

Evaluering af projekt Engineering i gymnasiet i Region Midt 2019-2020

Projektet 'Engineering i gymnasiet' skal bidrage til de langsigtede mål om, at flere danske unge får:

- *Teknologisk og naturvidenskabelig almendannelse som en del af uddannelsen til kritiske, oplyste borgere*
- *Relevante generiske kompetencer rettet mod det 21. århundredes arbejdsmarked og samfund*
- *Større interesse for og viden om naturvidenskab og teknologi samt STEM-uddannelser og –professioner og derigennem øget søgning til STEM-uddannelserne*

I ansøgningen til Region Midt blev der formuleret række mål for EIG-projektet, nogle ret overordnede og andre mere konkrete og målbare på en kortere horisont. I forlængelse heraf blev der også ekspliciteret en række effekt- og resultatkrav (Ansøgning, s. 10-13), der vedrører engineering i stx på lærerniveau, elevniveau, organisatorisk niveau - og tillige adresserer materiale- og didaktikudvikling. Herunder beskrives først de overordnede konklusioner på evalueringen: Efterfølgende vil vi med afsæt i projektets mangesidige empiri i detaljer gøre rede for, hvorledes EIG er lykkedes med at opfylde målene og de centrale resultatkrav for hver af disse komponenter.

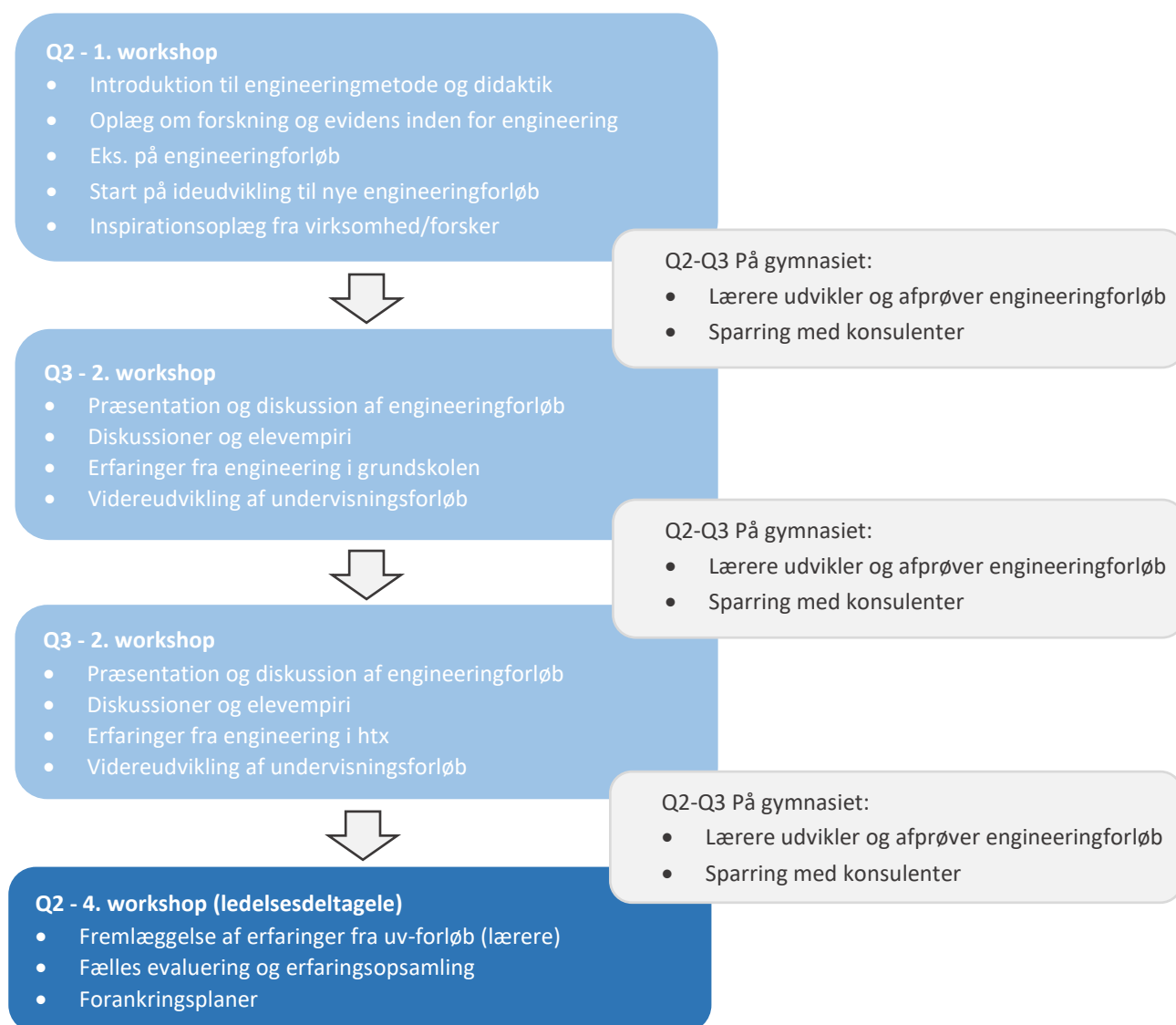
Konkluderende om engineeringmetodens potentiale som undervisningsformat i stx-naturvidenskabsundervisningen:

- Engineeringaktiviteter øger elevernes interesse for undervisningen i de naturvidenskabsfag, hvor det har været forsøgt. Det er ikke afklaret om denne effekt også består, når og hvis engineering bruges så regelmæssigt i undervisningen, at det mister sin nyhedsværdi.
- Engineering menes at bidrage til faglig læring i traditionel forstand, og i særdeleshed til metodekendskab og undersøgelseskompetence
- Engineering tilgodeser efter alle aktørers opfattelse tillige generiske kompetencer (problemløsningssevne, kreativitet/innovation, samarbejde og persistens) i en grad som traditionel naturvidenskabsundervisning ikke gør. Engineering har således potentiale til at være naturvidenskabsfagernes bidrag til at løfte gymnasielovens paragraf §1.3.
- Engineering er en relevant udvidelse og kvalificering af arbejdsformerne i naturvidenskabsfagene, fx tilfører engineering det undersøgende arbejde frihedsgrader i et omfang, som mange års tiltag til fordel for konstruktivistisk undervisning, Inquiry Based Education m.m. ikke for alvor har formået.
- Engineering i undervisningen er ikke kun for ekspert-lærere, men det er en fordel, at lærerne har/oparbejder fortrolighed med problembaserede arbejdsformer.
- Engineering kan fungere som et samlende udviklingsfokus – på både faggruppe-, skoleniveau og regionalt niveau.
- Engineering har umiddelbart en vis effekt på elevernes situerede STEM-rettede karriereovervejelser – men realistisk vil disse kun kunne fastholdes, såfremt eleverne møder engineeringaktiviteter regelmæssigt og over tid.

1A. Målet om at udvikle Best Practice-efteruddannelse som afsæt for at implementere engineering i stx.

Det har fra første færd været klart, at ambitionen om at efterprøve (og udrulle) engineering i stx kun lader sig realisere, såfremt der udvikles et bæredygtigt koncept for efteruddannelse af underviserne. Resultatet blev et udstrakt forløb med skolebaserede udviklingsgrupper, som både i udformning og indhold trak på best practice-viden - om hhv. design af efteruddannelse der virker og væsentlige udfordringer for implementering af engineering ind i eksisterende naturvidenskabsfag ("infusion"):

Udformningen er i overensstemmelse med international evidens og danske erfaringer for effektiv læreruddannelse (fx Krogh, L.B.; Waadegaard, N.; Nielsen, 2019; Krogh, 2016). I forløbet var der en vekselvirkning mellem fire fælles workshops for alle projektlærere og gymnasie-lokalt arbejde med at omsætte, implementere og reflektere inputs fra workshops i egen spirende engineeringpraksis. Det lokale arbejde blev understøttet gennem konsulentbesøg og erfaringer fra lokal afprøvning blev delt og reflekteret på den følgende fælles session (se figur):



Indholdsmæssigt og engineeringdidaktisk har et udgangspunkt været at tage udgangspunkt i de opmærksomhedspunkter, som forskningslitteraturen bruger som indikatorer for 'best engineering teaching practice' (Engineering-Infused Lesson Rubric af Peterman, 2017). Det handler først og fremmest om måltydighed, identifikation og tilrettelæggelse af den gode engineeringudfordring, integration mellem design-arbejde og traditionel fagfaglighed, stilladsering af arbejde med frihedsgrader, samt evaluering af elevudbytte, herunder også engineeringkompetencer og generiske kompetencer.

Disse opmærksomhedspunkter er næsten én-til-en-sammenfaldende med kritiske opmærksomhedspunkter og udfordringer, som voksede frem i grundskoleprojektet Engineering i skolen (EiS). På denne måde kunne man med samme ret hævde, at EiS-erfaringerne var et udgangspunkt. Vi var dog fra starten meget bevidste om, at selvom elementer af best practice og væsentlige udfordringer for engineering på de to skoleniveauer på overfladen tager sig ens ud, så kan de i detaljen alligevel være markant forskellige. Fx var det en klar forventning, at stx-underviserne ville prioritere fagfaglige aspekter og faglig integration meget højere i undervisningen end langt de fleste grundskoleundervisere. Hvilket også viste sig at holde stik.

De enkelte workshops blev løbende og formativt evalueret. Sammen med tilbagemeldinger og nye problemstillinger, som blev rejst på mellemliggende lokale workshops, blev den formative evaluering brugt til at justere struktur og indhold på næste fælles workshop.

Det samlede workshop-forløb er blevet evalueret af de deltagende undervisere fra Region Midt. I slutsurveyen tilslutter 11 (af 12) lærere sig bl.a., at deltagelsen i Engineering projektet har gjort at, "jeg vil kunne bidrage til at udvikle engineering i faggruppen og på skolen" og at "det er blevet vigtigt for mig, at få mere engineering ind i undervisningen".

En række indikatorer i slutsurveyen peger samstemmende på, at det udviklede efteruddannelsesforløb overordnet har fungeret, både hvad angår udviklingen af engineeringrelaterede lærerkompetencer og -holdninger. Når lærerne skal vurdere, hvilke dele af forløbet, som de har haft størst udbytte af, så angiver alle 12, at de "har haft stort udbytte af, at prøve engineering i eget klasserum og tænke over udfaldet", mens 11 tilsvarende er enige i at have fået stort udbytte af "planlægning, samarbejde og diskussion med kolleger". At 3-4 lærere ikke oplever at have fået det store udbytte af de fælles workshops og kollegadiskussioner på tværs af skolerne er næppe overraskende, da flere af de deltagende lærere er ekspertlærere med prisvindende elever i engineeringkonkurrencer. Mest overraskende er det måske, at kun halvdelen af underviserne tilslutter sig, at "mødet med engineering i andre skoleformer (grundskole, htx)" var udbytterigt. Der er således grund til at genoverveje dette indslag i ifm. en evt. reprise.

Udover denne interne evaluering har det udviklede efteruddannelsesdesign været udsat for forskellige grader af ekstern robusthedstest:

- *Koncept-overførsel:* De 4 workshop-sessioner har været genbrugt i det nært beslægtede Region H-projekt om engineering i stx – med ajourføringer affødt af den formative Region Midt-evaluering. Region H-projektet er pt. ikke færdigevalueret, men de foreløbige meldinger fra projektet er positive.

- *Koncept-kondensering:* Tre gymnasier i Region Nord har været involveret i afprøvning af de forløb, som er udviklet i EiG-Midt. De involverede 5 undervisere fik kun en enkelt eftermiddags workshop-introduktion til

engineering, selvom 3 (af 5) var novicer udi engineering og innovation. Workshopen blev afviklet af de samme undervisere som i EIG-Midt, mens indholdet bestod af udvalgte brikker fra Region Midt-forløbet. I slutinterviews med lærerne tilkendegav de alle, at den enkelte workshop-eftermiddag var tilstrækkelig til, at de kunne løfte opgaven med at afprøve (andres) engineeringforløb. Men som en af lærerne pointerede: "Hvis man skulle til at udvikle nye forløb, så kan det godt være man får brug for mere sparring!". Hvis målet er at efteruddanne lærere, så de selv kan bidrage til udvikling af engineering i egen og skolens praksis, så bør man formentlig ikke reducere den samlede lærerudviklingstid i efteruddannelsesforløbet nævneværdigt under de ca. 50 timer, som den internationale evidens anbefaler – og som også har været et pejlemærke for Region Midt-indsatsen.

Alt i alt gør ovenstående det rimeligt at konkludere, at der er i EIG er udviklet et bæredygtigt best-practice efteruddannelsesforløb, således som det var målet.

1B. Målet om at løfte lærernes faglige og fagdidaktiske kompetencer.

Lærerne, som deltog i Region Midt-projektet, var – med enkelte undtagelser – erfarne undervisere med betydelige faglige og fagdidaktiske kompetencer. Der var imidlertid betydelig spredning i deres erfaringer med design-baseret undervisning, idet tre havde noget nær eksperterfaringer med innovation, mens andre var rene novicer i denne beslægtede type undervisning.

Lærernes oplevede udbytte:

Det har ikke været projektets intention at levere objektiv dokumentation for, at lærerne rent faktisk har fået løftet deres faglige og fagdidaktiske kompetencer. Dette ville både ressourcemæssigt og metodisk være en udfordring. Til gengæld viser projektets empiri, at lærerne generelt *oplever*, at have lært noget af projektet. Selv de i forvejen innovationskyndige lærere. Dette fremgår bl.a. af den afsluttende survey, hvor der bl.a. blev spurgt til forskellige udbytteaspekter:

Lærernes oplevede udbytte: <i>Min deltagelse i projektet har gjort, at</i>	<i>Antal lærere med denne grad af tilslutning</i>			
	Helt uenig	Overvejende uenig	Overvejende enig	Helt enig
1. Jeg kender til engineering og kan indgå i kollegiale samtaler om engineering i undervisningen			3	9
2. Jeg kan planlægge undervisning, hvor engineering og fagfaglig undervisning spiller sammen		2	4	6
3. Jeg er blevet tryk ved at kaste elever ud i mere åbne engineeringudfordringer	1	1	2	8
4. Jeg er blevet bedre til at håndtere engineering i en praktisk klasesammenhæng		1	3	8
5. Jeg vil kunne bidrage til at udvikle engineering i faggruppen og på skolen		1	2	9
6. Det er blevet vigtigt for mig at få mere engineering ind i undervisningen	1		6	5

Første spørgsmål handler om udbytte i form af viden om engineering, spørgsmålene 2 og 4 vedrører praktisk engineeringkompetence, mens 3 og 5 indfanger aspekter af engineeringrelateret selvtillid. Endelig adresserer spørgsmål 6 et afgørende holdningsspørgsmål. *Generelt er lærernes svarfordeling særdeles tilfredsstillende ud fra et projektperspektiv – indikatorerne peger på, at lærerne har opnået et mangesidigt udbytte.* De få mere forbeholdne responser kan henføres til hhv. en ret traditionalistisk forståelse af, hvordan den faglige undervisning skal bedrives, hhv. forsigtighed mht. at kunne påberåbe sig at kunne de ting, som udsagnet går på.

Når lærerne bliver bedt om at specificere deres ”største udbytte”, så fremhæver de en vifte af aspekter:

- At turde afholde projekter/forløb, hvor eleverne i så stor grad er selvkørende – og leve med at have mindre kontrol.
- At rammesætningen er vigtig - og at man italesætter, *hvor* i processen man er. At have prøvet det [som lærer], gør det mindre farligt i fremtiden.
- At øve at tilrettelægge et projektforsløb. At bruge engineeringmodeller som redskaber, som man kan vise eleverne. At få et værktøj til at tale om engineering.
- Vi har erfaret, at man ikke behøver at afsætte mange timer til et forløb, for at eleverne alligevel får mulighed for at arbejde med udformning af en prototype.
- At have endnu et værktøj til at lave forløb, der kan engagere andre elevtyper end almindeligt, og bidrage til samarbejde og kreativitet internt i klassen.
- Helt sikkert vil jeg oftere lave øvelser med mindre ”køgebogsopskrift” og styring..... hvor de selv [eleverne] skal finde grej og selv udtænke fremgangsmåden.
- At den problemorienterede tilgang til det faglige stof gør, at eleverne i højere grad tager ansvaret for egen læring og selv bliver drivkraften i projektet.
- Jeg har været meget aktiv med innovation tidligere, men det har været sjovt at dreje fokus mere mod prototyper.
- Vi fik tid til at mødes og fælles planlægge forløb. Det gør forløbene til kemigruppens og ikke kun en enkelt lærers.

I den mundtlige slutevaluering var der tillige almindelig tilslutning til, at den fælles pulje af udviklede forløb og en nystartet idebank af tematiserede forløb til engineering var et værdifuldt udbytte.

Kompetenceudvikling afspejlet i engineeringpraksis:

I projektet er der gennemført i alt 8 semistrukturerede undervisningsobservationer, som giver et vist indblik i, hvorledes lærerne afvikler engineering undervejs i efteruddannelsesforløbet. I forhold til at fastslå, hvilken professionel udvikling, der har fundet sted, så er indblikket imidlertid begrænset af, at kun én lærer er observeret flere gange, at eleverne typisk er forskellige fra gang til gang, ligesom observationerne oftest vedrører forskellige øjeblikke i engineeringprocessen. Observationerne kan således ikke bruges til at godtgøre, i hvilket omfang der har fundet professionel *udvikling* sted.

Til gengæld giver observationerne øjebliksbilleder af lærernes spirende engineeringpraksis, som generelt er opløftende og viser, at lærerne formår at bringe engineeringdidaktiske elementer i spil: Engineeringudfordringer med rimelige frihedsgrader og indledende rammesætning i form af narrativer eller ud-af-huset-aktivitet, engineeringmodeller som ekspliciteres og bruges ifm. planlægning og med elever i klasserummet, en vifte af planlagte tiltag som stilladserer elevernes arbejde med de åbne problemstillinger. For nu at nævne nogle af de observerede indikationer af, at der er foregået et engineeringdidaktisk løft.

Billedet af, at engineeringundervisningen på mange måder har været velfungerende afspejles i den forløbskarakterisering, som eleverne har givet i surveysvar umiddelbart efter hvert engineeringforløb. Her svarer 76%, at de anser engineeringopgaverne for "tilpas svære", 85% angiver at de fik tid til at udvikle på egne ideer og løsningsforslag, mens 85 % mener at de "var nødt til at lave undersøgelser for at nå frem til en god løsning". Mere moderat tilslutter kun 64 % sig, at engineering begreber og processer blev italesat af læreren. 65 % finder, at der var afsat tid til at redesigne og optimere deres problemløsning. Endelig ligger tilslutningen til, at der stilladseres i form af "løbende lærerfeedback på produkt og proces" på 68%, mens 65 % oplever, at deres *produkt* er blevet bedømt iht. kriterier. *Elevernes gennemgående tilfredshed på disse parametre triangulerer således lærernes oplevelse af at have fået et engineeringdidaktisk løft.* I elevernes relative tilfredshedsniveauer aner man også visse udfordringer, som træder tydeligere frem i andre dele af det empiriske materiale.

Observerede lærerudfordringer:

I projektansøgningen var det formuleret som et selvstændigt vidensmål at få et "indblik i lærernes udfordringer ved implementering af engineering i undervisningen" i naturvidenskabsfagene. Disse fremgår både af observationer, workshop-diskussioner, lokale interviews og debriefinger, samt de afleverede forløbsbeskrivelser. Ikke overraskende for et efteruddannelsesforløb af moderat længde, så indikerer dataene her, at ikke alle udfordringer er elimineret ved afslutningen.

Med henblik på videre udrulning og opskalering af engineering i stx er de mere vedvarende udfordringer vigtige. Hvis man vil høste det fulde udbytte af engineeringtilgangen, er man nødt til at finde måder at adressere dem på. Enten via mere målrettede og evt. længerevarende tiltag i efteruddannelsen eller lokalt arbejde på faggruppeniveau. Af hensyn til det fremtidige arbejde udfoldes en række centrale udfordringer i det følgende.

- *At faglig begrebslæring ofte fylder så meget for stx-undervisere – på bekostning af metoder og generiske kompetencer.* Konkret betyder det, at der sjældent formuleres engineeringlignende mål eller mål relateret til mere almene kompetencer. Planlægningen udspringer typisk af fagfaglige betragtninger, udfordringer og produktformer twistes i retning af traditionelle faglige formater, opsamling sker med vægt på fagfaglige aspekter osv. Bl.a. med fare for at særligt engineeringudbytte som problemløsnings-evne, kreativitet, samarbejdsevne ikke realistisk nås.
- *At udnytte engineering som vej til faglig læring:* Engineering er i projektet blevet introduceret som en særlig didaktisk tilgang – som en middel til faglig læring. Visse lærere viste sig i projektet at have gavn af didaktiske modeller med dette fokus, men i adskillige tilfælde, så vi lærerne implementere engineering som en *anvendelse* af allerede tillært faglig viden. På denne måde bliver engineering et tidskrævende, add-on til undervisningen i naturvidenskabsfagene.

- *At erkende og udnytte de særlige træk ved engineeringprocessen:* mange lærere synes at have svært ved at erkende/anerkende, at engineeringprocessen adskiller sig fra traditionelt undersøgende arbejde og opgaveløsning – først og fremmest ved **Konstruktion af prototypiske faglige problemløsninger**, samt **iterativ, systematisk og fagligt funderet Optimering**.
- *At finde tid til at udfolde engineering som proces:* Stx-lærerne føler et betydeligt tidspres ift. at nå prøverettede (faglige) mål. Derfor er det en udfordring for dem enten at udvikle korte engineeringforløb, som gennemløber hele engineeringprocessen eller fokuserede forløb, som målrettet adresserer een bestemt engineering delkompetence. I projektet arbejdede en gruppe af lærere med sådan "microteaching" – og nåede et stykke vej i retning af at formulere og planlægge kortere EDP-forløb.
- *At håndtere de åbne læreprocesser, som engineering introducerer, herunder de gruppeprocesser som engineering aktualiserer.* Åbenheden i en typisk engineering problemløsning bringer mangan en lærer på kanten af deres komfortzoner, idet de ofte ikke selv kender "opskriften" på et godt design eller en duelig problemløsning. Det gør det vanskeligt at give feedback til elevgrupper. Yderligere vil et længerevarende engineeringarbejde udfordre elevernes samarbejde og resiliens i en grad, som kræver læreropmærksomhed og intervention. Selv mangeårige undervisere viser sig at være utrænede, hvad den slags angår.
- *At evaluere elevernes udbytte af engineering.* Her er udfordringen dels en udbredt gymnasial ulyst til at foretage systematisk lærings-evaluering, dels en betydelig uklarhed på, hvorledes procesaspekter og generiske kompetencer faktisk vil kunne evalueres. I projektet blev flere engineering- evalueringsværktøjer introduceret, men de proces- og kompetencerettede blev aldrig brugt. Reelt så vi kun i enkelte tilfælde at elevudbyttet af engineering blev evalueret, og da kun via kriteriebundet produkt-evaluering.

Det større kompetenceudviklingsperspektiv mht. engineering:

De observerede udfordringer udtrykker, at *der er grænser for, hvor langt man kan nå med kompetenceudvikling i et projekt af dette omfang*. Fra den internationale forskning om professionel udvikling mht. engineering ved man godt, at én ting er at have viden *om* engineering ("knowing about"), en anden er at omsætte denne viden til praksis ("knowing to", SUN 2014). Det er således relevant at betragte det udviklede efteruddannelsesforløb i engineering som et væsentligt og vellykket *første skridt*, som med fordel kan udbygges. Enten af videregående efteruddannelse – eller af lokale indsatser med medspil af eksterne ressourcepersoner.

I den sammenhæng er det vitalt, at lærerne næsten unisont tilkendegiver, at det gennem projektet "er blevet vigtigt for mig at få mere engineering ind i undervisningen". Der forekommer at være skabt en grund for videre udvikling af engineering. I tråd hermed fremhæver rektor for et af deltagergymnasierne i sine afsluttende betragtninger, at projektet har været vellykket, først og fremmest fordi engineeringdagsordenen har formået at engagere og samle væsentlige dele af faggrupper, som normalt ikke higer efter kompetenceudvikling.

For at konsolidere arbejdet med engineering på deltagergymnasierne blev disse i den sidste projektperiode bedt om at lave en lokal forankringsplan. Her finder man først og fremmest mere kortsigtede planer for *spredning* af erfaringerne med engineering til en ny og større gruppe af naturvidenskabelige kolleger, først

og fremmest gennem faggruppemøder. Derudover forsøger to af gymnasierne på forskellig vis at sikre forankring og fremtidig engineeringindsats ved enten at bygge engineering ind i strukturer på skolen eller forbinde engineering med centrale udviklingsmål for skolen:

- *"De naturvidenskabelige lærere kommer til at arbejde med engineering i naturvidenskabeligt grundforløb og i forbindelse med at alle naturvidenskabelige klasser deltager i science cup" (gymnasie 1)*
- *"Vi vil gerne udvikle fysikundervisningen i en retning, hvor den er endnu mere orienteret mod,*
 - *at arbejde med problemstillinger fra hverdag, samfund mv.*
 - *at engagere eleverne og udvikle deres innovative evner-*
 - *at arbejde med åbne problemstillinger**Engineering kan bidrage i forhold til ovenstående."*

Strukturel og værdimæssig forankring af engineering er afgørende for den videre udvikling af såvel engineering som lærernes engineeringkompetencer. Det er imidlertid tankevækkende, at skolernes forankringsplaner ikke indeholder tiltag, som eksplicit sikrer deltagere i EIG-projektet yderligere kompetenceudvikling.

1C. Målet om at udvikle naturvidenskabsundervisningen, så den fremmer elevernes interesse for naturvidenskabelige fag (og evt. for STEM-karrierer), øger deres innovative og problemløsende kompetencer, samt styrker deres vedholdenhed i undervisningen.

EIG-projektet og elevernes interesse for naturvidenskabsfag og STEM-karrierer:

Kortlægningen af tidligere danske "engineeringlignende" projekter i grundskolen (Sølberg & Waaadegaard, MONA, 2019-2) peger på, at engineering har potentiale til at fremme elevernes interesse for naturfag. Det har været en central del af EIG-projektets målbeskrivelse at afdække, om engineering på en teoretisk orienteret ungdomsuddannelse som stx vil kunne ændre undervisningen i naturvidenskabsfagene på måder, som virker interesseskabende.

Dette er undersøgt vha. elevsurveys ved afslutningen af de enkelte engineeringforløb i projektet. Altså mens oplevelsen fortsat står stærkt i elevernes erindring. Postsurveyen indeholdt bl.a. spørgsmål til en række forskellige udbyttémål, herunder forskellige aspekter af elevinteresse og motivation. Tabel 1 nedenfor opsummerer elevernes oplevelse på vigtige affektive spørgsmål.

Tabel 1: ELEVERNES OPLEVELSE AF ENGINEERING:

- 86% finder at "engineering var med til at skabe en god variation i undervisningen"
- 80% synes, at "engineering var sjovt"
- 83% synes, at "det var spændende at lære at arbejde på den måde som ingeniører gør"
- 71% "ville gerne have mere engineering i undervisningen"

Datagrundlag: 374 elevsvar. Heraf Biotech: 16, Fysik: 228, Kemi: 58 og NV: 72. Klassestrin: 1g: 123, 2.g: 212, 3.g: 39. 4 grader af tilslutning (Helt uenig, Overvejende uenig, Overvejende enig, Helt enig). Procenttal ovenfor er summen af Overvejende enig og Helt enig.

Som det fremgår af tabellen finder mindst 4 af 5 elever, at engineering gør noget godt for deres oplevelse af den naturvidenskabelige undervisning – som noget der i situationen opleves som sjovt, spændende og som god variation. **Projektet leverer således belæg for, at engineering fremmer interessen hos den store elevgruppe. I hvert fald på den umiddelbare, korte bane ("siteret interesse").**

For at indfange de faktorer, som medvirker til, at engineering motiverer størstedelen af stx-eleverne, blev de også bedt om at beskrive, hvad "det bedste ved forløbet" var. Et typisk udsnit af svar ser sådant ud:

- At vi fik frie tøjler
- Selvstændigt arbejde
- Det med selv at finde en løsning
- Det praktiske, og at vi selv kunne komme med løsningsforslag
- Vi fik lov til at være kreative
- At arbejde anderledes med forsøg

Det er meget tydeligt, at eleverne motiveres af de større frihedsgrader i engineering og den autonomi, som de dermed oplever i processen. Det, at være kreativ, selv få ideer og både undersøge og realisere dem tilføjer det traditionelle undersøgende arbejde i naturvidenskabsfagene et anderledes, motiverende element.

I spørgeskemaet er eleverne også blevet bedt om at foreslå forbedringer til de forløb, som de har oplevet. Her er det langt hyppigste synspunkt, at de gerne ville have haft mere tid til deres problemløsning. Dette ønske står i tydelig kontrast til mange lærernes udtalte bekymring over tidsforbruget ved at gennemføre en fuld engineeringproces. Næsthypigst efterspørger eleverne i deres surveysvar også "mere hjælp til at komme på rette spor" og "mere feedback".

I henhold til teorierne for elevinteresse, så burde tilstrækkelig mange øjeblikkes siteret interesse kunne hobe sig op til en mere langsigtet *personlig* interesse (Hidi, 2006). Af den slags som kommer til udtryk i overvejelser omkring fremtidige karrierer og jobvalg. På forhånd kan man godt være lidt skeptisk omkring at tro på sådanne udbytte mål af EIG-projektet, al den stund, at langt de fleste elever kun har mødt engineeringtilgangen i en enkelt tilfælde. Umiddelbart ser elevernes survey-svar jo også mere mådeholdne ud her (se tabel 2):

Tabel 2: Projektets betydning for elevernes langsigtede interesser mht. karriere og job:

- 38 % tilslutning til: "jeg blev mere interesseret i at arbejde som ingeniør"
- 42 % tilslutning til: "jeg lærte virkelig lærte noget, som jeg kan bruge i et fremtidigt job "
- 55% tilslutning til: "Jeg blev mere interesseret i et arbejde indenfor naturvidenskab"
- 58% tilslutning til: "jeg blev mere interesseret i at *arbejde* praktisk-teknisk og problem-løsende "

Men: alligevel er det både **positivt og en kende overraskende, at et eller to engineeringaktiviteter i den enkelte elevs undervisning rent faktisk får mellem ca. 1/3 og 3/5 af eleverne til at mene, at det har påvirket deres umiddelbare karriereovervejelser. Hvis man faktisk kunne fastholde denne siterede interesse for STE-**

relaterede karrierevalg, hos blot en del af eleverne, så burde enhver planlæggerbekymring for den fremtidige STEM-rekruttering kunne skrinlægges! Interesseforskningen viser dog, at det i almindelighed er usikkert og møjsommeligt at fastholde og vækste en situeret interesse. I særdeleshed hos unge, som typisk holder deres har meget flydende forestillinger om deres fremtidige erhvervsvalg og holder deres søgeprocesser åbne meget længe (ref.: Krogh & Andersen eller Lykkegaard & Ulriksen). Meget kan således ske, inden de unge reelt står overfor et bindende karrierevalg. Man skal således glæde sig over denne karriereindikator med måde!

Elevernes karriererettede udbytte-oplevelse skal ses i lyset af, at lærerne i EIG-projektet i højere grad har set sig selv som formidlere af en faglig og almindendannende undervisning, end som fortalere for bestemte karrierevalg eller som rekrutteringsagenter. Karriereaspekter, det være sig i relation til naturvidenskab såvel som ingeniørvidenskab, er således ikke blevet ekspliciterede. Lærerne har introduceret "engineering" som en faglig arbejdsmetode, men ikke søgt at italesætte hvilke typer af ingeniører der findes og hvad disse typisk laver. Et enkelt af gymnasierne udnyttede ad flere omgange EtF-tilbuddet "Book en ekspert" – men da med et snævert *fagligt* sigte.

EIG-projektet og generiske & fremtidsrettede kompetencer:

Der findes forskellige bud på, hvilke generiske kompetencer unge vil få brug for i et fremtidsrettet perspektiv. De fleste peger på, at det vil være godt at kunne forholde sig fleksibelt og kreativt til problemløsning, ikke lade sig slå ud af modgang (vedholdenhed, resiliens) og at kunne indgå i samarbejder. Disse aspekter er også forfulgt i den afsluttende elevsurvey (tabel 3).

Tabel 3: EIG-projektet og elevudbytte i form af generiske og fremtidsrettede kompetencer

- 69% tilslutning til: Jeg blev bedre til at arbejde innovativt og problemløsende
- 77% tilslutning til: Jeg lærte at man ikke skal lade sig slå ud af, at tingene ikke lykkes i første omgang
- 83% tilslutning til: "Man skulle være kreativ for at løse de stillede opgaver"
- 83% tilslutning til: Vi var nødt til at arbejde sammen for at løse opgaven/problemet ordentligt.

Her er de to første spørgsmål elevernes oplevede udbytte, mens de sidste to snarere angiver, at engineering-forløbet har stimuleret til et sådant udbytte.

Engineering opleves altså som pænt givende, hvad angår innovation/kreativitet, problemløsning og vedholdenhed. Det er bemærkelsesværdigt, idet sådanne udbytter normalt ikke forbindes med undervisningen i naturvidenskabsfagene. Dette bekræftes af lærernes afsluttende survey, hvor samtlige deltagende lærere tilkendegiver, at *eleverne blev bedre til produktrettet, iterativ problemløsning, at eleverne fik et andet blik for, at naturvidenskabelig viden kan anvendes på real-world problemstillinger, samt at eleverne fik stimuleret deres kreativitet og innovationsevne*. Kun en enkelt lærer var delvist uenig i udsagnet *Eleverne lærte, at fejl kan være lærerige, blot man bliver ved og lærer af dem*.

Flertallets opfattelse dækkes meget godt af følgende lærercitat:

"De stærke elever oplevede i det længerevarende forløb at blive frustrerede, de skulle selv finde på, der var ikke en opskrift, de fik overraskende resultater. Men de lærte at bruge frustrationen, de lærte at prøve sig frem (man må gerne fejle), de lærte at udvikling tager tid og der ikke altid findes et svar på forhånd. De refererer her et år efter stadig til dengang de lavede engineering".

Der synes dermed at være imponerende enighed om, at disse generiske kompetencer tilgodeses gennem engineeringprojekter, som de gennemførte. Dette er desto mere bemærkelsesværdigt, når man betænker, at projektets lærere *ikke* målrettet har gjort noget for at forfølge disse. Måske ligger tilløb til sådanne udbytter nærmest indbygget i en undervisning efter engineering proces-modellen!? Yderligere synes engineering at være en god træningsbane for elevernes evne til at samarbejde. Som nævnt tidligere er det også en udfordrende træningsbane - for både lærere og elever. Hvis der skal komme samarbejdskompetence ud af træningen, så kræver det, at både lærere og elever får værktøjer til at håndtere de udfordringer og konflikter, som er knyttet til samarbejdet omkring engineeringudfordringer.

1D. Målet om at undersøge undervisningsmetoden engineerings potentiale i undervisning i naturvidenskabelige på stx.

I formålsparagraffen til Lov om de gymnasiale uddannelser (2017), som gælder *alle* gymnasiale uddannelser anføres det, at eleverne her skal "tilegne sig almendannelse, viden og kompetencer". I §1.3 uddybes dannelsesperspektivet bl.a. med følgende sætning "Uddannelserne skal tillige udvikle elevernes kreative og innovative evner og kritiske sans". Længere nede specificeres det almene gymnasiums egenart gennem følgende paragraf § 5. *I uddannelsen til almen studentereksamen er fagligheden nært forbundet med videnskabsfagene inden for humaniora, samfundsvidenskab og naturvidenskab. Uddannelsens formål, jf. § 1, realiseres således inden for en bred, almen fagrække. Uddannelsen skal udvikle elevernes evne til faglig fordybelse og deres forståelse af videnskabernes anvendelse. Der lægges i undervisningen vægt på såvel det teoretiske som på fagenes anvendelse til analyse af almene og videnskabsrelaterede problemstillinger.*

Formelt er stx således primært karakteriseret ved en betoning af faglig fordybelse og teori i nær tilknytning til videnskabsfagene. Faglige anvendelser omtales også, men da med analyse og forståelse som sigte. Både fagenes læreplaner, og de traditionelle fagforståelser som former lærernes tænkning og praksis, baserer sig en sådan forståelse. *Det er således afgørende for engineerings potentiale i stx, at man kan dokumentere, at denne undervisningstilgang fremmer det traditionelle faglighedsprojekt. Eller subsidiært, at det uden at skade den traditionelle faglighed formår at fremme elevernes STEM-interesse og åbner for nye fremtidsrettede generiske kompetencer.*

Bekymring 1: Faglig læring gennem engineering?:

I projektet har vi indsamlet både lærernes og elevernes opfattelse af den faglige læring. Lærernes opfattelse er belyst vha. surveys, interviews og forløbsevalueringer. Elevernes udelukkende vha. surveysvar.

Lærerne er overvejende positive ift. elevernes faglige udbytte af engineering, som det fremgår af Tabel 4:

Tabel 4 Lærernes oplevelse af fagligt udbytte hos eleverne	Antal lærere med denne grad af tilslutning			
	Helt uenig	Overvejende uenig	Overvejende enig	Helt enig
Eleverne blev bedre til at selv at undersøge og håndtere naturvidenskabelige metoder			9	3
Eleverne lærte et nyt fagfagligt indhold gennem engineeringaktiviteterne		4	7	1
Engineering aktiviteter understøtter <i>ikke</i> elevernes læring af centralt fagligt indhold [NB: spørgsmålet vendt]	5	4	3	

Det teoretisk faglige udbytte fremgår af udtalelser som *"Med forløbet jeg gennemførte oplevede jeg til gengæld at eleverne arbejdede mere selvstændigt med nyt stof end jeg har været vant til at se."* hhv. *"Ved et godt tilrettelagt forløb oplever eleverne at de er nødt til at indhente faglig viden, for at nå i mål (de kan ikke bare prøve sig frem). Der trænes mange af de faglige mål i Fysik B."*

Begejstringen for elevernes undersøgelsesmetodiske udbytte står unisont og stærkest i empirien, også i lærerinterviews, herunder også interviews med de 5 lærere fra Region Nord-gymnasier, der har afprøvet Region Midt-lærernes engineeringforløb. Nogle stemmer herfra illustrerer den generelle opfattelse af det fagrelaterede læringsudbytte.

"jeg synes, at de har lært noget!". ..
(til eleverne): "I er blevet meget, meget bedre til at lave øvelser"
"jeg nød virkelig at gå i lab, mens de arbejdede med at konstruere"... og de arbejdede bare så godt". *Lærer 1*

"De har lært mere, end de ville gøre i min almindelige undervisning... og det er meget mere motiverende for dem... det her.

Ulempen er... det her det tager lidt længere tid!". Læringsgevinsten er især "fagfaglig... fordi det er en mere aktiv læringsform end til daglig." *Lærer 3*

"Følte, at de havde en motivation for at lave et godt eksperiment".
"De var meget opmærksomme på at opdage de fejl, der nu ku' være ... eller eliminere de fejl, der ku' være"
"Udfordringen lå hos de "flittige piger", som lige skulle indse, at der var noget fagligt i det her. " *Lærer 2*

Også eleverne er overvejende positive overfor det faglige udbytte af engineering, således mener godt 2 ud 3 elever, at *"Engineeringopgaverne hjalp én til at forstå andre dele af faget"* hhv. at de *"lærte en masse fagligt i forløbet"*.

EIG-projektet indikerer således, at engineering kan tilgodese fagligt relevante stx-læringsmål, i særdeleshed mere metode-/proces-/ og kompetencerettede mål.

Bekymring 2: Fagligheds-value-pr-time brugt. På trods af den almindelige tilslutning til, at eleverne kan lære faglige pointer gennem engineering, så er en del lærere bekymrede for, at det tager længere tid end det ville gøre i en traditionel begrebsrettet undervisning. Denne bekymring førte til, at en gruppe af projektdeltagere med et vist held søgte at udvikle korte og/eller snævert fokuserede "micro-engineering"-forløb.

For tre (af fem) naturvidenskabsfaglige undervisere på test-gymnasier i Region Nord betyder tids-bekymringen, at de "nok kun vil kunne finde tid til" et enkelt engineeringforløb pr. år på et givet undervisningshold. Her er det påfaldende, at dette synspunkt kun forfægtes af nybegyndere indenfor engineering i testgruppen. Både her og i den større EIG-lærergruppe er tidsbekymringen mindst hos de undervisere, som er fortrolige med traditionel faglig undervisning såvel som med mere problembaserede undervisningstilgange. Dette kunne tolkes som om, at **fagligheds-value-for-time bekymringen har mindre med engineeringtilgangen at gøre end med lærernes fortrolighed med engineeringlignende undervisningsformater.**

Tidsbekymringen er hos nogle undervisere også forbundet med, om engineering nu spænder ben for, at man kan nå at forberede eleverne til fagets prøver. 1/3 af lærerne har svært ved at se, at engineeringaktiviteter kan indgå i en prøvesammenhæng, hvilket selvsagt øger tidsbekymringen. Også her er tendensen, at bekymringen er størst hos de uerfarne lærere.