller helt enige i, at kompetenceudviklingsforløbet har kvalificeret deres naturfagsundervisning rent fagligt, mens hhv. 31% og 4% er overvejende eller helt uenige (figur 18).



Figur 18. Samlet vurdering af dit udbytte af Engineering i skolen projektet - Hvor enig er du i, at... Engineering i skolen deltagelsen har kvalificeret min naturfagsundervisning rent fagfagligt.

Hhv. 61% og 33% er overvejende eller helt enige i, at Engineering i skolen-deltagelsen har været et værdifuldt bidrag til deres professionelle udvikling, mens 6% er overvejende uenige, og ingen er helt uenige.



Figur 19. Samlet vurdering af dit udbytte af Engineering i Skolen projektet - Hvor enig er du i, at... Engineering i Skolen deltagelsen har været et værdifuldt bidrag til min professionelle udvikling.

I lærernes åbne besvarelser på spørgsmålet: "Hvilken kobling var der mellem engineeringaktiviteter og det fagfaglige?" ses det også, at nogle lærere er usikre på denne forbindelse. En del lærere vurderer, at selvom der indgår faglige mål i engineeringaktiviteten, så er det ikke sikkert, at eleverne lærer noget fagligt. Dette tyder på, at det er en vigtig underviserkompetence at kunne navigere i forholdet mellem det fagfaglige og det åbne engineeringforløb.

I samtalen med de ansvarlige for kompetenceudviklingen blev det pointeret, at de åbne forløb i Engineering i skolen kan få eleverne ud i fagfaglige hjørner, som lærerne ikke er helt opdateret på, og læreren kan derfor føle, at hans/hendes fagfaglighed kommer på glatis. Der er en stående diskussion, om dette kalder på en egentlig fagfaglig kompetenceudvikling hos lærerne, f. eks. i form af "minikurser" i programmering eller lignende forud for gennemførelsen af visse engineering-forløb. Her er man oppe imod det dilemma, at det i forvejen er svært for lærerne at få lov til at komme på kompetenceudvikling i de 24 timers forløb, som der her har været tale om. En af respondenterne pegede på, at dette er langt kortere end de 60 timer, som anbefales. Hvis der skal tilføres fagfagligt stof, vil det enten gå ud over det stof, der allerede dækkes, eller kræve, at forløbene bliver længere.

En anden pointe som blev fremhævet i samtalen med de ansvarlige for kompetenceudviklingen er, at lærerne skal kunne navigere i den åbne proces og kunne skifte mellem den klassiske formidlerrolle og projektstøtterollen. Det fremhæves, at nogle lærere har det fint med at give eleverne mange frihedsgrader, selvom de så ikke helt ved, hvor eleverne ender henne med deres projekt, mens andre lærere helst vil have, at elevernes proces er mere forudsigelig, så læreren kan evaluere, om eleverne opnår det, som læreren havde planlagt. Her bliver frihedsgradsskemaet nævnt som et redskab, der er nyttigt for at synliggøre de valg, som læreren skal træffe.

I den indledende fase af projektet har der som nævnt i høj grad været fokus på at forstå den didaktiske engineeringmodel. I næste runde bliver det relevant at overveje, i hvilken grad kompetenceudviklingen skal forholde sig mere direkte til, at lærerne har brug for hjælp til at kunne understøtte elevernes udvikling af generiske kompetencer som f. eks. samarbejde, problemløsning og ansvarlighed. Det kræver noget af lærerens relationskompetence og klasserumsledelse.

Af lærernes åbne besvarelser fremgår det, at de overvejende har foretaget uformel evaluering af elevernes udbytte, og at der i mange tilfælde er tale om undervisningsevaluering snarere end evaluering af elevudbytte (LBK-rapport s 7). De ansvarlige for kompetenceudviklingen understreger vigtigheden af at udvikle lærernes evalueringskompetencer, så de bliver i stand til at vurdere elevernes udbytte. De ansvarlige for kompetenceudviklingen oplever, at lærerne både har behov for hjælp til fastsættelse af de overordnede mål for undervisningen, altså *hvad*, der skal evalueres, og til *hvordan* man som lærer konkret kan tilrettelægge evalueringen.

Igen er det en overvejelse, om kompetenceudviklingsforløbet skal rumme et ekstra element, som retter sig mod evaluering. Disse overvejelser bliver ekstra påtrængende i lyset af, at kompetenceudviklingsforløbene i forvejen må siges at være relativt korte. En respondent påpeger, at det er gængs viden, at efteruddannelse skal vare mindst 60 timer for at gøre en forskel, og i dette tilfælde er kompetenceudviklingsforløbene på 24 timer. Denne diskrepans mellem den faktiske varighed af forløbene og det, der almindeligvis opfattes som minimum, gør, at spørgsmålet om prioritering af indholdet bliver særdeles presserende. Når forløbene er fastlagt til 24 timer hænger det sammen med de ansvarlige for kompetenceudviklingens erfaring af, at meget få skoler vil prioritere at give en enkelt lærer 60 timers kompetenceudvikling. De har således valgt at vægte en øget sandsynlighed for, at flere lærere får del i kompetenceudviklingen frem for et længere forløb for færre lærere.

### **6.3.8 Delresultat - Afgørende faktorer for gennemførelsen**

Rapporten "Engineering i skolen - vidensgrundlag" henviser til forskning, som viser, at effektiv kompetenceudvikling af lærere forudsætter tilstrækkelig tid og ressourcer, introduktion til evalueringsstrategier samt muligheder for kollegial samarbejde og erfaringsudveksling i længerevarende skolebaserede kontekster (Sillasen et al., 2018, s. 36).

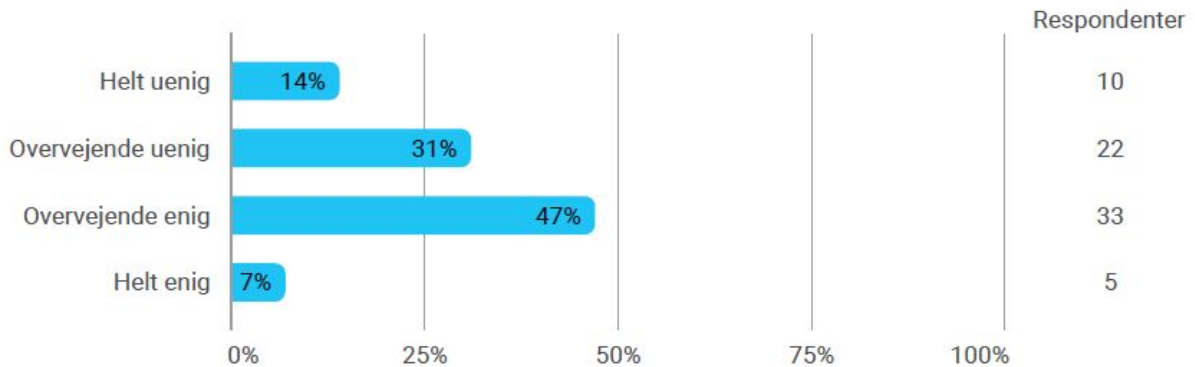
De ansvarlige for kompetenceudviklingen fremhæver en række faktorer, som er vigtige for at kunne gennemføre kompetenceudviklingsforløbene, dvs. såvel workshops som de mellemliggende afprøvningsfaser. Faktorerne befinder sig på forskellige niveauer, men er alle væsentlige for en vellykket gennemførelse.

På **klasseniveau** drejer det sig om elevernes forudsætninger, lærerens forudsætninger, og lærerens stilladsering af processen. Elevernes forudsætninger handler om, hvorvidt eleverne har den faglige viden til at arbejde kvalificeret med engineeringudfordringerne uden at gå i stå (programmering er et eksempel, der nævnes, men det kan også være andet). Desuden kan elevernes forudsætninger være meget forskellige, hvilket stiller krav til undervisningsdifferentieringen. Lærerens forudsætninger handler om, hvorvidt læreren er fagligt opdateret på alle de fagområder, hvor elevernes arbejde med de åbne processer kan bringe dem hen (det kan f. eks. også være programmering eller andet). Lærerens stilladsering af processen handler om, hvorvidt det sikres, at eleverne er bevidste om både udfordring og krav til løsningen, klar definering af, hvilke faser, eleverne befinder sig i etc.

Undervisningsmaterialernes arbejdsark, metodekort osv. er nyttige hjælpemidler til stilladseringen. I praksis er elevernes forudsætninger, lærerens forudsætninger, og lærerens stilladsering af processen tæt forbundet, hvilket også fremgår af lærernes åbne besvarelser, hvor det f. eks. formuleres således: "Eleverne vidste ikke nok om støvsugere og propeller til at jeg bare turde kaste dem ud i projektet uden youtube-klip. Det låste dem selvfølgelig i deres idéer, men gav dem samtidig mulighed for at komme i gang uden alt for store frustrationer. De havde set, at det faktisk kunne lade sig gøre." - "Der er en balance mellem at give passende forudgående forudsætninger og så at prime. Jeg tænker at for at undgå at prime mod faste løsninger, er det nok bedre med "for lidt" information fra start og så "fylde på", når behovet opstår (Se Eksterne bilag 7 Evaluering i tilknytning til EiS)

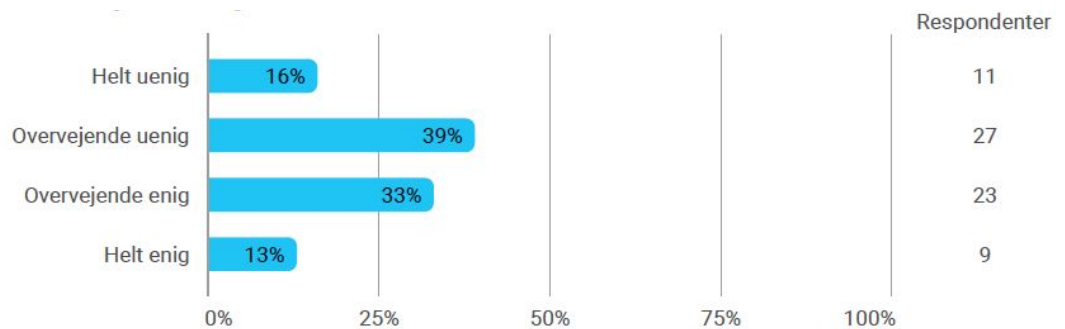
Nogle steder har man valgt at gennemføre faglige minikurser forud for engineeringforløbet for at sikre, at eleverne havde nogle faglige redskaber klar, men der er ikke enighed om, hvorvidt dette er den bedste løsning, da nogle har oplevet, at eleverne er mere motiverede, hvis de hurtigt kommer i gang med at konstruere.

På **skoleniveau** drejer det sig om inddragelse af fagteam og ledelse, specielt mht. planlægning for at sikre tilstrækkelig tid til forløbene. Hvad angår inddragelse af fagteamet som ressource, har det været meget varierende, hvorvidt lærerne på kompetenceudviklingen i praksis har kunnet videregive engineering-arbejdsmetoden til deres kolleger via fagteamet. Dette afspejler sig også i svaret på spørgsmålet, om der vil være hjælp af hente til engineeringdagsordenen hos kolleger og fagteam på skolen, se figur 20. Kompetenceudviklerne har konkret erfaret, at det kan fungere ved at inddrage fagteamet systematisk i q-rytmen, således at 2x2 timer pr. semester afsættes til fagteammøder med engineering.



Figur 20. Holdning og mulige barreier - ved slutning af forløbet - Hvor enig er du i følgende udsagn om Engineering i undervisningen i X-fag - Der vil være hjælp at hente til Engineeringdagsordenen hos kollegaer og fagteams på skolen.

I forhold til ledelsens engagement og opbakning har de ansvarlige for kompetenceudviklingen erfaret, at det har været meget givende at invitere lederne med på workshops for at deltage i aktionslæringsopsamlinger. De fremhæver, at det har været udbytterigt at høre lærernes drøftelser med deres ledere, og at de havde et klart indtryk af, at lederne var mere indstillet på at understøtte lærernes videre arbejde i kraft af disse drøftelser. En af gevinsterne ved at have lederne med er, at det bliver nemmere for lærerne at få mulighed for at tænke engineering-forløb ind i planlægningen. Skoleårets gang planlægges ½-1 år i forvejen, og det er derfor vigtigt at være i god tid med tilbud til lærerne, så de kan nå at tænke det ind. Desuden er det vigtigt, at lærerne får timer til at planlægge engineeringforløbene og drøfte dem i deres teams. En faktor, som fremstår tydeligt i forhold til gennemførelsen, er i det hele taget tid til både planlægning, gennemførelse og videreudvikling af engineeringforløb i undervisningen. Hhv. 33% og 13% er overvejende eller helt enige i, at de ikke har tiden til at arbejde med at udvikle engineering i undervisningen (figur 21).



Figur 21. Holdninger og mulige barrierer - ved slutning af forløbet - Hvor enig er du i følgende udsagn om Engineering i undervisningen i X-fag? - På min skole har vi ikke tiden til at arbejde med at udvikle Engineering i undervisningen.

I samme tråd nævner en række lærere i de åbne spørgsmål, at tid er den største udfordring (23 omtaler). "Tid til planlægning og skemabytning" - "De fleste ressourcer sættes ind på at forbedre

resultaterne i de nationale tests, så det er rigtig svært at finde tid til planlægning af Engineering i skolen med andre kollegaer” - “Tid til planlægning og undervisning og tilgang til faglokaler”- “At bruge tid på at finde metodekortene og at finde en ikke allerede planlagt projektdag at gennemføre projektet på”. Selve gennemførelsen af et vellykket engineeringforløb tager også tid, hvis eleverne skal nå omkring alle processer og have mulighed for at afprøve og forbedre deres produkt. Nogle lærere rejser en bekymring for, om den forbrugte undervisningstid er rimelig i forhold til elevernes læringsudbytte (7 omtaler): “Tiden. Det har taget RIGTIG lang tid for mine elever at konstruere støvsugeren. Sammenholdt med kravene fra Fælles Mål, er jeg stadig i tvivl, om udbyttet hos eleverne er tilstrækkeligt - kan jeg nå alle videns-og færdighedsmål, også fra andre områder, hvis min undervisning altid skal tilrettelægges som engineeringforløb?” - “At det tager forfærdelig lang tid af f. eks undervisningen i fysik/kemi, hvis det er de eneste fag der skal bidrage med timer. For at få fuldt udbytte af et engineeringforløb, er det vigtigt at alle processer gennemløbes. Det ses sjældent.”

**Kommuneniveau.** Der er gennemført evalueringssamtaler med kommunale naturfagskoordinatorer i de fire kommuner (se Eksterne bilag 6 Evaluering de første fire kommuner), og på baggrund heraf er der formuleret en række faktorer på det kommunale niveau, som er afgørende for vellykket gennemførelse af kompetenceudviklingsforløb. Det handler om forventningsafstemning, planlægning, kommunikation og inddragelse af relevante aktører i god tid.

Såvel skoleledelsens involvering som planlægning er forudsætninger, som nemmere opfyldes, hvis projektdeltagerne på forhånd har afstemt deres forventninger, også på det kommunale forvaltningsniveau. Det er vigtigt, at nye kommuner, som går ind i Engineering i skolen i næste fase, er klar over vigtigheden af skoleledernes engagement, planlægning etc. fra starten, og at der bliver afsat det nødvendige timetal til formålet. Der er behov for rettidigt at indgå klare aftaler og afstemme forventninger, så alle led fra forvaltning over koordinatore, skoleledere til lærerne føler sig rettidigt inddraget og får nødvendig information for at kunne involvere sig. Denne indsigt udmønter de ansvarlige for kompetenceudviklingen i den dialog, de har haft med de foreløbigt 6 nye kommuner, som skal deltage i programmets næste fase.

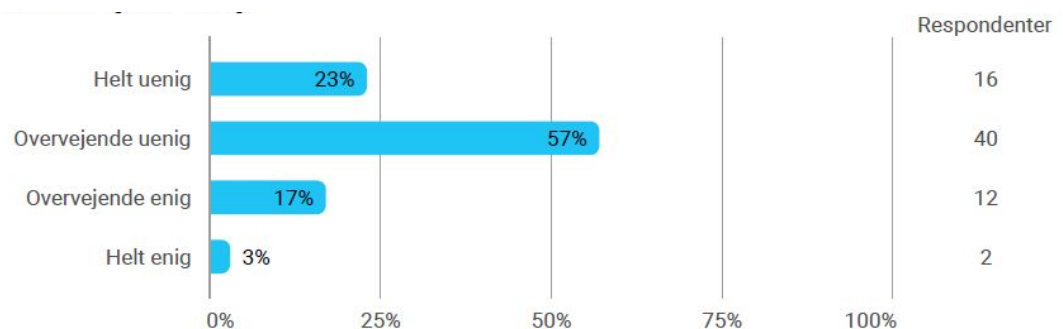
I lighed med lærerne fremhæver naturfagskoordinatorerne, at planlægning i god tid er centralt. Planlægningen af et skoleår foregår typisk allerede i marts i det foregående skoleår, og planlægningen både på kommune- og skoleniveau skal tage højde for skolernes årshjul. En af de ansvarlige for kompetenceudviklingen forklarede, hvordan projektet fra start havde inddraget 12 lærere som samarbejdspartnere i didaktikudviklingen, og at disse havde ageret som “sande helte” ved at indgå engageret i arbejdet, selvom det af forskellige grunde var kommet til at ligge i maj frem for januar, dvs. meget senere på skoleåret end først planlagt.

Inddragelsen af de kommunale naturfagskoordinatorer i projektorganisationen, deltagelse i planlægningsmøder og den personlige relation til projektets undervisningskonsulenter bidrager til en succesfuld implementering af engineering i kommunen. Den gensidige forståelse mellem projektets undervisningskonsulenter og den kommunale naturfagskoordinator om organisatoriske udfordringer har bidraget til at overkomme barrierer og udfordringer for succesfuld implementering af Engineering i skolen.

En konkret erfaring er, at det letter gennemførelsen, hvis alle nøgledokumenter, styringsdokumenter og plan for afholdelse af workshops placeres centralt på en offentlig tilgængelig database, så alle relevante aktører kan tilgå dem uhindret, når behovet er der.

Endelig er der identificeret nogle faktorer, som skal håndteres på det overordnede **projektniveau**. Det handler dels om en klar definition af Engineering i skolen. De ansvarlige for kompetenceudviklingen giver udtryk for, at det er svært at præcisere hvad det er engineering kan, som adskiller det fra lignende tilgange og procesmodeller, som anvendes i f. eks. undervisning i innovation og/eller designprocesser. Det giver dels et kommunikationsproblem, når man skal involvere nye lærere/kommuner i projektet og dels vanskeliggør det den interne dialog om, hvor meget man kan modificere engineeringmodellen uden at gå på kompromis med de centrale elementer. Der er et dilemma, som ikke er løst, mellem at bevare den nødvendige fællesmængde og at gøre modellen fleksibel, hvilket vil øge sandsynligheden for, at flere anvender den.

Et andet tema er Engineering i skolen' anvendelighed i forhold til den fællesfaglige prøve. I spørgeskemaundersøgelsen til lærerne er der stillet spørgsmål til, om engineeringaktiviteter kan indgå i en prøvesammenhæng, og svarene herpå er blandede som vist i figur 22. Hhv. 3% og 17% er helt eller overvejende enige i, at det er svært at forene engineeringaktiviteterne med prøven, mens hhv. 57% og 23% er overvejende eller helt uenige (jf. diskussion under undervisningsmidler 6.4.7).



Figur 22. Holdninger og mulige barrierer - ved afslutningen af forløbet - Hvor enig er du i følgende udsagn om Engineering i undervisningen i X-fag? - Det er svært at se, hvorledes Engineeringaktiviteter kan indgå i en prøvesammenhæng.

De ansvarlige for kompetenceudvikling har også mødt denne bekymring, som potentielt kan stå i vejen for, at engineering anvendes i udkolingen og især i 9. klasse. Bekymringen går på, om processen kommer til at fylde for meget for eleverne, som jo bliver stillet til at ansvar for det naturfaglige indhold i selve prøvesituationen. Det er muligt, at denne bekymring fylder mindre hos lærere, som har opbygget en vis erfaring med engineeringaktiviteter, men det er endnu for tidligt at konkludere håndfast på dette.

### **6.3.9 Delresultat: Muligheder/barrierer for forankring**

De ovennævnte faktorer er afgørende for at gennemføre en vellykket kompetenceudviklingsindsats, men hvis man ønsker, at indsatsen skal sætte sig varige spor i praksis, skal man være opmærksom på følgende muligheder og barrierer. Nogle af disse vedrører eleverne, andre vedrører lærerne, skolerne eller projektet.

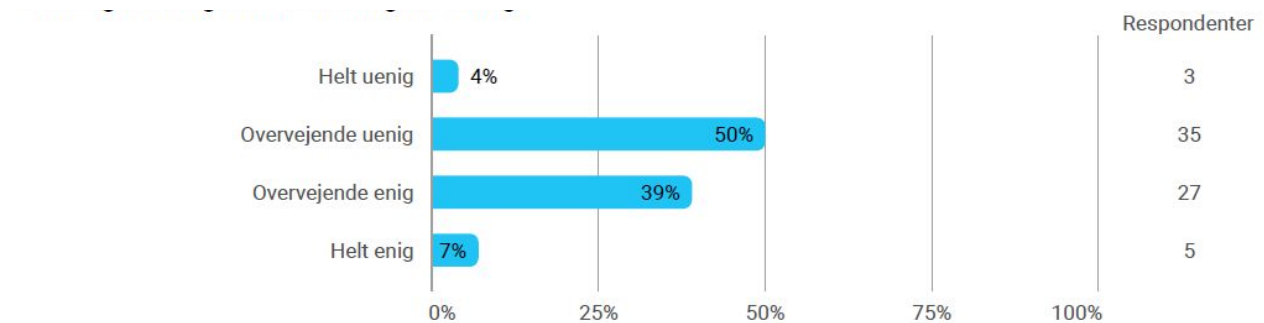
#### **Videreudvikling af didaktikken tilpasset elever på alle klassetrin**

I første fase af projektet har fokus været på elever på mellemtrinnet og på overbygningen, og lærere på begge trin giver ifølge de ansvarlige for kompetenceudviklingen udtryk for, at Engineering i skolen er relevant for dem. De vurderer, at der er et stort potentiale i at udvide Engineering i skolen til også at omfatte indskolingen. Det vil kræve en vis tilpasning af didaktikken og engineeringmodellen, så den bliver nemmere tilgængelig for de yngre elever. Det er forskellige ting, lærerne på de forskellige trin efterspørger. De ansvarlige for kompetenceudviklingen oplever, at natur og teknologi-lærerne i særlig grad byder Engineering i skolen velkommen, fordi det blandt andet hjælper dem til at styrke teknologi-delen af faget og desuden giver dem en god ramme for at organisere længere undervisningsforløb. I overbygningen har de ansvarlige for kompetenceudviklingen oplevet, at lærerne har taget engineeringtilgangen til sig som noget, der hjælper dem med at arbejde mere kompetenceorienteret og med at retfærdiggøre den kompetenceorienterede tilgang internt i fagteamet.

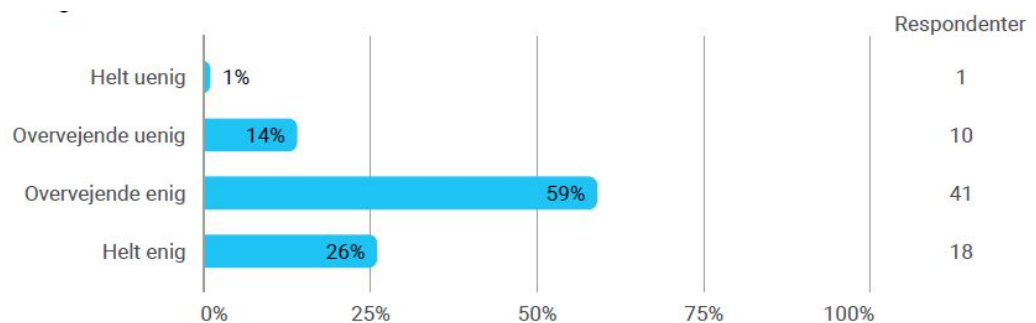
#### **Variierende engagement og forudsætninger blandt lærere**

I spørgeskemaet til de lærere, som har deltaget i kompetenceudviklingen, er der spurgt, hvor enige de er i udsagnet "Jeg prioriterer at udvikle andre aspekter af min undervisning højere end engineering" (figur 23). Hhv. 7% og 39% er helt eller overvejende enige i dette, mens hhv. 50% og 4% er overvejende eller helt uenige. Samtidig svarer hhv. 26% og 59%, at de er helt eller overvejende enige i udsagnet "Det er vigtigt for mig at få mere engineering ind i undervisningen" (figur 24). Holdningerne til, hvor meget Engineering i skolen skal fylde i fremtiden, er således ikke entydige, og man må derfor forvente, at ikke alle lærere vil bidrage aktivt til at forankre Engineering i skolen.





Figur 23. Holdninger og mulige barrierer - ved slutningen af forløbet - Hvor enig er du i følgende udsagn om Engineering i undervisningen i X-fag? - Jeg prioriterer at udvikle andre aspekter af min X-undervisning højere end Engineering.



Figur 24. Holdninger og mulige barrierer - ved slutningen af forløbet - Hvor enig er du i følgende udsagn om Engineering i undervisningen i X-fag? - Det er vigtigt for mig at få mere Engineering ind i undervisningen.

I samme tråd er det erfaringen hos de ansvarlige for kompetenceudviklingen, at lærere, der introduceres til Engineering i skolen, efter et stykke tid deler sig i to grupper, hvoraf den ene gruppe efter startvanskeligheder tager Engineering i skolen til sig som en del af deres undervisningsrepertoire, mens en anden gruppe falder fra. Det er ikke muligt på det foreliggende grundlag at sige noget meningsfuldt om størrelsen på de to grupper.

I forhold til lærerne er en anden pointe fra de ansvarlige for kompetenceudviklingen, at det er vigtigt at være opmærksom på, at lærerne kommer til engineering med meget forskellige forudsætninger. Nogle har prøvet noget lignende tidligere, nogle behersker allerede mange af de videns- og færdighedsområder, som kan gøre det nemmere at arbejde med udfordringerne - f.eks. programmering eller erfaring med at arbejde med yoghurt -, mens andre er uerfarne. Det er et forhold, det er nødvendigt at forholde sig til, når man tilrettelægger kompetenceudviklingen for lærerne, da man ellers risikerer at lave forløb, som rammer skævt i forhold til deltageres forudsætninger, og/eller forsømmer muligheden for at aktivere de kompetencer, som deltagerne i forvejen besidder.

### Med modning følger risiko for fragmentering

De ansvarlige for kompetenceudviklingen gør opmærksom på det dilemma, der ligger i, at modningen af indsatsen - altså efterhånden som flere lærere har gennemført kompetenceudviklingen og har indoptaget Engineering i skolen som en del af deres undervisningsrepertoire - på en gang er en mulighed og en risiko. Det er en mulighed, fordi disse lærere fremover vil gennemføre Engineering i skolen-forløb med deres elever på egen hånd. Omvendt er der risiko for, at lærerne i praksis vil gennemføre engineeringforløb på så mange forskellige måder, at det fælles præg forsvinder, og dermed kan der være risiko for, at nogle af de træk, som gør, at Engineering i skolen virker, bliver udvandet eller forsvinder. Det kan f. eks. være, hvis lærere kun gennemfører meget korte forløb, hvor der ikke er tid til de iterative faser af afprøvning, tilpasning og ny afprøvning.

## 6.4 Indsats B. Udvikling af undervisningsmidler

### 6.4.1 Kort sammenfatning

- To af de eksemplariske forløb til udskoling samt syv af forløbene til mellemtrinnet er færdigudviklede og gjort tilgængelige. De resterende tre forløb til udskolingen og tre forløb til mellemtrinnet forventes færdige i løbet af sommeren 2019. Endvidere er der udarbejdet et sæt designkriterier og retningslinjer for udvikling af eksemplariske forløb, som vil gøre det nemmere at udvikle nye forløb fremover.
- Metodekortene er værdifulde redskaber til stilladsering for både elever og lærere.
- Narrativet om udfordringen er central for elevernes motivation i forhold til at engagere sig i undervisningsforløbet. Elevernes motivation i form af ejerskabsfølelse og oplevelse af sammenhæng styrkes, når den centrale udfordring præsenteres indledningsvis i et forløb, sådan som engineeringmodellen også angiver.
- Der er et dilemma mellem at imødekomme de mindre erfarne læreres ønske om en mere uddybet lærervejledning og de mere erfarne læreres ønske om maksimale frihedsgrader.
- Udvikling af de eksemplariske undervisningsforløb er *ikke* sket i tæt samspil med udvikling af underviserkompetencer i de fire Engineering i skolen-kommuner. Formentlig havde underviserne i Engineering i skolen-kommunerne opbygget stærkere kompetencer, hvis de havde været tættere involveret i udviklingen af forløb.
- Tid kan være en barrierer for at gennemføre forløb i deres fulde længde.
- Brug af engineeringforløb som fællesfaglige forløb i udskolingen har potentialer, men udfordres af, at den naturfaglige fællesprøve ikke nødvendigvis korresponderer med engineeringtilgangen. Der udestår at bygge bro, f. eks. ved at udarbejde en anbefaling til, hvordan eleverne ud fra udfordringen i et engineeringforløb kan formulere en fornuftig problemstilling.
- Det er vanskeligt at få lærere til at teste et længere forløb i løbet af et skoleår, hvis ikke forløbet er tilgængeligt for lærerne fra senest i maj måned i det foregående skoleår.

- Projektets undervisningsmidler har ikke været inddraget i kompetenceudviklingsforløbene. En konsekvent inddragelse af projektets undervisningsmidler i kompetenceudviklingsforløbene vil medvirke til at kickstarte ibrugtagningen af de mange materialer, der er tilgængelige på Astras hjemmeside.

#### 6.4.2 Datagrundlag for kapitlet

Data udgøres dels af samtaler med udviklerne af undervisningsforløb om forløb 1 og 3, dels af resultater fra ét fokusgruppeinterview (test#3) med to lærere, der har gennemført forløb 1. Data fra sidstnævnte er således lærernes beskrivelse af dels elevernes, dels egne opnåede påvirkninger samt øvrige elementer. Dertil kommer løbende noter i forbindelse med projektaktiviteter og - møder.

#### 6.4.3 Udvikling af undervisningsforløb til mellemtrin og udskoling

Som en del af Engineering i skolen er der planlagt følgende:

- Udvikling af fem eksemplariske undervisningsforløb til grundskolens udskoling
- Udvikling af ti undervisningsforløb til grundskolens mellemtrin

Varigheden af forløbene kan være kortere (5-6 lektioner) eller længere (10-20 lektioner). Forløbene skal eksemplificere, hvordan undervisning planlægges, organiseres, gennemføres og evalueres ud fra den udviklede engineeringdidaktik. De fem forløb til udskoling er desuden eksemplariske i den forstand, at udvikling er sket på baggrund af en række opstillede designkriterier, samt at udviklingsprocessen har været underkastet en omfattende testprocedure og deraf følgende iterationer af hvert forløb. Forløbene gøres tilgængelige for alle lærere via Astras læringsplatform<sup>7</sup>.

Status for udviklingen ved rapportens udfærdigelse er:

- To af de eksemplariske forløb til udskoling er færdigudviklede og gjort tilgængelige på web
- Syv af forløbene til mellemtrinnet er færdigudviklede og gjort tilgængelige på web

De resterende forløb forventes færdige og gjort tilgængelige i sommeren 2019. De ti forløb til mellemtrinnet samt tre af forløbene til udskoling er udviklet af Astra, mens de to sidste udskolingsforløb er udviklet af INSERO. Astras udviklingsarbejde er sket i sparring med en større udviklingsgruppe med deltagelse fra andre partnere i Engineering i skolen. De hidtil udviklede forløb er præsenteret på Big Bang-konferencen 2019 med henblik på at få undervisere til at anvende dem. Hvert år udvikles der endvidere 6-8 engineeringforløb til Naturfagsmaraton, som er tilgængelige for de tilmeldte skoler, men disse fjernes igen efter endt maraton.

<sup>7</sup> <https://astra.dk/engineering/forl%C3%B8b>

Endvidere har Astra udarbejdet en vejledning og skabelon for udvikling af eksemplariske forløb, som vil gøre det nemmere at udvikle nye forløb fremover.

Udvikling af de eksemplariske forløb er sket i tæt samspil med de didaktiske modeller og overvejelser, som præsenteres i engineeringdidaktikken herunder engineeringmodellen. Desuden er udvikling af de eksemplariske forløb sket ud fra en række opstillede designkriterier (tabel 5). Designkriterierne er til dels baseret på erfaringer fra engineeringprogrammet Engineering is Elementary, Boston Museum of Science, og dels på erfaringer fra afprøvning i en dansk skolekontekst. Formålet med designkriterierne er at sikre en vis ensartethed af de udviklede engineeringforløb på tværs af projektet. Herudover kan de også bruges som inspiration til andre producenter af engineeringaktiviteter og som evalueringsredskab for lærere eller lærerteams, der gerne selv vil re-designe eller udvikle engineeringforløb.

Se næste side.

Designkriterier	Kendetegn ved eksemplariske engineeringforløb:
EDP-model og metodekort	Relaterer sig til engineeringmodellen. Komplette engineeringforløb gennemløber alle syv delprocesser i engineeringmodellen. Engineeringforløbene på astra.dk anviser relevante generiske metodekort i delprocesserne, og der er et forslag til aktivitetsplan.
STEM-indhold	Tager udgangspunkt i færdigheds- og vidensområder inden for naturfagene, som de er defineret i Fælles Mål. Engineeringforløbene på astra.dk viser desuden eksempler på, hvordan matematik indgår som redskab. Nogle forløb vil have en større vægtning af teknologi.
Narrativ kontekst	Udfordringen er givet gennem en narrativ kontekst, hvis formål er at italesætte udfordringen, at være udfordrende og motiverende for eleverne og samtidigt at danne udgangspunkt for engineeringarbejdet og elevernes løsninger. Den introducerende fortælling kan også indeholde nogle specifikke krav til løsningen.
Flere mulige løsninger	Udfordringen, materialevalget og krav til løsningen er beskrevet, så det lukker op for flere løsningsmuligheder indenfor kravspecifikationerne. I beskrivelsen af udfordringen er det vigtigere at beskrive krav til prototypens funktion frem for krav til løsningens udseende.
Materialer	Materialeforslagene skal dels sikre, at det er muligt for alle at skaffe materialer til forløbet og dels sikre, at eleverne får mulighed for at få erfaringer med forskellige konkrete og digitale værktøjer og materialer.
Frihedsgrader	Engineeringudfordringen er tilrettelagt, så eleverne kan løse den med flere forskellige frihedsgrader. Den giver læreren mulighed for at tilpasse stilladsering til elevernes behov.
Praktisk, konstruktive og optimerende elementer	Eleverne skal konstruere en prototype, der kan forbedres på baggrund af test. Der bør være givet anvisninger på, hvordan testen kan foretages og hvilken dataopsamling, der kan være relevant i forhold til forbedringerne.
Etik	Stilladsering af præsentationen er formuleret, så det giver eleverne anledning til etiske overvejelser i forhold til udfordringen. Aktuelt kan FNs 17 verdensmål benyttes som udgangspunkt.

Tabel 5. Oversigt over otte designkriterier for engineeringforløb.

Alle undervisningsforløbene tager udgangspunkt i et problem, som eleverne kan forholde sig til og finder interessant. Desuden er der udvalgt problemstillinger, der er relevante for de mål eleverne skal arbejde

med i forhold til Fælles Mål. Eleverne på mellemtrinnet får gennem arbejdet et grundlæggende kendskab til teknologi, innovation og design, og arbejder desuden med undersøgelse af materialer samt modellering og udvikling af prototyper som en del af deres engineering-forløb. Eleverne i udskoling kan inddrage engineering i deres arbejde med en del af de seks fællesfaglige fokusområder, f. eks. "Bæredygtig energiforsyning på lokalt og globalt plan" eller "Teknologiens betydning for menneskers sundhed og levevilkår". Nogle forløb er udviklet i forhold til særlige begivenheder, f. eks. Naturvidenskabsfestivalen, Naturfagsmaraton og Unge Forskere. De ti forløb til mellemtrinnet har som nævnt ovenfor ikke været underkastet samme designkriterier eller testprocedure som udskolingsforløbene.

Forud for udviklingsprocessen er der i foråret 2017 lavet en behovsundersøgelse i forhold til engineeringtankegangen. Behovsundersøgelsen har bestået af følgende elementer:

- Design af proces for brugerdreven innovation
- Afholdelse af 3-4 timers workshop med op til 30 lærere fra Astras ambassadørkorps
- Udvikling af synteser og indsigter i forhold til de udtrykte behov, test og kvalificering af indsigter
- Afstemning af behov mod Fælles mål for natur/teknologi (mellemtrin) samt Fælles Mål og fællesfaglige fokusområder (udskoling)

For de fem eksemplariske forløb til udskoling har den videre udviklingsproces forløbet/vil forløbe på følgende vis:

- Brugerundersøgelse: udvikling af 3-6 ideer som er trykprøvet med diverse brugere - både lærere og elever. Denne undersøgelse har givet viden om, hvilke problemstillinger og narrativer eleverne kan forholde sig til og finder interessante.
- Udvikling af skabelon for hver undervisningsforløb med udgangspunkt i engineeringdidaktikken.
- Udvikling af udvalgt skitse for hvert forløb.
- Pilotafprøvning af den udviklede skitse for hvert forløb (test#1). Testen er forestået af udviklerne i laboratoriet.
- Udvikling af hel-/halvdags moduler med elementer og aktiviteter, der tænkes at udgøre centrale dele af de endelige undervisningsforløb.
- Evaluering af de udviklede hel-/halvdags moduler i forhold til om eleverne forstår, hvad de skal gøre (test#2). Undervisningen er forestået af udviklerne på skoler fra udviklernes netværk (kan godt være Engineering i skolen-skoler, men er det ikke nødvendigvis). Evalueringen er foretaget af NEUC og har bestået af observation og efterfølgende tilbagemelding til udviklerne.
- Udvikling af det komplette eksemplariske undervisningsforløb inkl. lærervejledning på baggrund af foregående test og evalueringer.

- Didaktisk review ved Astra af det færdigudviklede forløb, herunder om det opfylder de opstillede designkriterier.
- Forløbet gøres tilgængeligt på læringsplatformen.
- Evaluering af det færdigudviklede eksemplariske undervisningsforløb (test#3). Evalueringen er foretaget af ekstern evaluator (NEUC) og har bestået af et fokusgruppeinterview med 3-4 lærere, der af sig selv har anvendt forløbet. Det var en intention at evaluere Engineering i skolen-læreres anvendelse af forløbene, men det har ikke været muligt at få Engineering i skolen-lærere til at teste de to hidtil færdigudviklede forløb. Interview er efterfølgende analyseret og præsenteret for udviklerne.

Som det fremgår af ovenstående redegørelse, består de data vi indtil videre har om test og evaluering af indsatsen om undervisningsmidler af (se Bilag 2: Oversigt over test af eksemplariske forløb):

- Observation af elever i ca. 3 timer/forløb
- Læreres beskrivelse via fokusgruppeinterview (2-4 lærere per interview) af, hvordan de oplever egne og elevernes respons på undervisningsforløbene

Disse data suppleres af data fra samtaler med udviklerne i forhold til punktet 'Handling' under Test#3 i Bilag 2: Oversigt over test af eksemplariske forløb.

Det langsigtede mål med indsatsen er, at de udviklede undervisningsmidler er tilgængelige på en læringsplatform i vedligeholdt tilstand og ideelt set anvendes som et tilbagevendende og derfor genkendeligt (for både lærere og elever) element op gennem hele grundskolen - og i en videreudvikling af indsatsen også i gymnasiet. Endvidere er det målet, at alle engineeringforløb er baseret på de opstillede designkriterier samt den udviklede engineeringdidaktik herunder engineeringmodellen, som indebærer, at et forløb altid starter med en udfordring og slutter med en præsentation af arbejdet. Herimellem indgår en række delprocesser, men rækkefølgen af disse er fleksibel, ligesom det er fleksibelt, hvilke af processerne der indgår, idet ikke alle delprocesser behøver indgå i et engineeringforløb.

Som forgrund for dette mål ligger, at danske elever via engineeringforløb opbygger engineeringkompetencer og motivation for at arbejde med engineeringtilgangen samt at danske lærere opbygger kompetencer til at undervise efter en engineeringtilgang.

Vejen til disse mål går gennem udvikling af viden om, hvordan undervisningsforløb udvikles på basis af engineeringdidaktikken og designkriterierne som skitseret i figur 25 og uddybet nedenfor.

Udviklerne af undervisningsmidler påpeger i interview, at det oprindeligt var tanken, at undervisningsmidlerne skulle anvendes i projektets kompetenceudviklingsaktiviteter, men på grund af tidsmæssige forskydninger blev dette ikke realiseret, da størstedelen af kompetenceudviklingsforløbene var afviklet på det tidspunkt, hvor de første eksemplariske forløb forelå.



Figur 25. Aktivitetsrække for udvikling af et eksemplarisk engineering-forløb. De enkelte aktiviteter er uddybet nedenfor.

1. Med engineeringdidaktikken som baggrundstapet laves en brugerundersøgelse bestående af udvikling af 3-6 idéer, som trykprøves med diverse brugere - både lærere og elever.
2. På baggrund af brugerundersøgelsen udvælges én idé, og et narrativ, som eleverne finder interessant, og udfordringen bygges op omkring den udvalgte idé. Narrativet er iscenesættelsen af en situation med en indbygget problematik. Ud fra narrativet formuleres en konkret problemstilling, som det er muligt at arbejde med ud fra engineeringmodellen.
3. Med udgangspunkt i narrativet og problemstillingen udvikles en skabelon for undervisningsforløbet. Samtidig reflekteres over, hvordan undervisningsforløbet bedst kobler til Fælles Mål, fællesfaglige fokusområder samt årshjul for det pågældende klassetrin.
4. Dernæst udvikles en skitse af en udvalgt del af forløbet. Skitsen testes i laboratoriet.
5. På baggrund af test af skitse udvikles et hel-/halvdags modul med elementer og aktiviteter, der tænkes at udgøre centrale dele af det endelige undervisningsforløb. Modulet afprøves af udviklerne med en testklasse under deltagelse af en observatør, der skal afdække om eleverne forstår hvad de skal og er i stand til at gøre det.
6. På baggrund af test af modul udvikles det komplette undervisningsforløb inkl. lærervejledning.
7. Det udviklede forløb undergår et didaktisk review, herunder om det opfylder de opstillede designkriterier.
8. Forløbet gøres tilgængeligt på Astras hjemmeside, og der iværksættes en indsats for at få lærere til at bruge forløbet. Der eksisterer p.t. ikke en afprøvet strategi for dette.
9. Når forløbet har været tilgængeligt i et stykke tid, arrangeres et fokusgruppeinterview med 3-4 lærere, der har anvendt forløbet. Interviewet danner grundlag for justeringer. Jf. den manglende strategi for ibrugtagning af forløbet er der et par opmærksomhedspunkter i forhold til at få 3-4



lærere til at bruge forløbet hurtigt, sådan at deres erfaringer kan evalueres og danne grundlag for justeringer:

- a. Hvis der skal laves aftaler om at få testet et længere forløb i løbet af det pågældende skoleår, skal forløbet være tilgængeligt for lærerne fra maj måned.
  - b. Generelt kan det ikke antages, at lærere kan tage et udefrakommende forløb ind i perioden fra sommerferien til efterårsferien på grund af et fuldt besat skema, eller fra april til sommerferien i 9. klasse på grund af afgangsprøver.
10. Engineeringforløbet anvendes af mange lærere, som opbygger kompetence i at undervise efter engineeringtilgangen. Eleverne opbygger engineeringkompetencer og motivation for at arbejde med engineeringtilgangen.

På baggrund af erfaringerne med test af forløbet "Lodrette haver" i foråret 2019 påpeger udviklerne, at man må forvente en stor variation i, hvordan lærere vælger at afvikle forløbene. Dette gælder f.eks. hvilke undersøgelser, der gennemføres, hvilke metodekort, der anvendes, og hvor mange lektioner, der afsættes til forløbet og dermed hvor langt man når i forhold til at konstruere, efterprøve og justere ifølge engineering-modellen. Udviklerne peger derfor på, at afprøvning af forløb skal tage højde for denne variation, forløbe over et helt skoleår og følges af en nærmere evaluering af de reelle gennemførte forløb.

#### **6.4.4 Delresultat - Elevkompetence**

Fokusgruppeinterview viser, at brug af metodekortet 'problemskitse' giver eleverne forståelse for betydningen af at dvæle ved problemet og forstå det i dybden inden løsningsmodus går i gang. Samtaler med udviklerne viser, at brug af engineeringtilgangen giver eleverne erfaring med at arbejde eksemplarisk med undersøgende arbejde. Udfordringen i forløb 1 (Dyrk planter på Mars), der handler om stråling, er netop et eksempel på at arbejde eksemplarisk med undersøgende arbejde frem for at lave et eksperiment.

Samtaler med udviklerne peger på, at alle metodekortene har samme kvaliteter som 'problemskitse', og når først lærerne får mere erfaring med engineering-tilgangen, vil de kunne få samme udbytte af de øvrige metodekort.

#### **6.4.5 Delresultat - Elevmotivation**

Fokusgruppeinterview indikerer, at eleverne finder både emne og arbejds måde motiverende at arbejde med. Observation af forløb 4 og 5 (test#2, Bilag 2: Oversigt over test af eksemplariske forløb) indikerer, at elevernes motivation i form af ejerskabsfølelse og oplevelse af sammenhæng styrkes, når den centrale udfordring præsenteres indledningsvis i et forløb (frem for senere), sådan som engineeringmodellen også angiver.

Samtaler med udviklere peger på, at narrativet omkring problemstillingen er helt central for elevernes motivation i forhold til at engagere sig i undervisningsforløbet. Dette har udviklerne erfaret fra brugerundersøgelser, hvor 3-6 indledende idéer angående et konkret forløb er blevet trykprøvet hos både lærere og elever. Narrativet skal danne billeder i hovedet ved at iscenesætte en problematisk situation, der munder ud i problemstilling, f. eks.: *Elon Musk vil sende planter på Mars* eller *Varm kakao på en kold vinterdag*. Et eksempel er i forhold til forløb 2 (Udledning af stoffer til havet). Her havde udviklerne tre indledende idéer: kvælstof i vandløb, CO<sup>2</sup> og plastic. De adspurgte lærere mente, at kvælstof i vandløb ville være bedst, men eleverne ville gerne lave noget om plastic og havde mange ideer til, hvad de gerne ville bygge. Plastic blev valgt.

#### **6.4.6 Delresultat - Underviserkompetence**

Fokusgruppeinterview indikerer, at metodekortet 'problemskitse' har givet lærerne indsigt i, at det er vigtigt og givende at blive ved problemet længe inden løsningsmodus går i gang. Fokusgruppeinterview indikerer, at en mere uddybet lærervejledning kunne bidrage til at nye eller mindre erfarne lærere bliver bedre i stand til at undervise i engineeringforløb og dermed potentielt set i højere grad opbygger kompetencer til dette. Lærerne har brug for mere viden om emnet, og om hvilke fag og kompetencer de enkelte dele i forløbet kobler til. I forhold til dette påpeger udviklerne, at denne information allerede findes i materialet. Samtidig indikerer interviewet, at en mere erfaren lærer kan føle sig kreativt bremset af en for lang og detaljeret lærervejledning. Udviklerne afviser at lave mere uddybende vejledninger, idet behovsundersøgelsen viste, at lærerne ikke har tid til at læse al den tekst. Udviklerne har derfor fra starten lagt vægt på at vise mulige løsninger i lærervejledningen, som er valgfrie at læse.

Udvikling af de fem eksemplariske undervisningsforløb er *ikke* sket i tæt samspil med udvikling af underviserkompetencer i de fire Engineering i skolen-kommuner. Formentlig havde underviserne i Engineering i skolen-kommunerne opbygget stærkere kompetencer, hvis de havde været tættere involveret i udviklingen af forløb.

#### **6.4.7 Delresultat - Afgørende faktorer for gennemførelse**

Fokusgruppeinterview peger på, at tid kan være en barriere for at gennemføre forløb i deres fulde længde. Udviklerne medgiver, at tid er en begrænsende faktor og at forløb ofte tager længere tid at gennemføre end beregnet. Ligeledes peger fokusgruppeinterview på, at mangel på hele classesæt af eksempelvis måleudstyr kan være en barriere. Her peger udviklerne på, at forløb sagtens kan gennemføres uden classesæt, men ved at lave målestationer, som grupperne bruger på skift blandt andre stationer. Endvidere peger fokusgruppeinterview på, at forhindringer på læringsplatformen som f.eks. ikke-aktive elementer kan være en barriere.

Udviklerne diskuterer, hvorvidt brug af engineeringforløb som fællesfaglige forløb potentielt er problematisk. Udfordringen er, at man sagtens kan arbejde fællesfagligt med et engineering-forløb ud fra engineeringdidaktikken og lære rigtig meget, men at hvis forløbet skal bruges i den naturfaglige prøve, er der nogle bestemte krav, som ikke nødvendigvis korresponderer med engineeringtilgangen. Ordet problemstilling udgør i sig selv et problem. I fællesfaglige forløb skal eleverne lave en problemstilling og arbejdsspørgsmål for at belyse et problemfelt via forskellige vinkler og fag og herunder vise, at de kan undersøge, modellere, kommunikere og perspektivere. De skal ikke lave et produkt. I engineeringforløb er der opstillet en udfordring, som eleverne skal udvikle en løsning til i form af et produkt/prototype. Der er derfor den mulige risiko ved at bruge engineeringforløb som fællesfaglige forløb koblet til prøven, at der skabes en forventning om, at der skal bygges et produkt til prøven, selvom dette fint kan udelades. Hvis f. eks. stråling trækkes til prøven, kan engineeringforløbet 'Dyrk planter på Mars' udmærket bruges. Aktiviteterne i forløbet peger fint henimod prøven, og det vil give eleverne mulighed for at arbejde eksemplarisk med undersøgende arbejde frem for blot at lave et eksperiment. Det produkt der skal udvikles (kuvøsen) kan sagtens udelades, men det skal både lærer og elever forstå.

Samtaler med udviklere peger endvidere på, at det er vanskeligt at få lærere til at teste et længere forløb i løbet af det pågældende skoleår, hvis ikke forløbet er tilgængeligt for lærerne fra senest maj måned. Generelt kan det ikke antages, at lærere kan tage et udefrakommende forløb ind i perioden fra sommerferien til efterårsferien på grund af et fuldt besat skema.

#### **6.4.8 Delresultat - Muligheder/barrierer for forankring**

Angående muligheder og barrierer for forankring peger data fra vores opsamlede viden om de hidtidige aktiviteter i den samlede Engineering i skolen-projektgruppe på, at:

- Der er udviklet en engineeringdidaktik og arbejdsgange omkring udvikling af engineering undervisningsforløb, som kan bruges bredt.
- De udviklede forløb ligger tilgængelige på en læringsplatform nu og i fremtiden og vil løbende blive opdateret og vedligeholdt.
- Hvis undervisningsmidler inddrages i fremtidige kompetenceudviklingsforløb, vil det fremme ibrugtagningen af materialet fra læringsplatformen.

En mulighed for forankring kunne ligge i en tættere kobling til de fællesfaglige forløb. På trods af den ovennævnte diskussion blandt udviklerne om, i hvilken udstrækning der er forskel på i engineering-didaktikken og fællesfaglige forløb, så udtalte lærere i fokusgruppeinterview, at de "helt sikkert" ville bruge engineeringforløbet til deres 9. klasser, hvis de trak et relevant emne til afgangsprøven.

## 6.5 Indsats C. Naturfagsmaraton

### 6.5.1 Kort sammenfatning

- Naturfagsmaraton er veletableret i Danmark med udbredelse til 55 kommuner og involvering af 30.000 elever i 2019.
- Lærerne oplever generelt, at eleverne opnår et øget kendskab til og erfaring med naturfaglige arbejdsmetoder og bliver bedre til at formidle, løse problemer, arbejde selvstændigt, samarbejde, producere prototyper, løse opgaver og de opnår større selvtillid og vedholdende i arbejdet.
- Nogle elever har svært ved den åbne arbejdsform og har behov for forskellige former for støtte for at kunne indgå produktivt i Naturfagsmaraton. Særligt usikkerhed omkring processen og vanskeligheder omkring samarbejdet er en udfordring for nogle elever og lærere.
- Naturfagsmaraton har en generel positiv effekt på elevernes motivation. Især konkurrenceelementet, det forpligtende samarbejde på skolerne og afbrækket fra den almindelige undervisning er vigtige kilder til elevmotivation.
- Både lærere og elever efterlyser klarere bedømmelseskriterier i opgaverne såsom detaljegraden af løsningen, kreativiteten eller andre mere subjektive aspekter af løsningerne.
- Naturfagsmaraton udfordrer lærere, som ikke er vant til arbejde med åbne processer. Lærerne skal i højere grad kunne indgå i en vejledende rolle, og det kalder på stilladsering til lærerne, så de kan håndtere at give eleverne flere frihedsgrader. En risiko ved stilladseringen er, at lærerne kan opfatte det som krav og ikke kun forslag.
- Videndeling mellem lærere på skolen eller i forbindelse med introduktionskurser er vigtig for afviklingen af Naturfagsmaraton og virker tryghedsskabende for førstegangsdeltagere.
- Lærerne har forskellige forventninger til elevernes faglige udbytte, hvilket former den måde, de arbejder med Naturfagsmaraton på skolerne og italesætter Naturfagsmaraton over for eleverne, og der er stor forskel på den konkrete afvikling på skolerne.
- Engineering er velegnet til mellemtrinnet, men den eksisterende didaktik skal oversætte til elever på mellemtrinnet.
- Kommunalt samarbejde og koordinering har stor betydning for lærernes engagement og deltagelse fra år til år, og der er stor forskel fra kommune til kommune, i hvilken udstrækning Naturfagsmaraton indgår som en tilbagevendende begivenhed i kommunen.

### 6.5.2 Datagrundlag

Følgende bygger på Naturvidenskabernes Hus' projektbeskrivelser samt lærerevalueringer baseret på spørgeskemaundersøgelser i forbindelse med den afsluttende konkurrencedag i hver kommune 2017 til 2019. Dertil kommer en rekvireret undersøgelse foretaget af NEUC uden for Engineering i skolen evalueringen (se Eksterne bilag 8 Evaluering af NFM). Denne undersøgelse involverede blandt andet data fra 5 skoler, fordelt på 3 interviews i 3 kommuner. Der blevet desuden foretaget to årlige interviews med

projektansvarlige for Naturfagsmaraton i hhv. 2018 og 2019 og løbende noter i forbindelse med projektaktiviteter og -møder blev inddraget. Ud over de planlagte undersøgelser har Nina Waaddegaard delt resultater fra data indsamlet i 5 klasser på fire skoler i fire forskellige kommuner i 2019 som et led i sin ph.d. afhandling om samspil og konflikter mellem generiske og naturfaglige kompetencemål. Hendes dataindsamling inkluderer 4 skoler, i alt 16 interviews med lærere og ledere og 104 timers observationer i forbindelse med afviklingen af Naturfagsmaraton.

### 6.5.3 Naturfagsmaraton for elever i 5. og 6. klasse

Naturfagsmaraton er et undervisningstilbud til landets 5. og 6. klasser, som arrangeres af Naturvidenskabernes Hus. I Naturfagsmaraton arbejder klasser rundt om i hele landet på et sæt af åbne opgaver, som er fælles for alle deltagende klasser. Eleverne konkurrerer om at finde frem til de bedste løsninger på opgaverne, der præsenteres på en konkurrencedag arrangeret i hver af de deltagende kommuner. Naturfagsmaraton har eksisteret i mange år forud for Engineering i skolen. Siden 2018 er opgaverne blevet struktureret ud fra engineeringmodellen i Engineering i skolen, og på den måde har Naturfagsmaraton været en del af indsatserne under Engineering i skolen. Grundideen i naturfagsmaraton er som følger (jvf. Eksterne bilag 9 Projektbeskrivelse NFM, 2015):

*I Naturfagsmaraton udvikler begejstrede elever deres egen idé til et produkt og samarbejder i teams om innovation og udvikler deres opfindsomhed. Samtidig udvikler de deres faglige viden gennem praktisk og undersøgende arbejde, hvor de anvender både hoved og hænder. En af Naturfagsmaratons særlige styrker er, at den appellerer til flere forskellige elevtyper og synliggør vigtigheden af, at alle elevtyper deltager i innovationsprocessen for at udvikle et godt produkt. Naturfagsmaraton skaber mulighed for at kombinere de praktisk orienterede med de teoretisk orienterede elever, så alle oplever succes i opgaveløsningen.*

Naturfagsmaraton er opdelt i tre faser (jvf Eksterne bilag 9 Projektbeskrivelse NFM, 2015):

#### I) Introduktion

Hvert år tilbydes introduktionsopgaver, hvor klasserne på forhånd kan træne teamsamarbejde om innovation og få en fornemmelse af opgavetyperne.

#### II) Forberedelse og opgaveløsning på skolen

Årets 10 konkurrenceopgaver frigives d. 1. november sammen med lærervejledninger. Herefter arbejder klasserne på skolerne i ca. 20 lektioner på at forberede sig til konkurrencedagen. De 10 opgaver løses af klassen i gruppearbejder, hvor hver gruppe arbejder med 1-2 opgaver.

#### III) Konkurrencen

Efter forberedelsesperioden på skolen tager eleverne deres løsningsforslag med til konkurrencedag i kommunen, hvor op til 24 klasser dyst mod hinanden i en spændende slutspurt. Vinderne er de klasser, som samlet præsterer de bedste løsningsforslag og logbog. Logbogen er et vigtigt element, da eleverne her skal dokumentere og reflektere over den udviklingsproces, som deres løsning/produkt har gennemgået, hvilket bidrager til deres læring. Lærerne er dommere og tidstagere på konkurrencedagen.

I tilgift til de tre faser tilbydes der online vejledning og telefonisk hjælp samt et 3-timers introduktionskursus for lærere, hvor de kan få gennemgået opgaverne og stille spørgsmål. Gengangere på kurserne, som arrangeres af de kommunale koordinatore, er med til at dele erfaringer og hjælpe nye lærere i gang.

Naturfagsmaraton har været under konstant udvikling siden konceptets begyndelse, og noget af det, som fremhæves som et af de særegne træk ved Naturfagsmaraton er, at der lægges op til åbenhed i opgaverne, således at eleverne opnår en vis grad af metodisk frihed. Indførelsen af engineering som metode i opgaverne kan ses som en naturlig forlængelse af dette. Ifølge en af opgaveudviklerne passer engineeringtankegangen også godt med ønsket om at lægge op til at deltagerne inddrager virksomheder i Naturfagsmaraton, som blandt andet samarbejder med Dansk Byggeri, Dansk Akustisk Selskab og Novozymes om udvalgte opgaver. Gennem opgaverne opfordres skolerne til at kontakte centrale såvel som lokale virksomheder i opgaveløsningen, hvilket 29% sagde, at de havde gjort i 2019.

I 2017/18 deltog 900 lærere og 26.000 elever i Naturfagsmaraton og i 2018/19 var dette tal steget til 30.000 elever i 55 kommuner, hvilket var 5.000 flere end forventet i 2015. Ambitionen er at nå ud til 35.000 elever inden 2022, hvilket blandt andet vil involvere udbygning af arrangementet så også 4. klasser kan deltage i form af en 1-dags boot camp i forbindelse med årets Engineering Day event.

Fremtidige ambitioner inkluderer større fokus på IT og programmering samt at skabe bedre kobling til naturfagsundervisningen i udskolingen blandt andet gennem virksomhedssamarbejde under Tektanken<sup>8</sup>.

#### **6.5.4 Det forventede udbytte ved deltagelse i Naturfagsmaraton**

Jvf. Naturfagsmaratons projektbeskrivelse fra 2015 kan eleverne opnå følgende udbytte:

Naturfagsmaraton giver eleverne mulighed for at undersøge, eksperimentere og tænke innovativt. De åbne opgaver i Naturfagsmaraton giver eleverne ejerskab og engagement.

Naturfagsmaraton:

<sup>8</sup> <https://www.nvhus.dk/tektanken/>

- Udvikler elevers opfindsomhed og innovationskompetencer
- Øger børns interesse for og glæde ved naturvidenskab og teknologi
- Inspirerer natur- og teknologilærere til at arbejde med innovative opgaver i undervisningen

En undersøgelse blandt deltagende lærere i foråret 2014 viste, at 75% af lærerne ville anbefale konceptet til deres kollega, og at 85% af lærerne gennem deltagelse i Naturfagsmaraton er blevet inspireret til at arbejde med åbne opgaver i undervisningen.

### 6.5.5 Målbeskrivelse

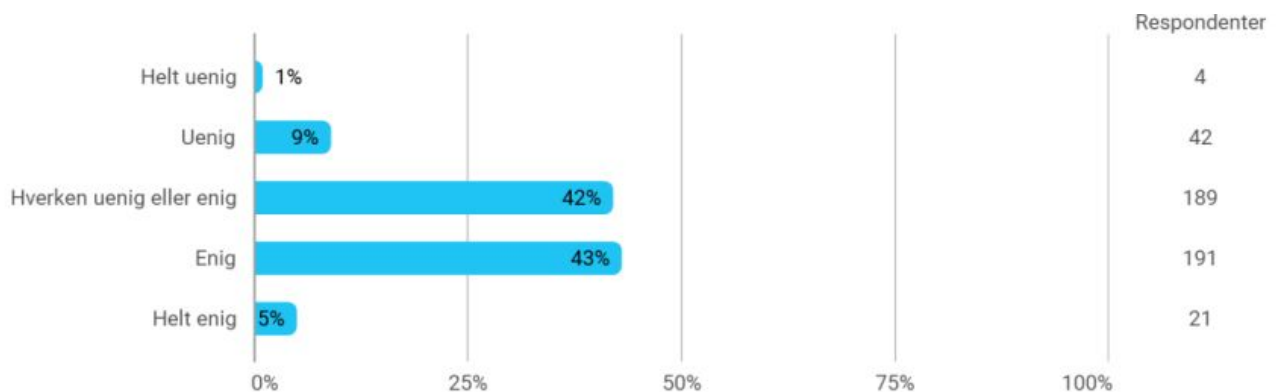
Projektbeskrivelsen fra 2015 beskriver de langsigtede mål med Naturfagsmaraton som følger:

Ved at påvirke naturfagskulturen på den enkelte skole og ved at inspirere naturfagslærerne til at arbejde med åbne opgaver efterfølgende har Naturfagsmaraton en længerevarende effekt ud over selve forløbet, som dermed får en stærkere forankring på skolen. Når Naturfagsmaraton skal gennemføres samme sted året efter, så vil effekten bliver forstørret og kontinuerligt styrke naturfagsundervisningen. Lærerne træner rollen som coach, der sikrer eleverne en oplevelse af, at deres eget valg af løsningsmetode er i centrum. Lærerne udvikler desuden deres kompetencer i at understøtte elevernes navigation i arbejdsprocessen, samt sikrer at elevernes læringspotentiale udnyttes optimalt.

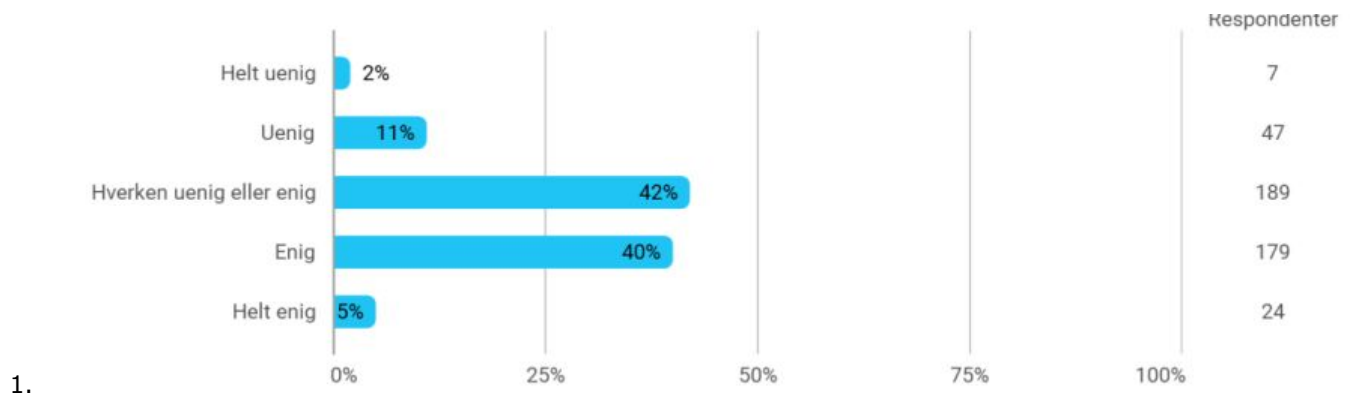
I evalueringsperioden var der desuden kommet større fokus på, at opgaverne i Naturfagsmaraton skulle lægge op til samarbejde med lokale virksomheder, hvilket var tænkt til at styrke relevansen af udfordringerne og koblingen til elevernes hverdagsliv samt understøtte overgangen til overbygningen.

### 6.5.6 Delresultat - Elevkompetence

Ifølge tidligere evalueringer - inden indførelsen af engineering i Naturfagsmaraton - var det projektledelsens erfaring, at elevernes vigtigste udbytte var et øget kendskab til og erfaring med de naturfaglige arbejdsmetoder. Det fremgik tydeligt af lærernes evaluering på konkurrencedagen, at de oplevede et overvejende positivt udbytte hos eleverne. Følgende data er fra lærerevalueringen på konkurrencedagene i 2018:

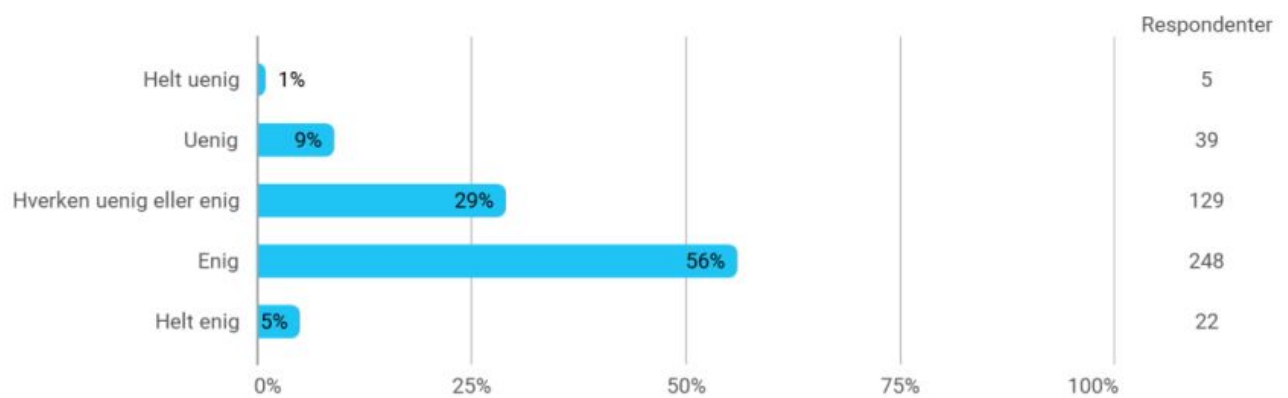


Figur 26. I hvilken grad er du enig i følgende udsagn? - Mine elever er blevet bedre til at samarbejde gennem NFM.

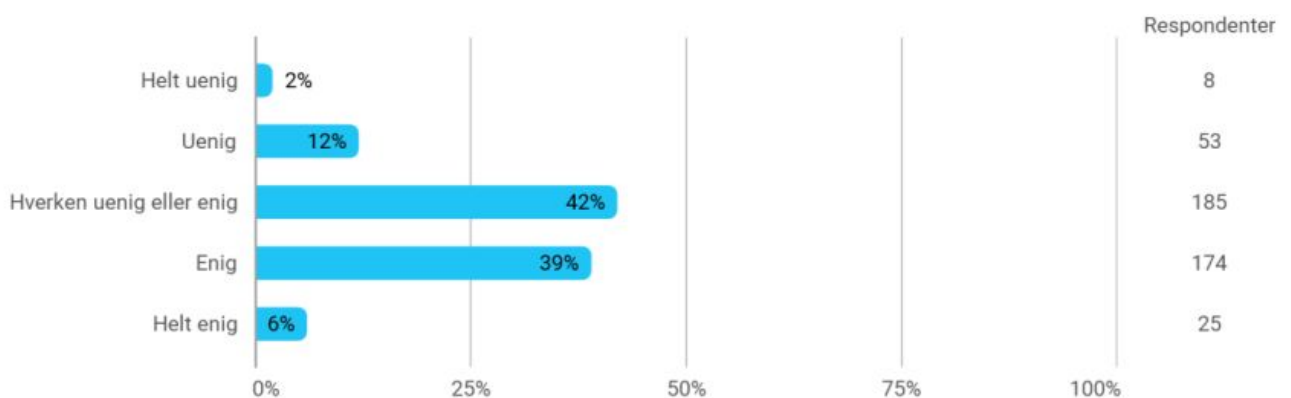


1.

Figur 27. I hvilken grad er du enig i følgende udsagn? - Mine elever har opnået højere grad af selvtillid gennem NFM.

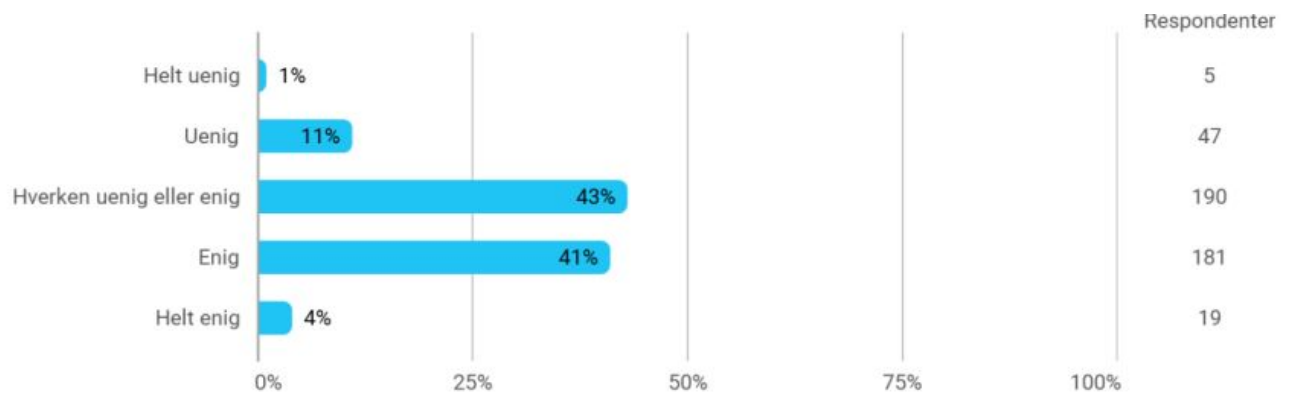


Figur 28. I hvilken grad er du enig i følgende udsagn? - Mine elever er blevet bedre til problemløsning gennem NFM.

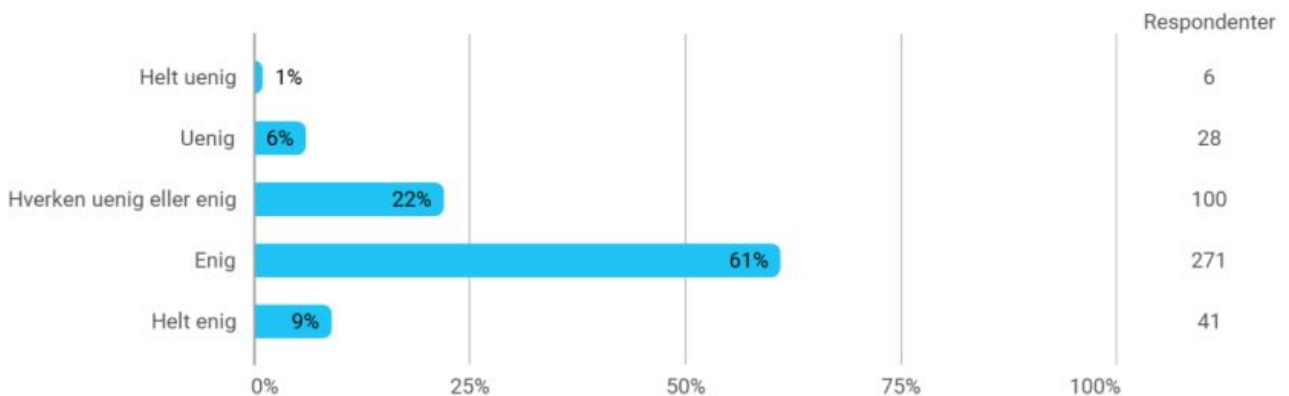


Figur 29. I hvilken grad er du enig i følgende udsagn? - Mine elever er blevet bedre til at arbejde selvstændigt gennem NFM.





Figur 30. I hvilken grad er du enig i følgende udsagn? - Mine elever er blevet bedre til at formidle deres arbejde gennem NFM.



Figur 31. I hvilken grad er du enig i følgende udsagn? - Mine elever er blevet bedre til at konstruere konkrete løsninger (prototyper) gennem NFM.

Ved indførelsen af engineering i Naturfagsmaraton i 2018 gav mange lærere udtryk for, at opgaverne havde været svære for eleverne og at processen havde været tidskrævende. Der var også et markant fald i lærerevalueringen i forhold til ovenstående elevkompetencer fra 2017 til 2018, men alligevel var mellem 45% og 70% af lærerne enten enige eller helt enige i, at eleverne var blevet bedre til at formidle, løse problemer, arbejde selvstændigt, samarbejde og konstruere prototyper samt havde opnået større selvtillid. Faldet i 2018 kan efter al sandsynlighed forklares ved indføringsvanskeligheder, da lærerne var markant mere tilfødse med opgavernes omfang og sværhedsgrad i 2019, men uanset faldet i 2018, er det gennemgående billede af elevudbyttet positivt.

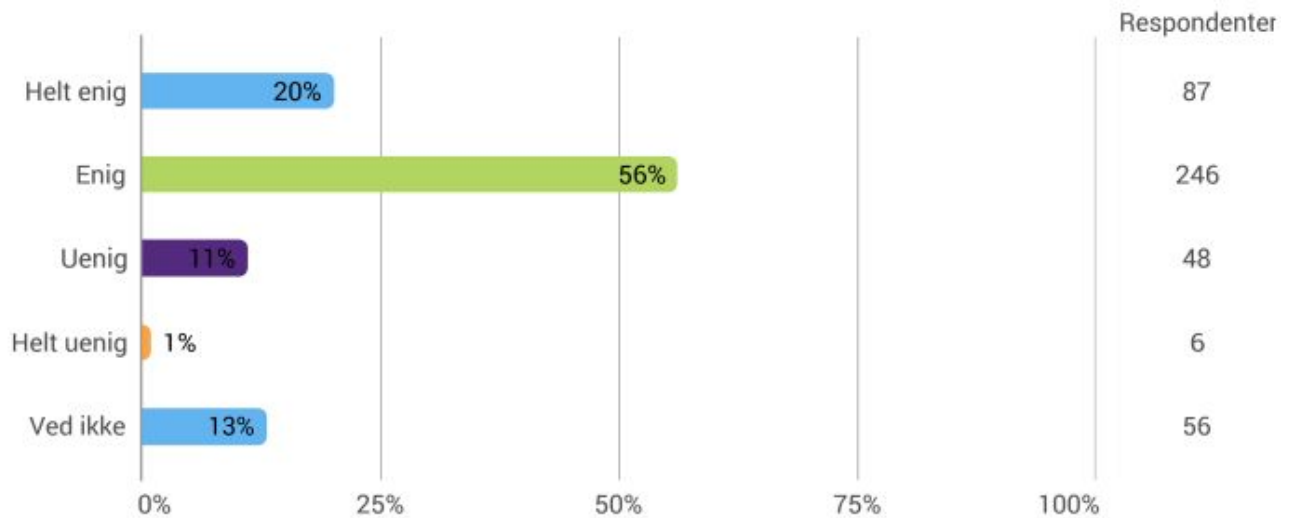
Det positive billede af elevkompetencerne blev også bekræftet af NEUCs rapport, hvor lærerne på alle skoler fremhævede, at den naturfaglige arbejds metode var det vigtigste udbytte for eleverne af Naturfagsmaraton. Der var enighed blandt lærerne om, at eleverne var blevet mere problemløsende, og at de havde fået en anden tilgang til det naturfaglige arbejde. Ifølge lærerne, var eleverne blevet i stand til at danne hypoteser, undre sig, samarbejde, arbejde selvstændigt, finde løsninger samt undersøge og generere idéer. I nogle tilfælde kunne eleverne også bedre koble naturfaglig viden til samfundsmæssige

perspektiver, hvilket blev beskrevet som en brugbar viden, der var bedre end "boglig undervisning". I to af de tre kommuner, hvor der blev foretaget skolebesøg, lagde lærerne vægt på, at det var en positiv erfaring for eleverne, at de nogle gange måtte forkaste en idé. Det lærte dem, at man ikke kunne lykkes hver gang. Det var hårdt for især eleverne i mindre klassetrin, men ikke desto mindre med til at gøre dem mere robuste.

Waadegaards undersøgelser underbygger ovenstående observationer. Hun har fundet, at de interviewede lærere beskrev det intenderede (og delvist også opnåede) læringsudbytte som følger:

- eleverne turde at kaste sig ud i arbejdet
- eleverne kunne arbejde med engineeringmetoden og navigere i de forskellige delprocesser
- eleverne kunne italesætte de forskellige dele af engineeringdesignmodellen og redegøre for, hvor de var i processen
- eleverne kunne samarbejde
- eleverne var blevet mere selvstyrende
- eleverne var villige til at prøve igen, når tingene ikke lykkedes første gang
- eleverne indså at deres hverdag er omgivet af naturfaglige elementer
- eleverne erkendte at de selv kunne finde løsninger på udfordringer
- eleverne erkendte betydningen af at holde fast i arbejdet med de forskellige processer (f. eks. at man skal undersøge før man kan bygge)
- eleverne blev bedre til at anvende naturvidenskabelige metoder og udviklede naturfaglige kompetencer

Lærerevalueringen fra 2019 inkluderede kun ét spørgsmål om elevernes udbytte, som var møntet på om engineeringprocessen hjalp eleverne med at løse udfordringer, hvilket 76% af lærerne var enige eller helt enige i:



Figur 32. Engineering processen hjælper mine elever til at løse udfordringer.

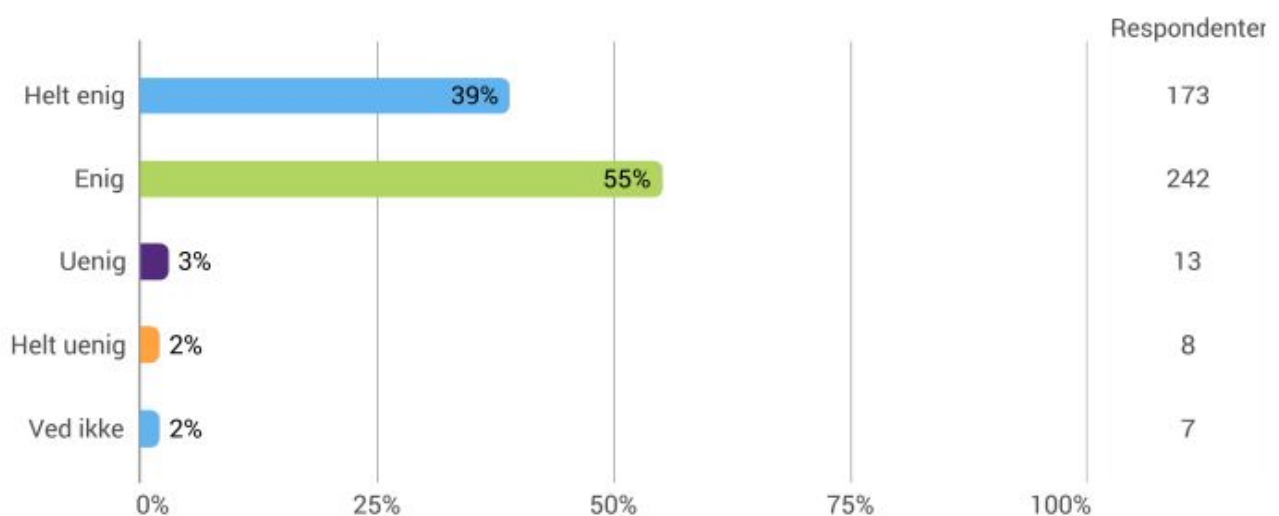
Udbyttet var dog ikke nødvendigvis ens for alle elever. I interview med lærere i forbindelse med NEUCs skolebesøg fremgik det, at nogle elever, som ikke normalt er aktive i naturfagsundervisningen, klarede sig bedre under Naturfagsmaraton. Projektlederne sagde i interview, at de elever, som kan noget med hænderne, tænker snørklet eller er gode til programmering, kan have et forspring i Naturfagsmaraton.

Der var dog også eksempler på elever, som havde sværere ved arbejdsformen i Naturfagsmaraton. Dette gjaldt ifølge projektledelsen f. eks. elever, som var mest trygge ved at arbejde med tekster, og ifølge lærerinterview i forbindelse med skolebesøg elever i klasser med mange ordblinde. Derfor havde Naturfagsmaraton udviklet videoer til at hjælpe de læsesvage. Waadegaard fandt også, at nogle elever havde svært ved at læse og forstå opgaven, idet opgaverne var komplekse og der var megen information at holde styr på i opgavebeskrivelsen. Desuden var nogle elever ikke vant til åbne opgaver eller projektarbejde og skulle derfor først lære at navigere i arbejdsprocessen. Mange af opgaverne krævede, at eleverne kunne tage ansvar for arbejdet, hvilket ikke altid var tilfældet. Nogle elever havde svært ved processen, da det krævede, at elever i høj grad var selvkørende, og disse elever havde behov for megen læreropmærksomhed og støtte. Især inklusionsbørn (f. eks. børn med ADHD eller børn med diagnoser indenfor autismspektret) kunne have svært ved den manglende struktur. Det var også svært for nogle af eleverne at gå i gang med noget andet, hvis de sad fast et sted i opgaven, og der var en del spildtid hos disse elever. Sidst, men ikke mindst, havde nogle svært ved at samarbejde undervejs. Selv om størstedelen af eleverne efter alle beretninger oplevede positivt udbytte ved Naturfagsmaraton, var der således omstændigheder, som formindskede deres udbytte. Dette handlede tilsyneladende mest om, at eleverne til tider blev usikre på, hvad de skulle gøre, især når de mødte modstand i processen, og megen af den usikkerhed kan tænkes at forsvinde med erfaring.

Lærerne beskrev desuden i lærerevalueringerne, at ikke alle eleverne kom fagligt i dybden. Men, skrev de, det betød heller ikke så meget, da det var den naturvidenskabelige arbejdsmetode, som var det vigtigste at lære.

### 6.5.7 Delresultat - Elevmotivation

Ifølge lærerevalueringerne oplevede langt størstedelen af eleverne i 2019, at konkurrencedagen var en positiv oplevelse:



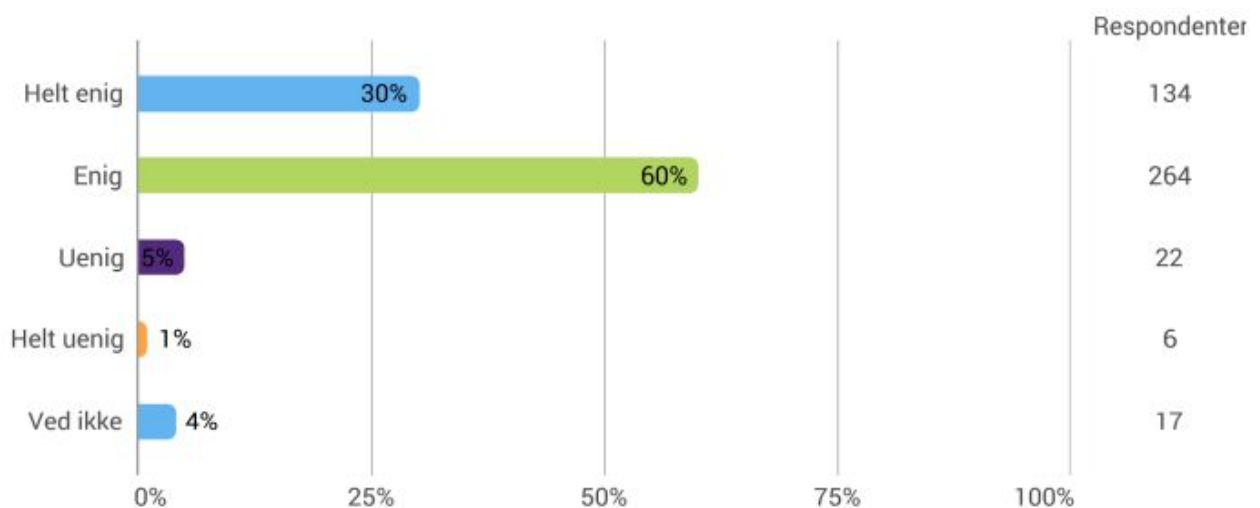
Figur 33. Mine elever er overvejende positive overfor konkurrencedagen.

Tallene for 2018 og 2017 var lidt lavere, men ikke under 83% af lærerne var enige eller helt enige med dette udsagn. NEUCs skolebesøg supplerede dette indtryk med en gennemgående fortælling om, at konkurrenceelementet i Naturfagsmaraton havde en positiv effekt på elevernes motivation for naturfagsundervisningen, og at konkurrencen var med til at samle klassen om et fælles projekt og gjorde dem gensidigt forpligtet over for hinanden, hvilket skabte sammenhold og selvtillid hos eleverne. En anden ting, som blev fremhævet som positivt var det, at Naturfagsmaraton var anderledes end den sædvanlige undervisning. Men, som nævnt under elevkompetence, så appellerede dagen mere til nogle elever end andre, og nogle elever fandt dagen forvirrende med en del ventetid.

Et andet element, som virkede en smule demotiverende på eleverne var, ifølge lærerevalueringerne, at bedømmelseskriterierne anvendt i konkurrencen var meget baseret på primært objektive mål såsom højest, længst, hurtigst osv. Disse kriterier indfangede ikke nogle af de vigtige aspekter af elevernes arbejde såsom detaljegraden, kreativiteten eller andre mere subjektive aspekter af deres løsninger, som var blevet mere fremtrædende i forbindelse med, at opgaverne var blevet orienteret mod engineering. Ifølge en af opgaveudviklerne var Naturfagsmaraton gruppen meget opmærksom på udfordringen, og de

arbejdede på at kvalificere bedømmelseskriterierne, så eleverne også kunne krediteres for denne form for arbejde.

Ifølge lærerevalueringerne var eleverne også overvejende positive i forhold til processen hjemme på skolen inden konkurrencen. Andelen af lærere, som var enige eller helt enige i dette, var 90% i 2019:



Figur 34. Mine elever er overvejende positive overfor processen hjemme på skolen.

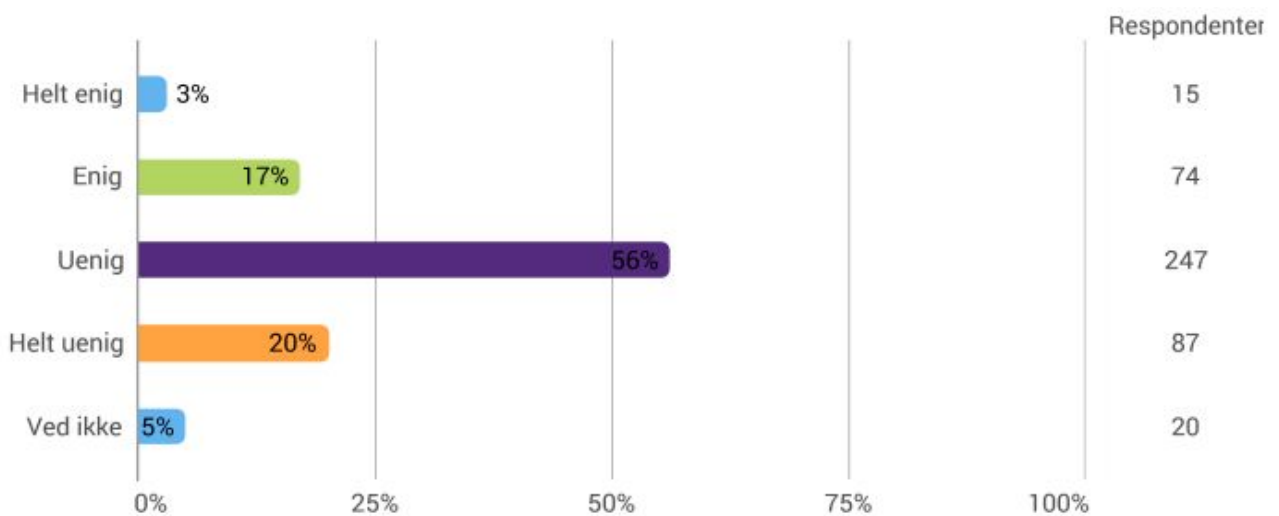
Waaddegaards dataindsamling på 4 skoler i forbindelse med Naturfagsmaraton 2019 viste samstemmende, at der også var begejstring blandt de fleste elever ude på skolerne under Naturfagsmaraton. Dermed tyder det på, at det ikke kun er konkurrenceelementet og konkurrencedagen, som motiverede eleverne, men at selve arbejdsformen og -processen virkede motiverende på de fleste elever.

### 6.5.8 Delresultat - Underviserkompetencer

Ifølge projektlederne var en af de centrale udfordringer for lærerne i forbindelse med med Naturfagsmaraton omstilling til en mere vejledende rolle som lærer og undlade at give eleverne et hurtigt facit, men lade dem finde frem til svar på deres spørgsmål selv. Dette handlede i høj grad om forskellig grad af stilladsering - både overfor lærerne og eleverne på den enkelte skole.

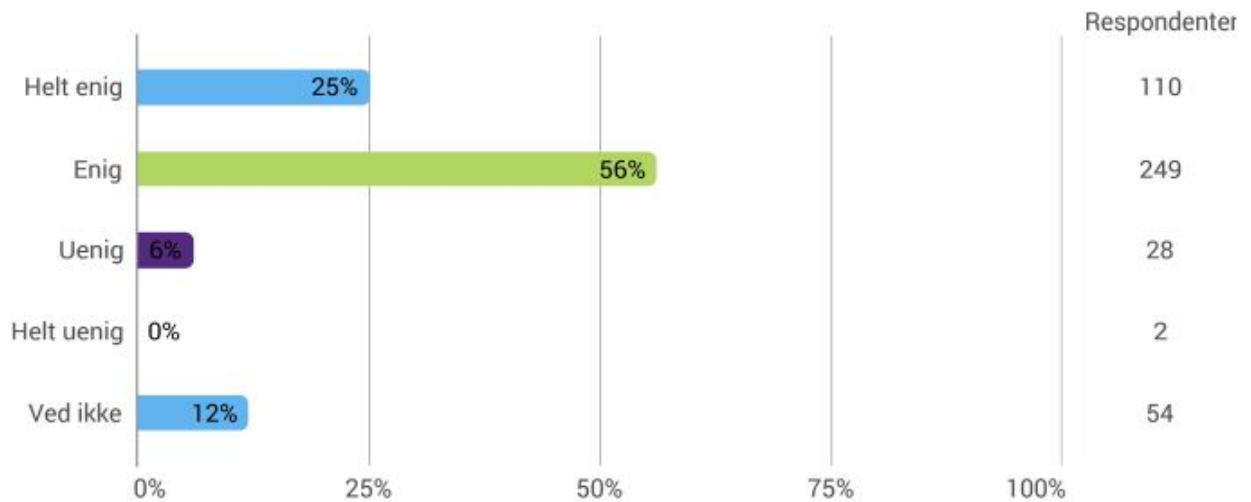
Fra Naturfagsmaratons side var det tydeligt, at der var en forventning om at eleverne skulle støttes i at finde frem til egne løsninger, og at materialerne gerne skulle give lærerne mulighed for at håndtere udfordringen med at give eleverne en del frihedsgrader. På denne måde var der tale om en slags dobbelt-stilladsering, hvor både lærere og elever skulle hjælpes til at navigere i et stigende antal frihedsgrader med tiden. Men det var en væsentlig udfordring at finde det rette omfang af stilladsering i opgaverne, da stilladseringen samtidig var med til at reducere frihedsgraderne. Derudover var indførelsen

af engineering i opgaverne med til at øge udfordringen omkring stilladsering, da engineeringmodellen lægger op til, at eleverne selv skal kunne håndtere at navigere i de forskellige delprocesser. Ifølge projektledelsen opfattede mange lærere i 2018 det imidlertid som at eleverne mere eller mindre slavisk skulle igennem alle delprocesserne. For at understøtte lærerne i de mere åbne dele havde Naturfagsmaraton folkene blandt andet inkluderet eksempler på forsøg, som eleverne kunne gennemføre som et led i at finde frem til en løsning på udfordringerne. Flere lærere havde imidlertid fortolket dette som bundne opgaver for eleverne, hvilket muligvis var med til at øge tidspresset på lærerne. På baggrund af erfaringerne i 2018 justerede man sværhedsgraden ved at forsimple opgaverne og resultatet var, at lærerne i 2019 fandt opgaverne meget mere passende i sværhedsgrad (spørgsmålet blev først inkluderet i 2019):



Figur 35. Jeg synes, årets opgaver generelt var svære.

Som det ses, var der stadig 20% af lærerne, som fandt opgaverne svære, men dette skal ses i forhold til at der i perioden 2017-2019 var en stigning fra 47% til 57% af lærerne, som deltog i evalueringen, der berettede, at de havde været med i Naturfagsmaraton tidligere. Dette betød, at tæt på halvdelen af deltagerne var førstegangsdeltagere, hvilket kan have været med til at udfordre nogle lærere. Imidlertid, viste lærerevalueringen fra 2019, at 81% var enige i, at engineeringprocessen hjalp dem med at undervise problemorienteret:



Figur 36. Engineering processen hjælper mig til at undervise problemorienteret.

Den generelle erfaring blandt Naturfagsmaratons folk (delvist også bekræftet af Waaddegaards undersøgelser) var, at især førstegangsdeltagere havde svært ved at give eleverne frihedsgrader til at arbejde mere selvstændigt. Tendensen pegede på, at disse lærere stilladserede forløbet mere for at sikre, at eleverne ikke røg ud ad tangenter, og måske ikke nåede i mål med opgaverne. Opfattelsen blandt projektledelsen var, at de lærere, som havde prøvet det før, var mere villige til at være "lidt mere loose" forstået som at de turde give eleverne flere frihedsgrader. Ifølge projektledelsen var der et stigende antal lærere, som efterlyste materialekasser, der kunne være med til at stilladserer elevernes arbejde, men som samtidigt risikerede at reducere elevernes frihedsgrader omkring f. eks. materialevalg i opgaverne. De mest modige lærere var villige til at give elever så godt som helt frie hænder: De "siger good luck og åbner døren efter 8 uger", som en af opgaveudviklerne beskrev det. Forskellen mellem førstegangsdeltagere og mere erfarne deltager i Naturfagsmaraton var dog ikke så entydig, da lærernes øvrige erfaring tilsyneladende også havde indflydelse på deres villighed til at øge elevernes frihedsgrader. Antallet af frihedsgrader afhang også af lærernes generelle indstilling til og behov for at strukturere undervisningen. En vigtig hjælp til lærerne i denne sammenhæng var tre-timers kurserne, som blev afholdt i ca. halvdelen af kommunerne i 2019. Her kunne nye og mere erfarne deltager få hjælp til at forstå opgaven. De mere erfarne lærere var også gode til at hjælpe de andre med at "reducere kaos" og give hinanden gode konkrete ideer til afviklingen af Naturfagsmaraton.

Lærernes opfattelse af faglighed syntes også at spille ind på deres tryghed ved gennemførelsen af Naturfagsmaraton. En opgaveudvikler fortalte, at det var vigtigt at vise, hvordan Naturfagsmaraton kunne spille sammen med de naturfaglige kompetencer og hvilke dele af Fælles Mål, opgaverne dækkede, således at lærerne kunne være trygge ved, at Naturfagsmaraton faktisk handlede om naturfag.

Men opgaveudvikleren mente ikke, at det var det mest væsentlige, da der alligevel kun vil være enkelte elever, som kunne opnå delmålene i det enkelte forløb. Derfor fokuserede hun mest på, at eleverne skulle kunne udvikle deres naturfaglige kompetencer. Hun forklarede, at en elev i princippet godt kan gennemføre Naturfagsmaraton uden at bruge sine naturfaglige kompetencer i særlig høj grad, hvis ikke læreren sikrer den faglige læring ved at stille de rigtige spørgsmål, stille krav til elevernes opgaveløsning mv. Derfor vil det være op til lærerne at sikre det faglige niveau, da lærerne har mange frihedsgrader til at vægte, hvad eleverne skulle lære i forbindelse med Naturfagsmaraton.

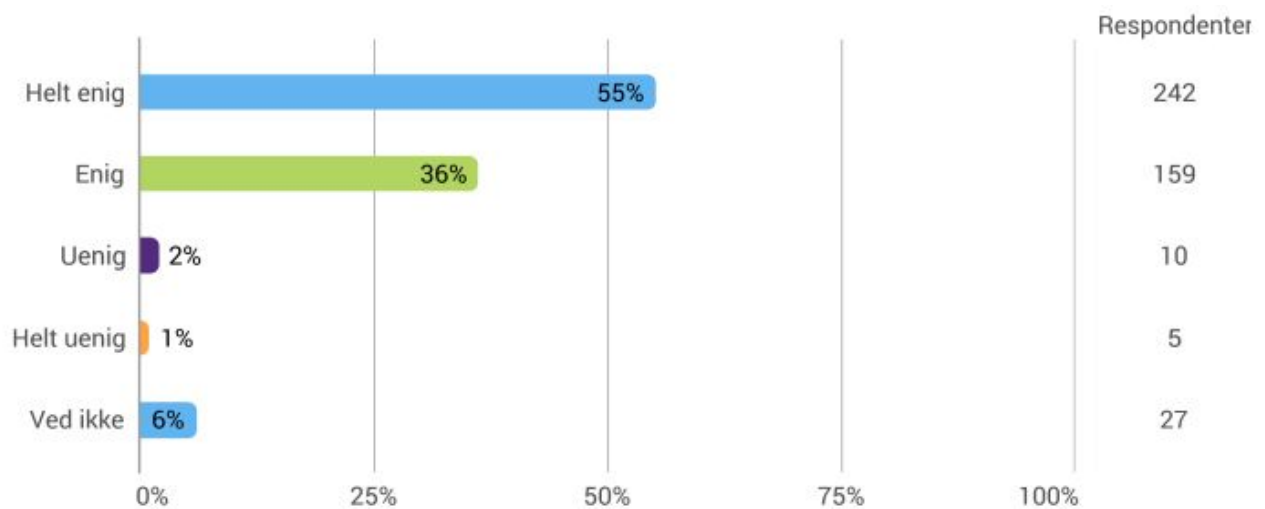
Waadegaards undersøgelser viste, hvordan forskellige lærere havde forskellige opfattelser af, hvilke faglige udbytter Naturfagsmaraton kunne byde på. De 4 undersøgte skoler havde grebet afviklingen af Naturfagsmaraton an på meget forskellige måder hvad angik hvilke lærere, der var involveret og hvordan; graden af stilladsering og i hvilket omfang lærerne italesatte Naturfagsmaraton som et naturfagligt, engineering eller tværfagligt forløb. Den sidste del havde tilsyneladende betydning for lærernes forventninger til elevernes udbytte, som faldt mellem (1) at kunne tilegne sig naturfaglige kompetence og begreber (2) at kunne forstå og deltage i engineeringmodellens delprocesser (3) til at udvikle komplekse kompetencer såsom samarbejdsevne, risikovillighed, at kunne lære af sine fejl m.m. Forskelligheden i skolernes måde at implementere Naturfagsmaraton på og deres opfattelse af, hvad der var vigtigt for eleverne pegede på, at lærerne tilsyneladende finder deres egne måder at implementere Naturfagsmaraton på den enkelte skole. Dette kan vanskeliggøre evalueringen af elevernes udbytte, da lærerne dermed også selv må finde måder at evaluere, hvorvidt eleverne faktisk opnår det ønskede udbytte.

En sidste udfordring for lærerne i Naturfagsmaraton var, ifølge projektlederne, at håndtere mange grupper ad gangen, og lærerne manglede idéer til at håndtere gruppearbejdet, når samarbejdet ikke fungerer eller eleverne ikke lige havde en god idé til at komme videre i de åbne opgaver. Dette pegede, ifølge projektlederne, på vigtigheden af videndeling i faggrupperne. Men, som Waadegaard kunne observere, var det ikke alle skoler, hvor Naturfagsmaraton blev gennemført i fagteams, men derimod i forskellige konstellationer af lærere fra skole til skole.

### **6.5.9 Delresultat - Afgørende faktorer for gennemførelsen**

Naturfagsmaraton er blevet en stor og veletableret begivenhed, som kørte i 55 kommuner i 2019. Projektledelsen forklarede Naturfagsmaratons succes med, at de har arbejdet meget på at gøre det nemt for lærerne at gennemføre Naturfagsmaraton. Lærervejledning og hjemmeside er løbende blevet udviklet og simplificeret på baggrund af lærerevalueringerne. De pegede også på bedre direkte markedsføring til lærere og det, at der efterhånden er en udbredt erfaring blandt deltagerne om, at det er en rigtig god oplevelse. Ifølge projektlederne vil langt de fleste deltagere gerne være med igen, og samtidigt vil de fleste anbefale Naturfagsmaraton til en kollega (f. eks. 91% i 2019):





Figur 37. Jeg vil anbefale kolleger at deltage i Naturfagsmaraton.

Mere overordnet set så arbejder de aktivt med at involvere kommunerne, selv om flere kommuner er blevet decentraliseret, og derfor ikke har så nemt ved at samle skolerne om Naturfagsmaraton. Samtidigt har de erfaret, at mange naturfagskoordinatorer ikke har mandat eller midler til at involvere skolerne i kommunen. Men på trods af dette er Naturfagsmaraton i vækst, især efter at de har fået en repræsentant i Øst, som kender til miljøet der, og som kan engagere kommuner såsom Københavns kommune, der ellers ikke har været med.

Alle lærere beskrev i interviewene med NEUC, at det var vigtigt for dem, at videndele om projektets afvikling i f. eks. egen faggruppe. Derudover inddrog de også skolens tekniske personale og lærere fra andre fagområder som f. eks. dansk, fysik, billedkunst, matematik samt håndværk og design. Dette blev delvist bekræftet i Waaddegaards skolebesøg, hvor det fremgik, at det sagtens kan lade sig gøre at gennemføre Naturfagsmaraton som enlig lærer, men som nævnt under lærerkompetencer, så kan det være svært for nogle lærere at håndtere de åbne processer. Dertil pegede projektlederne på, at det var vigtigt at have nogle at videndele med på skolen, og ifølge en opgaveudvikler, gik det nemmere når Naturfagsmaraton blev gennemført sammen med matematik og håndværk og design. Derfor lagde Naturfagsmaraton op til at man samarbejdede med disse lærere i forløbet, men for at få timer nok til at gennemføre Naturfagsmaraton var dansklærerne ofte også med. Waaddegaard observerede, at lærersammensætningen kunne have betydning for, hvordan Naturfagsmaraton blev iscenesat og hvilke læringsmål, der blev fokuseret på. På en skole, hvor flere fagligheder var repræsenteret viste det sig, at natur/teknologilærerne opfattede Naturfagsmaraton som et tværfagligt forløb, mens de øvrige lærere i vid udstrækning anså forløbet som rent naturfagligt, hvorfor de ikke følte det samme ejerskab, som natur/teknologilærerne.

Ud over den lokale videndeling kunne lærerne deltage i et 3-timers kursus, som Naturfagsmaraton tilbød som introduktion til årets opgaver. Omtrent halvdelen af kommunerne (ca. 400 lærere) valgte dette tilkøb, der kostede kr. 3500. Projektledelsen oplevede markant færre henvendelser om hjælp til afviklingen fra de kommuner, der havde valgt at tilkøbe kurset, hvilket indikerer, at kurset virkede til at reducere udfordringen med afviklingen af Naturfagsmaraton for lærerne. Flere af de øvrige kommuner havde svært ved at finde midlerne til at lade deres lærere deltage i kurset, hvilket var en af de væsentligste årsager til at ikke flere deltog i kurset.

Da engineering skulle ind i opgaverne oplevede Naturfagsmaraton-gruppen, at det var vigtigt at omformulere nogle af delprocesserne i Engineering i skolen modellen, så eleverne på mellemtrinnet havde nemmere ved at forstå, hvad processerne gik ud på. Eksempelvis blev "konkretiser"-delprocessen i Engineering i skolen didaktikkens model erstattet med "planlæg" og "konstruer" blev erstattet med "byg". På den måde blev det nemmere at give eleverne "opgaven i hånden" uden at lærerne først skulle oversætte modellen. Således var der behov for at "oversætte" Engineering i skolen didaktikken til mellemtrinnet for at den meningsfuldt kunne bruges i Naturfagsmaraton. Naturfagsmaraton ledelsen var dog helt overbevist om, at engineeringtilgangen var meget relevant for eleverne i mellemtrinnet. Det tidligere fokus på naturvidenskabelige arbejdsmetoder fokuserede meget på eksempelvis hypotesedannelse, hvilket var langt mere abstrakt end engineeringtilgangen. Med engineering blev opgaverne derfor mere konkrete for eleverne. Naturfagsmaraton ville derfor også fortsætte med at modellere opgaverne over Engineering i skolen-modellen, men med mindre sproglige tilpasninger.

#### **6.5.10 Delresultat - Muligheder/barrierer for forankring**

En af målsætningerne for Naturfagsmaraton var, at arbejdsformen kunne have en afsmittende effekt på lærernes øvrige undervisning. Både NEUCs interviews og Waaddegaards undersøgelser pegede på, at dette var tilfældet og at nogle lærere benyttede Naturfagsmaraton til at understøtte deres undervisning uden for Naturfagsmaraton. I hvilken udstrækning dette var et udbredt fænomen kan ikke vurderes ud fra materialet, men dette peger på et potentiale for at fastholde engineeringmetoden ud over de gange, hvor skolerne deltager i Naturfagsmaraton.

Flere kilder påpegede, at koordinering og samarbejde inden for den enkelte kommune havde stor betydning for muligheden for den enkelte skole at fastholde Naturfagsmaraton som en årligt tilbagevendende event, der kunne understøtte naturfagene lokalt. Naturfagsmaraton indgår ifølge projektlederne i mange kommuners naturfagsstrategi, hvilket har været med fastholde Naturfagsmaraton fra år til år. NEUCs interview med lærere i tre forskellige kommuner viste stor forskel mellem kommune i forhold til hvordan de håndterede Naturfagsmaraton. I en kommune var der samarbejde mellem 4 af kommunens 9 skoler, som handlede om rammesætningen af projektet, den praktiske afvikling og indkøb af materialer. Dette afspejlede en kommunal opbakning og at naturfagene var højt prioriteret i

kommunen. I andre kommuner var der ikke tilsvarende understøttelse og mange af udfordringerne var overladt til den enkelte skole eller lærer. Det var dog ikke alle lærere, som efterlyste mere central koordinering eller videndeling. Naturfagsmaraton blev i flere kommuner koblet sammen med andre nationale naturfagsindsatser såsom Unge Forskere og First Lego League, som de mente spillede godt sammen med Naturfagsmaraton.

## 6.6 Indsats D. Læreruddannelse

### 6.6.1 Sammenfatning

- Der har været engineeringaktiviteter på læreruddannelsen på to professionshøjskoler, nemlig VIA UC og Københavns Professionshøjskole. I skoleåret 2018/19 har cirka 100 naturfaglige lærerstuderende i VIA arbejdet med engineering i større eller mindre omfang.
- Evalueringen peger på, at de lærerstuderende tilegner sig en række kompetencer gennem arbejdet med engineering, såvel naturfaglige og generiske som didaktiske. Iagttagelsen og italesættelsen af i hvilket omfang og på hvilke tidspunkter, de forskellige kompetencer er i fokus, bør skærpes.
- Lærerstuderende motiveres af engineering, forudsat at udfordringerne opleves som relevante, og at relevansen for deres fremtidige lærergerning er tydelig. Dvs. lærerstuderende motiveres dels af udfordringens intrinsiske relevans og dels af dens didaktiske relevans.
- Undervisning af lærerstuderende kræver, at læreruddannerne kan stilladsere både fagfaglig og fagdidaktisk læring. Det er ikke en triviell opgave at designe engineeringudfordringer til de lærerstuderende, da engineeringudfordringerne skal kunne rumme et stort spænd af forudsætninger.

### 6.6.2 Datagrundlag

Det centrale datagrundlag for dette kapitel er dels Birgitte Lund Nielsens notat "Evaluering af indsatser: Engineering med lærerstuderende" (2019) (Nielsen, 2019), som omhandler aktiviteterne på VIA; dels interview med de ansvarlige for indsatsen på hhv. VIA og KP. Birgitte Lund Nielsens notat afrapporterer en spørgeskemaundersøgelse med deltagelse af lærerstuderende fra fire forskellige hold, hvor der var gennemført engineeringaktiviteter. Spørgeskemaet var designet med både lukkede likert-skala kategorier og en del åbne refleksionsfelter, som efterfølgende blev tematiseret i analysen. Notatet afrapporterer desuden interview med 3 læreruddannere.

### **6.6.3 Engineering-aktiviteter på to professionshøjskoler**

Der har været engineeringaktiviteter på læreruddannelsen på to professionshøjskoler, nemlig VIA og KP. I skoleåret 2018/19 har cirka 100 naturfaglige lærerstuderende i VIA arbejdet med engineering i større eller mindre omfang.

Se næste side.

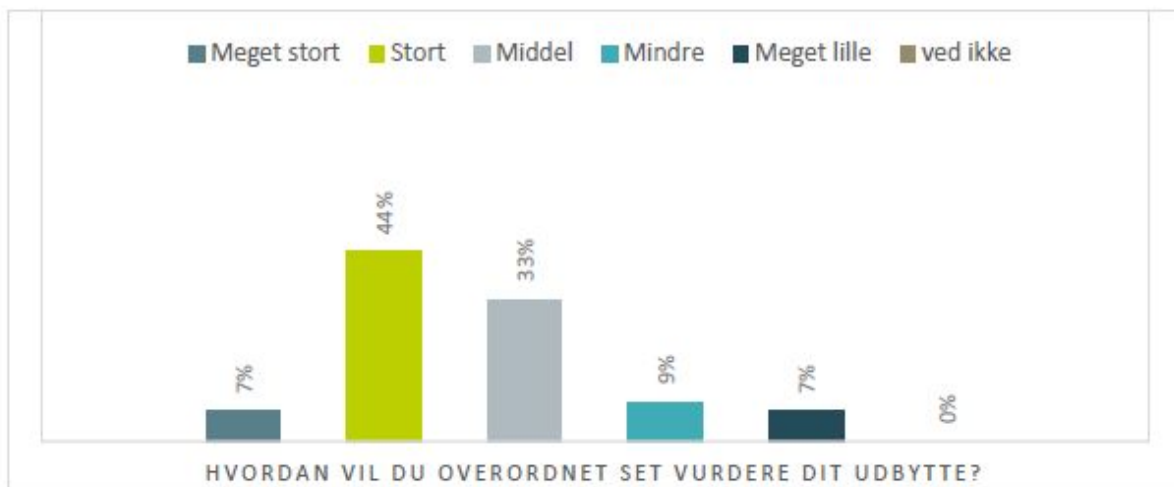
Eksempler på engineeringaktiviteter i læreruddannelsens naturfag i VIA UC (ikke udtømmende)	
Fysik/kemi	I de obligatoriske moduler 1-2-3 indgår engineering som både kortere og længerevarende aktiviteter. Engineering implementeres i forbindelse med følgende faglige emner: energi, ellære, akustik & lyd samt astronomi & astrofysik. Desuden træner lærerstuderende implementering af engineering i forbindelse med tværfaglige naturfagsaktiviteter omkring f. eks. ren drikkevandsforsyning, bæredygtig produktion og strålings indvirkning på levende organismer.
Natur/teknologi	Engineering indgår som en arbejdsmetode, som studerende møder i diverse aktiviteter, hvor de undersøger, hvordan konstruktion og problemløsning kan være en del af de praktisk/eksperimenterende/undersøgende aktiviteter i faglige emner. Inspiration til de faglige emner kan hentes fra f. eks. <a href="http://Astra.dk/engineering">Astra.dk/engineering</a> . Undervisningsemner kan f. eks. være: Planter på Mars, Når vand er et problem, Plantedyrkning i byer, Rent vand, Hold kakaoen varm, Bevægelse med digitale teknologier, Faunapassager, Det varme hus.
Biologi	Indgår i modul om bl.a. bioteknologi om enten fremstilling af boller eller yoghurt til særlige målgrupper: Ældre, veganere eller diabetikere. Forløbet er længerevarende - cirka 5 uger.
Engineeringaktiviteter i læreruddannelsens naturfag på KP	
Efterår 2018	Workshoprække i efteråret 2018 <ul style="list-style-type: none"> <li>- workshop 1 for alle naturfagslærere: Introduktion til Engineering i skolen</li> <li>- workshop 2 for 5 personer fordelt på alle naturfagene (natur/teknologi, fysik/kemi, biologi, geografi): Drøftelse af Engineering i skolen-didaktik, planlægning af engineeringforløb med dels lærerstuderende, dels lærere på efteruddannelse</li> <li>- workshop 3: Deltagerne fremlagde erfaringer for hinanden. Der havde været gennemført et forløb på ASTE-linjen (udskolings-naturfagene) og i forbindelse med VU (videreuddannelsen). Dette blev videndelt i workshoppen i december 2018. NT har ikke haft forløb endnu på KP.</li> </ul>
Efterår 2019	4 af de 5 workshopdeltagere har hver fået 25 timer til at planlægge en ny workshoprække for undervisere i naturfag. I fremtiden påtænkes spredning til håndværk og design. Der udbydes et specialiseringsmodul, som handler om naturfag på tværs og naturfagsprøven. Med et engineeringforløb indlagt som et eksempel, dvs. det er ikke kun et engineeringmodul, men et tværfags-specialiseringsmodul, som udbydes og oprettes hvert 2. år. Det er valgt at fokusere på et bredt tværfagligt specialiseringsmodul for at kunne få nok studerende. Engineering indgår også i teksten til den nye studieordning for læreruddannelsen på KP, hvor et engineeringmodul planlægges at blive en del af ASTE-linjen.

Tabel 6. Eksempler på gennemførte aktiviteter på læreruddannelsen VIA UC.

#### 6.6.4 Delresultat - Elevkompetence (Her: lærerstuderende =elever)

I forhold til denne indsats forstås elevkompetencer og -motivation som lærerstuderendes kompetencer og motivation, og underviserkompetencer forstås som læreruddanneres kompetencer.

I surveyen er de lærerstuderende blevet spurgt om deres oplevede udbytte af engineering, og figur 38 viser, at hhv. 7% og 44% har oplevet et meget stort eller stort udbytte. 33% svarer, at de har oplevet et middelstort udbytte, mens hhv. 9% og 7% har oplevet et mindre eller meget lille udbytte. Det generelle billede er således, at de lærerstuderende oplever, at de får noget ud af engineeringaktiviteterne.



Figur 38. Hvordan vil du overordnet vurdere dit udbytte?

Af analysen af de åbne besvarelser fremgår det, at det især er følgende elementer, som de lærerstuderende oplever som udbytterigt:

- at have hands-on og prøve det selv
- at det er en pointe at forsøge sig frem
- at samarbejde med udefrakommende (f.eks. Naturvidenskabernes hus)

De lærerstuderende understreger, at det er vigtigt at lære eleverne i skolen at være kreative og at turde fejle, dvs. de generelle kompetencer.

Interviewet med de ansvarlige for indsatsen påpeger en række opmærksomhedspunkter, som de lærerstuderende ikke selv har nævnt i evalueringen.

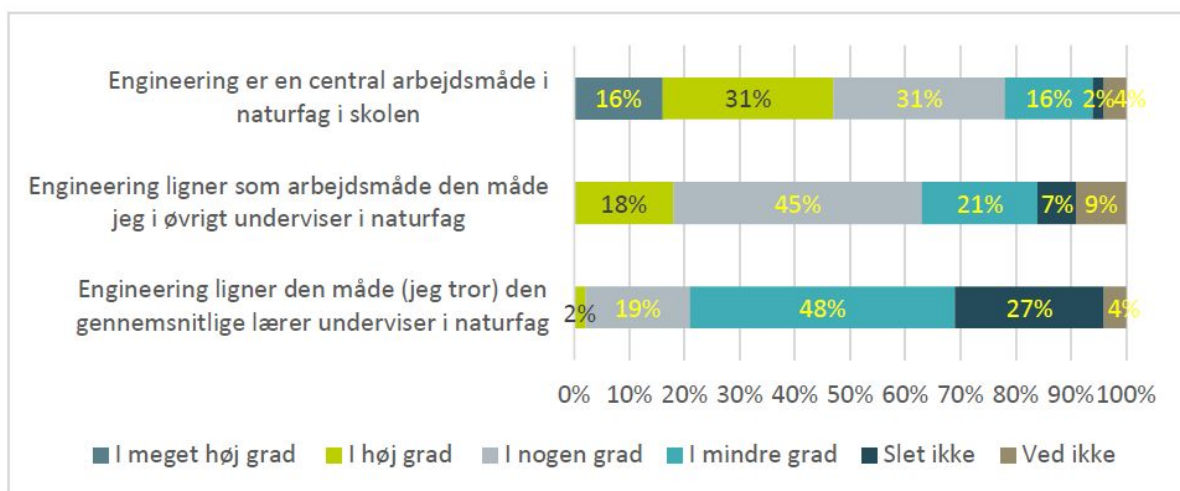
En central pointe er de lærerstuderendes refleksion over deres egen dobbeltrolle som elever og som fremtidige undervisere. Lærerstuderende er således ikke bare elever, som forventes at tilegne sig

naturfaglige og generelle kompetencer; de er også netop lærerstuderende, som forventes at tilegne sig didaktiske kompetencer. I denne forbindelse bliver det påpeget, at det er vigtigt, at dette bliver adresseret eksplicit i forbindelse med engineeringaktiviteterne, så de lærerstuderende bliver bevidste om det som et mål i sig selv og får anledning til at gøre sig didaktiske overvejelser i forbindelse med, at de gør sig erfaringer med engineering. F.eks. skal de studerende, som gerne vil bruge engineering i undervisningen, være gode til at stilladsere åbne processer, stille gode spørgsmål til deres elever som hjælper dem videre uden at give dem svaret mv. De ansvarlige oplevede, at det var godt at have hold med en blanding af lærerstuderende og erfarne lærere på efteruddannelse, da sidstnævntes erfaringer fra praksis bidrog til at løfte refleksionsniveauet i holdets didaktiske overvejelser og diskussioner. Det nævnes som et konkret forslag, at man på læreruddannelserne kan indarbejde denne type refleksioner i krav til f. eks. portfolio-bidrag og lignende.

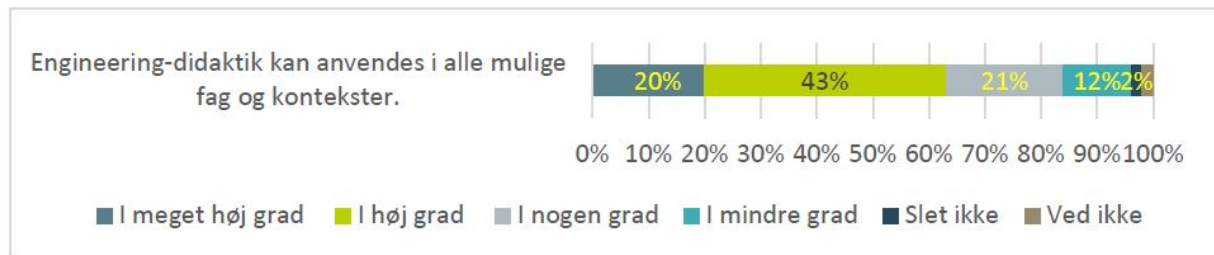
I forlængelse af dette påpeger de ansvarlige for indsatsen, at de lærerstuderende er meget bevidste om de begrænsninger, der ligger i den praktiske skolehverdag, og at de overvejer, hvorvidt tid og adgang til materialer og fysiske rammer kan begrænse mulighederne for at lave engineeringaktiviteter med elever.

#### 6.6.5 Delresultat - Elevmotivation (her: lærerstuderende = elever)

De studerendes spørgeskemabesvarelser kan tolkes i retning af, at der er en generelt positiv holdning til engineering, se f.eks. figur 39a, som viser, at de studerende overvejende ser engineering som en central arbejds måde i naturfag i skolen, og figur 39b, som viser, at de studerende ser engineering som bredt anvendelig.



Figur 39a. De studerendes vurdering om engineering.



Figur 39b. De studerendes vurdering om engineering

Billedet bliver nuanceret i interviewet med de læreruddannere, som var ansvarlige for indsatsen, idet disse oplevede stor variation i motivationsgrad blandt de lærerstuderende. De oplevede, at det dels hang sammen med de studerendes interesse, selvforståelse og tidligere erfaringer med lignende processer, dels med kvaliteten af de engineeringudfordringer, som de studerende blev præsenteret for. Hvis udfordringerne rammer for skævt, risikerer det at gå ud over de studerendes motivation.

#### 6.6.6 Delresultat - Underviserkompetence

Stilladsering af didaktisk læring er centralt. Som allerede påpeget er det vigtigt, at underviserne på læreruddannelsen stilladserer den didaktiske situation for de lærerstuderende. Dette nævnes i interviewet som et opmærksomhedspunkt i det fremtidige arbejde med udvikling af engineering på læreruddannelsen. Engineeringaktiviteten i sig selv er ikke nok, hverken for de lærerstuderende eller for eleverne i grundskolen, hvis det ikke følges med dialoger. Det er vigtigt, at der bliver sat ord på såvel de naturfaglige som de generiske og didaktiske kompetencer, som det er meningen, at de studerende skal tilegne sig, også for at disse selv kan gøre det samme, når de skal stå som lærere i grundskolen. Læreruddannerne påpeger, at det er vigtigt, at man er bevidst om at gøre de studerende opmærksomme på, hvad man gør selv, og hvilke valg der er truffet, og gøre det synligt for dem, at det er samme øvelse, de selv skal gøre, når de står over for en klasse.

Det er også væsentligt, at underviserne udvikler passende engineeringudfordringer til de lærerstuderende. Det er ikke en triviell opgave at designe disse til de lærerstuderende, da engineeringudfordringerne skal kunne rumme det store spænd af forudsætninger. På den ene side skal udfordringerne være tilstrækkeligt svære, så de lærerstuderende ikke kan lave en perfekt løsning i første forsøg, men bliver tvunget ud i de iterative processer, som er centrale for engineeringmodellen. På den anden side skal selve det faglige ikke være så svært, at de studerende ikke har overskud til at reflektere over de didaktiske forhold. De hidtidige erfaringer peger på, at der skal arbejdes videre med at udvikle engineeringforløb til lærerstuderende.



En velkendt, men ikke desto mindre vigtig pointe, som også dukker op i forbindelse med engineeringaktiviteter på læreruddannelsen, er, at underviseren skal være tilpas i rollen som vejleder af de studerendes åbne processer. Det kan opleves som uvant i sammenligning med den klassiske rolle som formidler af fagligt stof. Nogle af underviserne har oplevet det som svært.

En anden pointe, som går igen fra f.eks. kompetenceudviklingen, er, at det stiller krav til underviseren at styre dobbeltheden i fag og proces. Novicer kan komme til at sætte for meget fokus på processen, så det faglige indhold træder i baggrunden. Derfor kan det være nødvendigt for underviseren at begrænse frihedsgraderne for at sikre, at eleverne kommer omkring det tiltænkte faglige indhold.

### **6.6.7 Delresultat - Afgørende faktorer for gennemførelsen**

Erfaringerne fra de hidtidige aktiviteter på læreruddannelserne peger på, at mange af de samme faktorer, som blev påpeget i forbindelse med kompetenceudviklingen, også gør sig gældende her. I lighed med eleverne i grundskolen har de lærerstuderende også forskellige forudsætninger for f.eks. at programmere, og man er nødt til at forholde sig til dette og vælge, om man f.eks. vil indbygge minikurser forud for engineeringforløbet eller forholde sig afventende og være parat til at indlægge et kort spotkursus, når de studerende møder behovet undervejs i deres arbejde med engineeringudfordringen. Erfaringerne fra læreruddannelsen viser, at det er givende at kombinere undervisning af lærerstuderende med kompetenceudviklingshold for erfarne praktiserende lærere.

De ansvarlige for indsatsen fortæller, at deres kolleger, i lighed med lærerne på kompetenceudviklingsforløbene, i starten oplever, at de er nødt til at give køb på fagligheden for at kunne understøtte processen, men at dette fylder mindre, efterhånden som processen bliver indarbejdet og velkendt.

Også på læreruddannelsen opleves tidspres og stoftrængsel, og ikke alle har haft tid til at gennemføre komplette engineeringforløb med iterationer osv., eller haft tilstrækkelig tid til metadidaktiske diskussioner. En underviser påpeger, at det skal være tydeligt, hvor man kan bruge engineering til at erstatte noget andet - han nævner f.eks., at han selv har valgt at bruge tid på engineering i stedet for genteknologi i biologiundervisningen, og at dette giver mening, fordi genteknologi alligevel er et emne, som kan blive for abstrakt til grundskolen. Den oplevede stoftrængsel kan således være en hæmsko, men behøver ikke at være en forhindring. Fremover bør der være fokus på, at både undervisere og studerende får redskaber til at håndtere oplevelsen af stoftrængsel.

Det er svært at få læreruddannere med på tanken om engineering, hvis man lægger sig fast på, at det skal ske efter én bestemt model. Erfaringerne hidtil tilsiger, at det er bedre med en fleksibel tilgang, hvor engineeringindsatser kan have forskelligt omfang og udformning. Det anses for vigtigt, at det er sket på frivillig basis. De hidtidige erfaringer tyder på, at teknologi-begrebet kan være en god indgangsvinkel, når

man ønsker at introducere engineering til nye læreruddannere. Der lader til at være størst åbenhed for at tage engineering ind i de moduler, som omfatter en teknologi-komponent, f.eks. bioteknologi i biologifaget.

#### **6.6.8 Delresultat - Muligheder/barrierer for forankring**

I forhold til ambitionen om at forankre engineering på alle læreruddannelser har de ansvarlige for indsatsen været rundt på flere professionshøjskoler og afholde en-dagsworkshop, og deres generelle indtryk er, at der er positive holdninger til engineering blandt naturfagsunderviserne, selv om nogle har rejst spørgsmålet om, hvordan engineering adskiller sig fra andre typer forløb, som retter sig mod f.eks. design, innovation, entreprenørskab osv. Det er planen at udvikle en model, hvor professionshøjskolerne arbejder med didaktik-laboratorier sammen med kommuner.

De ansvarlige for indsatsen oplever, at specialiseringsmoduler er velegnede som "legerum". De valgfrie specialiseringsmoduler ses som oplagte indgange til introduktion af engineering på nye professionshøjskoler. Engineering kan også passe ind i almene moduler, men det vil ofte være lettere at få det ind i specialiseringsmoduler et nyt sted.

Ét fælles koncept for engineering vil både have fordele og ulemper, vurderer de ansvarlige for indsatsen på læreruddannelsen. Dette ligger igen i tråd med de overvejelser, der gjorde sig gældende i forhold til kompetenceudviklingen. Etableringen af et fælles, veldefineret koncept for engineering kan på den ene side dels virke kompleksitetsreducerende for nye undervisere, så de ikke skal opfinde alting selv, dels modvirke, at engineeringmodellen udvandes eller forandres til ukendelighed i takt med at den tilpasses individuelt af forskellige undervisere, eller at det bliver meget persondrevet. På den anden side kan det også risikere at fremstå for firkantet og støde nogle undervisere bort, fordi det vil være for uflexibelt eller med andre ord "for højt et trin" for de nye. De ansvarlige for indsatsen fremfører, at det er vigtigt at anerkende, at der eksisterer mange måder at gøre tingene på, og at det er en vigtig motivation for læreruddannere er, at man kan se en måde hvor det passer med det man gør i forvejen. Derimod vil der være oplagt at udvikle nogle eksemplariske forløb til læreruddannelsen, da det også vil gøre "trinnet" lavere for nye læreruddannere, hvis de ikke skal udvikle forløb fra grunden selv for at komme i gang.

Det er vigtigt at kunne pege på en merværdi, hvis mange læreruddannere skal kaste sig ud i at arbejde med engineering. Det peger på, at der i næste periode bør arbejdes med at opbygge solid viden om, hvad engineerings potentiale er.

De ansvarlige for indsatsen forventer, at der vil være forskel på, hvor nemt det vil være for de forskellige fag at indarbejde engineering. De oplever, at der er stor velvilje i de naturfagsdidaktiske og matematikdidaktiske miljøer, men at det kan være svært for undervisere i et fag som geografi at finde ud

af, hvordan de skal koble deres fag til engineeringudfordringer. De oplever også et stort potentiale i at introducere engineering for underviserne i håndværk og design, hvor materialekendskabet kan være en fælles indgang.

## 7. Udvikling af redskab til evaluering af elevkompetence

### 7.1 Kort sammenfatning

- Der er udviklet et evalueringsredskab, som er tænkt til at kunne indgå i en national monitorering af elevers engineeringkompetence.
- Et primært hensyn i udviklingen har været, at redskabet skulle være relevant for lærerne at benytte for at øge muligheden for at indsamle data i større skala og for at kunne koble evaluering af elevkompetence sammen med kompetenceudvikling og udvikling af undervisningsmaterialer i fremtiden.
- Redskabet er afprøvet i flere omgange og dokumenteret anvendeligt til formativ evaluering på klasseniveau, men mangler at blive afprøvet tilfredsstillende i forhold til redskabets statistiske måleegenskaber som forudsætning for summativ anvendelse.

### 7.2 Design og udvikling af evalueringsredskabet

NEUCs opgave har været at udvikle et redskab, som kan anvendes til evaluering af elevers engineeringkompetencer over tid. Det primære sigte med evalueringsredskabet har været summativt, idet Engineering i skolen ønskede at følge udviklingen af elevernes kompetencer inden for engineering på nationalt plan over tid. En væsentlig udfordring ved dette er at opnå et tilstrækkeligt stort datagrundlag til, at man kan gennemføre meningsfulde statistiske analyser løbende. En oplagt løsning er at sikre, at underviserne, som arbejder med engineering, bidrager til det samlede datagrundlag løbende gennem deres undervisning. Det har således været en grundlæggende præmis i udviklingsarbejdet, at evalueringsredskabet kun vil blive anvendt af lærere i det omfang det giver mening for lærerne at bruge det. I udgangspunktet har den enkelte naturfagslærer begrænset interesse i national monitorering af elevers udvikling af engineeringkompetence - altså den summative brug. Derimod har den enkelte naturfagslærer et incitament til at benytte evalueringsredskabet, hvis det samtidig kan bruges med et formativt sigte og således kan bidrage til lærernes indblik i deres elevers udvikling af engineeringkompetence. Den formative brug af redskabet er således blevet anset for at være adgangsbilletten til den summative brug: Hvis ikke evalueringsredskabet kan bruges formativt, kommer det ikke til at kunne bruges summativt. Redskabet har således et dobbelt sigte, et summativt og et formativt.

Den *summative* brug af evalueringsredskabet kræver, at redskabet har gode måleegenskaber, dvs. at de kvalitative mål for kompetencer, som man producerer ved hjælp af redskabet, lever op til krav om gyldighed (validitet) og pålidelighed (reliabilitet).

**Validitet** eller gyldighed handler om at måle det rigtige. At et redskab er gyldigt betyder, at det måler det, som det angiver at måle - og ikke andet, m.a.o. at redskabet ikke giver systematiske målefejl. Hvis et redskab skal leve op til kravet om gyldighed, skal resultatet kun afhænge af elevens engineeringkompetencer og ikke af udefrakommende faktorer. Det skal f.eks. ikke favorisere piger frem for drenge. Forskning peger på, at en forudsætning for indsamling af valide data til evaluering af komplekse elevkompetencer er, at evalueringen indlejres i undervisning, hvor eleverne stilles overfor reelle valg, såsom det er tilfældet i engineeringdesignprocessen (Black & Wiliam, 2018). Evalueringen af elevernes engineeringkompetencer kan således ikke adskilles fra undervisningssituationen uden at kompromittere validiteten af data. Med andre ord kræver høj validitet kontrol med undervisningskonteksten. Derfor indeholder redskabet også en lærervejledning, som lærerne skal benytte i planlægningen af evalueringen, for at den kan integreres i undervisningen som intenderet.

**Reliabilitet** eller pålidelighed handler om at måle præcist. At et redskab er pålideligt betyder, at det er dokumenteret, at det ikke resulterer i tilfældige målefejl. Det indebærer bl.a., at redskabet er stabilt over tid og konsistent på tværs af personer. Det vil sige, at målingen skal være uafhængig af f.eks. hvem der bruger redskabet, og hvilken type engineeringforløb, der er gennemført. Hvis der foretages målinger af det samme to gange kort efter hinanden, bør resultatet være det samme, ligesom man bør få samme resultat, hvis to personer gennemfører en måling af det samme.

Hvis et redskab skal bruges til summativ opsamling af elevresultater er det afgørende, at redskabets kvalitet er dokumenteret, så de målinger, der lægges sammen, er sammenlignelige. Hvis målingerne ikke er sammenlignelige, er det nytteløst og i værste fald vildledende at sammenlægge data. Derfor søgte vi at designe et evalueringsredskab, som kunne testes for både høj validitet og høj reliabilitet, så vi kunne stole på, at data fra mange forskellige klasser, skoler og kommuner ville kunne bruges til en national monitorering af elevernes engineeringkompetence.

Det *formative* sigte med redskabet vil bidrage til integrationen af engineering i undervisningen, idet et evalueringsredskab kan være stærkt styrende for både undervisningspraksis og elevernes læringsstrategier (Dolin et al., 2017). Ideelt set bliver evalueringsredskabet en integreret del af kompetenceudviklingen og udviklingen af undervisningsmidler i Engineering i skolen, så mange lærere vil blive introduceret til redskabet sammen med didaktikken. For at understøtte lærernes praksis valgte vi at fokusere på følgende designkriterier, som skulle sikre, at lærerne oplever redskabet som:

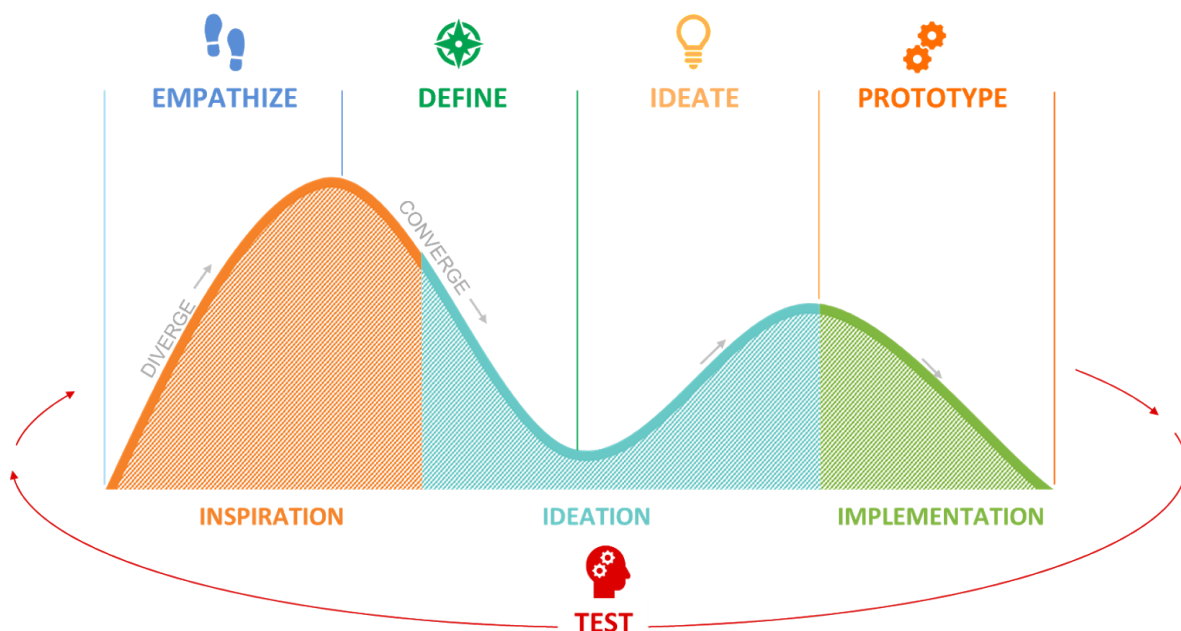
- **relevant** (både for elever, lærere og i forhold til Fælles Mål),
- **forståeligt** (rummer klare og distinkte læringsmål, der kan bruges til at kommunikere med både elever og andre lærere),
- **anvendeligt** (indeholder den nødvendige information, teknologi, råd og tips m.m. til at lærerne umiddelbart kan implementere det i deres undervisning), og

- **fleksibelt** (kan anvendes i mange forskellige kontekster afhængige af fag, sociale forhold og elevernes faglige evner, og kan tilpasses nemt)

Ved at designe et evalueringsredskab, som kan dette, er der bedre chancer for at redskabet bliver anvendt, og dermed sikres et solidt datagrundlag for den nationale monitorering. Koblingen af evalueringsredskabet til selve undervisningen betyder også, at dataindsamlingen efter al sandsynlighed vil blive præget i mindre grad af lave responsrater eller irrelevante svar, da de som evaluerer deres elever med redskabet med stor sandsynlighed faktisk har gennemført et engineeringforløb og omvendt.

### 7.2.1 Brugercentreret udviklingsproces

Med udgangspunkt i ovenstående fordringer til designet (valid, reliabel, relevant, forståelig, anvendelig, fleksibel) valgte vi at benytte en brugercentreret udviklingsmodel som inspiration i udviklingen af redskabet. Valget faldt på en model med afsæt i Human Centered Design Thinking<sup>9</sup>, som er en systematisk måde at arbejde sig iterativt frem til en løsning (i dette tilfælde vores evalueringsredskab), der tager udgangspunkt i brugernes (her først og fremmest lærernes) ønsker, behov og erfaring, og samtidigt inddrager dem i anvendelsen af løsningen på en måde, som er bæredygtig i praksis. Overordnet indgår fem trin som vist i figur 40:

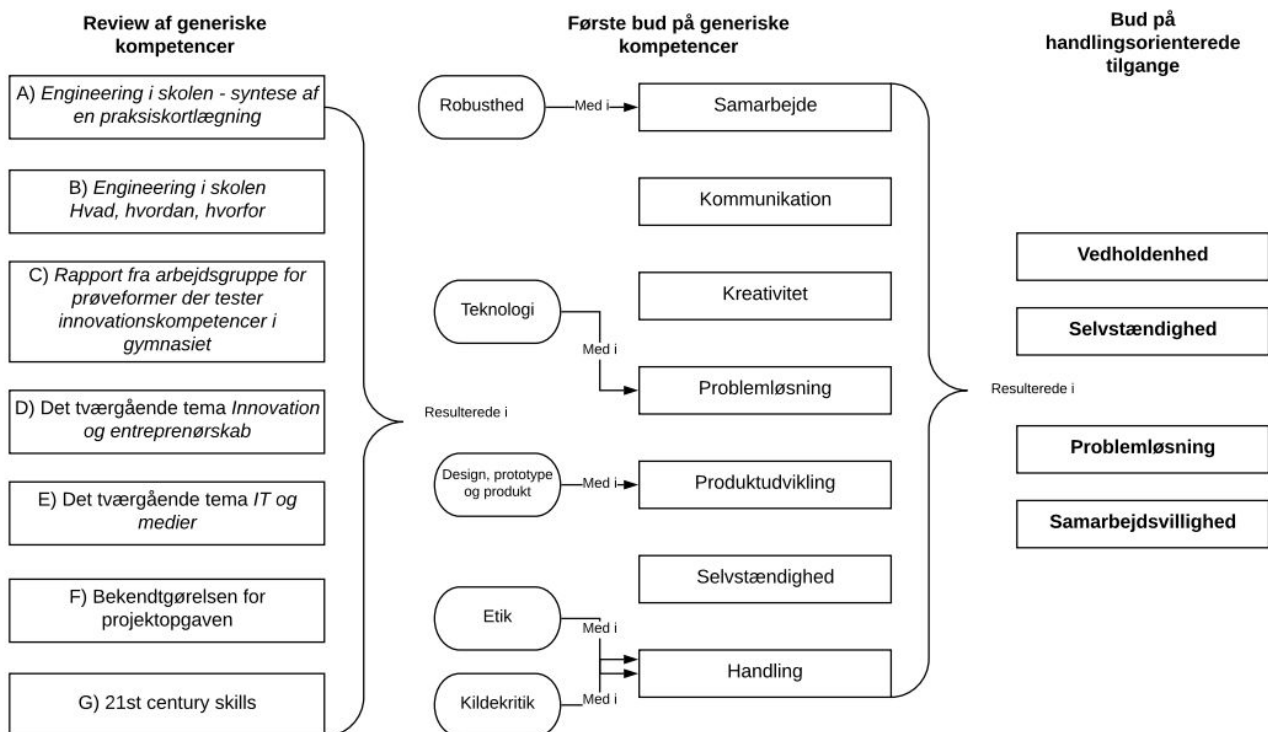


Figur 40. Oversigt over Human Centred Design Thinking modellen, som dannede grundlag for udviklingen af evalueringsredskabet.

<sup>9</sup><https://blog.movingworlds.org/human-centered-design-vs-design-thinking-how-theyre-different-and-how-to-use-the-m-together-to-create-lasting-change/>

Første trin (empathize) handler om at inddrage forskellige typer af brugere (fra almindelige til ekstreme) for at forstå, hvad de forskellige brugere mener er vigtigt for redskabet, såsom hvordan redskabet skal fungere i praksis, og hvad det skal kunne måle. I dette trin interviewede vi fem forskellige brugere<sup>10</sup>, der på hver deres måde havde erfaring med engineering eller områder, som kortlægningen viste var relateret. Interviewene blev analyseret tematisk og sammen med vores mere generelle designkrav - beskrevet ovenfor - kunne vi begynde at indkredse, hvilken form og indhold redskabet skulle have (trin to: define). Ud fra interviewdata blev det blandt andet klart, at et af de væsentligste behov var en funktionel beskrivelse af især de generiske kompetencer, som engineering og lignende aktiviteter kunne udvikle hos eleverne. Med generiske kompetencer menes kompetencer, som ikke er bundet til enkelte fag, men som har bredere relevans såsom samarbejdsevne eller kreativitet.

Brugerinterviews blev suppleret med analyser af forskellige tekster, som kunne hjælpe med at indkredse en funktionel kompetencemålsbeskrivelse (trin tre, ideate). Her benyttede vi blandt andet viden fra kortlægningen om udviklingsprojekter, Fælles Mål og forskningslitteratur. Processen er kort beskrevet i følgende figur:



Figur 41. Fra review af generiske kompetencer til bud på handlingsorienterede tilgange. Reviewets primære referencer var: A) Sølberg & Waadegaard, 2018 B) Auener et al., 2018 C) Nielsen, 2015 D) og E) EMU Danmarks Læringsportal (a) og (b) F) Retsinformation, 2014 G) Voogt & Roblin, 2012.

<sup>10</sup> Rikke Kortsen Okholm (konsulent i innovation og entreprenørskab, KU), Annette Kolmos (forsker i problemorienteret undervisning og engineering, AAU), Søren Peter Dalby Andersen (konsulent, Astra), Dorte Danig Jønsen (grundskolelærer, Fuglsanggaardsskolen) og UU-vejleder Gitte Brun Sørensen, Københavns Kommune.

I processen skete der to vigtige ting: For det første gik vi fra et stort katalog af meget forskellige former for udbytte af engineering og lignende undervisning til en række udkrystalliserede og relativt konsistente bud på generiske kompetencer. For det andet blev det tydeligt, at det ikke var fyldestgørende at kalde dem for kompetencer, da flere af de fremkomne kategorier ikke afspejlede tydelige kompetencer, men snarere tilgange eller egenskaber (e.g. etik, robusthed, handling). I sidste ende kunne vi isolere fire klare og distinkte kategorier, som vi i mangel af en mere tydelig kategorisering, valgte at kalde handlingsorienterede tilgange. Årsagen til dette valg af ord var dels at understrege, at disse kategorier ikke erstatter faglige kompetencemål, men skal tænkes som et supplement til og en integreret del af omsætningen af de faglige mål til konkrete undervisningsforløb. Dels ville vi understrege det handlingsorienterede som en tydelige egenskab, som engineering og lignende undervisningsforløb kan være med til at fremme. Samtidig kan man sige, at hvis ikke eleverne udviser disse handlingsorienterede tilgange i undervisningen er der klare grænser for, hvor elevstyret og dermed kompetenceorienteret undervisningen kan blive. På den måde kan man se de handlingsorienterede tilgange som noget, der fordres for effektiv undervisning i engineering og lignende, og dels er det et potentielt udbytte af undervisningen, som bør være en tydelig del af målsætningen og evalueringen.

Bemærk at kategorierne kreativitet, kommunikation, design, etik, teknologi m.m. ikke er taget med i denne liste af tilgange, da de er dækket under de eksisterende faglige kompetencer (f.eks. kommunikation) og er derfor ikke relevante som noget særegent i forhold til Fælles mål. Nogle af dem blev vurderet til ikke at være tilstrækkeligt distinkte fra de andre kategorier (f.eks. kreativitet i forhold til problemløsning), hvilket gjorde dem uegnede som selvstændige læringsmål. Dertil var nogle kategorier simpelt hen for begrænset fremtrædende i materialet til at udgøre selvstændige tilgange (f.eks. etik og teknologi). Alle udeladte kategorier kan naturligvis medtages som væsentlige læringsmål i den udstrækning, lærerne måtte ønske det.

Analysen ledte frem til vores første funktionelle bud på, hvad redskabet skulle kunne måle i form af det, som vi kaldte handlingsorienterede tilgange, der blev defineret som følger:



<b>Vedholdenhed</b>	Eleven er i stand til at fastholde fokus på en opgave. Dette indebærer blandt andet at eleven er i stand til at holde fast i formålet med opgaven,, selv om eleven møder modstand, begår fejl, er nødt til at udfordre sig selv, skal vende tilbage til tidligere stadier i processen eller lignende. Eleven har evnen og nysgerrigheden til at lære at de dele af processen, som ikke fungerer. Eleven er desuden i stand til at reflektere over sin evne til at overvinde udfordringer, når de opstår, og kan motivere sig selv til handling i perioder, hvor motivationen er lav.
<b>Selvstændighed</b>	Eleven er i stand til og villig til at arbejde og tage ansvar for selvstændige opgaver. Eleven kan indgå i forskellige dele af et komplekst læringsforløb på egen hånd og opsøge hjælp, når det vurderes nødvendigt. Samtidig kan en elev med denne tilgang udfordre eksisterende tænkemåder, beslutninger og idéer på en kritisk og konstruktiv måde. Eleven kan begrunde sine valg ud fra hensyn til egne mål såvel som etiske hensyn.
<b>Problemløsning</b>	Eleven kan omsætte komplekse problemstillinger til konkrete opgaver, som kan føre til konkrete løsninger i form af produkter, der lever op til opgavens udfordringer og formål. Eleven kan planlægge og gennemføre et samlet forløb, der realistisk kan føre til en løsning af opgaven, hvori der indgår kreative processer og design. Eleven er i stand til at identificere hvilke informationer, materialer, undersøgelser, kompetencer med mere som kræves for at løse opgaven. Eleven kan disponere over sin tid og ressourcer på en måde, som lever op til opgavens krav og foretage ændringer til planen, hvis det er nødvendigt.
<b>Samarbejdsvillighed</b>	Eleven kan indgå i samarbejde med andre mennesker med forskellige forudsætninger. Eleven er inkluderende overfor dem, der har brug for det, og er villig til at påtage sig forskellige roller i arbejdsprocessen afhængigt af, hvad der kræves for at løse opgaven, hvordan gruppen fungerer eller hensynet til fællesskabet i klassen. Eleven kan italesætte udfordringer i samarbejdet og tage initiativ til at løse det. Eleven er fleksibel i samarbejdssituationer og kan identificere hvordan andre elever kan komplementere eleven.

Disse fire egenskaber var vores udgangspunkt for fremstilling af første prototype (trin fire, prototype) af et redskab. Den konkrete udformning af redskabet blev en rubric. En rubric i klassisk forstand er et skema, hvor delmål (i rækker under hinanden) følges af en beskrivelse af, hvordan målopfyldelse på forskellige niveauer ser ud (i kolonner ud for hver række). Den første prototype blev en modificeret form for rubric, hvor grad af målopfyldelse (kolonnerne) var erstattet med beskrivelser af mulige tegn på, at eleven opfyldte det enkelte delmål. Idéen med at beskrive delmålene med tegn (frem for målopfyldelse) var af hensyn til redskabets fleksibilitet. Det var ikke muligt at forudse, hvordan målopfyldelsen af det enkelte delmål, hvis det skulle være relevant for forløb af forskellig varighed, med fokus på forskellige fag og forskellige klassetrin. Ved at benytte få faste tegn som eksempler på, hvordan delmålene kunne udfoldes i elevernes handlinger, har lærerne mulighed for at supplere redskabets tegn med deres egne mere kontekstspecifikke tegn. Til brug for en national monitorering var det dog nødvendigt at insistere på, at nogle tegn var konstante, og det var disse tegn, vi fokuserede på.

Redskabet indeholdt i tillæg en tredje dimension i form af tre farvekoder som var lærerens vurdering af eleverne niveau i forhold til det enkelte tegn: grøn for "kan selv", gul for "kan med hjælp" og rød for "kan ikke, selv med hjælp" (inspireret af Marzano, 2011). For yderligere uddybning se Bilag 3: lærervejledning til evaluering af engineeringkompetence. Udover rubric'en, blev der udviklet en lærervejledning, der skulle understøtte, at lærerne brugte rubric'en som intenderet. Tilsammen udgjorde de den første version af redskabet. Denne første prototype gennemgik en række afprøvninger og videreudviklinger som beskrevet nedenfor.

## 7.3 Udvikling og afprøvning

### 7.3.1 Kvalitativ afprøvning af redskab

Nedenfor redegøres kort for de afprøvninger, som redskabet har gennemgået (dette var en del af trin 5, test som angivet i figur 40):

Version	Afprøvningskontekst	Metode	Resultat
1	Valghold i engineering i efteråret 2018 over 8 uger. Både lærer- og elevversion afprøves	Observation af undervisning og efterfølgende interview med lærer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revision af formuleringer</li> <li>- Fokus på udvikling af lærerdelen prioriteres</li> <li>- Elevers selvevaluering overvurderes</li> <li>- Fokus på, at ikke alle elever udviser alle tegn</li> </ul>
2	20 lærere på engineeringkursus i Sorø i januar 2019 anvendte redskabet på videoer af elever	Observation af lærernes anvendelse af redskabet og efterfølgende diskussion med lærerne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revision af overlappende formuleringer</li> <li>- Antallet af delmål reduceres</li> </ul>
3	Deltagere på Big Bang-workshop i april 2019 gennemførte 90 min engineeringforløb, hvor nogle var "elever" mens andre var "lærere"	Observation og efterfølgende diskussion med deltagerne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bekræftelse af redskabets potentiale for understøttelse af systematisk formativ evaluering</li> <li>- Opmærksomhed på udfordringer i forhold til at nå at evaluere alle elever på alle tegn</li> </ul>
4	Redskabet med tilhørende lærervejledning afprøves sammen med forløbet "Lodrette haver" af 7 lærere – fordelt på 5 skoler og med tilsammen 8 klasser (5.-8. klassetrin)	Indsamling af elevevalueringer til statistisk test af reliabilitet Telefoninterview med lærere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manglende data udelukkede reliabilitetstest</li> <li>- Lærere bekræftede anvendelighed, men påpegede igen udfordring ved at skulle nå alle mål</li> </ul>

Tabel 7. Oversigt over forskellige versioner af evalueringsredskabet og tilhørende test og resultater.

I det følgende udfoldes de forskellige afprøvninger og resultaterne af disse for at tydeliggøre, hvor langt i udviklingsprocessen redskabet er på nuværende tidspunkt.

**Afprøvning 1: Udskolingselever på valghold i engineering i efteråret 2018.** Læreren lod eleverne gennemføre den del af evalueringen, der knyttede sig til elevversionen, men endte med ikke at bruge lærerversionen af redskabet gennem hele forløbet, fordi hun mente det var mindre relevant, når der var tale om et valgfag, som i hendes optik ikke behøvede at have så stærkt et fokus på faglig udvikling. Yderligere var forløbet tidsmæssigt udfordret, og klassen nåede de ikke igennem den fulde engineeringproces i løbet af de afsatte 8 uger, og derfor mente læreren, at det var begrænset, hvad hun kunne evaluere elever på. Visse formuleringer i lærerversionen blev revideret på baggrund af interview og observatørens iagttagelser og således skærpede mødet med praksis tænkning om redskabets relevans og duelighed, konkrete brug i undervisningssituationen, formuleringer mv. Det viste sig bl.a., at elevernes selvevaluering overvejende var grønne ("kan selv"), og det blev konkluderet, at dialog mellem elev og lærer om elevernes selvevalueringer var nødvendig for at være meningsfuldt. Derfor blev det vedtaget, at den videre afprøvning skulle fokusere på lærerdelen først. Elevernes selvevaluering kan og bør føjes til, men den udgik af den videre udvikling.

**Afprøvning 2: Lærere på engineeringkursus i forår 2019.** Afprøvningen foregik ved, at lærerne så videoer af undervisning, hvor NEUC havde vurderet, at elever udviste tegn på noget af det, der kan identificeres som engineeringkompetence. Der var altså tale om en iscenesat evalueringssituation. Lærerne skulle ikke skelne mellem de enkelte elever, men udelukkende afprøve skemaet med fokus på formuleringerne og overskueligheden af delmålene og tegnene. Lærerne blev bedt om at tage noter undervejs og efterfølgende give endelig vurdering. Ikke alle fulgte vejledningen, nogle blev trætte, og det viste sig at være krævende at få lærere til at bruge det konsistent undervejs og i forhold til hinanden - nogle satte mange krydser, andre ganske få. Afprøvningen viste desuden, at nogle af tegnene overlappede hinanden formuleringer, hvilket anledning revidering med henblik på blandt andet at reducere kompleksiteten af skemaet og at gøre formuleringerne mere klare og distinkte.

**Afprøvning 3: Deltagere på Big Bang-workshop i april 2019.** Afprøvningen foregik ved hjælp af ca. 12 deltagere på en workshop. Denne afprøvning havde til formål at undersøge brugen af redskabet i en semi-autentisk situation. Halvdelen af deltagerne agerede "elever", der gennemførte en ultrakort engineeringaktivitet, mens den anden halvdel som "lærere" benyttede redskabet til at evaluere "elevernes" engineeringkompetence. Efter en kort introduktion til redskabet, arbejdede "elever" og "lærere" i tre grupper, der hver især fulgtes af observatører fra NEUC, der noterede sig deltagernes måde at bruge redskabet på. Afslutningsvist diskuterede deltagerne muligheder og begrænsninger ved at bruge redskabet i deres undervisning. Der var altså tale om en tilnærmelsesvis realistisk live-afprøvning på et

meget forkortet forløb, med mulighed for indsigt i både lærer/elevoplevelsen. Deltagerne fandt redskabet anvendeligt og relevant i den udstrækning afprøvningen tillod, og de kom med forslag til endelig implementering.

#### **Afprøvning 4: Afprøvning i klasser, der gennemfører engineeringforløbet "Byg lodrette haver".**

Fjerde afprøvning af redskabet var et forsøg på at indsamle reelle elevdata fra et konkret og kendt forløb for at teste kvaliteten af dataene. Det lykkedes at rekruttere 7 lærere på 5 skoler, som gennemførte forløbet "Byg lodrette haver", som beskrevet på Astras hjemmeside. Det var planen, at lærerne skulle udfylde de tilsendte evalueringsskemaer undervejs og sende dem tilbage efter forløbet, men det viste sig at være urealistisk for lærerne at foretage komplette observationer for alle elever samtidig med, at de skulle gennemføre et nyt forløb. Derfor var de resulterende elevdata for mangelfulde (manglende skemaer og/eller manglende observationer) til at kunne gennemføre statistiske undersøgelser af redskabet. Der blev foretaget telefoninterview med 5 af de 7 lærere efterfølgende.

Lærernes indtryk var generelt, at redskabet levede op til de krav, man kan stille til et redskab til formativ evaluering, idet det systematiserede deres blik på eleverne og konkretiserede, hvad der kunne være vigtigt at fokusere på. De beskrevne tegn virkede relevante og anvendelige, men lærerne understregede igen, at det er urealistisk at observere alle elever i forhold til alle tegn i løbet af et forløb, hvilket heller ikke vil være nødvendigt i et normalt undervisningsforløb.

#### **7.3.2 Seneste version**

På baggrund af ovenstående afprøvninger af redskabet inklusiv drøftelser i Engineering i skolen projektgruppen og løbende uformel sparring med relevante brugere og eksperter undervejs blev den seneste version af rubric'en som følger:

## Oversigtsskema engineeringkompetence

Engineeringkompetence						
Delmål (for hvad eleverne skal kunne)	Tegn (på at eleven er på vej mod målet - helt konkret kigges efter, om...)					
	<i>Eleven kan bruge sine naturfaglige kompetencer til at løse udfordringer</i>	Eleven afgrænser udfordringen (om...) ved hjælp af sin naturfaglige viden (om...)	Eleven bruger naturfaglige undersøgelser (såsom...) i sit arbejde	Eleven inddrager naturfaglige modeller (såsom...) til at kvalificere arbejdet	Eleven anvender naturfaglige begreber (...) i sit arbejde (om...)	Eleven udvælger materialer (som...) ud fra sin naturfaglige viden (om...)
<i>Eleven kan deltage konstruktivt i designprocesser</i>	Eleven arbejder systematisk med idéer	Eleven omsætter idéer til en konkret arbejdsopskrift	Eleven overholder arbejdsplanen eller tilpasser den efter behov	Eleven konstruerer en prototype, som lever op til kravene i udfordringen	Eleven bruger sine undersøgelser til at forbedre prototypen	Eleven præsenterer sin løsning på en måde, der passer målgruppen
<i>Eleven kan indgå konstruktivt i samarbejde med andre</i>	Eleven samarbejder konstruktivt med elever med forskellige forudsætninger	Eleven indgår kompromisser	Eleven bidrager til forskellige dele af arbejdsprocessen afhængigt af behovet	Eleven er i stand til at forklare, hvem i gruppen der gør hvad	Eleven giver konstruktiv kritik til andre	
<i>Eleven kan tage ansvar for sit arbejde</i>	Eleven udviser initiativ	Eleven bruger konstruktiv kritik til at forbedre sit arbejde	Eleven arbejder vedholdende på trods af modstand, fejl, tilbageslag m.m.	Eleven deltager aktivt i arbejdet	Eleven argumenterer for sine valg	

Figur 42. Oversigtsskema med delmål for engineeringkompetence samt dertil knyttede tegn - seneste version.

Den dertilhørende lærervejledning findes i Bilag 3: Lærervejledning til engineeringevaluering.

### 7.3.3 Opsummering af resultater i forhold til designkriterierne

På baggrund af de gennemførte afprøvninger vurderer vi, at redskabet er klart til brug i klasserummet, men det mangler fortsat at blive testet statistisk for at sikre, at validiteten og reliabiliteten er tilstrækkelig høj til, at redskabet kan bruges til national monitorering. Følgende oversigt sammenholder resultaterne af afprøvningen med designkriterierne beskrevet i starten af kapitlet.

Designkriterier	Resultater
Relevant	I alle afprøvninger fandt respondenterne redskabets grundidé, beskrivelse af delmål og struktur relevante. Små justeringer er foretaget undervejs.
Forståeligt	Forståeligheden af formuleringerne (især adskillelse af overlappende tegn) blev øget gennem alle afprøvninger. Der var ingen kommentarer omkring manglende forståelighed i sidste afprøvning.
Anvendeligt	Selve skemaet var nemt og anvendeligt, men lærerne havde svært ved at nå at vurdere alle tegnene, hvilket heller ikke vil være ønskværdigt i praksis. Vi mangler data på, hvordan lærerne faktisk gør i forhold til lærervejledningen, men ingen har kommenteret på, at det var vanskeligt at forstå vejledningen. Den ene lærer, som lykkedes med at udfylde skemaet for de fleste elever, havde fulgt vejledningen.
Fleksibelt	Redskabet er blevet vurderet af respondenterne til at kunne bruges i flere sammenhænge (også uden for engineeringforløb). Dette er dog ikke testet i praksis. Til brug på mellemtrin eller i indskolingen vil tegnene skulle tænkes ind i en progression frem mod de nuværende faste tegn i redskabet.
Validt	Der er konstateret kvalitativ validitet (face validity), idet lærerne genkender målbeskrivelserne som relevante mål for engineeringkompetence, men det har ikke været muligt at foretage kvantitative validitetstests. Disse vil skulle gennemføres, før redskabet kan bruges summativt.
Reliabelt	Det har ikke været muligt at gennemføre kvantitative reliabilitetstests endnu. Disse vil skulle gennemføres, før redskabet kan bruges summativt.

NEUC sigtede på at have gennemført tilstrækkeligt med undersøgelser til at kunne dokumentere redskabets lødighed til brug i klassen såvel som til national monitorering, men vanskeligheder med at få nok lærere til 4. afprøvning og mangel på elevdata fra de rekrutterede lærere gjorde at yderligere afprøvning vil være nødvendig inden redskabet kan tages i brug til national data monitorering.

## 7.4 Næste skridt: anbefalinger til kvantitativ afprøvning

### 7.4.1 Gennemførelse af kvantitative analyser af redskabet

Næste skridt i udviklingen af redskabet er at undersøge, hvorvidt redskabet lever op til de krav, man kan stille til et redskab, der skal anvendes til at generere summative data.

Til dette formål skal redskabet betragtes som et egentligt måleredskab. Et redskab til måling (af f.eks. engineeringkompetencer) er en funktion af svarene på en række enkeltstående spørgsmål (her: tegn), som sammenfattes til en score på en skala. Den enkelte elevs score på skalaen er et udtryk for elevens samlede engineeringkompetencer, som er en bagvedliggende ikke-observerbar (latent) egenskab.

Skalaer kan designes med henblik på at blive brugt på *populationsniveau*, hvor man ønsker at vurdere effekten af forskellige baggrundsvariable på den egenskab, som skalaen måler (f.eks. sammenhæng mellem socioøkonomisk baggrund og engineeringkompetencer), eller på *individniveau*, hvor man ønsker at vurdere et enkelt individs score med henblik på intervention af en eller anden form (f.eks. pædagogiske test med henblik på fremtidig tilrettelæggelse af undervisning). De to former for anvendelse stiller forskellige krav, og de behøver ikke at være lige gode til begge formål. I denne sammenhæng er det primært anvendelsen på populationsniveau, der er interessant.

Til skalaer, der anvendes på populationsniveau, kan man stille følgende krav:

- Validitet: Skalaen skal have mening og må kun afhænge af egenskaben, dvs. scoren må kun afhænge af elevens engineeringkompetencer og ikke af socioøkonomisk baggrund, hvor eleven bor, generelt fagligt niveau eller andre faktorer.
- Dataforenkling uden overforenkling: Skalaen skal bidrage til dataforenkling uden tab af relevant information, når svarene på de enkelte spørgsmål erstattes af skalaen.
- Objektivitet: Analysen vha. skalaen må ikke give resultater, der afhænger af udviklerens arbitrære valg, f.eks. om man har valgt at bruge 3 eller 5 svarkategorier.
- Styrke: Anvendelsen af skalaen skal forøge styrken af de statistiske analyser.

Man undersøger, hvorvidt skalaer lever op til disse krav, ved at teste dem for:

- Unidimensionalitet: Hvis dette forkastes, er der tale om overforenkling, dvs. tab af information.
- Lokal uafhængighed: Hvis dette forkastes, kan der enten være tale om multidimensionalitet eller responsafhængighed, hvor svar på nogle spørgsmål afhænger af svar på andre spørgsmål.
- Ingen differentiell item funktion: Hvis dette forkastes, er målingerne konfunderede, dvs. scoren afhænger af baggrundsvariable, der ikke har med fænomenet at gøre.

Analysen vil endvidere give svar på, om de fire delmål meningsfuldt kan sammenfattes i ét mål for engineeringkompetencer, eller om de skal behandles hver for sig som fire uafhængige størrelser.

Dette kan undersøges ved hjælp af en række metoder. State of the art er at bruge Rasch-modeller, hvis statistiske egenskaber gør dem særligt velegnede (se Kreiner, 2007; Rasch, 1961). Gennemførelse af sådanne valideringsanalyser kræver afprøvning i et større antal klasser, således at der som minimum foreligger data fra 100-200 elever på hvert delmål.

På baggrund af erfaringerne fra vores afprøvninger anbefaler vi en kvantitativ afprøvning. Planlægningen af det nye skoleår foregår allerede fra marts-april det foregående skoleår, og hvis en lærer skal have mulighed for at gennemføre et komplet engineeringforløb, skal det planlægges i god tid. Derfor bør man indgå aftaler med lærere allerede året i forvejen for at sikre, at et tilstrækkeligt antal lærere gennemfører forløbet og anvender redskabet. Den fjerde afprøvning var tiltænkt at give os grundlag for at foretage

ovenstående analyse, men det lykkedes ikke at rekruttere tilstrækkeligt med lærere eller at få nok elevdata tilbage fra de lærere, som vi fik rekrutteret til at vi kunne gennemføre analyserne.

En anden anbefaling er at lade lærerne afprøve hvert delmål for sig. Det viste sig at være en urealistisk stor opgave for lærerne at registrere alle elever i en klasse på alle tegn i alle delmål i testsituationerne. Derfor anbefaler vi, at der udvælges højst 1-2 delmål for hver lærer, som de skal registrere eleverne efter. Dette kræver dog, at det samtidigt sikres, at alle delmål bliver ordentligt repræsenteret i den samlede pulje for at analyserne kan gennemføres som foreslået.

#### **7.4.2 Digitalisering af redskabet**

Et vigtig skridt til yderligere kvalificering af redskabet til national monitorering vil være digitalisering af redskabet, så anvendeligheden for lærerne og eleverne øges, samtidigt med at det bliver teknisk muligt at tilgå data. NEUC har undervejs undersøgt forskellige løsninger på digitalisering af redskabet, men der forefindes ikke nogen entydig oplagt løsning på nuværende tidspunkt. Udfordringen med indsamling af digitale elevdata til brug for lærere og for national monitorering bunder i to hensyn, som en videreudvikling af redskabet vil skulle forholde sig til:

1. Integration af redskabet i forhold til lærernes eksisterende digitale færden
2. Sikring af at adgang til personhenførbare data begrænses til de mest relevante brugere

Det første hensyn handler om, at lærerne allerede skal tilgå mange forskellige digitale platforme i deres arbejde. Lærerne i vores afprøvninger fortalte, at hvis redskabet skal være nemt at tilgå, kræver det, at det integreres så vidt muligt med de platforme, som de færdes på i forvejen. Det er oplagt at overveje integration i AULA<sup>11</sup>, som er i gang med at blive udrullet på alle skoler i landet fra 2019. Det er dog ukendt, hvorvidt AULA vil være et oplagt sted at indlejre redskabet, og der kan gå flere år før AULA er fuldt implementeret. Derfor er en browser-baseret løsning også værd at overveje. En sådan løsning er uafhængig af læringsplatformen og kræver derfor mindre udvikling for at blive integreret i praksis. Der findes mange platforme, som vil kunne anvendes til dette formål, men valget bør ultimativt findes i samarbejde med lærerne, som skal bruge dem. Det bør samtidigt overvejes, hvorvidt en browser-baseret løsning vil kunne integreres med AULA i fremtiden.

Det skal også nævnes, at der er nedsat en arbejdsgruppe under Undervisningsministeriet, som skal understøtte en kommende forsøgsordning, hvor en række skoler rundt om i landet skal indgå i et forsøg omkring udvikling af digitale redskaber til evaluering af elevers naturfaglige kompetencer, som vil kunne

---

<sup>11</sup> <https://aulainfo.dk/>



blive udbredt på landsplan. Engineering i skolen-redskabet er nævnt i denne sammenhæng, og eventuelt overlap mellem udviklingen af disse redskaber og Engineering i skolen vil være oplagt at følge.

Det bør overvejes, om det er muligt at benytte digital selvevaluering blandt eleverne som et supplement til lærernes evaluering af elevernes engineeringkompetence. Muligheden for at koble elevernes selvevaluering til evalueringsprocessen viste sig problematisk for afprøvningen i første omgang, men potentialet for en sådan kvalificering af lærernes evaluering bør undersøges nærmere. Her kan eksempelvis app'en Octoskills<sup>12</sup>, som er et forskningsbaseret redskab udviklet af internationale forskere gennem EU-midler til brug i forbindelse med entreprenørskabsundervisning være et godt bud på en eksisterende teknologi, som nemt vil kunne tilpasses til Engineering i skolen-redskabet. Octoskills bruges blandt andet af Fonden for Entreprenørskab.

Det andet vigtig hensyn i forbindelse med digitalisering af redskabet, som hænger sammen med valget af en teknisk løsning til indsamling af data, er hensynet til datasikkerhed og -tilgængelighed. Data vil naturligvis skulle sikres i hht. gældende standarder for digital sikkerhed og persondataforordningen. Et afgørende punkt i denne sikring vil omhandle, hvem der skal kunne tilgå dataene. Lærernes evalueringer vil som minimum skulle kunne tilgås af dem selv og af de ansvarlige for den nationale monitorering. Udfordringen vil dog være, at der kan være mange andre, som ønsker at bruge disse data til andre formål end dem, som redskabet er udviklet til. Det er en alvorlig udfordring for datasikkerheden, hvis eksempelvis skolen eller kommunen kan tilgå data. Derfor kan en læringsplatform eller andre løsninger, som også bruges til andre formål potentielt udgøre en risiko for datasikkerheden. Både af hensyn til potentielle negative konsekvenser for elevernes læring ved summativ brug af dataene (den såkaldte "backwash effekt"; Prodrromou, 1995) og af hensyn til lærernes muligheder for at kunne foretage evalueringen i et konsekvensfrit miljø, bør skoler og kommuner ikke have adgang til data i personhenførbare form, og al afrapportering af udviklingen af elevernes engineeringkompetence på nationalt plan bør undlade at differentiere mellem skoler og kommuner uden behørigt hensyn til mulige konsekvenser for disse. Dette sidste hensyn markerer en afvigelse fra NEUCs oprindelige design, hvor det var hensigten at undersøge muligheden for at skoler og kommuner kunne benytte data omkring elevernes engineeringkompetencer indsamlet af lærere for at understøtte udvikling. Hertil er det vores opfattelse, at det i første omgang kun bør være lærerne, som kan tilgå data omkring egne elever for at undgå de negative effekter, som vi er blevet mere opmærksomme på under udviklingen af redskabet.

---

<sup>12</sup> <http://www.octoskills.com/>

## 8. Konklusion og opsamling

Da Engineering i skolen startede i marts i 2017, var det et af de første forsøg på at bringe engineering ind i den danske naturfagsundervisning. Før dette havde der været mange andre indsatser, som i mål og metode kunne minde om engineering, men få indsatser, som eksplicit omhandler engineering. Engineering i skolen er både i sit omfang og i sin lange tidshorisont en unik satsning inden for naturfagene i Danmark.

Engineering i skolen er lykkedes med at komme bredt ud til en stor del af Danmarks naturfagslærere, elever, læreruddannere og lærerstuderende på meget kort tid. Succeskriterierne for deltagelse og oplevet kompetenceløft er delvist opfyldt for lærere, elever, lærerstuderende og læreruddannere. For alle succeskriterier, hvor der foreligger data fra både 2017 og 2018, er der tale om en opadgående tendens. De sidste data foreligger først med udgangen af 2019, og succeskriterierne er først målsat til 2020. De foreliggende data er relativt forskelligartede og i nogle tilfælde mangelfulde. Hvis det er relevant at følge deltagelsen og det oplevede kompetenceløft fremover, bør der sikres bedre data i næste fase. Dette kunne være i form af koordinering af definitioner, spørgsmålsformuleringer, dataindsamlingsstrategier etc. på tværs af indsatser. Man kan også overveje at indsamle data vedrørende sammenhængen mellem antal downloads af materialer og reelt gennemført undervisning og/eller i hvilket omfang, der gennemføres engineeringaktiviteter i forbindelse med Naturvidenskabsfestivalen eller andre større naturfagsaktiviteter for at få et mere sammensat billede af, hvor udbredt engineering er i praksis.

Der er gennemført kortlægning af forskningen omkring engineering og af relevante udviklingsprojekter i Danmark såvel som en lang række interne evalueringer, forskningsarbejder og lignende, som tilsammen udgør en massiv vidensbase. Det har dog været en udfordring at koordinere og udnytte den opnåede viden i udviklingsprocessen hidtil, da processen har været præget af tidspres og konstant udvikling. Dette har krævet mange justeringer undervejs og ultimativt har det begrænset synergien mellem delementerne i projektet. Dette skal dog ses i betragtning af, at Engineering i skolen involverer en omfattende mængde af delementer og mange forskellige aktører fra mange forskellige organisationer. Dertil kommer, at Engineering i skolen kun har været effektivt i gang i to et halvt år, hvilket er meget kort tid for et så ambitiøst projekt.

Evalueringen peger på, at de fleste elever kan udvikle generiske kompetencer (f.eks problemløsning, samarbejdsevne og formidlingsevne), faglige kompetencer (inklusiv praktiske kompetencer) og personlige egenskaber såsom vedholdenhed og selvtillid gennem engineering. Desuden er der gennemgående tegn på, at elevernes motivation for at arbejde med naturfag kan øges ved at arbejde med engineering. Disse udbytter gælder dog ikke alle elever, og det er uklart, hvad der får forskellige elevgrupper til at respondere positivt (eller negativt) på engineering. Det er heller ikke klart, hvilken rolle

elevernes erfaring med engineering spiller ind i deres udbytte, men der er indikationer på, at det er vigtigt, at eleverne opnår en vis fortrolighed med forløbene, hvis de skal have det fulde udbytte af engineering. Betydningen af elevernes erfaring for deres udbytte, hvordan forskellige elevgrupper responderer på forskellige variationer af engineering og andre kontekstuelle forhold bør undersøges nærmere i de kommende faser af Engineering i skolen for at sikre, at eleverne opnår det højst mulige udbytte.

Indførelse af engineering i undervisningen udgør en udfordring for mange lærere, idet det kan udfordre deres forståelse af, hvad det vil sige at være lærer, og deres opfattelse af, hvad naturfaglighed er. Samtidigt kan lærerne have behov for forskellig grad af faglig, didaktisk, teknisk og evalueringsmæssig kompetenceudvikling. Dette handler i høj grad om, at lærerne skal blive i stand til at stilladsere engineeringforløbet for eleverne, så de kan få tilstrækkelige frihedsgrader uden at blive overvældet i processen.

Eftersom erfaring synes at være vigtig for både lærere og elever, spiller årligt tilbagevendende begivenheder (f.eks. Engineering Day og Naturfagsmaraton) en vigtig rolle, idet de er med til at opbygge og fastholde arbejdet med engineering over tid. For at styrke lærernes muligheder for at opbygge rutine, vil det være oplagt at løbende at opsøge synergier med andre veletablerede eller kommende landsdækkende indsatsers såsom LIFE, Tektanken og Naturvidenskabsfestivalen. En fortsat indsats for at få engineering gjort til en del af læreruddannelsen vil også være vigtig for udbredelsen. Det bør undersøges nærmere, hvilke særlige udfordringer læreruddannere og lærerstuderende oplever i forbindelse med dette, så Engineering i skolen kan strømlines og udbredes nationalt.

Kompetenceudviklingsindsatsen har fungeret godt i tre ud af fire kommuner, hvor der har været stor tilfredshed med de gennemførte aktiviteter blandt både elever og lærere. Den sidste kommune var ramt af mange udskiftninger blandt nøglepersoner i kommunen og kom derfor ikke med i fuldt omfang. Hver kommune har gennemført kompetenceudviklingen på forskellig vis baseret på kommunens forudsætninger og muligheder. Dette peger på vigtigheden af at have en tæt kontakt til forvaltningen og eventuelt til naturfagskoordinatoren i en kommune for at sikre, at indsatsen bliver tilpasset til kommunen. Fremover vil det være hensigtsmæssigt at tilbyde kommunerne længere kompetenceudviklingsforløb, så lærerne kan opbygge rutine med engineering, og så flere lærere kan nå at gennemføre hele kompetenceudviklingsforløbet. Der bør også være mere fokus på at få indlejret arbejdet med engineering i de relevante lærergrupper på skolen og/eller i lærernetværk i kommunen. Herunder vil det være vigtigt at inddrage ledelsen på skolen for at understøtte processen.

Engineering i skolen er fortsat i udviklingsfasen, da flere af elementerne i målsætningerne for denne første del endnu ikke er færdigudviklet, gennemført, testet eller bragt sammen, så det fulde potentiale

kan afprøves i praksis. Der er dog udviklet en række koncepter for kompetenceudvikling, udvikling af undervisningsmaterialer og evaluering af engineeringkompetencer baseret på den dertil udviklede engineeringdidaktik, som hver især udgør vigtige elementer for fremtidig udbredelse. Forudsat en fortsat udvikling og tilpasning af disse elementer, vil samspillet mellem disse udgøre et stærkt tilbud til naturfagslærerne og vil potentielt kunne styrke samarbejdet mellem lærere på skolerne, målrette undervisningsforløb så eleverne udvikler vigtige generiske og faglige kompetencer og udgøre en rød tråd gennem hele grundskoleforløbet.

## 9. Litteratur

Auener, S., Daugbjerg, P.S., Nielsen, K. & Sillasen, M.K., 2018 Engineering i skolen - hvad, hvordan, hvorfor, VIA University College i samarbejde med Engineer the Future, Astra og Naturvidenskabernes Hus.

Black, P. & Wiliam, D. (2018). Classroom assessment and pedagogy, *Assessment in Education; Principles, Policy & Practice*, 25:6, 551-575.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101.

Chen, H. T. (1990). Issues in constructing program theory. *New directions for program evaluation*, 1990(47), 7-18.

Dahler-Larsen, P., & Krogstrup, H. K. (2001). *Tendenser i evaluering*. Odense: Odense Universitetsforlag.

Dolin, J., Nielsen, J. A., & Tidemand, S. (2017). Evaluering af naturfaglige kompetencer. *Acta Didactica Norge - nasjonalt tidsskrift for fagdidaktisk forsknings- og utviklingsarbeid*, 11(3), 1-28.

EMU Danmarks læringsportal (a), Innovation og entreprenørskab, lokaliseret 7. juni 2019 på:  
<https://arkiv.emu.dk/modul/innovation-og-entrepren%C3%B8rskab>

EMU Danmarks læringsportal (b), It og medier, lokaliseret 7. juni 2019  
på: <https://arkiv.emu.dk/modul/it-og-medier-0>

Kreiner, S. (2007). Validity and objectivity: Reflections on the role and nature of Rasch models. *Nordic Psychology* 59(3), 268-298.

Marzano, R. J. (2011). *Formative assessment & standards-based grading*. Solution Tree Press.

Mogensen, Arne; Nielsen, Birgitte Lund; Sillasen, Martin (2016). *Processer der forandrer – fagteamsamarbejde efter QUEST modellen, MONA, 2015-1, s. 24-48.*

Nielsen, B. L. (2019). *Evaluering af indsatser: Engineering med lærerstuderende: kort version.*

Nielsen, J.A., 2015 Rapport fra arbejdsgruppe for prøveformer, der tester innovationskompetence i gymnasiet, Københavns Universitet.

Patton, M. Q. (2011). Essentials of utilization-focused evaluation. Sage.

Pawson, R., Tilley, N., & Tilley, N. (1997). Realistic evaluation. Sage.

Prodromou, L. (1995). The backwash effect: from testing to teaching. *ELT Journal*, v49 n1 p13-25.

Qvortrup, Ane, and Tina Keiding (2014). "Undervisningens vidensdomæner: erfaring, didaktik og uddannelsesvidenskab." *Dansk Universitetspædagogisk Tidsskrift* 9.17: 6-19.

Rasch, G. (1961). On general laws and the meaning of measurement in psychology. In *Proceedings of the fourth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*. Vol. 4, pp. 321-333. Univ. of California Press.

Retsinformation, 2014 Bekendtgørelse om projektopgaven i grundskolens 9. klasse, BEK nr 692 af 20/06/2014, lokaliseret 7. juni 2019 på: <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=163936>.

Sillasen, M. K., Daugbjerg, P., Krogh, L. B., & Nielsen, K. (2018). *Engineering i skolen: Vidensgrundlag*. Aarhus: VIA University College.

Sølberg, J. (2016). *Praksiskortlægning til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*. Institut for naturfagernes didaktik, Københavns Universitet:  
[https://astra.dk/sites/default/files/Naturvidenskabsstrategi\\_Praksiskortl%C3%A6gning\\_Rapport.pdf](https://astra.dk/sites/default/files/Naturvidenskabsstrategi_Praksiskortl%C3%A6gning_Rapport.pdf)

Sølberg, J. & Waadegaard, N., 2018 *Engineering i skolen - syntese af en praksiskortlægning, Naturfagernes evaluerings- og udviklingscenter*.

Voogt, Joke, and Natalie Pareja Roblin. "A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies." *Journal of curriculum studies* 44.3 (2012): 299-321.

Waadegaard, N., & Sølberg, J. (2019). Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år?. *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2019(2).



# Bilag

## Bilag 1: Modificeret forandringsteori

Vi anvendte en modificeret forandringsteori som evalueringsmodel, som ses nedenfor, hvor det gule område (område 2) udgør den oprindelige forandringsteori –også kaldet logikmodellen. I vores modificerede model kan der tages højde for uforudsete ændringer til indsatsens antagelser, aktiviteter og målsætninger. Det kan der, dels fordi der er tilføjet et element kaldet Kontekst (det hvide område) som muliggør en uddybende beskrivelse af baggrunden for forandringen, dels fordi der vil blive foretaget samtaler om forandringsteoriene med de involverede parter i hver indsats flere gange i løbet af projektforløbet for at indfange de forskydninger i forandringsteorien, som måtte opstå undervejs. Endvidere er der i vores modificerede model tilføjet et element kaldet Realiseret indsats (det grønne område – område 3), hvor resultater fra evalueringer af indsatserne skrives ind.

Konsekvensen af de ovennævnte modificeringer er, at den forandringsteori vi anvender inkluderer de realiserede resultater fra de tilgængelige evalueringsrapporter og forskningsresultater og eventuelle ekstra undersøgelser således, at der kommer til at foreligge en samlet beskrivelse af indsatserne. I fremlæggelsen af indsatserne beskrives således hvad man forestillede sig kunne virke for hvem under hvilke omstændigheder (kontekst og logikmodel – område 1 og 2), men også hvilke realiserede resultater (område 3), der kom ud af indsatsen under de givne forudsætninger. Dermed udfoldes ikke kun resultaterne af den enkelte indsats, men også hvordan processen forløb, og hvilke muligheder og barrierer som opstod undervejs. Samtidig muliggøres, at forandringsteoriene for de femudvalgte indsatses kan sammenholdes, idet tydelige effekter samt resultater af en indsats samles i samme evalueringsmodel (jf. Sølberg, 2016).



Indsatsens navn: Periode:						
Kontekst	Intenderet indsats (logikmodel)				Realiseret indsats	Genstandsfelt
	Ressourcer (input)	Aktiviteter	Indsats mål (output)	Langsigtede mål (effekt)	Resultater fra evaluering	
Udfordringer/behov:	Deltagere:					Elevkompetence
Formål:	Økonomi:					Elevmotivation
Målgruppe:	Fysiske rammer:					Underviserkompetencer
						Forankring/videreført
						Algørende faktorer
Kildeangivelser:						

Figur 2 Model for den modificerede forandringsteori, der udgør evalueringsmodellen i den tværgående evaluering.

Modellen skal læses således:

Område 1 - Kontekst og Ressourcer: Dette bruges til at beskrive de faktuelle ressourcer og omstændigheder ved indsatsen.

Område 2 – Intenderet indsats (logikmodel): Denne del er opbygget som en klassisk forandringsteori, hvor de ønskede mål og de planlagte aktiviteter gerne skulle udgøre en logisk og troværdig sammenhæng. Her bruges denne del af modellen som et refleksionsredskab, der kan pege på svage led og prioriteringer, som kan være nødvendige at lave om på for at opnå den ønskede effekt.

Område 3 – Realiseret indsats: Denne del samler de resultater, der er fundet gennem forskellige evalueringer, og som peger direkte på de fem områder, som den tværgående evaluering skal forholde sig til.

**Bilag 2: Oversigt over test af eksemplariske forløb**

	<b>Udviklet af</b>	<b>Test#2</b> (observation af centralt modul)	<b>Test#3</b> (fokusgruppeinterview med lærere der har gennemført hele forløbet)
<b>Forløb 1</b> Dyrk planter på Mars	Astra	<p>Dato: hhv. 16. marts 2018 og 22. maj 2018</p> <p>Informanter: hhv. specialklasse med 12 elever og 8. årg., tre klasser, ca. 78 elever</p> <p>Modullængde: hhv. 5 lektioner og 3 moduler af 1,5 time</p> <p>Hovedfund: Narrativet om vands påvirkning på landskabet på jorden fængede ikke eleverne.</p> <p>Man ikke umiddelbart gå ud fra at en biologilærer opdager et eventuelt fysikfagligt twist i en opgave og omvendt.</p> <p>Nogle elementer kunne eleverne ikke gøre selv, hvilket ellers var forventet - og omvendt</p> <p>Handling: Narrativet blev lavet om til at handle om vands påvirkning på landskabet på Mars.</p> <p>En hel øvelse blev lavet om, så biologilærere vil kunne forstå de fysikfaglige dele.</p>	<p>Dato: 7. marts 2019</p> <p>Informanter: 2 lærerkolleger (med hhv. begrænset og meget erfaring i at undervise problemorienteret), der sammen havde anvendt forløbet med en sciencelinje (mix af 7.-9. klasseelever).</p> <p>Antal lektioner: 10-20</p> <p>Hovedfund: Kun én af syv oprindelige grupper nåede til den praktiske del. Det skyldtes, at forløbet blev uventet afbrudt af to projektuger efter kun 6 lektioner (á 2 timer). Herefter var der kun én gruppe, der valgte at arbejde videre med engineering-forløbet. Dette arbejde fungerede dog godt, og det var lærernes opfattelse, at materialet lagde godt op til gruppediskussioner og deraffølgende iterationer uden lærerens indblanding.</p> <p>Såfremt alle grupper havde nået til den praktiske del, havde der været det problem, at skolen ikke havde klassesæt af det nødvendige udstyr.</p> <p>Det, at mange grupper ikke nåede til den praktiske del, oplevede lærere ikke som et problem, idet de syntes at processen var mere interessant end slutproduktet.</p> <p>Både emnet og arbejdsmåden syntes at være motiverende for eleverne og lærerne mente, at både de og eleverne især lærte noget i arbejdet med metodekortet 'problemskitse' i forhold til at forstå læringspotentialet ved at dvæle ved problemet.</p> <p>Materialet vil være egnet som et fællesfagligt fokusforløb, men kun som et delement ikke i sin helhed. De to lærere ville helt sikkert bruge det til deres 9. klasser til næste år, hvis de trak stråling.</p> <p>Den ene lærer (med begrænset erfaring) ønskede en mere uddybet</p>

			<p>lærervejledning i forhold til dels emnet stråling, dels hvilke fag og hvilke kompetencer de enkelte dele berører/understøtter. Den anden lærer (med meget erfaring) ville ikke selv bruge en uddybet vejledning, og kunne frygte at den ville bremse hans kreativitet, men var enig i, at det kunne være brugbart for en mindre erfaren eller helt ny lærer.</p> <p>Handling: Der er ikke ændret noget i forhold til metodekort, idet de øvrige metodekort har samme kvaliteter som det velfungerende problemskitse-kort. Når først lærerne får mere erfaring med engineering-tilgangen, vil de ifølge Udviklerne kunne få samme udbytte af de øvrige metodekort.</p> <p>i forhold til at have classesæt af udstyr, er Udviklerne opmærksomme på at italesætte tydeligere, at det praktiske arbejde kræver organisering f. eks. i form af en målestation, som grupperne benytter på skift.</p> <p>i forhold til mere uddybede lærervejledninger, afviser Udviklerne dette, idet behovsundersøgelsen viste, at lærerne ikke har tid til at læse al den tekst. Udviklerne har derfor fra starten lagt den balance at vise mulige løsninger i lærervejledningen, som er valgfrie at læse, men ikke mere end det.</p>
<b>Forløb 2</b> Udledning af stoffer til havet	Astra	Dato: Informanter: Modullængde: Hovedfund: Handling:	Dato: Informanter: Antal lektioner: Hovedfund: Handling:
<b>Forløb 3</b> Lodrette haver	Astra	Dato: Informanter: Modullængde: Hovedfund: Handling:	Dato: Informanter: Antal lektioner: Hovedfund: Handling:
<b>Forløb 4</b> Robotter	INSERO	Dato: 25. marts 2019 Informanter: 8. klasse, 22 elever Modullængde: 3 timer  Hovedfund: Eleverne forstod overordnet, hvad de skulle. Ikke alle grupper kom i	Dato: Informanter: Antal lektioner: Hovedfund: Handling:

	<p>mål med en løsning, men de fleste gjorde og alle forsøgte.</p> <p>Fin sammenhæng mellem indledende opgave og engineering-udfordringen. Opnået viden fra indledende opgave blev i overvejende grad overført til selve udfordringen. Dog meget lang og abstrakt intro til indledende opgave og ingen præsentation af selve udfordringen som del af introen.</p> <p>Stort potentiale som fællesfagligt forløb.</p> <p>Narrativet omkring problemstillingen syntes at fange i hvert fald nogle af grupperne, men svært at afgøre.</p> <p>Tomandsgrupper syntes at fungere bedre end tremandsgrupper, idet flere af tremandsgrupperne ikke arbejdede sammen som team og det tredje medlem deltog kun meget begrænset.</p> <p>Metodekortet 'hvilken idé vælger vi?' indgik i opgaven, hvor eleverne skulle plotte deres idéer på grafen. Mindst halvdelen fik ikke plottet deres idéer.</p> <p>Der syntes ikke at være tid nok til at arbejde med udfordringen.</p> <p>Handlings(forslag): Måske en fordel, hvis eleverne blev præsenteret for udfordringen fra start, og derefter under delopgaven <i>Konkretisere</i> lavede den indledende opgave.</p> <p>Metodekortet 'problemskitse' kunne med fordel anvendes (udviklerne er enig i dette)</p> <p>Noget af indholdet i den lange intro, kunne eventuelt indgå i den afsluttende præsentationsfase.</p> <p>Måske ville eleverne få plottet idéer på grafen i metodekortet 'hvilken idé vælger vi?', hvis forløbet var i sin fulde længde. Men måske kræver opgaven mere</p>	
--	---	--

		<p>rammesætning for at give mening for eleverne (udviklerne er enig i dette).</p> <p>Ang. tidsmangel tilbagemeldte Udvikler at dette nok altid vil være en udfordring i komprimerede forløb. Endvidere tilbagemeldte Udvikler: <i>"Udfordringen med engineering som metode i naturfagsundervisningen er jo netop også, at få lærerne til at opfatte processen som et middel - ikke bare et mål som afslutning på et forløb, og dermed et "ekstra" tidsforbrug. Så det arbejder vi videre med."</i></p>	
<b>Forløb 5</b> Lys	INSERO	<p>Dato: 10. april 2019 Informanter: 7. klasse, 22 elever Modullængde: 3 timer</p> <p>Hovedfund: Fin sammenhæng mellem engineering-udfordring og indledende opgaver. Opnået viden fra indledende opgaver ville kunne anvendes i løsning af udfordringen, men blev det kun i ringe omfang. Udfordringen blev først præsenteret efter de indledende opgaver. Flere grupper skulle mindes om muligheden for at styrke deres løsningsforslag med f. eks. måling af lysets temperatur.</p> <p>Mange af eleverne forholdt sig til de indledende opgaver som selvstændige elementer, ikke som dele af en større sammenhæng. Udbytte af og ejerskab for de indledende opgaver syntes ikke overvældende stort.</p> <p>Stor fagligt potentiale og i forhold til at kunne fungere som fællesfagligt forløb.</p> <p>Engineering-udfordringen var forståelig for eleverne, men der syntes ikke at blive dvælet ved engineering-elementet <i>Forstå udfordringen.</i></p> <p>Handlings(forslag): Måske ville elevernes udbytte og ejerskab af de indledende opgaver</p>	<p>Dato: Informanter: Antal lektioner: Hovedfund: Handling:</p>

		<p>blive større, hvis de kendte den udfordring, de senere skulle løse med netop den viden og færdigheder de indledende opgaver ville give dem. Ligeledes ville det samlede udbytte af forløbet blive større, idet eleverne bedre ville kunne koble indledende opgaver og udfordringen.</p> <p>Metodekortet <i>Problemskitse</i> kunne med fordel bruges i en indledende introduktion, hvor udfordringen præsenteres.</p>	
--	--	--	--

Oversigt over testprocedure for de fem eksemplariske undervisningsforløb til udskoling.

## Bilag 3: Lærervejledning til engineering-evaluering

I denne vejledning kan du finde hjælp til arbejdet med at evaluere engineeringkompetence hos dine elever. Vejledningen er struktureret omkring en række spørgsmål:

### Hvad kan du bruge engineering-evaluering til?

Engineering-evaluering er et redskab til at skabe indsigt i, hvad dine elever lærer, når de arbejder med engineering eller andre problemorienterede undervisningsforløb med henblik på, at eleverne kan lære mere - dvs. med et formativt sigte.

### Hvad består redskabet af?

I bund og grund er redskabet et skema med fire delmål for engineeringkompetence og beskrivelse af en række tegn på, at eleven er på vej mod hvert af målene:

Engineeringkompetence						
Delmål (for hvad eleverne skal kunne)	Tegn (på at eleven er på vej mod målet - helt konkret kigges efter, om...)					
<i>Eleven kan bruge sine naturfaglige kompetencer til at løse udfordringer</i>	Eleven afgrænser udfordringen (om...) ved hjælp af sin naturfaglige viden (om...)	Eleven bruger naturfaglige undersøgelser (såsom...) i sit arbejde	Eleven inddrager naturfaglige modeller (såsom...) til at kvalificere arbejdet	Eleven anvender naturfaglige begreber (...) i sit arbejde (om...)	Eleven udvælger materialer (som...) ud fra sin naturfaglige viden (om...)	Eleven sætter løsningen i perspektiv i forhold til det omgivende samfund
<i>Eleven kan deltage konstruktivt i designprocesser</i>	Eleven arbejder systematisk med idéer	Eleven omsætter idéer til en konkret arbejdsopgave	Eleven overholder arbejdsplanen eller tilpasser den efter behov	Eleven konstruerer en prototype, som lever op til kravene i udfordringen	Eleven bruger sine undersøgelser til at forbedre prototypen	Eleven præsenterer sin løsning på en måde, der passer målgruppen
<i>Eleven kan indgå konstruktivt i samarbejde med andre</i>	Eleven samarbejder konstruktivt med elever med forskellige forudsætninger	Eleven indgår kompromisser	Eleven bidrager til forskellige dele af arbejdsprocessen afhængigt af behovet	Eleven er i stand til at forklare, hvem i gruppen der gør hvad	Eleven giver konstruktiv kritik til andre	
<i>Eleven kan tage ansvar for sit arbejde</i>	Eleven udviser initiativ	Eleven bruger konstruktiv kritik til at forbedre sit arbejde	Eleven arbejder vedholdende på trods af modstand, fejl, tilbageslag m.m.	Eleven deltager aktivt i arbejdet	Eleven argumenterer for sine valg	

Oversigtsskema. Findes i større format på side 6

Skemaet ovenfor udgør første side af redskabet og skal give dig overblik over *delmålene* for engineeringkompetence og de tilknyttede tegn. *Tegnene* skal forstås som beskrivelser af måder, det enkelte delmål kan komme til udtryk på, og de er på ingen måde udtømmende. Der er *ikke* en indbygget progression i tegnene, så det første er ikke på et andet niveau end det næste. Tegnene er udelukkende en række kvalificerede bud på, hvordan de enkelte delmål skal forstås, og hvad man kan kigge efter i

undervisningen for at se, hvordan eleverne klarer sig. I denne afprøvning af evalueringsredskabet, skal du udelukkende forholde dig til de 5-6 tegn beskrevet for hvert delmål, men normalt vil du kunne tilføje dine egne tegn, hvis du finder det relevant.

Skemaet bliver til et egentligt evalueringsredskab, når du bruger det til at vurdere niveauet af de fire delmål ved hjælp af de tegn, den enkelte elev udviser. De næste sider i redskabet er derfor udformet som registreringsark, hvor du registrerer ved hjælp af farvekoder, som du helt fysisk tegner ind i et print af registreringsarket:

Rød betyder "det kunne han/hun ikke klare - selv med hjælp fra voksne"	Gul betyder "det kunne han/hun godt klare med lidt hjælp fra voksne"	Grøn betyder "det kunne han/hun godt klare uden hjælp fra voksne"
--	--	---

Hvis du ikke synes, at det enkelte tegn er til at vurdere hos den enkelte elev, har du to muligheder:

Blank/hvid betyder "det ved jeg ikke om denne elev" fx fordi undervisningen ikke giver anledning til, at eleven kan komme til at vise netop dette tegn, og det derfor ikke kan vurderes	<del>Kryds hen over tegnet betyder "det her tegn forstår jeg ikke", at tegnet er "sort snak" og ikke giver mening for dig</del>
---	---

I tegnene, der knytter sig til det første delmål, ses i en række parenteser rundt om ord: (såsom...), (om...) og (som...). For at tilpasse de generelle tegn til det aktuelle forløb, man bruger evalueringsredskabet i forbindelse med, kan man vælge at erstatte parenteserne med konkrete forløbsspecifikke eksempler. Det har vi gjort i forbindelse med denne afprøvning, så tegnene, du finder i registreringsarkene er rettet til *Byg lodrette haver*. Således behøver du ikke foretage denne justering, men bruger du redskabet en anden gang, kan du målrette tegnene netop dét forløb.

### Hvornår bruges redskabet?

Engineering-evaluering bruges *før*, *under* og *efter* et undervisningsforløb, hvor eleverne arbejder med engineering.

**Før** forløbet gør du dig bekendt de fire delmål for engineeringkompetence, som du sammen med forløbets eventuelle øvrige læringsmål har fokus på i forløbet. Til hvert delmål er der i skemaet formuleret en række tegn på, at eleven er på vej mod netop dét mål. Det er de tegn, du undervejs i forløbet skal lede efter, at dine elever viser. Du kan sikkert også observere eleverne udvise andre tegn på vej mod de enkelte delmål. Dem er vi i denne afprøvning af redskabet nødt til at se bort fra.

**Undervejs** i forløbet lægger du mærke til tegn på delmålene. Det kan ske undervejs i din dialog med eleverne. Det kan også være, mens du lytter til gruppernes arbejde - både undervejs i deres gruppearbejde og under præsentationer af de løsninger, de gennem arbejdet med engineering er nået frem til. Du kan



vælge løbende at farve de tegn i skemaet, du ser den enkelte elev udvise, eller du kan vælge at gøre dig notater andetsteds og omsætte dem til farvekoderne efter forløbet. Fordelen ved at gøre det løbende er, at det bliver tydeligt, hvad du mangler at se tegn på undervejs i forløbet, hvor du stadig har mulighed for at vejlede eleverne og/eller sætte dem i situationer, hvor de får lejlighed til at udvise de tegn, du ikke har kunnet se endnu, eller som du har vurderet, skulle farves røde. Det kan være en god idé at afsætte tid til at samle op på det, du har set og hørt i forbindelse med hver undervisningsgang.

**Ved afslutningen** af forløbet gør du status for hvert enkelt elev. Her kan du benytte alle andre former for elevdata, du har adgang til. Det kan være elevernes prototyper, skriftlige overvejelser fra elevarkene eller noget, som eleverne har frembragt. Hvis du har noteret og/eller farvet undervejs i forløbet, overvejer du, om du har anledning til at ændre vurderingen nu, hvor forløbet er slut: Så du hos netop denne elev tegn på, at en rød skulle ændres til gul eller en gul til grøn?

**Hvordan bruger du redskabet helt konkret?**

- Du starter med at kigge på siden med oversigtsskemaet over de fire delmål og de dertilhørende tegn (side 6). Denne side skal du bruge til at danne dig et samlet overblik over, hvad du skal være særligt opmærksom på at kigge efter undervejs, og hvad du kan fokusere på, når du taler med eleverne, men dette skema skal du ikke bruge til at registrere noget.
- Når du evaluerer eleverne, skal du bruge de fire registreringsark (side 7-10), som består af en side for hvert af de fire delmål. Delmålet er farvet mørkegråt og de tilhørende tegn lysere grå henad. Nedad er der en linje per elev, hvor du selv skriver elevernes navne ind. I de tomme felter i arkene skal du notere med grøn, gul eller rød (farveblyant eller tusch), i hvilken udstrækning den enkelte elev selvstændigt udviser tegnene inden for de enkelte delmål.

Delmål 1	Tegn på at eleven er på vej mod målet - helt konkret kigges efter, om...					
<i>Eleven kan bruge sine naturfaglige kompetencer til at løse udfordringer</i>	Eleven afgrænser udfordringen om at bygge lodrette haver ved hjælp af sin naturfaglige viden om planters livsbetingelser	Eleven bruger naturfaglige undersøgelser såsom betydningen af gødning, lysintensitet og temperatur i sit arbejde	Eleven inddrager naturfaglige modeller såsom nitrogenkredsløbet til at kvalificere arbejdet	Eleven anvender naturfaglige begreber om planters livsbetingelser i sit arbejde med at bygge lodrette haver	Eleven udvælger materialer til sin lodrette have ud fra naturfaglig viden om planters livsbetingelser	Eleven sætter løsningen i perspektiv i forhold til det omgivende samfund
Elev:						
Elev:						
Elev:						
Elev:						
Elev:						

*Udsnit af registreringsark*

- Du tager arkene frem undervejs i undervisningen, eller når du har et ledigt øjeblik, så du løbende kan notere, hvad du observerer hos eleverne. Nogle af tegnene giver mest mening at vurdere til sidst, men andre kan være gode at notere så snart, du lægger mærke til, at eleverne gør noget relevant i forhold til de fire delmål. Bemærk at det ikke vil være alle tegnene, som vil være lige relevante at forholde sig til i det forløb, som du gennemfører, men det skyldes, at redskabet skal kunne bruge i andre sammenhænge også.

### Hvad kan evalueringens resultat bruges til?

Uanset hvornår du indsamler dine data om de enkelte elever, skal du sørge for at gå de fire skemaer igennem, når forløbet er færdigt, så du får registreret elevernes præstation systematisk, inden du glemmer detaljerne. Efter forløbet sidder du tilbage med din vurdering af hver enkelt elevs profil her og nu i forhold til engineeringkompetence. Når du kigger på tværs af eleverne, får du indblik i dels den enkelte gruppes og dels den samlede klasses profil. Elevernes engineeringkompetence afspejles både i, hvor mange tegn de udviser (bredden) og hvor mange af dem, der vurderes grønne (dybden).

Et udsnit af et af de fire skemaer kunne ende med at se sådan ud:

Delmål 1	Tegn på at eleven er på vej mod målet - helt konkret kigges efter, om...					
<i>Eleven kan bruge sine naturfaglige kompetencer til at løse udfordringer</i>	Eleven afgrænser udfordringen om at bygge lodrette haver ved hjælp af sin naturfaglige viden om planters livsbetingelser	Eleven bruger naturfaglige undersøgelser såsom betydningen af gødning, lysintensitet og temperatur i sit arbejde	Eleven inddrager naturfaglige modeller såsom nitrogenkredsløbet til at kvalificere arbejdet	Eleven anvender naturfaglige begreber om planters livsbetingelser i sit arbejde med at bygge lodrette haver	Eleven udvælger materialer til sin lodrette have ud fra naturfaglig viden om planters livsbetingelser	Eleven sætter løsningen i perspektiv i forhold til det omgivende samfund
Elev: Janus						
Elev: Pia						
Elev: Christel						
Elev: Ali						
Elev: Magnus						

Eksempel på udsnit af udfyldt registreringsark

I eksemplet ovenfor kan man se, at eleverne åbenbart ikke har brugt begreber om planters livsbetingelser i denne sammenhæng, og at det måske kniber med modelleringen? Du kan bruge denne viden i forbindelse med planlægningen af undervisningsforløb fremover: Hvilke delmåls tegn er mest præget af rød og gul, og hvilke mest af gul og grøn? Hvilke tegn er stadig hvide? Svarene på disse spørgsmål kan være med til at afgøre, hvilke delmål du vælger fokus på i senere undervisningsforløb. På den måde kan du træffe

informerede didaktiske valg på klasseniveau, og du kan også bruge din vurdering af den enkelte elev i tilrettelæggelse af differentieret undervisning fremover.

Når du har brugt engineering-evaluering i forbindelse med flere undervisningsforløb, opnår du et nuanceret billede af den enkelte elevs engineeringkompetence. Redskabet er designet til også at være relevant i undervisningsforløb, som ikke nødvendigvis er engineering, men som indeholder en vis grad af elevstyring og problemorientering. Det kan derfor være en stor fordel at bruge dette redskab i disse sammenhænge, så eleverne kan se, hvordan de forløbene samlet set er med til at gøre dem dygtige til at håndtere komplekse problemstillinger.

Således kan redskabet også bruges som naturfagslærernes input til uddannelsesparathedsvurderingen (UPV). Delmålene for engineeringkompetence stemmer nemlig godt overens med adskillige af UPV'ens fokuspunkter på elevens personlige, sociale og praksisfaglige forudsætninger: Ansvarlighed, selvstændighed, samarbejdsevne, kreativitet, værkstedsfærdigheder samt færdigheder i at skifte perspektiv mellem del og helhed.

### **Afslutningsvist: Dette er en afprøvning!**

Når redskabet efter afprøvningen bliver færdigt, er tanken, at det kan bruges mindre rigtigt, end denne afprøvning lægger op til. F.eks. behøver der ikke være fokus på alle fire delmål på én gang, men snarere vælger du ud, hvilke(t) delmål, du vil have fokus på i det enkelte forløb, hvor eleverne arbejder med engineering. Det vil da også være oplagt, at du supplerer med dine egne tegn, i det det vigtige ikke i sig selv er, hvilke tegn eleverne viser, men at eleverne er på vej mod delmålene.

Yderligere vil der være mulighed for at inddrage eleverne i vurderingen og få deres perspektiver med på deres egen udvikling af engineeringkompetence. Dét er ikke taget med i afprøvningen her.

Endelig er det sådan, at de parenteser, der ses i oversigtsskemaet f.eks. *Eleven anvender naturfaglige begreber (...) i sit arbejde (om...)* til testen her er udfyldt i forhold til *Byg lodrette haver*, men i forbindelse med andre forløb, vil du selv kunne erstatte parenteserne med relevant indhold.

Vi arbejder på at gøre redskabet mere anvendelig ved at gøre det digitalt f.eks. via en app. I så fald vil man også kunne gøre sig noter omkring den enkelte elevs præstation i registreringsarket.

## Oversigtsskema engineeringkompetence

Engineeringkompetence						
Delmål (for hvad eleverne skal kunne)	Tegn (på at eleven er på vej mod målet - helt konkret kigges efter, om...)					
<i>Eleven kan bruge sine naturfaglige kompetencer til at løse udfordringer</i>	Eleven afgrænser udfordringen (om...) ved hjælp af sin naturfaglige viden (om...)	Eleven bruger naturfaglige undersøgelser (såsom...) i sit arbejde	Eleven inddrager naturfaglige modeller (såsom...) til at kvalificere arbejdet	Eleven anvender naturfaglige begreber (...) i sit arbejde (om...)	Eleven udvælger materialer (som...) ud fra sin naturfaglige viden (om...)	Eleven sætter løsningen i perspektiv i forhold til det omgivende samfund
<i>Eleven kan deltage konstruktivt i designprocesser</i>	Eleven arbejder systematisk med idéer	Eleven omsætter idéer til en konkret arbejdsopstilling	Eleven overholder arbejdsplanen eller tilpasser den efter behov	Eleven konstruerer en prototype, som lever op til kravene i udfordringen	Eleven bruger sine undersøgelser til at forbedre prototypen	Eleven præsenterer sin løsning på en måde, der passer målgruppen
<i>Eleven kan indgå konstruktivt i samarbejde med andre</i>	Eleven samarbejder konstruktivt med elever med forskellige forudsætninger	Eleven indgår kompromisser	Eleven bidrager til forskellige dele af arbejdsprocessen afhængigt af behovet	Eleven er i stand til at forklare, hvem i gruppen der gør hvad	Eleven giver konstruktiv kritik til andre	
<i>Eleven kan tage ansvar for sit arbejde</i>	Eleven udviser initiativ	Eleven bruger konstruktiv kritik til at forbedre sit arbejde	Eleven arbejder vedholdende på trods af modstand, fejl, tilbageslag m.m.	Eleven deltager aktivt i arbejdet	Eleven argumenterer for sine valg	

