



Kapitel 7: Den gode engineering-udfordring

I dette kapitel beskrives, hvad der kendetegner en god engineering-udfordring inden for et STEM-fagligt problemfelt, og hvilken betydning autenticitet har for elevernes motivation og læring i deres arbejde med en engineering-udfordring.

Engineering-didaktikken består af følgende kapitler:

- Kapitel 1. Læsevejledning
- Kapitel 2. Engineering - en faglighed i skolen
- Kapitel 3. Engineering i STEM
- Kapitel 4. Engineering - hvad er det?
- Kapitel 5. Engineering-kompetencer
- Kapitel 6. Modellering i engineering
- Kapitel 7. Den gode engineering-udfordring**
- Kapitel 8. Lærers rolle, stilladsering og evaluering
- Kapitel 9. Design et engineering-forløb
- Kapitel 10. Engineering og andre undervisningstilgange

Du kan finde alle kapitler på engineeringiskolen.dk

Engineering i skolen – hvad, hvordan, hvorfor

Revideret udgave, 2022

Forfattere: Suzie Auner, Peer Schrøder Daugbjerg, Keld Nielsen, Simon Olling Rebsdorf, Martin Krabbe Sillasen og Mads Joakim Sørensen

Redaktion: Martin Krabbe Sillasen og Mads Joakim Sørensen

Grafik & layout: Grethe Kofoed og Anne Dorte Spang-Thomsen

ISBN: 978-87-994359-5-1

Didaktikken udgives af Engineer the Future og VIA University College i samarbejde med Københavns Professionshøjskole og Astra.

Didaktikken er revideret og udgivet med støtte fra VILLUM FONDEN under Engineering i skolen.

Tak til lærerne Anna Hermannsen, Per Milling, Lotte Kold Thorup, Nina Gjetterman og Hanne Grøn for afprøvning og feedback under arbejdet med at revidere engineering-didaktikken og for at bidrage med eksempler fra egen engineering-praksis.

Tak til læreruddannere på professionshøjskolerne for frugtbare diskussioner, der har bidraget til at kvalificere engineering-didaktikken.

7. Den gode engineering-udfordring

I dette kapitel beskriver vi, hvad der kendetegner en god engineering-udfordring i et STEM-fagligt problemfelt, og den store betydning, som rammesætningen har for et vellykket engineering-forløb.

Erfaringer har tydeliggjort, at elevernes ejerskab og deres engagement i engineering-udfordringen er helt afgørende for deres engineering-forløb. For at man kan tilgodese elever forskellighed i læringsstile og interesser, er et fagligt problemfelt med velvalgte frihedsgrader centralt, da eleven derved kan arbejde med flere faglige perspektiver, som på forskellig vis belyser problemet.

Problemmfeltet omtales ofte som en *narrativ*, og fortællingen bør være rammesættende for elevens nysgerrighed og forståelse af problemet, der skal løses. Optimalt skal et godt problemfelt derfor indeholde flere engineering-udfordringer, med faglige perspektiver, der bidrager til, at alle elevtyper oplever ejerskab og beskæftiger sig med en for dem meningsfuld engineering-udfordring. Endelig er et velvalgt STEM-fagligt problemfelt også vigtigt, da det angiver et afgrænset fagligt område, som har relevans for elevernes problemløsning inden for rammerne af Fælles Mål.

Netop den problembaserede tilgang som kendetegn for en tværfaglig undervisning kommer også til udtryk i beskrivelsen af den fællesfaglige undervisning i læseplanerne for naturfagene:

Problembaseret betyder her, at undervisningsforløbet har udspring i en autentisk situation, der kalder på elevernes forundring og naturfaglige undersøgelser. Det kan både være situationer fra elevernes nære omverden og fra andre steder, tider eller kulturer. Det er vigtigt at understrege, at undervisningsforløbet ikke behøver tage udgangspunkt i det, der klassisk forstås ved et problem, fx klimaproblemer eller fødevaremangel; der kan i lige så høj grad være tale om en forundring eller en udfordring, fx hvordan dyrene holder varmen om vinteren, eller hvordan en generator bliver så effektiv som muligt. (Fysik/kemi Læseplan 2019, s. 17)¹

Den gode engineering-udfordring skal motivere eleverne, så den kan løfte kvaliteten af deres arbejde i de efterfølgende engineering-delprocesser. Et afgrænset autentisk problemfelt er med til at tilpasse den faglige kompleksitet og omfanget til den specifikke elevgruppe, så problemet opleves som meningsfuldt for eleverne og samtidigt relevant i forhold til Fælles Mål. Det sidste er væsentligt for, at elevernes arbejde med at løse udfordringen bidrager til at opfylde faglige mål i fag og på tværs af fagene.

I dette kapitel udfolder vi den gode engineering-udfordring i en tværfaglig kontekst med udgangspunkt i problemfeltet fra en STEM-faglig undervisning. De samme didaktiske overvejelser kan også anvendes til at beskrive gode engineering-udfordringer i et monofagligt perspektiv.

7.1 STEM-faglig undervisning er autentisk og problembaseret

I uddannelsessektoren opfatter man almindeligvis STEM-undervisning som et didaktisk koncept, der bl.a. er kendetegnet ved tværfaglige elementer. STEM-begrebet anvendes derfor, når to eller flere STEM-fag eller fagområder arbejder sammen, fx et samarbejde mellem matematik og biologi eller et engineering-forløb, der inddrager fysik/kemi og teknologi. Et andet udbredt kendetegn ved STEM-undervisning er, at eleverne skal arbejde med autentiske problemstillinger, hvorfor løsningerne ofte kræver viden og praksis fra mere end ét fagområde.

7.1.1 Autenticitet

Inden for udvikling af naturfagsdidaktik har autenticitet fyldt mere og mere gennem de seneste 30 år. Et af hovedargumenterne for at introducere engineering i skolen var at øge elevernes motivation og engagement gennem arbejdet med autentiske engineering-udfordringer. I en dansk kontekst henvises ofte til tre former for autenticitet, formuleret af Jens Dolin i 2003: *personlig, faglig og samfundsmæssig autenticitet*.

¹ https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/Gsk_I%C3%A6seplan_fysikkemi.pdf

Personlig autenticitet. Eleven kan opnå et personligt engagement ved at arbejde med åbne spørgsmål drevet af elevens nysgerrighed og medbestemmelse i undervisningen. Det betyder konkret, at en engineering-udfordring for at være god skal opleves som meningsfuld for eleverne. En god udfordring kan derfor være inden for et problemfelt som relaterer sig til situationer tæt på elevens eget hverdagsliv (fx en holder til en mobiltelefon, der kan aflaste armen). En god udfordring kan også opleves som personlig autentisk selvom problemfeltet er længere væk fra elevens hverdag. Ofte vil udfordringen opleves som meningsfuld, hvis eleven forstår argumentet bag (det kunne fx være nødvendigheden af at designe bæredygtige teknologier til transport, for at begrænse udledningen af CO₂ til atmosfæren).

Faglig autenticitet. Gode autentiske engineering-udfordringer kan også være kendetegnet ved, at de relaterer sig til et problemfelt på en fagligt realistisk måde. Problemfeltet bliver autentisk ved at bidrage med konkrete faglige udfordringer eller mindre komplekse dele af dem, som også forskere og ingeniører til daglig arbejder på at løse. Det kunne være udfordringer med at lagre energi eller udvikle CO₂-neutrale transportmidler.

Samfundsmæssig autenticitet. Endelig kan et problemfelt bestemmes ud fra sin samfundsmæssige relevans. På engelsk omtales denne slags problemstillinger nogle gange som *Socio Scientific Issues*. På dansk kan det oversættes til samfundsfaglige problemstillinger med et naturvidenskabeligt og teknologisk indhold. Med denne form vil gode engineering-udfordringer blive oplevet som autentisk af eleverne, hvis de lever op til to krav: For det første indeholder problemfeltet og dermed udfordringen naturvidenskabeligt og teknologisk indhold, som eleverne kan undersøge alderssvarende. For det andet indeholder problemfeltet, som relaterer sig til udfordringen også økonomiske, etiske eller politiske dilemmaer, som kræver, at eleverne aktivt tager stilling, da deres valg/fravalg vil være af afgørende betydning for deres design af en løsning.

Når man afgrænser et problemfelt i planlægningen af et engineering-forløb, skal man ikke nødvendigvis kunne finde alle tre former for autenticitet i problemfeltet samtidigt, men det autentiske kan positivt bidrage til, at flere elever fra start får ejerskab til en engineering-udfordring.

Socio Science Issues kan oversættes til samfundsfaglige problemfelter med et naturvidenskabeligt og teknologisk indhold. I en engineering-kontekst kan sådanne problemfelter have følgende kendetegn:

- Problemfeltet indeholder en eller flere udfordringer, som er et reelt problem i eller for samfundet.
- Problemfeltet indeholder udfordringer, som kan løses praktisk, og som elever kan relatere til værdier, de kender.
- Problemfeltet er dilemmafyldt, idet der kan være forskellige holdninger til, hvordan vi som samfund skal håndtere udfordringerne.
- Problemfeltet er åbent, og engineering kan være en af flere tilgange, som udfordringen kan håndteres med.
- Problemfeltet indeholder udfordringer, som kan løses alene med naturvidenskabeligt og/eller teknologisk indhold fra et eller flere fag.



7.1.2 Engineering med afsæt i samfundsfaglige problemfelter

Som beskrevet kan gode engineering-udfordringer tage afsæt i et samfundsfagligt problemfelt, der kan løses med indhold fra ofte flere af STEM-fagene i grundskolen. Pointen er, at elevernes oplevelse af autenticitet kan fastholdes, hvis de undervejs i designprocessen også skal tage

højde for relevante samfundsfaglige problemstillinger. En god engineering-udfordring kræver altså et afgrænset STEM-fagligt problemfelt, som også indeholder reelle etiske, økonomiske eller politiske dilemmaer, der kan udfordre elevernes design af en teknologisk løsning. Samtidig er denne tilgang også en oplagt mulighed for et øget tværfagligt samarbejde med fag, der ikke hører til STEM-fagene.

Samfundsfaglige problemfelter	Eksempler på relevante STEM-fag
Dyrevelfærd hos kæledyr (1.-3. klasse)	Natur/teknologi, matematik
Bæredygtige teknologier til transport (7.-9. klasse)	Fysik/kemi, geografi, matematik
Affaldssortering og genbrug (4.-6. klasse)	Natur/teknologi, matematik, håndværk og design
Ren drikkevandsforsyning (7.-9. klasse)	Fysik/kemi, biologi, geografi, matematik

Tabel 7.1: Eksempler på relevante tværfaglige sammenhænge mellem samfundsfaglige problemfelter og STEM-fag i grundskolen.

Ved engineering bør et autentisk problemfelts faglige genstandsområde altid være afstemt ift. elevgruppen og være tilpasset deres niveau ift. faglig kompleksitet og omfang. Det betyder, at et problemfelt til en indskolingsklasse ofte vil have færre tværfaglige komponenter end et autentisk problemfelt til udskolingen. Derfor bør man som lærer al-

tid overveje graden af det tværfaglige samarbejde mellem fagene, når man planlægger STEM-undervisning. Desuden bør læreren ud fra sin vurdering udvælge egnede problemfelter, der indeholder en eller flere engineering-udfordringer, som elever i grundskolen reelt har muligheden for at arbejde med og udvikle løsninger til.



7.2 Engineering-udfordringer i STEM-faglige problemfelter

For at man kan vurdere kvaliteten af engineering-udfordringer, er det hensigtsmæssigt at kunne opdele STEM-faglige problemfelter i to indholdsdele (se figur 7.2).

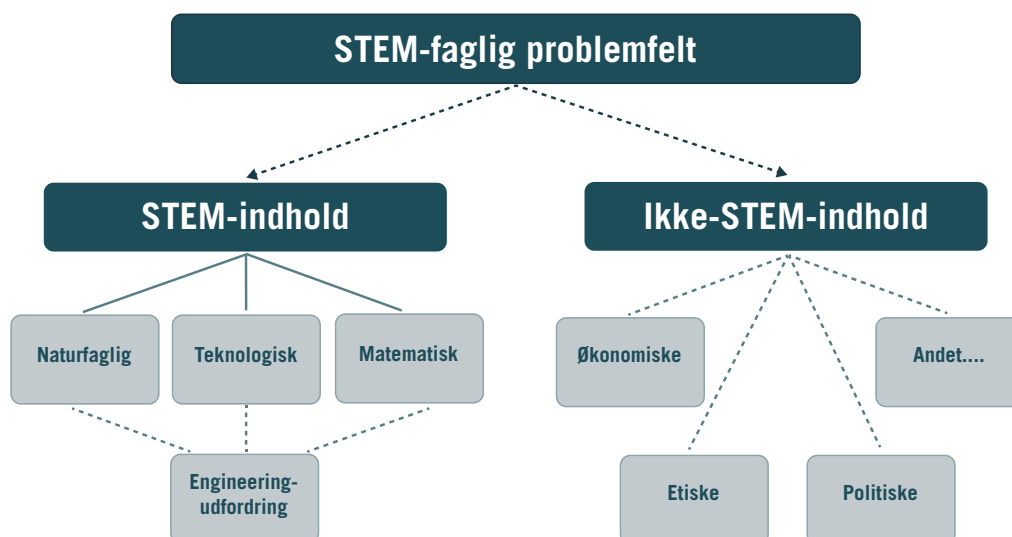
1. Det "rene" STEM-faglige indhold af problemfeltet, som baserer sig på brugen af fagfaglig viden alene fra STEM-fagene, som eleverne får brug for gennem engineering-design-processen til at udvikle en teknologisk løsning. Denne del af problemfeltet vil ofte indeholde gode engineering-udfordringer med faglig og/eller personlig autenticitet.
2. Det Ikke-STEM-faglige indhold, som relaterer sig til økonomiske, politiske og etisk-moralske aspekter af problemfeltet. Det vil sige forhold, som kan have indflydelse på engineering-udfordringen, og som der potentielt kan tages højde for ved design af teknologiske løsninger. For at en god engineering-udfordring kan give mulighed for samfundsmæssig autenticitet, er det nødvendigt, at problemfeltet også indeholder ikke-STEM-fagligt indhold.

Gode samfundsfaglige problemfelter bør i en engineering kontekst indeholde både STEM og ikke-STEM faglige perspektiver.

Denne opdeling kan man anvende operationelt fx ved planlægning af et engineering-forløb for at understøtte muligheden for at finde gode engineering-udfordringer. Modellen nedenfor (Figur 7.2) kan anvendes til at vurdere graden af tværfaglighed og autenticitet i det STEM-faglige problemfelt, og om der er potentiale for at finde flere gode engineering-udfordringer, der er egnet til problembaseret undervisning.

Som eksempel på denne opdeling af et STEM-fagligt problemfelt kan tages "ren drikkevandsforsyning". Her kunne en af engineering-udfordringerne være konstruktion af et vandrensingsanlæg. Det "rene" STEM-faglige indhold er nødvendigt for at løse udfordringen, fx hvordan vand kan renses kemisk, biologisk og mekanisk. Elevernes oplevelse af autenticitet og dermed ejerskab til udfordringen kan i dette tilfælde blive mere synlig og konkret, hvis ikke-STEM-faglige dilemmaer inddrages. Det kunne være politiske eller etiske problemstillinger om mulighederne for vandrensning forskellige steder i verden eller økonomisk problemstilling ift. samfundets og menneskers vandbrug og vaner.

Når man skal udvikle eller vurdere kvaliteten af en engineering-udfordring inden for et STEM-fagligt problemfelt, kan det være relevant at vurdere vægtningen af det "rene" STEM-faglige indhold hhv. det ikke-STEM-faglige indhold i problemfeltet. I det arbejde kan man bruge analyseværktøjet i tabel 7.3.

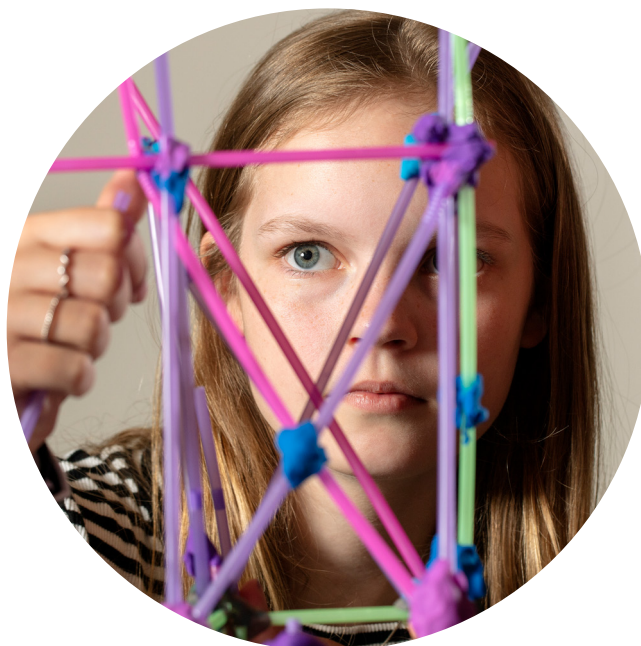


Figur 7.2: STEM-faglige problemfelter kan opdeles i STEM-indhold og ikke-STEM-indhold.

Værktøj til identifikation af gode engineering-udfordringer inden for et STEM-fagligt problemfelt	
STEM-fagligt problemfelt	Hvilken narrativ kan beskrive problemfeltet, så det indeholder både personlig, faglig eller samfundsmæssig autenticitet? Hvilke former for teknologi er relevante inden for problemfeltet?
STEM-fagligt indhold	Hvilken viden og hvilke færdigheder fra henholdsvis naturfag og matematik er brugbare til at løse udfordringerne? Hvilke teknologier og materialer kunne være relevante for løsningen? Hvilke undersøgelser kunne bidrage med viden?
Engineering-udfordringer	Hvilke engineering-udfordringer kan formuleres inden for problemfeltet, så de kan løses alene med STEM-fagligt indhold.
Ikke-STEM-fagligt indhold	Hvilke etiske, økonomiske og politiske problemstillinger eksisterer i udfordringen? Hvordan kan problemstillingerne bidrage med personlig og/eller samfundsmæssig autenticitet undervejs i designprocessen? Skal problemstillingerne forsimples til engineering-forløbet, og hvornår vil eleverne have gavn af det i engineering design processen?

Tabel 7.3: Værktøj til identifikation af gode engineering-udfordringer.

I forbindelse med at man bruger værktøjet, vil det som lærer være fordelagtigt at overveje hvordan eleverne kan stilladseres så de meningsfuldt kan arbejde med engineering-udfordringen gennem alle 7 delprocesser. Lige så bør man overveje andre metoder og/eller teknikker fra STEM-fagene, som kan bidrage til at løse udfordringen.



Nedenfor tre eksempler på anvendelse af værktøjet i praksis. Eksemplerne er ikke udtømmende.

STEM-fagligt problemfelt:

Dyrevelfærd hos kæledyr. Der er omkring 3 millioner kæledyr i Danmark. Hunde og katte er topscorere med over 1,2 millioner – og derudover er der en masse kaniner, fugle, fisk og andre dyr. Nogle kæledyr kan være alene hjemme i længere tid, hvis de får adgang til foder – men hvordan? Kan man gøre noget smart, så dyrene får lige præcis den rigtige mængde foder på de rette tidspunkter?

STEM-indhold

- Undersøgelse af, hvad det valgte kæledyr spiser, hvor ofte og i hvor store portioner.
- Undersøgelse af, hvordan kæledyret vil finde sin føde i naturen.
- Beregning og/eller matematisk modellering af foder-mængden over tid.
- Integration af et elektrisk kredsløb i fodermaskinen.
- Programmering af sensorer med Micro:bit.

Ikke-STEM-indhold

- Hvor lang tid bør et kæledyr maksimalt være alene?
- Hvad koster foder?
- Hvordan imødekommer man dyrets behov for adfærd, bevægelse og socialisering?
- Hvordan sikrer man, at dyret har det bedst muligt, når det er i fangenskab?
- Er der regler for, hvordan man behandler et kæledyr?
- Hvordan organiserer familien sig, så dyrets velfærd bliver bedst mulig?

Engineering-udfordringer

- Design en prototype til automatisk fodring af kæledyret, så dyret får, hvad det har behov for, mens det er alene hjemme i en uge.
- Programmering af device, som åbner for/leverer foder med et bestemt tidsinterval.
- Design en fodermaskine, som kæledyret kan aktivere ved at slutte et elektrisk kredsløb, som derved leverer rette portion foder.
- Design en fodermaskine, som konstant leverer små stykker foder forskellige steder, så dyret skal søge og dermed imitere en jagtsituation.

STEM-fagligt problemfelt:

Affaldssortering og genbrug. Mennesket producerer affald. Både biologisk nedbrydeligt affald, men også affald, som ikke kan nedbrydes i naturen. Hvordan kan vi mindske mængden af affald vi producerer, og samtidig sikre, at vi bortskaffer affaldet så det forurener mindst muligt?

STEM-indhold

- Undersøgelse af affaldstyper og deres nedbrydelighed.
- Undersøgelse af, hvor affald behandles og bortskaffes i dag.
- Statistisk undersøgelse og analyse af affaldstyper.
- Udvikling af sorteringssystem, som indeholder alle skolens affaldstyper.
- Undersøgelse af affaldsmængder i forhold til forbrug, ressourcer og genanvendelse.

Ikke-STEM-indhold

- Affaldssortering globalt set – de etiske udfordringer med at eksportere affald.
- Politiske tiltag for at mindske affaldsmængden og øge affaldssortering.
- Tiltag, der kan ændre borgernes, skolernes, virksomhedernes eller kommunens adfærd.

Engineering-udfordringer

- Design en automatisk affaldssortering som frasorterer én bestemt affaldstype, fx plast.
- Design en løsning til biologisk nedbrydeligt affald, som gør genanvendelighed let og sikrer mod skadedyr som fx rotter.

STEM-fagligt problemfelt:

Bæredygtig transportteknologi. Der bruges mange ressourcer på transport. Både energi til at bevæge sig fra A til B, men også gadelys, asfalt, saltning for is og vedligehold kræver mange ressourcer.

Der er mange forskellige ressourcevenlige muligheder - hvordan kan vi udnytte dem, så vi kan skabe en mere bæredygtig transportteknologi.

STEM-indhold

- Vedvarende energi >< fossile brændsler.
- Elektriske kredsløb.
- Solcelleteknologi.
- Matematisk modellering af sammenhænge mellem overfladeareal og vindmodstand..
- Elektrolyse og brintteknologi.

Ikke-STEM-indhold

- CO₂-aftryk og bæredygtighed i transportsektoren.
- Politiske interesser ift. vedvarende energi.
- Nationale og internationale aftaler om overgang til grøn energi.
- Demografiske og økologiske faktorer i råstofindvinding til bilbatterier (fx minedrift og levevilkår).

Engineering-udfordringer

- Design et fartøj med en bæredygtig fremdriftsform, som potentielt kan erstatte en benzin- eller dieselmotor.
- Design en løsning, der kan opsamle energi fra en pedaldrevet cykel, så du kan oplade din mobiltelefon mens du cykler.
- Design en intelligent vej ud fra undersøgelser af hvad der er udviklet. Sammensæt den mest brugbare intelligente vej til det danske klima.

Tabel 7.4: Tre eksempler på STEM-faglige problemfelter med engineering-udfordringer som kan løses alene med STEM-fagligt indhold, men hvor ikke-STEM-fagligt indhold ligeledes kan inddrages meningsfyldt.



7.2.1 STEM-faglige problemfelter og fællesfaglig naturfagsundervisning

Eksemplet med vertikale haver i kapitel 5 illustrerer, at engineering-undervisning i udskolingen fint kan fungere som en del af den fællesfaglige problembaserede naturfagsundervisning. "Bæredygtig fødevareproduktion i storbyen" er et STEM-fagligt problemfelt, som eleverne oplever som meningsfyldt og autentisk, og indholdsmæssigt binder det færdigheds- og vidensområder fra alle tre naturfag sammen. Det indeholder engineering-udfordringer, som kan løses alene med viden/indhold fra naturfagene, hvilket er centralt, hvis det senere skal opgives til den fælles prøve i biologi, fysik/kemi og geografi. "Bæredygtig fødevareproduktion i storbyen" er desuden et problemfelt med flere indlejrede samfundsfaglige dilemmaer, som på trods af, at de ikke har indhold fra STEM-fagene, kan øge graden af både tværfaglighed og samfundsmæssig autenticitet. Endelig er der i forløbet fokus både på designprocesser og på elevernes tilegnelse af naturfaglig kompetence undervejs. Særligt det kompetencebaserede fokus i forløbet

gør det derfor velegnet som et fællesfagligt forløb, som kan gennemføres af eleverne i 8.-9. klasse og senere opgives til den afsluttende fælles prøve i biologi, fysik/kemi og geografi.

Opgives der fællesfaglige engineering-forløb til den afsluttende fællesfaglige naturfagsprøve, så er det dog væsentligt, at eleverne ved, at de ikke vurderes i engineering, men i deres evne til at bruge naturfaglig kompetence til at belyse en naturfaglig problemstilling. Det kan derfor være en god ide, at både lærere og elever før prøven er i dialog om, hvilke STEM-faglige problemstillinger de har beskæftiget sig som engineeringforløb, herunder hvilke dele som er særligt relevante ift. naturfagene. Eleverne bør også vejledes i, at de til den fælles prøve ikke bliver vurderet ud fra kvaliteten af deres prototype eller deres designkompetencer. I vejledningen bør man desuden forklare, at ikke-STEM-fagligt indhold gerne må inddrages perspektiverende i relation til den naturfaglige problemstilling, men at det ikke må blive for dominerende.

OPGAVE

I tabel 7.4 er oplistet tre STEM-faglige problemfelter opdelt i STEM-fagligt indhold og ikke-STEM-fagligt indhold. Indholdet er ikke udtømmende.

- Udvælg et af problemfelterne.
- Anvend værktøjet i tabel 7.3 til at vurdere og diskutere kvaliteten af de formulerede engineering-udfordringer. Er de autentiske og kan løses med STEM-indhold?
- Videreudvikle eksemplet ud fra spørgsmålene i værktøjet, og formuler på baggrund af jeres tilføjelser 1-2 nye engineering-udfordringer.



Engineering i skolen er et samarbejde mellem Engineer the future, VIA University College, Københavns Professionshøjskole og Astra, finansieret af VILLUM FONDEN.



VIA University
College

KØBENHAVNS
PROFESSIONS
HØJSKOLE



astra*

VILLUM FONDEN

