

I-STEM – en didaktisk model for integreret STEM-undervisning



Emilie Skaarup
Bruhn, Den
Innovative
Naturfriskole



Simon Funch,
Åben Virksom-
hed



Anne Kranker
Jensen, Nørre
Vedby Skole
og Børnehus

Introduktion

I disse år oplever vi et særligt politisk fokus på at styrke naturfagsundervisningen hvilket bl.a. kommer til udtryk gennem Naturfagsstrategien, Naturvidenskabens ABC samt den nye kandidatuddannelse i STEM-undervisning. Initiativerne peger alle mod en mere tværfaglig undervisning, især mellem naturfagene, men med STEM også koblingen til matematik, teknologi og engineering. Begrundelserne for mere tværfaglig og projektbaseret undervisning kan findes i at denne undervisning kan bidrage til elevernes almene dannelse (Michelsen, 2021), men også i elevernes øgede motivation der især fremmes af at eleverne oplever den virkelighedsnære undervisning som relevant og meningsfuld (STUK, 2020; Bowen & Petersen, 2019).

I *Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi* (Nielsen, 2017) fremhæves det at der er behov for viden om hvordan STEM-undervisning bedst kan rammesættes i en dansk kontekst. Michelsen (2021) argumenterer ligeledes for en rammesætning af en STEM-didaktik for at fremme en diskussion af en tidssvarende undervisning i STEM-fag og hvordan denne kan understøttes didaktisk. I artiklen definerer han en STEM-dannelse der relaterer sig til Klafkis dannelsesteori og peger på handlekompetence i STEM-relaterede kontekster (Michelsen, 2021). Der lægges hermed op til at undervisningen kan beskæftige sig med epokale nøgleproblemer eller såkaldte socio-scientific issues, SSI (STUK, 2020). Dette stemmer overens med fokus i litteraturstudiet på at arbejde med samfundsmæssige problemstillinger i STEM-undervisning (Nielsen, 2017). Overordnet beskriver Michelsen tre tværgående indholdsområder i STEM: *det matematisk modellerende område*, *det empirisk eksperimentelle område* og *det teknologisk innovative område* (Michelsen, 2021). Her dækker *det matematisk modellerende område*

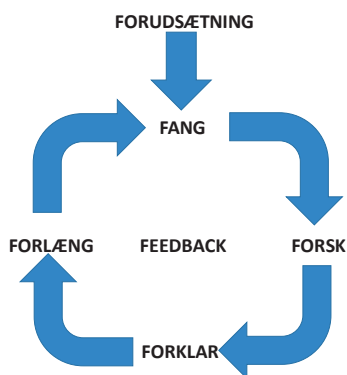
M, og det empirisk eksperimentelle område dækker S mens det teknologisk innovative område både dækker T og E. At sætte teknologi og engineering sammen understøtter en forståelse om at T og E er tæt forbundet og kan opfattes som henholdsvis produkt og proces (Cunningham, 2018). Vi ser engineering som en delmængde af teknologi på baggrund af Pleasants' pointe om at "... engineering problems are necessarily technological problems, but not all technological problems are necessarily engineering problems" (Pleasants, 2020, s. 836). Hermed lægger vi os også op ad en bred forståelse af teknologi som alt menneskeskabt (Nielsen & Sillasen, 2020; Hall & Lingefjärd, 2017).

Som Michelsen (2021) pointerer til slut i sin artikel, bliver et af de næste skridt at udvikle didaktiske modeller og redskaber til at understøtte lærernes planlægning, gennemførelse og evaluering af STEM-undervisning. Der eksisterer allerede flere didaktiske modeller til hvert af de tre ovenstående tværgående indholdsområder der kan kategoriseres som rettet mod enten matematisk modellering, undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning eller designprocesser. I denne artikel kommer vi med vores bud på en didaktisk model for integreret STEM-undervisning der er udviklet teoretisk med inspiration fra didaktiske modeller for hvert af de tre indholdsområder. Fra undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning har vi ladet os inspirere af 6F-modellen, fra det matematisk modellerende område er vi inspireret af model development sequences (MDS-modellen), og fra designprocesser har vi valgt at lade os inspirere af engineeringdesignprocessen (EDP-modellen). Valget af de tre modeller er baseret på dels et udgangspunkt i en dansk kontekst, dels at vi mener at de tre modeller hver især har et særligt bidrag til at imødekomme krav til en tidssvarende undervisning. Både undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning og designprocesser fremhæves i litteraturstudiet som måder man kan fokusere på relevans og anvendelse i STEM-undervisning på (Nielsen, 2017). Modelleringsprocesser præsenteres ligeledes i litteraturstudiet som en lovende kontekst for tværfaglige forløb (Nielsen, 2017). Vi vil i det følgende kort præsentere de tre modeller og fremhæve deres bidrag til den integrerede model.

6F-modellen

6F-modellen (figur 1) er en didaktisk model til undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning. Modellen består af de seks faser *Forudsætning*, *Fang*, *Forsk*, *Forklar*, *Forlæng* og *Feedback* (Madsen, Evans & Bruun, 2020). Det er faserne *Forsk* og *Forklar* der er centrale for elevernes udvikling af undersøgelses-, modellerings- og kommunikationskompetencen. I disse faser skal eleverne designe og gennemføre egne undersøgelser med henblik på at gøre sig erfaringer med den faglige viden i forløbet samt modellere og formidle denne (Madsen et al., 2020). Modellen tager udgangspunkt i den amerikanske 5E-model med to primære ændringer. Den første ændring er en opdeling af 5E-fasen *Engage* i to separate faser, nemlig *Forudsætning* og *Fang* – dette for at tydeliggøre at læreren i starten af et forløb både skal afdække elevernes forudsætninger så forløbet

kan relateres til disse, samt skabe interesse og engagere eleverne i forløbet (Madsen et al., 2020). Den anden ændring er synliggørelse af at feedback ikke er en afsluttende proces i et forløb, men i stedet skal være en central og gennemgående fase i hele processen gennem de andre fem faser i modellen (Madsen et al., 2020).

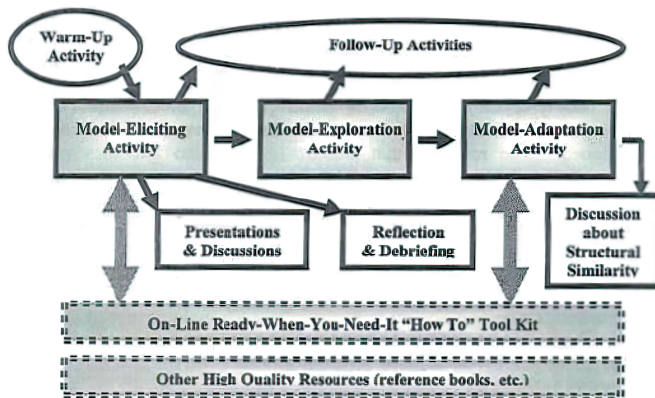


Figur 1. 6F-modellen (Madsen et al., 2020, s. 27).

Model development sequences

Model development sequences (MDS) er en didaktisk model til undervisning i matematisk modellering (Lesh, Doerr, Cramer, Post & Zawojewski, 2003). MDS består af tre primære faser: *Model-Eliciting Activity*, *Model-Exploration Activity* og *Model-Adaptation Activity* (figur 2).

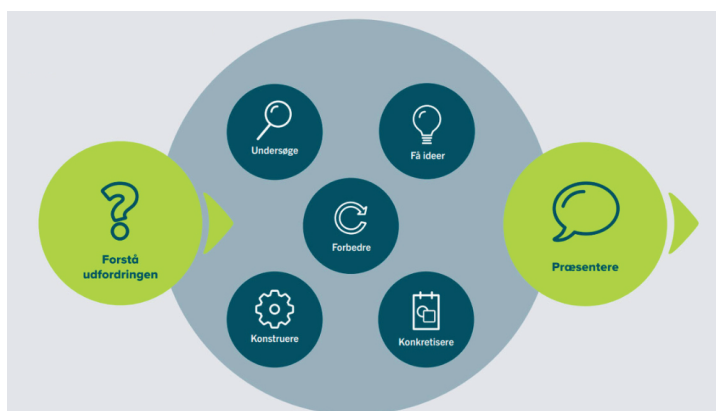
Model Eliciting dækker over det indledende arbejde med problemstillingen og skaber grundlaget for og indledende konstruktion af elevernes modeller (Doerr, 2016). I *Model Exploration* skal eleverne tænke om deres modeller, dvs. tænke i matematiske strukturer og repræsentationsformer og herunder styrker, svagheder og anvendelsesmuligheder (Doerr, 2016). I den sidste primære fase, *Model Adaptation*, skal eleverne tænke med deres modeller ved at holde den konstruerede model op mod den virkelighed eller kontekst som var udgangspunktet for modelleringsprocessen (Lesh et al., 2003), samt ved at anvende modellen i en ny kontekst (Doerr, 2016). Fasen leder naturligt over i den afsluttende fase, *Discussions about Structural Similarity*, hvor der er mulighed for at arbejde fra den specifikke model af en konkret situation til en generaliseret model for et abstrakt fænomen (Michelsen & Iversen, 2009). At skabe en generel model der kan anvendes i andre kontekster, er ifølge Doerr netop målet med modelleringsaktiviteterne (2016). Både før og under de primære faser er der desuden lagt op til at inddrage modelfrembringende aktiviteter i faserne *Warm-Up Activity* og *Follow-Up Activities* (Lesh et al., 2003) ligesom der undervejs er indtænkt opsamlinger hvor eleverne præsenterer og reflekterer over deres proces i faserne *Presentations & Discussions* og *Reflection & Debriefing* (Lesh et al., 2003).



Figur 2. Model development sequences (Lesh et al., 2003, s. 45).

EDP-modellen

Engineeringdesignprocessen (EDP) er en didaktisk model inspireret af ingeniørens arbejdsgang som dækker over en designproces med henblik på at udvikle en innovativ løsning (Auener, Daugbjerg, Nielsen & Sillasen, 2018). Modellen har en fast start- og slutfase. I *Forstå udfordringen* præsenterer læreren emnet/problemstillingen som eleverne skal arbejde med, og forløbet rammesættes. I *Præsentere* skal eleverne præsentere deres produkt/løsning, men der er samtidig også fokus på at formidle processen frem mod produkt/løsning (Auener et al., 2018). De resterende fem faser, som i modellen (figur 3) er omkranset af en cirkel, dækker over elevernes arbejde frem mod en løsning/et produkt. Her er der ikke et lineært forløb gennem faserne; det er derimod en iterativ proces hvor eleverne løbende springer rundt mellem faserne *Få ideer*, *Undersøge*, *Konkretisere*, *Konstruere* og *Forbedre* (Auener et al., 2018).



Figur 3. Engineeringdesignprocessen (EDP) (Auener et al., 2018, s. 10).

En didaktisk model for integreret STEM-undervisning

I det følgende præsenterer vi vores bud på en didaktisk model for integreret STEM-undervisning (i-STEM-modellen). Med i-STEM-modellen forsøger vi at integrere arbejdsmetoder og processer fra de tre tværgående indholdsområder i STEM. Først præsenterer vi hvordan modellen har hentet inspiration fra de eksisterende didaktiske modeller vi har beskrevet ovenfor. Dernæst præsenterer vi den nye didaktiske model for integreret STEM-undervisning med nogle grundlæggende didaktiske principper for denne. Efterfølgende uddybes og eksemplificeres de enkelte faser i modellen.

I de tre førnævnte modeller kan der lokaliseres flere didaktiske sammenfald, bl.a. iterative processer, udgangspunkt i virkelighedsnære kontekster samt arbejde i grupper. Disse går igen i den nye integrerede model. I tabel 1 nedenfor har vi desuden illustreret hvordan faserne fra modellerne har inspireret faserne i den integrerede model.

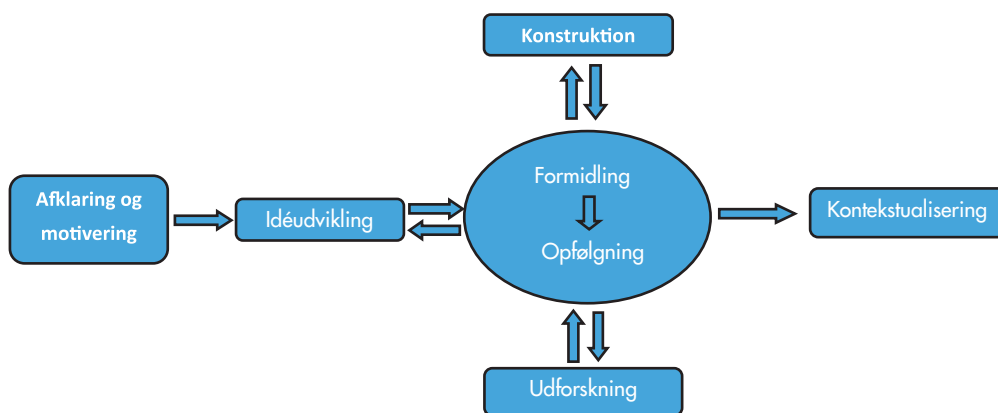
Tabel 1. Faser på tværs af didaktiske modeller.

I-STEM	6F	MDS	EDP
<i>Afklaring og motivering</i>	Forudsætning og Fang	Warm-Up Activity	Forstå udfordringen
<i>Idéudvikling</i>	Fang	Model Eliciting	Få ideer
<i>Formidling</i>	Forklar	Presentations & Discussions	Forbedre
<i>Opfølgning</i>	Feedback	Reflection & Debriefing og Follow-Up Activities	Forbedre
<i>Konstruktion</i>	Forsk	Model Eliciting	Konkretisere, Konstruere og Forbedre
<i>Udforskning</i>	Forsk	Model Exploration	Forbedre og Undersøge
<i>Kontekstualisering</i>	Forlæng	Model Adaptation	Præsentere

For at understøtte integration af de tre tværgående indholdsområder skal der tages udgangspunkt i kompetencer når der formuleres mål for et forløb. Her kan man inddrage et perspektiv på fagoverskridende kompetencer som Michelsen & Iversen beskriver som kompetencer der rækker ud over fagenes grænser (Michelsen & Iversen, 2009). Fx finder man modellerings- og kommunikationskompetencen i både naturfagene og matematik. Derudover findes det tværgående tema *Innovation og entreprenørskab* der

ligeledes bidrager til udviklingen af den fagoverskridende innovationskompetence (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a). Desuden følger i-STEM-modellen principperne fra problembaseret læring hvor der primært arbejdes i grupper, og hvor det er et problem der er styrende for processen og aktiviteterne i forløbet (Holgaard, Ryberg, Stegeager, Stentoft & Thomassen, 2020). Problemstillingen skal findes i en virkelighedsnær kontekst der fx lever op til kravene for en SSI (STUK, 2020). Problemstillingen skal være autentisk og kompleks så der er behov for de forskellige fagområder for at kunne løse problemet. Hermed bliver der tale om et samspil mellem fagene der kan kategoriseres som fællesfagligt og til tider fagoverskridende (Klausen, 2011), hvor det ikke altid vil være muligt at identificere de enkelte fag. Der er derfor heller ikke krav om at både S, T, E og M skal indgå på lige fod, eller at de alle skal være til stede i alle forløb. Da proces og aktiviteter afhænger af problemet, kan de forskellige elevgrupper på et givent tidspunkt arbejde forskellige steder i modellen. Dette kalder på at lærerne primært varetager en rolle som facilitator og vejleder igennem forløbet.

Forløb der planlægges efter i-STEM-modellen (figur 4), starter i et bredt perspektiv med en virkelighedsnær kontekst. Derefter snævres fokus ind på en afgrænset udfordring for til sidst at slutte i det brede perspektiv når problemet og udfordringen igen relateres til den virkelighedsnære kontekst. Det er de midterste faser, *Formidling* og *Opfølgning*, der er kernen i modellen, og man besøger den hver gang man har arbejdet i en af de iterative faser, før man går videre til en ny fase. Med denne centrale fase sætter vi fokus på løbende formativ evaluering. Fra den midterste fase kan man bevæge sig frem og tilbage mellem de tre iterative faser i modellen, *Idéudvikling*, *Konstruktion* og *Udforskning*.



Figur 4. I-STEM-modellen.

Afklaring og motivering

Den indledende fase i vores model indeholder dels en afklaring af emne, mål og proces samt elevernes forudsætninger, dels motivering af elevernes for at deltage i forløbet.

Med afklaringen er der tale om en form for forventningsafstemning hvor læreren tilkendegiver sine forventninger til forløbets mål og proces mens elevernes forventninger til og forudsætninger for forløbet kommer til syne gennem en opstartsaktivitet. Aktiviteten skal vække elevernes forforståelser så de spores ind på emnet, samt give et indblik i elevernes forståelser og forudsætninger så læreren kan justere forløbet. Denne del af fasen er særligt inspireret af 6F-modellens fase *Forudsætning* hvor målet er at afdække elevernes forudsætninger og på baggrund heraf lave justeringer i undervisningen (Madsen et al., 2020).

I den indledende fase skal eleverne desuden præsenteres for problemstillingen på en inspirerende måde der kan vække deres interesse og nysgerrighed så de motiveres til deltagelse i forløbet. Denne fase er inspireret af 6F-modellens *Fang*-fase der handler om at få eleverne til at opleve at emnet er relevant og spændende (Madsen et al., 2020).

Faserne *Afklaring* og *Motivering* er placeret sammen da rækkefølgen afhænger af konteksten, herunder emne, lærer, klasse m.m. Desuden kan de to faser evt. smelte sammen så de forekommer samtidig og/eller overlappende.

Foruden 6F-modellens faser *Forudsætning* og *Fang* kan fasen i vores model relateres til MDS-modellens *Warm Up-aktivitet* og EDP-modellens *Forstå udfordringen*-fase.

Eksempler på opstartsaktiviteter i fasen kan være et mindmap over elevernes nuværende viden om emnet, en film der introducerer eleverne til problemfeltet, en sansebaseret oplevelse eller at eleverne sættes til at tegne deres nuværende viden om et fænomen.

I denne fase er det oplagt at arbejde med elevernes perspektiveringskompetence da der netop arbejdes med perspektiver på omverdenen og til elevernes forudgående viden fra fagene. I matematik kan dette relateres til begrebet "den ekstramatematisk dimension" som er det der rækker ud af faget, dvs. den virkelige kontekst (Niss, 2015).

Idéudvikling

Den første gang fasen *Idéudvikling* besøges i vores model, skal eleverne formulere og/eller vælge deres problemformulering samt gøre sig de første tanker om hvordan problemet kan løses, hvilket kan relateres til sidste del af EDP-modellens *Forstå udfordringen*-fase. I processen ligger desuden en afgrænsning og idealisering af problemet der i matematikkens verden kan relateres til at skabe en idealiseret situation på baggrund af den ekstramatematisk dimension hvorved man bevæger sig til det matematiske domæne (Niss, 2015). Der er således tale om en bevægelse fra den brede virkelighedsnære kontekst til en simplere opstilling af et problem der kan behandles i fagene.

Når og hvis fasen senere genbesøges, får den mere karakter af en egentlig idégenereringsfase lig fasen *Få ideer* fra EDP-modellen. *Idéudviklings*-fasen i vores model kan desuden relateres til 6F-modellens *Fang*-fase da der her også er fokus på en åben idégenerering (Madsen et al., 2020).

I denne fase kan man arbejde med elevernes innovationskompetencer. Gennem forskellige idéudviklingsaktiviteter får eleverne bl.a. mulighed for at anvende og udvikle deres kreativitet.

Formidling

I denne fase formidler eleverne det de har arbejdet med indtil nu. Første gang eleverne møder fasen, præsenterer eleverne deres problemformulering og de indledende idéer til undersøgelse af problemet. Senere kan elevernes formidling antage mange forskellige former afhængigt af hvor i processen de er. Det kan fx være at eleverne skal teste et produkt eller en model, eller der kan være tale om vidensdeling på tværs af grupper, en samtale mellem gruppen og læreren eller en rapportaflevering, men det kan også være en løbende logbogsskrivning hvor eleverne individuelt formidler deres proces og reflekterer over deres læring. Fasen henter inspiration fra 6F-modellens *Forklar*-fase, MDS-modellens fase *Presentations & Discussions* samt EDP-modellens *Forbedre*-fase.

I denne fase arbejder eleverne med deres kommunikationskompetence når de enten skriftligt eller mundtligt skal formidle indhold fra undervisningen til andre.

Opfølgning

Formidling i vores model efterfølges altid af en *Opfølgning* hvor eleverne modtager formativ feedback samt inspiration til det videre arbejde.

Ved første opfølgning er det vigtigt at læreren kommer omkring alle grupper og guider eleverne til endelig problemformulering og retningen for undersøgelserne. Når fasen senere genbesøges, kan man med fordel gøre brug af peerfeedback så de andre elever dels kan komme med input og dels kan blive inspireret af hvad gruppen arbejder med (Topping, 2013). Fasen i vores model er inspireret af den løbende formative evaluering i 6F-modellen (Madsen et al., 2020). *Opfølgning* i vores model henter desuden inspiration fra MDS-modellens faser *Reflection & Debriefing* og *Follow-Up Activities*. I førstnævnte sættes der fokus på elevernes refleksioner mens *Follow-Up Activities* indebærer at læreren igangsætter aktiviteter der kan kvalificere elevernes arbejde (Lesh et al., 2003).

Feedbacken kan være mere eller mindre struktureret. Det kan fx være i form af løbende uformel formativ feedback fra læreren gennem vejledning, det kan være planlagte peerfeedbacksessioner, eller det kan være lærerens skriftlige eller mundtlige feedback på baggrund af elevernes logbøger eller de andre elevs skriftlige feedback på en afleveret rapport.

De opfølgende aktiviteter kan fx være stilladsering af elevernes refleksioner, input til at inspirere og motivere det videre arbejde samt fordybelsesaktiviteter. Aktiviteterne kan også række ud af forløbet og lade eleverne gå i dybden med et monofagligt input.

I denne fase bliver lærerens vejledende rolle mere eksplicit i lærerfeedbacken og initieringen af nye aktiviteter. Det er desuden muligt at arbejde med elevernes evner til at modtage og give feedback samt understøtte elevernes refleksioner. Gennem fordybelsesaktiviteter gives eleverne mulighed for at arbejde med at tilegne sig specifik faglig viden og/eller færdigheder.

Konstruktion

Denne fase er inspireret af MDS-modellens *Model-Eliciting Activity* hvor eleverne designer deres modeller (Lesh et al., 2003). Fasen i vores model kan dog også koncentrere sig om hypotesedannelse og planlægning af et undersøgelsesdesign hvorved den kan relateres til 6F-modellens *Forsk*-fase (Madsen et al., 2020). Fasen indebærer således både planlægning, udvikling og konstruktion af modeller hvor modellerne fx kunne være matematiske modeller eller fysiske prototyper. *Konstruktions*-fasen kan således også relateres til EDP-modellens faser *Konkretisere*, *Konstruere* og *Forbedre*.

Aktiviteter i denne fase kan således både være at planlægge et forsøg, opstille en graf og bygge et fuglehus. Afhængigt af aktiviteterne kan eleverne her udvikle deres undersøgelses-, modellerings- og innovationskompetencer. Der vil dog kun være tale om dele af undersøgelses- og innovationskompetencerne hvorimod der kan arbejdes alsidigt med modelleringskompetencen i denne fase. Med modelleringskompetencen forstås her både modelleringskompetencen som den er beskrevet i naturfagene og i matematik. I forbindelse med fremstilling af forskellige matematiske modeller vil der desuden være mulighed for at arbejde med de øvrige kompetencer fra matematikfaget. Fx er produktet af en matematisk modellering en repræsentation, og man kan som lærer stille eleverne opgaver hvor de skal fremstille forskellige repræsentationer eller oversætte mellem disse.

Udforskning

Fasen er inspireret af MDS-modellens *Model-Exploration Activity*, 6F-modellens *Forsk*-fase og EDP-modellens *Undersøge*-fase. *Udforskning* i vores model indebærer både elevernes egne undersøgelser af fænomener og udforskning og afprøvning af deres modeller. Der er således i denne fase fokus på at generere data og frembringe resultater hvorved det særligt er elevernes undersøgelseskompetence der kommer i spil og arbejdes med.

Eksempler på aktiviteter kan være udførelse af forsøg, indhentning af svar på et spørgeskema eller testsmagning af en ny sund snack.

Kontekstualisering

I denne fase afsluttes forløbet. Afslutningen kan antage mange forskellige former, fx en rapport, en præsentation, en paneldebat, formidling til aktører i omverdenen, en udstilling eller en refleksionsopgave hvor det eleverne har arbejdet med, sættes i en ny kontekst.

Fasen skal således ikke forstås som første gang arbejdet sættes i en kontekst, da der gennem hele forløbet arbejdes med en specifik kontekst. Fasens formål er at alt det eleverne har arbejdet med, igen relateres til omverdenen og sættes i anvendelse, evt. i en ny kontekst for at afprøve den endelige model. Det kan dermed ses som en endelig test af modellens/produktets anvendelighed. Fasen kan således relateres til 6F-modellens *Forlæg*-fase, MDS-modellens *Model-Adaptation Activity* samt EDP-modellens *Præsentere*-fase.

I denne fase arbejder eleverne således både med deres kommunikations- og perspektiveringskompetence når problemet og den foreslåede løsning igen sættes i relation til omverdenen.

Efter forløbets afslutning kan man evt. vælge at arbejde monofagligt i fx matematik med den sidste fase i MDS-modellen, *Discussion about Structural Similarity*, hvor modellen omsættes fra en model af den konkrete kontekst til en generaliseret model for et fænomen.

Potentialer og udfordringer ved i-STEM-modellen

Vi har her beskrevet vores bud på hvordan en didaktisk model for integreret STEM-undervisning kan se ud når vi kombinerer 6F, EDP og MDS. For at stilladsere lærernes planlægning af integrerede STEM-forløb har vi desuden udviklet et planlægningsredskab bestående af en række didaktiske refleksions spørgsmål (tabel 2) der skal understøtte lærernes arbejde med i-STEM-modellen.

Tabel 2. Didaktiske refleksions spørgsmål til i-STEM-modellen.

Didaktiske overvejelser	Hvad?	Hvorfor?
Emne og problemstilling <i>Hvilken udfordring skal eleverne arbejde med?</i>		
Mål <i>Hvad skal eleverne lære i forløbet?</i>		

Tværfaglig organisering <i>Hvilke elementer skal indgå fra henholdsvis naturfagene, matematik og teknologi/engineering?</i>		
Kobling til omverdenen <i>Hvilke eksterne ressourcer og læringsmiljøer skal inddrages?</i>		
Evaluering <i>Hvordan skal formativ evaluering indgå i forløbet, og hvordan skal forløbet afsluttes?</i>		
Stilladsering <i>Hvordan skal eleverne motiveres og støttes undervejs i forløbet?</i>		

Potentialer og udfordringer ved i-STEM-modellen og de tilhørende didaktiske spørgsmål er diskuteret med både lærere, læreruddannere og forskere inden for naturfags- og matematikdidaktik gennem projekter i kandidatuddannelsen i STEM-undervisning (Bruhn, Funch & Jensen, upubliceret), på forskergruppemøder og til Big Bang 2022. I det følgende vil vi diskutere to udvalgte temaer på baggrund af disse diskussioner: *differentiering* og *evaluering*.

Differentiering

Ved at ændre på antallet af frihedsgrader i modellen kan modellen tilpasses alle klassetrin i grundskolen. Således kan forløbene og "stien" gennem modellen være mere lærerstyret og guidet i de yngre klasser mens disse kan være mere åbne i de ældste klasser. Når der skal introduceres nye arbejdsmetoder, er det vigtigt at være opmærksom på at kendskabet (eller manglen på samme) til metoden kan påvirke gennemførelsen af forløbet (Slough & Milam, 2013). Hvis eleverne ikke tidligere har arbejdet i et forløb der er planlagt ud fra modellen, kan det derfor give mening at begrænse mængden af frihedsgrader så de kan vænne sig til de nye arbejdsmetoder i mindre bidder. Det er vigtigt at finde en balance i antallet af frihedsgrader og elevernes metodekompetencer da flere frihedsgrader giver mulighed for at eleverne kan opleve en højere grad af autonomi og dermed en øget motivation (Krogh & Andersen, 2016). Med andre ord skal læreren sikre at eleverne arbejder med det Kim, Belland & Axelrod (2019) beskriver som *optimal challenge*.

En elevversion af i-STEM-modellen kunne bidrage til at skabe overblik for eleverne og guide deres arbejde gennem forløbet. Begreberne der anvendes i modellen, skal tilpasses den konkrete klasse. Fx kunne man i de yngste klasser bruge billeder i stedet for begreber til at visualisere processerne.

Evaluering

I-STEM-modellen har potentiale til at understøtte kompetenceorienteret undervisning gennem de kompetenceorienterede faser og ved at tage udgangspunkt i kompetencemål. Da evalueringsformen har afgørende betydning for undervisningen, er det vigtigt at evalueringen er tilpasset til at kunne indfange de kompetencemål der opstilles i forløbet (Dolin, Nielsen & Tidemand, 2017). Kompetencemål er ofte komplekse, og det er nødvendigt at operationalisere disse så de bliver mere anvendelige for både lærere og elever. Operationaliseringen af kompetencemålene er også med til at opstille og tydeliggøre kriterier der kan anvendes til i samarbejde med eleverne at vurdere hvor langt eleverne er i processen, og hvad der er brug for for at komme videre.

I-STEM-modellens midterfaser, *Formidling* og *Opfølgning*, kan understøtte lærernes arbejde med den løbende formative evaluering da eleverne skal forbi disse faser hver gang de har arbejdet i en af de øvrige faser. Det er ikke kun faglig viden der skal formidles og gives feedback på, men også selve processen. Hvis der inddrages et perspektiv på elevernes egen udvikling (proces) og metarefleksion over denne, kan man fremme en mestringsorientering i stedet for en præstationsorientering (Nielsen & Dolin, 2016).

Opsamling

I denne artikel har vi præsenteret en ny didaktisk model for integreret STEM-undervisning, i-STEM-modellen, der er udviklet med udgangspunkt i eksisterende didaktiske modeller fra de enkelte fagområder i STEM. Formålet med at udvikle én integreret model er at modellen skal understøtte lærernes planlægning, gennemførelse og evaluering af integreret STEM-undervisning.

I-STEM-modellen har potentialer til at kunne anvendes af lærere i grundskolen på tværs af klassetrin og STEM-fagligheder samt til at fremme kompetenceorienteret undervisning, løbende formativ evaluering og arbejde med virkelighedsnære kontekster. Modellen er udviklet teoretisk og efterfølgende diskuteret i forskellige professionelle sammenhænge, men der er stadig et behov for afprøvninger i praksis for at undersøge i hvilken udstrækning modellen kan leve op til potentialerne.

Der er efterhånden flere af de formelle rammer der understøtter undervisningen på tværs af fag, som fx fagoverskridende kompetencer, den fællesfaglige prøve og didaktiske sammenfald mellem STEM-elementerne. Imidlertid kræver undervisningen på tværs af fagene at de enkelte lærere besidder kompetencer til at undervise og vejlede eleverne på tværs af flere fag, hvilket bl.a. blev fremhævet i forbindelse med implementering af den fællesfaglige prøve i naturfagene (Krogh et al., 2018). Man kunne derfor forestille sig at behovet for kompetenceudvikling blot vil øges når vi med STEM også inddrager matematik samt innovations- og designprocesser. Vi

forudser således at der skal sættes fokus på kompetenceudviklingen af lærerne hvis vores model og STEM-undervisning skal blive en succes i grundskolen.

Referencer

- Auener, S., Daugbjerg, P.S., Nielsen, K. & Sillasen, M.K. (2018). *Engineering i skolen: hvad, hvordan, hvorfor* (2. udgave). VIA University College.
- Bowen, B. & Petersen, B. (2019). Exploring Authenticity Through an Engineering-Based Context in a Project-Based Learning Mathematics Activity. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(1), s. 1-10.
- Bruhn, E.S., Funch, S. & Jensen, A.K. (Upubliceret). Professionel udvikling – i integreret STEM-undervisning [upubliceret opgave fra kurset De Teknologisk Innovative Videnskaber på kandidatuddannelsen STEM-undervisning].
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019a). *Matematik Faghæfte 2019*. emu.dk. Lokaliseret den 5. juni 2021 på: https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/GSK_Fagh%C3%A6fte_Matematik.pdf.
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019b). *Fysik/kemi Faghæfte 2019*. emu.dk. Lokaliseret den 5. juni 2021 på: https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/Gsk_fagh%C3%A6fte_fysikkemi.pdf.
- Cunningham, C.M. (2018). *Engineering in Elementary STEM Education: Curriculum Design, Instruction, Learning, and Assessment*. Boston: Museum of Science.
- Doerr, H.M. (2016). Designing Sequences of Model Development Tasks. I: C.R. Hirsch & A.R. McDuffie (red.), *Employing Mathematical Modeling to Engage Students at All Levels* (s. 197-205). National Council of Teachers of Mathematics.
- Dolin, J., Nielsen, J.A. & Tidemand, S. (2017). Evaluering af naturfaglige kompetencer. *Acta Didactica Norge*, 11(3), Art. 2, 28, s. 3-11
- Hall, J. & Lingefjård, T. (2017). *Mathematical Modeling: Applications with GeoGebra*. Hoboken: Wiley.
- Holgaard, J.E., Ryberg, T., Stegeager, N., Stentoft, D. & Thomassen, A.O. (2020). *PBL: Problembaseret læring og projektarbejde ved de videregående uddannelser* (2. udgave). Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Kim, N.J., Belland, B.R. & Axelrod, D. (2019). Scaffolding for Optimal Challenge in K–12 Problem-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 13(1), s. 1-24.
- Klausen, S.H. (2011). Det faglige samspils former. I: S.H. Klausen (red.), *På tværs af fag* (s. 69-100). København: Akademisk Forlag.
- Krogh, L.B. & Andersen, H.M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag*. Frederiksberg: Bogforlaget Frydenlund.

- Krogh, L.B., Daugbjerg, P., Nielsen, S.S., Ormstrup, I.C., Clausen, S.W. & Goldbech, O. (2018). *Statusnotat. Evaluering og følgeforskning: Indførelse af den ny fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi – prøvens betydning for undervisningens form og indhold*. Rambøll.
- Lesh, R., Doerr, H.M., Cramer, K., Post, T. & Zawojewski, J.S. (2003). Model Development Sequences. I: R. Lesh & H.M. Doerr (red.), *Beyond Constructivism. Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching* (s. 35-58). Lawrence Erlbaum Associates.
- Madsen, L.M., Evans, R. & Bruun, J. (2020). Undersøgelsesbaseret undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og udvikling i Danmark. *MONA*, 2020(1), s. 26-44.
- Michelsen, C. (2021). STEM-didaktik. LinkedIn. Lokaliseret den 5. maj 2021 på: <https://www.linkedin.com/pulse/stem-didaktik-hvad-er-stem-og-m%25C3%25A5let-med-undervisning-claus-michelsen/?trackingId=ql1QsdpZ08PXJQFhB4%2FdWQ%3D%3D>.
- Michelsen, C. & Iversen, S.M. (2009). Samspillet mellem matematik og de andre fag i gymnasieskolen. Matematikfaget og reformen af de ungdomsgymnasiale uddannelser. *MONA*, 2009(2), s. 21-36.
- Nielsen, J.A. & Dolin, J. (2016). Evaluering mellem mestring og præstation. *MONA*, 2016(1), s. 51-62.
- Nielsen, J.A. (red.). (2017). *Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*. København: Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Nielsen, K. & Sillasen, M.K. (2020) Teknologiforstyrrelse: Hvad mener Børne- og Undervisningsministeriet, når de skriver "teknologi"? *MONA*, 2020(3), s. 63-73.
- Niss, M. (2015). Prescriptive Modelling: Challenges and Opportunities. I: G.A. Stillman, W. Blum & M.S. Biembengut (red.), *Mathematical Modelling in Education Research and Practice: Cultural, Social and Cognitive Influences* (s. 67-79). Switzerland: Springer.
- Pleasant, J. (2020). Inquiring into the Nature of STEM Problems: Implications for Pre-college Education. *Science & Education* 29(4), s. 831-855.
- Slough, S.W. & Milam, J.O. (2013). Theoretical Framework for the Design of STEM Project-Based Learning. I: R.M. Capraro, M.M. Capraro & J. Morgan (red.), *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach* (s. 15-27). Sense Publishers.
- STUK. (2020). *Implementering af samfundsrelevante problemstillinger i naturvidenskabsundervisningen i gymnasieskolen*. https://emu.dk/sites/default/files/2021-03/gym_naturvidenskabsstrategien_samfundsrelevante%20problemstillinger_vidensnotat.pdf.
- Topping, K.J. (2013). Peers as a Source of Formative and Summative Assessment. I: J.H. McMillan (red.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (s. 394-412). Thousand Oaks: SAGE Publications.