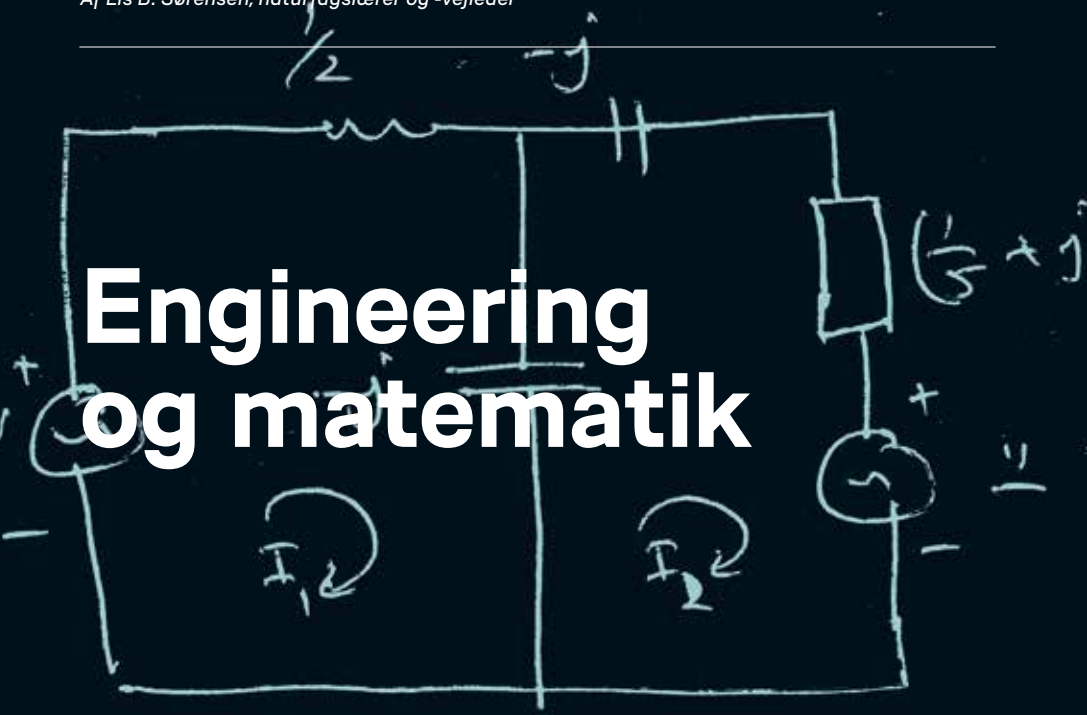


Engineering og matematik



$$\left(\frac{1}{2} - j\right) \underline{I}_1 = 5 \angle 0^\circ$$

~~$$\left(\frac{1}{5} + j\right) \underline{I}_2 = 5 \angle 0^\circ$$~~

$$\left(\frac{1}{2} - j\right) \underline{I}_1 - j \underline{I}_2 = 5$$



Lis B. Sørensen, naturfagslærer og naturfagsvejleder på Kirkebakkeskolen, Vejle Kommune

Denne artikel handler om et forløb i matematik på en 9. årgang på Kirkebakkeskolen i Vejle, hvor engineering blev brugt som den primære arbejdsmetode. En del af forløbet er udarbejdet som et led i et kompetenceudviklingsforløb, som jeg deltog i, i forbindelse med Vejle kommunes deltagelse i Engineering i Skolen (EiS)¹.

Jeg vil komme ind på hvilke overvejelser, der ligger bag valget af den givne udfordring, hvordan forløbet blev bygget op, og hvordan jeg stilladserede arbejdsprocessen med forskellige metodekort. Til sidst vil jeg komme ind på mine overvejelser omkring brugen af engineering som arbejdsmetode i matematik.

Engineering

Jeg valgte at bruge EDP-modellen (se artikel 1), fordi den indeholder nogle delprocesser, der højner elevernes niveau af samarbejde, kreativitet og problemløsning. Samtidig lægger metoden op til at inddrage problemstillinger fra verden udenfor skolen. Det er ligeledes en god

mulighed for at få den undersøgende matematik i spil på en naturlig, men også udfordrende måde.

I forbindelse med metoden er der udarbejdet en del metodekort, som kan hjælpe med at styre eleverne igennem delprocesserne, og som eleverne senere

ENGINEERING OG MATEMATIK

i mere selvstændige projekter selv kan brugeⁱⁱ. Jeg vil komme mere ind på, hvilke metodekort jeg valgte at inddrage i dette forløb senere i artiklen.

Udfordringen

I forbindelse med emnet "trigonometri" i matematik, havde jeg behov for at gøre emnet mere virkelighedsnært for mine elever. Emnet anses for at være svært og

for nogle elever meget utilgængeligt, og derfor lidt af en "dræber".

Ved at "opfinde" en problemstilling fra den virkelige verden udenfor skolen ville jeg få mulighed for at øge elevernes motivation, da de ville kunne se et formål med at lære og arbejde med trigonometri.

Den givne problemstilling så sådan ud:

Oh no ...

Okanen Wanda har ødelagt store dele af den Caribiske ø "Tahutu". Øens guvernør John Cleese, har sendt bud efter hjælp.

Du har fået til opgave at hjælpe med at genetablere vandforsyningen på øen. Ingeniør Kevin Kline fra Tahutus vandforsyningsselskab har fundet ud af, at et 50 m højt vandtårn bygget på en bakke midt på øen, vil kunne forsyne hele øen med frisk drikkevand. Problemet er at det er svært at transportere og bearbejde materialerne på stedet. Det er derfor vigtigt, at delene til tårnet er tilpasset inden de flyttes ud til stedet. Da Tahutu er et meget fattigt samfund, vil der være begrænsende materialer til rådighed.



Udover den givne problemstilling fik eleverne følgende krav til opgaven:

“I skal designe og bygge et vandtårn af spaghetti, der kan bære en skolemælks-karton fyldt med vand. Tårnet skal være 50 cm højt. Fundamentet er 10 x 10 cm. Materialer: ½ pk spaghetti og 1 pk lærer-tyggegummi. I skal bruge jeres viden om trekanter og trigonometri”

Det var vigtigt for mig, at problemstillingen var så realistisk og virkelighedsnær, at eleverne kunne se et formål med at arbejde med den. Derudover skulle jeg sikre mig, at de ville kunne bruge trigonometrien i deres arbejde med en løsning. Det kunne være i forbindelse med at beregne længden på de stænger, de skulle bruge til at bygge tårnet eller beregne vinklerne på samlingerne i tårnet. Det var vigtigt for eleverne at kunne fremstille stængerne til tårnet på forhånd, da tårnet jo i følge udfordringen skulle kunne samles på stedet. Mit sidste krav til problemstillingen var, at det skulle være muligt for de fagligt svage elever at løse problemstillingen ud fra deres viden om Pythagoras' sætning. Derudover skulle problemstillingen også være konkret og let forståeligⁱⁱⁱ.

Planlægning af forløbet

For at kunne løse opgaven skulle eleverne vide noget om beregninger vha.

trigonometri. Jeg lavede derfor først et kursusforløb, inden vi gik i gang med selve engineeringforløbet. Her gennemgik vi teorien bag og lavede opgaver til enhedscirklen, cosinus, sinus og tangens. Vi var ude i lokalområdet og måle højder på flagstænger, lygtepæle, træer mm. og vi målte vinkler og lavede forskellige trekantsberegninger på skolens inventar. Alt sammen med problemstillingen for øje. Det var vigtigt for mig at eleverne havde dette kursusforløb inden selve engineeringudfordringen, da de ellers blot ville have løst udfordringen ud fra Pythagoras læresætning alene. De kendte intet til trigonometri på forhånd og vidste derfor ikke, at det var beregningsmetoder, der kunne sættes i spil. Vi startede og afsluttede hver lektion med at gennemgå, hvordan det lærte ville kunne bruges til at løse Tahutu-problemstillingen. Når vi f.eks. havde gennemgået og arbejdet med brugen af cosinus til at finde en ukendt længde i en trekant, fik grupperne tid til at snakke sammen om, hvordan den nye viden kunne bruges til at beregne længderne på stængerne i deres vandtårne.

Jeg opsatte følgende faglige læringsmål for forløbet:

- Jeg kender til enhedscirklen og kan benytte trigonometri til at finde sidelængder og vinkler i en retvinklet trekant

Vi lærer ved at gøre, fordi vores verden er en praktisk verden.



- Jeg kan benytte sinus, cosinus og tangens til arealberegning af retvinklede trekanter
- Jeg har viden om den retvinklede trekant og kan benytte Pythagoras læresætning til at beregne sidelængder

Hele forløbet var planlagt til at vare fire uger med fem ugentlige lektioner, og vi brugte de første to uger på kursUSDelen.

I anden del af forløbet skulle eleverne i gang med at løse problemstillingen ud fra deres nye viden om trigonometri. Eleverne blev inddelt i grupper, hvor jeg var meget bevidst om, at der var både faglige svage og stærke elever repræsenteret i hver gruppe ud fra princippet om det heterogene team, som man arbejder med i cooperative learning. Princippet går ud på, at den dygtige elev vil udvikle sig mere gennem

sine forklaringer til den fagligt svage elev, end hvis han/hun arbejdede sammen med ligebyrdige makker^{iv}. Jeg lagde ligeledes vægt på, at der skulle være mindst en elev, der var god til at samarbejde i hver gruppe. Samtidig forsøgte jeg at skele til elevernes andre kompetencer (kreativitet, teknisk snilde, håndværksmæssige kompetencer mm.). Hver gruppe skulle udnævne en "sekretær", som fik ansvaret for at holde samling på noter, skitser, materialer mm.

Arbejdsprocessen

Skolen er en FabLab@School-skole^v, og eleverne har derfor kendskab til den arbejds metode, der knytter sig til designcirklen^{vi}. Men de havde aldrig prøvet at arbejde med EDP-modellen før.

En af fordelene ved EDP-modellen er muligheden for at styre elevernes frihedsgrader i arbejdsprocessen gennem stilladsering og brug af metodekort. I rapporten "Engineering i skolen, hvad, hvordan, hvorfor"^{vii} er frihedsgraderne opstillet i et skema (Se artikel 10).

Jeg har markeret de valg af frihedsgrader, jeg valgte:

	Struktureret forløb Meget få valg og frihedsgrader for grupperne.	Guldet forløb Nogle valg og frihedsgrader for grupperne.	Åbent forløb Mange valg og frihedsgrader for grupperne.
Forstå udfordringen	Grupperne arbejder ud fra en lærerformuleret forståelse af udfordringen.	Grupperne vælger en forståelse af udfordringen fra lærerens liste.	Grupperne formulerer selv deres forståelse af udfordringen inden for den ramme, som er givet i oplægget.
Undersøge	Grupperne arbejder efter præcise instruktioner med at finde viden om udfordringen.	Grupperne vælger mellem forslag fra læreren til, hvordan de kan få viden om udfordringen.	Grupperne vælger selv, hvordan de vil få viden om udfordringen.
Få ideer	Læreren styrer gruppernes diskussion.	Grupperne vælger mellem forslag til styring af deres diskussion.	Grupperne organiserer selv deres diskussion om deres forskellige ideer.
Konkretisere	Grupperne arbejder efter præcise konkretiseringsinstruktioner.	Grupperne vælger mellem forskellige forslag fra læreren til, hvordan de vil konkretisere en løsning.	Grupperne vælger selv, hvordan de vil konkretisere en løsning.
Konstruere	Læreren fastlægger materialer, værktøjer og konstruktionsproces sammen med grupperne.	Læreren giver grupperne materialer og værktøjer at vælge imellem, og læreren vejleder i forhold til konstruktionsprocessen.	Grupperne vælger selv materialer og værktøjer og bygger selv en prototype.
Forbedre	Læreren fastlægger afprøvnings- og testprocedure og hjælper grupperne med at vurdere, hvordan deres prototype kan forbedres.	Grupperne kan vælge mellem flere forslag til afprøvnings- og testprocedurer og vurderer forbedring af deres prototype og løsning efter givne kriterier.	Grupperne vælger selv afprøvnings- og testprocedure og vurderer selv forbedringer af deres prototype og løsning.
Præsentere	Læreren hjælper grupperne med at præsentere deres løsning.	Grupperne følger en vejledning for, hvordan løsningen skal præsenteres.	Grupperne planlægger selv medie og format og præsenterer selvstændigt.

ENGINEERING OG MATEMATIK

Da det var første gang, eleverne stiftede bekendtskab med engineeringmetoden, valgte jeg at styre eleverne gennem de udvalgte delprocesser ved ens struktureret stilladsering for alle grupper^{viii}. Det meste af forløbet var derfor meget struktureret og guidet. Når først eleverne kender arbejdsprocesserne, kan man bedre give slip og lade eleverne selv vælge metoder og derved selv styre processen.

Ved præsentationen af arbejdsprocessen lagde jeg vægt på, at der var et formål med hvert af de metodekort, jeg havde valgt ud. Dels skulle metodekortene hjælpe eleverne med at styre processen, dels skulle de give dem nye arbejdsmetoder, som de ville kunne bruge i andre situationer f.eks. i arbejdet med deres projektopgave senere på året. Jeg gjorde således meget ud af både at introducere metoderne for eleverne, men også at fortælle dem om formålet med metoderne, og efter hver proces brugte vi tid på at snakke fordele og ulemper igennem og snakkede om, hvordan de enkelte elever kunne tilpasse både deres egen arbejdsmetoder og metodekortene, så det passede sammen.

Jeg valgte at bruge ekstra tid på dette, dels for at give eleverne en god mulighed for at tage arbejdsmetoden til sig og føle ejerskab til processen og dels for selv at få metoden ind under huden.

Valg af metodekort

Der er mange forskellige metodekort

tilknyttet engineeringmetoden. Jeg valgte ikke at bruge dem alle, men vælge dem ud, der passede til de udfordringer, mine elever ofte mødte. Fx har jeg oplevet, at mine elever tit havde svært ved at dvæle ved brainstorm og idégenerering og hurtigt gik videre med den første ide, de fik. En anden faldgrube for dem var, at der ofte var en eller to dominerende elever, der fik deres ide igennem uden videre begrundelse for, hvorfor lige netop den ide var den bedste.

Derfor valgte jeg at arbejde en del med "Videnskortlægning"^{ix}, hvor eleverne i gruppe skulle snakke om, hvad de vidste om emnet i forvejen. Her lagde jeg også vægt på kildekritik, altså hvor de havde deres viden fra. At eleverne skulle kortlægge hvad de vidste, hvad de troede de vidste og hvad de troede de ville få brug for at vide sporede dem ind på emnet og hjalp dem til ikke at få ideer til løsning af problemstillingen, som allerede eksisterede^x.



Da eleverne bagefter lavede brainstorm, benyttede jeg metodekortet "Brainstorm bordet rundt"^{xi}. Her skulle eleverne brainstorme på gode ideer til løsning af problemstillingen, men uden at snakke sammen. Det gjorde, at de stille og ikke så dominerende elever fik en stemme i processen. Metoden med at skrive forslag til hinandens ideer uden at snakke sammen om det, gjorde at eleverne fik ejerskab til alle ideerne og ikke kun deres egen. Ideerne blev til gruppens ideer.



Da eleverne endelig nåede til at skulle vælge en idé ud, brugte jeg metoden "Hvilken ide vælger vi?"^{xii}. Metodekortet beskriver tre forskellige metoder til at udvælge den ide, gruppen går videre med. Jeg valgte at bruge metode B, hvor eleverne efter at have haft mulighed for at stille opklarende spørgsmål til de forskellige ideer, skulle sprede ideerne ud på gulvet, lukke øjnene og tælle til 3 og så stille sig ved den ide, den enkelte synes var bedst.

Nogle af eleverne syntes, det var en lidt barnlig måde at vælge på, men metoden gjorde at eleverne blev mere frie i deres valg i stedet for at lure på, hvad de andre ville vælge. Igen en fordel for de mere stille og forsigtige elever.

Undervejs i processen brugte vi metodekortet "Opsamling udskoling"^{xiii} for at dæmme op for de udfordringer, eleverne stødte på undervejs. Det at mødes i matrixgrupper på tværs af grupperne med fokus på at komme med ideer til og løsninger på hinandens udfordringer gav eleverne mulighed for at udvikle deres egne projekter ud over det, de enkelte grupper formåede at gøre på egen hånd.

Da eleverne, gennem deres arbejde med designcirklen, kendte til at pitche deres projekter, gjorde jeg ikke noget stort ud af elevernes slutpræsentationer af deres løsninger og produkter. Jeg valgte at invitere både kolleger og ledelse, så eleverne fik oplevelsen af at skulle fremlægge fra andre end bare klassen og mig.

Elevernes arbejde

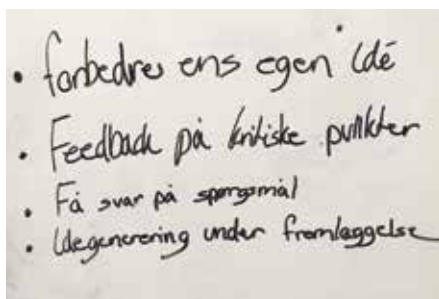
Eleverne blev ret hurtigt tændt på projektet. De var mere aktive under den faglige del, da de hele tiden havde problemstillingen for øje. Den blev vendt og drejet både i matematiktimerne og i frikvartererne.

Eleverne var som forventet frustrerede over processen med videnskortlægning og idégenerering. De ville gerne hurtigt i

ENGINEERING OG MATEMATIK

gang med at konstruere. Men efterhånden som delprocesserne blev forklaret for og afprøvet af eleverne, begyndte de at se en fordel med dem. Der kom udsagn som "Det er nemmere at vælge en ide, hvis man bruger metodekortet", "Vi vidensgenererer i stedet for at idegenerere" og "Det er vigtigt at få vores viden i spil, så vi kan bruge den, når vi idegenerere".

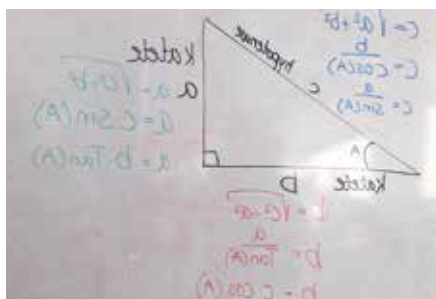
Da enkelte grupper, gerne ville have klassens feedback på deres idé og de udfordringer, de var stødt på undervejs, endte vi med at pitche første gang, inden de skulle i gang med at bygge deres tårne. Eleverne opstillede selv formålet med pitchen:



Nogle af grupperne var usikre på, om de ville lave beregninger først og så bygge bagefter eller modsat, andre ville gerne have hjælp til beregninger, de var kørt fast i.

Da der var krav om, at tårnet skulle kunne bygges på stedet, var grupperne

nødt til at finde en metode til at finde stængernes længde, så de kunne afkorte spaghettien i den rigtige længde, inden de samlede tårnet. Og det var her, de skulle bruge deres viden om trigonometri og trekanters konstruktion. Når eleverne undersøgte konstruktionen på tårnet, var det nødvendigt for dem at beregne f.eks. vinkler på samlinger og længder på tværstivere. De faglige svage elever havde mulighed for at bruge Pythagoras' læresætning til dette, men de fleste elever fandt ud af, at dette faktisk begrænsede dem i deres konstruktion, og derfor brugte formlerne i trigonometri. Vi brugte denne tegning i arbejdet med formlerne.



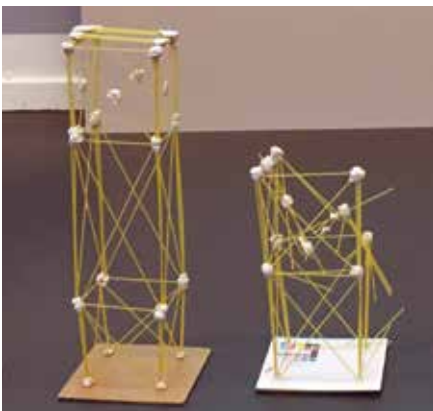
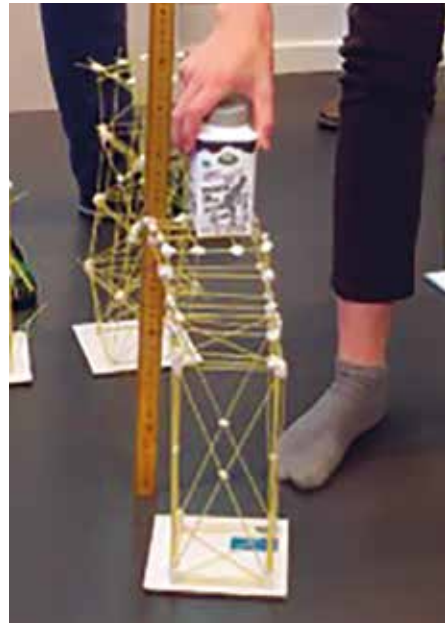
Der var også spørgsmål indeholdende faglig usikkerhed omkring viden omkring stabilitet vha. kryds og rumfigurfagsprog. Under arbejdet med konstruktion af tårnene, stillede eleverne nysgerrigt spørgsmål, som gjorde det nødvendigt at inddrage andre fag og nogle grupper endte

med at udføre forskellige former for test undervejs. Elevernes spørgsmål var bla.:

- Hvordan ved vi hvor meget spaghetti den kan holde til? (materialekendskab)
- Hvor meget vejer en skolemælkskarton? (massefylde)
- Hvad er forskellen på almindelig og fuldkorns-spaghetti ? (biologi/kemi)

I processen med at lave beregninger og konstruere tårne brugte vi to gange metodekortet "Opsamling udskoling". Eleverne satte pris på at have muligheden for at få hjælp og ideer til løsning af deres udfordringer, og matrix-grupperne gjorde det muligt at få hjælp fra mange elever på kort tid. Den endelige pitch blev holdt som en blanding af gruppernes fremlæggelse af deres bud på en løsning af problemstillingen, hvor

eleverne forklarede og argumenterede for deres beregninger og løsning og en test af, om deres løsning levede op til kravet om at kunne bære en skolemælkskarton fyldt med vand.



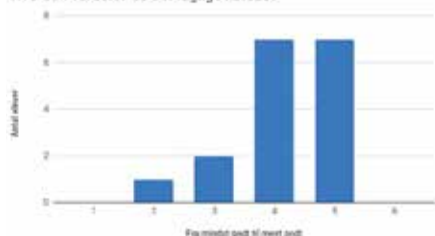
Elevernes evaluering af forløbet

Da vi var færdige med forløbet, lavede eleverne en evaluering, som både indeholdte overvejelser over forløbets opdeling i fagkursus og byggeproces, arbejdsprocesserne og overvejelser over deres egen arbejdsproces og engagement. På spørgsmålet om, hvordan den enkelte elev vurderer det

ENGINEERING OG MATEMATIK

faglige kursus fordeler svarene sig således, hvor 1 er mindst godt, 6 er mest godt:

Hvordan vurderer du det faglige kursus?

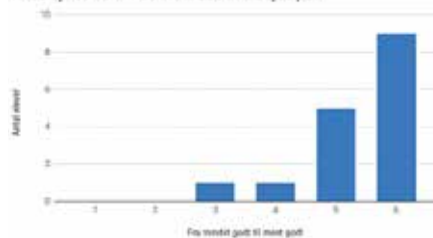


De fleste elever synes, de havde lært mere, end de ellers ville have gjort. Det er selvfølgelig svært at vide, hvor meget eleverne ville have lært ved en anden arbejds metode, men ens for alle var at de synes, de havde fået mere ud af det end ved den almindelige daglige undervisning.

Jeg tror på, at hvis man kobler praktisk arbejde med teori, vil eleverne opnå en dybere forståelse for det pågældende emne. De vil bedre kunne huske teorien og hvordan de skal anvende den, fordi de kan koble den op på noget praktisk. Jeg oplevede, at min elever bedre kunne bruge trigonometri uden først at skulle slå op i formelsamlinger o.lign. Svend Brinkmann citerer i en artikel i KvaN J. Dewey for at sige: *”Vi lærer ved at gøre, fordi vores verden er en praktisk verden, som vi kun kan erkende gennem handling.”*^{xiv} (Brinkmann, 2017, s.50)

Og det var lige netop det jeg oplevede. At mine elever lærte svær og for nogle indviklet matematik ved at bruge den i praksis. Som en af eleverne udtalte: *”Jeg fandt ud af hvordan man kan bygge et tårn og en helt anden form for læring, Jeg fik også en hel del viden om rumdiagonaler”*. Der var også bred enighed om, at eleverne kunne lide at arbejde på denne måde:

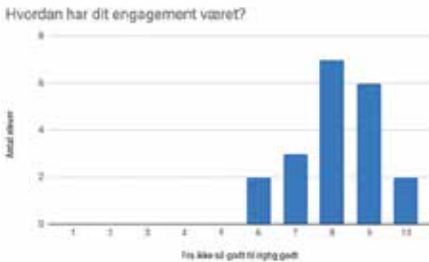
Hvad synes du om denne måde at arbejde på?



Eleverne kom med udtalelser som *”Det var et godt forløb, hvor man fik mulighed for at være kreativ og bruge matematik på en sjovere måde”* og *”Jeg synes, at det er en sjov måde at lære på og det var en god måde at samle ens viden på”*.

Eleverne blev også bedt om at vurdere deres eget engagement på en skala fra 1 (ikke så godt) til 10 (rigtig godt). Selvom elever er tilbøjelige til at vurdere sig selv højt på et sådant spørgsmål, er det iøjnefaldende hvor mange der faktisk

mener deres engagement har været over middel.



Refleksion over arbejdsprocessen

Min oplevelse af forløbet er, at eleverne i klassen var meget engageret i forløbet lige fra start til slut. De var meget nysgerrige på problemstillingen, og opgaven blev dagligt omtalt både i og uden for undervisningen.

Jeg er ikke i tvivl om, at det skyldes engineeringmetoden. Eleverne kunne pludselig se en idé med at skulle lære trigonometri, og de kunne se fordele ved at arbejde sammen om at løse den givne problemstilling. Skellet mellem de fagligt svage og dygtige elever blev mindre, da alle havde noget at byde ind med enten fagligt, teknisk eller kreativt og antallet af frustrerede elever var næsten lig nul, da de internt i grupperne hjalp hinanden med de udfordringer, de hver især stødte på. Min vurdering af elevernes læring er også at de fagligt fik mere ud af det, de havde en dybere forståelse af trigonometri

end jeg ellers har oplevet og de huskede bedre det lærte. Som en af eleverne skrev i sin evaluering: *“Jeg vil gerne have mere af denne type opgaver, fordi jeg tror på at man husker og lærer bedre af denne form”*.

Refleksioner over engineering i matematikundervisningen

Som naturfagslærer er jeg vant til at arbejde med problemstillinger fra verden udenfor skolen, og jeg synes at dette fungerer godt i matematikundervisningen også. Eleverne bliver mere motiverede for og engagerede i undervisningen, når de kan se en sammenhæng med den matematik, de skal lære og hvad de skal bruge den til.

I formålet for matematik, stk. 2 står der:

“Elevernes læring skal baseres på, at de selvstændigt og gennem dialog og samarbejde med andre kan erfare, at matematik fordrer og fremmer kreativ virksomhed, og at matematik rummer redskaber til problemløsning, argumentation og kommunikation”^{xv}

I læseplanen for matematik lægges der ligeledes op til at arbejde innovativt og som, der står i læseplanen, med *“entreprenørskab”*. Der er mange tilgange til at arbejde med matematik i anvendelse, men engineering rummer mange fordele.

ENGINEERING OG MATEMATIK

Kompetenceområdet matematiske kompetencer omfatter seks færdigheds- og vidensområder:

Problembehandling vedrører løsning og opstilling af matematiske problemer, dvs. matematiske spørgsmål, der ikke kan besvares udelukkende med rutinemetoder.

Modellering vedrører dels processer, hvor matematik anvendes til behandling af situationer og problemstillinger uden for matematikken, dels analyse og vurdering af matematiske modeller, som beskriver forhold i virkeligheden.

Ræsonnement og tankegang vedrører matematisk argumentation og karakteristika ved matematisk tankegang.

Repræsentation og symbolbehandling vedrører anvendelse og forståelse af repræsentationer i matematik, herunder matematisk symbolsprog.

Kommunikation vedrører det at udtrykke sig med og om matematik og at sætte sig ind i og fortolke andres udtryk med og om matematik.

Hjælpe midler vedrører kendskab til, samt anvendelse og valg af relevante hjælpemidler i matematik.

Eleverne får trænet de matematiske kompetencer, som Fælles mål for matematik lægger op til gennem arbejdet med metodekort, gruppearbejdet og fremlæggelse af deres arbejde^{xvii}. Der er også mange muligheder for at finde og vælge problemstillinger fra omverdenen, som passer til de andre kompetenceområder (tal og algebra, geometri og måling og statistik og sandsynlighed)^{xviii}. Lige fra den gængse købmandsbutik til nethandel, diverse brokonstruktioner, gambling og computerspil.

Engineeringmetoden kan bruges på alle klassetrin, da det er nemt at tilpasse stilladseringen af aldersgruppe og elevsammensætning gennem brugen af metodekort og valg af materialer. Selve konstruktionsfasen kan være lidt kaotisk, men hvis man strukturerer sin undervisning med mange små opsamlingsbreaks, kan man skabe ro i kaoset.

Da metoden er nem at strukturere og tilpasse eleverne, synes jeg også, det er oplagt at bruge metoden i samarbejde både på tværs af klasser og på tværs af årgange. Alle elever uanset alder vil have noget at byde ind med, da der ikke kun er lagt vægt på faglige kompetencer, men også på sociale, tekniske og kreative kompetencer.

Engineering lægger også op til tværfagligt samarbejde. Mange problemstillinger vil eleverne ikke kunne løse ved kun at bruge matematik, de vil, som mine elever oplevede, opdage at skulle inddrage andre fagområder for at kunne gå i dybden med deres løsningsforslag.

Jeg kan kun anbefale at brug engineeringmetoden, også i matematik. Jeg har sjældent oplevet større engagement, faglig fordybelse og samarbejde mellem elever i så svært et område som trigonometri som i dette forløb.

Referencer

ⁱ<https://www.folkeskolen.dk/642259/engineering---motivation-og-samarbejde-for-baade-elever-og-laerere>

ⁱⁱhttps://astra.prod.acquia-sites.com/sites/default/files/eis_rapport_2.0_-_full_pdf_version_0.pdf, s. 35

ⁱⁱⁱhttps://astra.prod.acquia-sites.com/sites/default/files/eis_rapport_2.0_-_full_pdf_version_0.pdf, s. 32

^{iv}Kagan, Spencer og Stenev, Jette: Cooperative learning, Forlag Malling Beck 2006

^v<http://fablabatschool.dk/>

^{vi}http://fablabatschool.dk/fablab_forloeb/

^{vii}https://astra.prod.acquia-sites.com/sites/default/files/eis_rapport_2.0_-_full_pdf_version_0.pdf

^{viii}Ibid, s. 22

^{ix}https://astra.dk/sites/default/files/metodekort/Metodekort/Metodekort_Videnskortl%C3%A6gning.pdf

^xhttps://astra.dk/sites/default/files/metodekort/Metodekort/Metodekort_Videnskortl%C3%A6gning.pdf

^{xi}https://astra.dk/sites/default/files/metodekort/Metodekort/Metodekort_Brainstorm%20bordet%20rundt.pdf

^{xii}https://astra.dk/sites/default/files/metodekort/Metodekort/Metodekort_Hvilken%20ide%20v%C3%A6lger%20vi%3F.pdf

^{xiii}https://astra.dk/sites/default/files/metodekort/Metodekort/Metodekort_Opsamling%20udskoling.pdf

^{xiv}Brinkmann, Svend. (2017). Dewey om læring og erfaring. i: Boelt, Vibeke (red). Læring. KvaN 107/2017

^{xv}<https://www.emu.dk/sites/default/files/Matematik%20-%20januar%202016.pdf>

^{xvi}https://www.emu.dk/sites/default/files/L%C3%A6seplan%20for%20faget%20matematik_0.pdf, s. 23

^{xvii}<https://www.emu.dk/omraade/gsk-l%C3%A6rer/ffm/matematik>

^{xviii}ibid.