

Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning



Jørgen Løye
Christiansen



John
Andersson



Dorrit
Hansen



Mari-Ann
Skovlund
Jensen



Lars Bo
Kinnerup



Karin
Marianne
Lilius

Center for Skole og Læring, Professionshøjskolen Absalon.

Abstract: Artiklen baserer sig på et udviklingsprojekt, hvor 9 semi-strukturerede interviews med naturfagslærere udgør det primære datagrundlag for vores afdækning af hvordan der arbejdes med modeller og modellering i udskolingens naturfag. I artiklen behandler vi de deltagende læreres kendskab til modeller og deres arbejde med elevernes tilegnelse af modelleringskompetence. Artiklen beskæftiger sig dermed med lærernes egen forståelse af modeller og modellering, og deres oplevelse af eget kendskab til og anvendelse af forskellige modeltyper. Disse resultater diskuteres efterfølgende i forhold til ministerielle styringsdokumenter og forskningsresultater, og fører til en anbefaling om større fokus i naturfagsundervisningen på meta-modellering og modellering som proces.

Indledning

I foråret 2018 fik artiklens forfattere bevilget midler til at gennemføre et småskala-forsknings- og udviklingsprojekt om brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning. Baggrunden var at det gennem kontakten med lærere på efteruddannelse og i forbindelse med praksistilknytning var vores indtryk at der herskede usikkerhed om hvad modeller og modellering er og kan bruges til i skolens naturfagsundervisning.

Der er flere internationale undersøgelser som har søgt at kortlægge naturfagslæreres forståelser og praksis af modeller og modellering (fx Justi & Gilbert, 2002; Kenyon et al., 2011; Soulios & Psillos, 2016; Vasconcelos & Torres, 2017), men i dansk kontekst er det småt med data. Dog har Krogh et al. (2018) i deres statusnotat om evaluering og følgeforskning af den nye fælles naturfagsprøve undersøgt prøvens betydning for undervisningens form og indhold, herunder modelleringskompetencen som den kommer til udtryk under prøven.

I vores projekt havde vi som mål både at afdække hvordan der arbejdes med modeller og modellering i naturfagene fysik/kemi, geografi og biologi i udskoling, og at udvikle og afprøve undervisning i modeller og modellering gennem en intervenierende indsats, dels i forhold til de deltagende lærere, i form af afprøvning af idéer, dels i forhold til vores egen praksis i grund- og efteruddannelsen af naturfagslærere. Den intervenierende indsats behandles dog ikke i denne artikel, men er omdrejningspunktet i et efterfølgende projekt.

De deltagende lærere blev udvalgt så alle tre naturfag i udskoling blev dækket af lige mange lærere. Flere af lærerne havde undervisningskompetencer i to eller tre naturfag. I interviewene deltog i alt seks geografilærere, seks biologilærere og seks fysik/kemilærere. På nær én var alle deltagende lærere tidligere lærerstuderende på Professionshøjskolen Absalon, og alle havde minimum ét års undervisningserfaring i deres fag på interviewtidspunktet. Tre af interviewene var gruppeinterviews med deltagelse af to eller tre lærere, der repræsenterede et eller flere af naturfagene. Gruppeinterview blev valgt fordi en efterfølgende observation af lærernes arbejde med modelleringskompetencen skulle foregå under deres arbejde med et fælles fagligt fokusområde. Observationerne er ikke et tema i denne artikel. Tre interviews med henholdsvis tre biologi-, tre geografi- og tre fysik/kemilærere, i alt ni interviews, blev udført før den planlagte intervenierende indsats. Disse ni interviews udgør kvantitativt set et yderst begrænset datagrundlag. Men med afsæt i disse interviews vil vi diskutere lærernes forståelse og anvendelse af modeller og modellering i skolens naturfagsundervisning.

Da vi mener at eleverne i udskoling bør præsenteres for en bred vifte af modeltyper inden for det modelmæssige genstandsfelt, var det hensigtsmæssigt at søge at afdække lærernes kendskab til forskellige modeltyper og således få et overblik over

hvilke modeltyper lærerne er bevidste om der finder anvendelse i deres naturfagsundervisning. Vores interviews med lærerne fokuserede også på i hvilken grad lærerne bringer anvendelse, udvælgelse, afkodning, vurdering og udvikling af modeller ind i naturfagsundervisningen. Disse resultater diskuteres i forhold til ministerielle styringsdokumenter og forskningsresultater og leder frem til et forslag til en teoretisk ramme for en intervenerende indsats.

Modeltyper

I dansk kontekst blev modelleringskompetencen eksplicit knyttet til naturfagsundervisningen med strategioplægget *Fremtidens naturfaglige uddannelser* (Andersen et al., 2003) samt antologien *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser* (Busch et al., 2003), i hvilken især Dolin et al. (2003) diskuterede modelleringskompetencen.

Steffen Elmoose behandlede efterfølgende det naturfaglige kompetencebegreb, særligt modellering, i en undervisningskontekst i grundskolen (Elmoose, 2007 & 2010). Senere blev modelleringsbegrebet, på baggrund af studier i det Slagelse-baserede KOMPIS-projekt, modificeret og gjort mere operationelt for naturfagslærernes undervisning i grundskolen (Christiansen, 2013; Sølberg et al., 2015). Siden skolereformen (2013) blev gennemført, har modelleringskompetencen været en målkategori for naturfagsundervisningen i grundskolen. Her indgår den sammen med undersøgelses-, perspektiverings- og kommunikationskompetencerne i udviklingen af det man kan betegne som en naturfaglig kompetence hos eleverne.

I grundskolens naturfagsundervisning står anvendelse, udvælgelse, afkodning, vurdering og udvikling af modeller centralt (Undervisningsministeriet, 2018a, 2018b, 2018c & 2018d). Det er dog mere usikkert hvilke typer af modeller der er målet for elevernes aktiviteter. I den fagdidaktiske litteratur er der ikke en fælles definition af modelbegrebet, og der eksisterer derfor talrige definitioner (se fx Gilbert & Ireton, 2003; Halloun, 2004; Schwarz et al., 2009; Frigg & Nguyen, 2017; Gelfert, 2017). I artiklen "Modeller i naturfagsundervisningen" (Brandt & Johansen, 2014) optræder en definition af modelbegrebet som vi synes rammesætter modelbegrebet i en undervisningskontekst:

"En model er en forenklet gengivelse af en udvalgt del af virkeligheden med det formål at støtte konstruktionen af mentale repræsentationer/modeller hos brugeren af modellen"
(Brandt & Johansen, 2014, s. 13)

De naturfaglige modeller kan grupperes på talrige måder, lige fra en inddeling i to grupper (mentale modeller og materiale modeller (Chamizo, 2013)) over en inddeling i tre grupper (fx mentale modeller, konceptuelle modeller og fysiske modeller som

hos Ornek (2008) eller konceptuelle modeller, fysiske modeller og numeriske modeller som hos Bokulich & Oreskes (2017)) til en inddeling i fem grupper (fx skalamodeller, analoge modeller, matematiske modeller, teoretiske modeller og mønstermodeller, som hos Black (1962)). Harrison & Treagust (2000) opererer endda med en modelinddeling i hele ti typer.

Flere af disse inddelinger og underinddelinger svarer lejlighedsvis til hinanden og repræsenterer derfor forskellige betegnelser for samme modeltyper, men de forskellige inddelinger kan også repræsentere forskellige syn på modeller og deres anvendelse.

Set i en undervisningskontekst med relation til folkeskolen synes vi at Ringnes & Hannisdals (2006) inddeling efter præsentationsformer giver god mening, netop fordi eleverne ofte vil blive præsenteret for en modeltype eller selv præsentere en model for andre i forbindelse med deres naturfagsundervisning. De fem kategorier som Ringnes & Hannisdal (2006) opererer med, er: konkrete modeller, symbolmodeller, illustrationsmodeller, verbale modeller og simuleringsmodeller (se endvidere figur 1).

De konkrete modeller kan være forstørrede eller formindskede udgaver af den repræsenterede virkelighed, eller der kan være tale om en model i forholdet 1:1. De konkrete modeller er lavet af en eller flere typer materialer, er til at føle på og vil oftest være i 3-d.

Symbolmodellerne er karakteriseret ved brug af koder og symboler. Det være sig matematiske udtryk, kemiske formler, reaktionsligninger, elektron-prik-modeller osv.

Illustrationsmodeller kan illustrere alt fra objekter, fænomener, begivenheder og processer til systemer. De optræder fortrinsvis i 2-d og på papir, typisk som tegning, diagram eller graf.

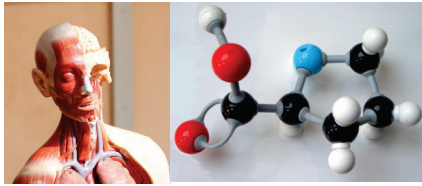
Verbale modeller kommer oftest til udtryk som sproglige sammenligninger med en anden del af virkeligheden.

Simuleringsmodeller efterligner fænomener, begivenheder, processer og systemer og er ofte baseret på matematiske sammenhænge ved brug af computere eller andre digitale enheder. Kan også være rollespil.

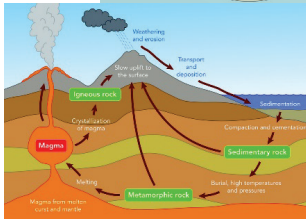
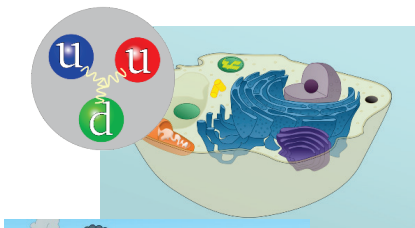
Da det som nævnt har været et delmål for projektet at undersøge hvilke typer af modeller der gøres brug af i undervisningen hos de medvirkende folkeskolelærere, har vi anvendt de fem typer af modeller som fremgår af figur 1, som grundlag for kategoriseringen af modeltyper der anvendes af de involverede lærere og deres elever (se nedenfor).

Mentale modeller er ikke en kategori vi har anvendt. Mentale modeller spiller naturligvis en stor rolle for elevers læring, men det er først når disse modeller som *er i hovedet* på eleven, kommer *ud af hovedet*, at de kan kategoriseres. De vil herefter kunne indplaceres i (mindst) en af de tidligere nævnte fem modeltyper.

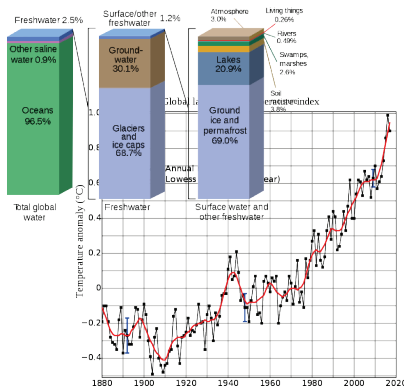
Eksempler på konkrete modeller:



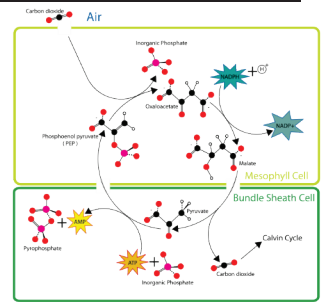
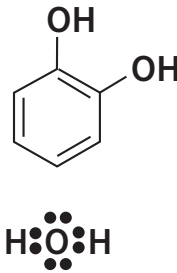
Eksempler på illustrationsmodeller:



Where is Earth's Water?



Eksempler på symbolmodeller:



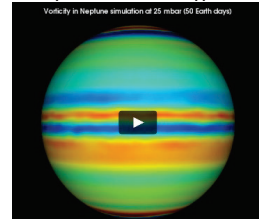
$E=mc^2$ KAlSi3O8

Eksempler på verbale modeller:

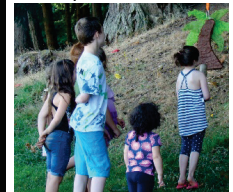


Eksempler på simuleringsmodeller:

Computersimulering:



Rollespil:



Figur 1. Eksempler på forskellige typer af modeller. Der bør abstraheres fra at denne illustration i sig selv er en illustrationsmodel af eksempler på modeltyperne konkrete modeller, illustrationsmodeller, symbolmodeller, verbale modeller og simuleringssmodeller. Se endvidere teksten for uddybning.

Hvorfor modeller og modellering?

Arbejdet med modeller og modellering i naturfagsundervisningen rækker videre end blot at tilegne sig viden om naturfaglige sammenhænge gennem studiet af modeller. Det handler også om at bruge modeller som en måde hvorpå man kan udtrykke sin viden om og forståelse af verden.

Det er således generelt væsentligt at have færdigheder i modellering i de naturvidenskabelige fag, men forståelse for modellernes rolle i naturvidenskaben er også væsentlig i et almindelsesperspektiv (Michelsen, 2016). Endvidere argumenterer Windschitl et al. (2007) for at det at skabe, afprøve og revidere naturfaglige modeller støtter læring om undersøgelse i naturfag, og i antologien *Metoder i naturfag* (Tougaard & Kofod, 2009) er undersøgelse af verden med modeller en af fem undersøgelsesmetoder. Her rammer arbejdet med modeller både undersøgelses-, modellerings- og perspektiveringskompetencerne. Det er derfor også tydeligt at der er forskel på modeller og modellering. En model er resultatet af en modelleringsproces hvor et fænomen eller en situation struktureres og herefter modelleres vha. naturvidenskabelige redskaber (Michelsen, 2016). Modelleringskompetencen er hos Andersen et al. (2003) karakteriseret ved verberne problemformulere, opstille, skelne (mellem model og virkelighed), reducere, analysere, præcisere, anvende (hensigtsmæssigt), verificere, falsificere, bestemme (kausaltitet), kritisere og videreudvikle. Modeller kan derfor jf. ovenstående være en del af undersøgelseskompetencen, hvor modeller anvendes til at tilvejebringe data. Modellering er ifølge Christiansen (2013) selve den proces der ligger mellem "data" og model, inkl. de tanker, overvejelser, argumenter mv. der inddrages i fasen.

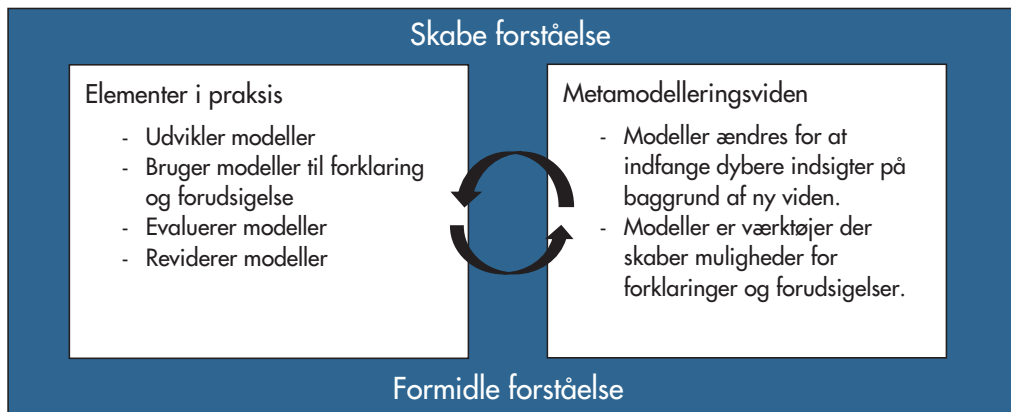
I undervisningen kan der opereres med videnskabelige modeller og pædagogiske modeller. Men her mener Belarmino (2017) at alle modeller der anvendes i skolens naturfagsundervisning, er pædagogiske modeller, fordi han definerer videnskabelige modeller som de modeller der anvendes af det videnskabelige samfund til at hjælpe sine medlemmer med at løse problemer og guide fremtidig forskning, mens pædagogiske modeller defineres som de modeller der anvendes af uddannelsessamfundet til at lære eleverne om gældende overbevisning hos det videnskabelige samfund (Belarmino, 2017). De pædagogiske modeller involverer en oversættelse hvorved dybde, stringens, og kompleksitet ofres af hensyn til basal forståelse (Belarmino, 2017). En torso i plast, som kendes fra biologiundervisningen, er således ikke en videnskabelig model, men en pædagogisk model der på (pædagogisk vis) kan hjælpe eleven til en forståelse af væsentlige organers placering i den humane krop og deres indbyrdes sammenhæng. I en undervisningssituation er modeller derfor ofte kun værktøjer der skal hjælpe eleven til bedre at forstå verden eller til at kommunikere en forståelse af verden til andre.

Sanne Schnell Nielsen påpeger at der i undervisningen bør være fokus på modeller og modellering både som produkt og proces (Nielsen, 2015). En model vil dog i

forbindelse med naturfagsundervisningen kunne have forskellig funktion alt efter om funktionen bedømmes fra en underviser- eller en elevvinkel.

Det er naturligvis vigtigt at eleverne lærer at anvende, udvælge, afkode, vurdere og udvikle/designe modeller i forbindelse med naturfagsundervisningen. Men det er også vigtigt at eleverne har en generel forståelse for metamodeltering, altså en forståelse af modellers karakter, modellers rolle og selve modelleringsprocessen (se endvidere Schwarz et al., 2009).

Schwarz et al. (2009) har udviklet en model for hvad de kalder modelleringspraksis (se figur 2). I denne model kombineres fire praksiselementer med to typer metamodelleringsviden med henblik på at tilfredsstille to hovedformål: 1) at skabe forståelse og 2) at kunne formidle denne forståelse.



Figur 2. Modelleringspraksis. Efter Schwarz et al. (2009), s. 637, Figure 2. Egen oversættelse.

Rækkefølgen af de fire praksiselementer kan opleves som en logisk rækkefølge. Den skal dog ikke opfattes som en procedure, men som elementer der på forskellig vis indgår i praksis. Udvikling af modeller forstås hos Schwarz et al. (2009) som måder at organisere sin viden på så man forstår fænomener, processer og sammenhænge. Dette kan ske sprogligt, praktisk, med visualiseringer og/eller med gestik (kropsligt) og åbner dermed flere veje til at stimulere elevernes ræsonnementer og argumentation.

En naturlig følge af dette er at eleverne med deres modeller støtter forklaringer af det faglige indhold de beskæftiger sig med, og at de udfordrer modellen, fx med en fremskrivning eller "Hvad nu hvis ..." -spørgsmål. Gruppediskussioner stimulerer denne proces og kan føre frem til vurdering af modellen og dermed afdække behov for at ændre den og/eller for at videreudvikle den. Diskussionerne drejer sig om elevernes forståelse af det faglige de beskæftiger sig med. Modellen er det konkrete udtryk for denne forståelse, og i takt med at deres egen forståelse ændres, må også modellen ændres.

Dermed bevæger vi os naturligt over i metamodelleringsviden, idet bevidstgørelsen om sammenhængene mellem forståelse og model versus ny forståelse og ændret model er vigtige og generelle erkendelser om modeller og naturvidenskabelig viden. En anden vigtig erkendelse som indgår i denne modelleringspraksis, er at modeller er redskaber med hvilke vi kan forklare fænomener, processer og sammenhænge for andre, og at vi med modeller har muligheder for at forudsige og dermed potentielt at komme til nye forståelser og indsigter.

Det fremgår af ovenstående at forståelse af det faglige indhold man beskæftiger sig med, er et gennemgående træk, og dermed bliver det også et hovedformål for modelleringen.

De kommunikative aspekter har to ben, nemlig en intern kommunikation, som er den der foregår i gruppen (eller som en individuel mental dialog) når den forståelse der kan skabes konsensus om, forhandles. Det andet ben er en ekstern kommunikation (formidling) rettet mod andre, som igen vil åbne muligheder for dialog og dermed for afprøvning og evt. udvikling af ny viden.

Hvad der kan inkluderes i modelleringsprocessen (og modelleringskompetencen), afhænger af hvordan man definerer modellering. Vil man lade dataindsamlingen der går forud for skabelsen af en model, være en del af modelleringsprocessen, som hos Louca & Zacharia (2012) og Prins et al. (2016)? Eller foretrækker man en snævrere definition af modelleringen hvor dataindsamling ikke indgår, som fx hos Schwarz et al. (2009) og Levy (2015)? I denne artikel tilslutter vi os den sidstnævnte snævrere modelleringsdefinition, og samtidig mener vi at metamodellering bør spille en central rolle i undervisning af eleverne.

For at sikre elevernes tilegnelse af modelleringskompetence bliver det væsentligt at have fokus på kvalificering af elevernes anvendelse af modeller gennem dialog med eleverne om udvælgelse, afkodning, vurdering og udvikling af modeller. Prøvevejledningen (Undervisningsministeriet, 2018d) tilbyder inspiration til dette arbejde.

Modeller og modellering på udvalgte skoler

Dataindsamling for denne artikel baserer sig fortrinsvis på ni semistrukturerede interviews der havde som mål at afdække hvordan de medvirkende folkeskolelærere havde arbejdet med modeller og modellering i henholdsvis biologi, fysik/kemi og geografi, herunder lærernes umiddelbare viden om (og brug af) forskellige modeltyper. Interviewene blev i løbet af anden halvdel af 2018 gennemført på i alt ni skoler som geografisk fordeler sig fra hovedstadsområdet over Midtsjælland til den sydlige del af Region Sjælland.

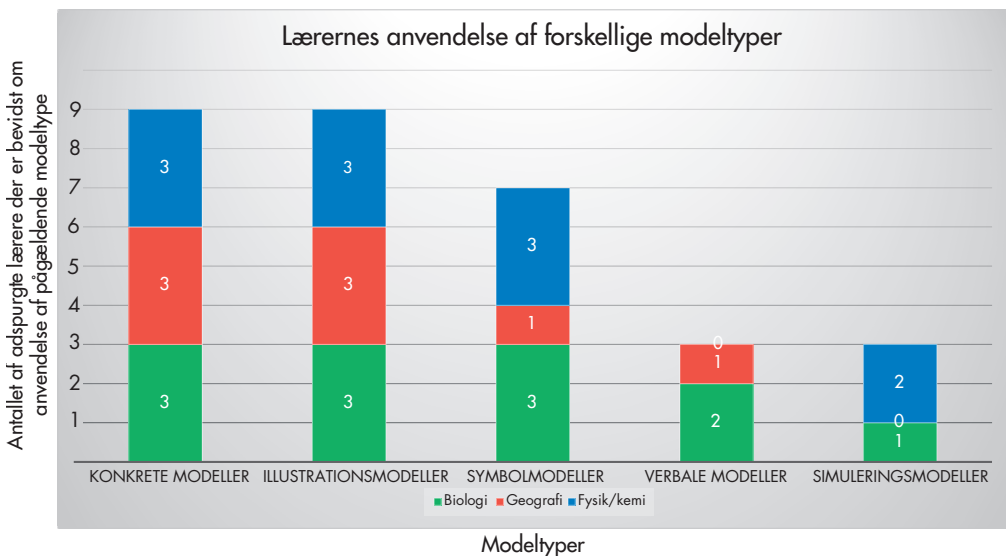
Forud for interview af lærerne var der indgået aftaler om deres deltagelse med skolernes ledelse, og i projektgruppen havde vi udarbejdet en interviewguide bl.a. for

at skabe et så ensartet datamateriale som muligt. Interviewenes omfang varierede mellem ca. 20 minutter og ca. 50 minutter. Nedenfor præsenteres de væsentligste resultater fra disse interviews.

Lærernes brug af modeltyper

På baggrund af interviews med lærerne har vi udarbejdet en oversigt (se figur 3) over hvilke af de fem typer af modeller (konkrete modeller, illustrationsmodeller, symbolmodeller, verbale modeller og simuleringsmodeller, jf. Ringnes & Hannisdal (2006)) lærerne selv siger de anvender, og dermed er bevidste om. Det er langt fra alle lærere der bruger disse modelbetegnelser, men vi har tolket deres udsagn og derudfra grupperet dem i ovenstående fem kategorier.

Hvis en lærer fx siger at de har anvendt fysiske modeller, eller mere konkret refererer til et undervisningsforløb hvor eleverne i forskellige materialer har produceret en model af en dyrecelle, vil vi kategorisere disse som konkrete modeller. På tilsvarende vis vil beskrivelser af modeller som en tegning, anvendelse af kort i undervisningen eller at elever i bøger finder forskellige udgaver af nitrogens kredsløb, alle henregnes til illustrationsmodeller. På denne måde har vi gennemlyttet alle interviews og er kommet frem til nedenstående fordeling (figur 3).



Figur 3. I interviewene giver de adspurgte lærere udtryk for hvorvidt konkrete modeller, illustrationsmodeller, symbolmodeller, verbale modeller og simuleringsmodeller anvendes i deres naturfagsundervisning. Ovenfor er udelukkende medtaget data fra de interviews hvor det er tydeligt at de interviewede repræsenterer et af overbygningens naturfag. Data er baseret på tre besvarelser fra både biologilærere, geografilærere og fysik/kemilærere, ni i alt.

Alle interviewede faglærere (se figur 3) giver udtryk for at konkrete modeller og illustrationsmodeller indgår i deres naturfagsundervisning. Syv ud af ni lærere er bevidste om at symbolmodeller indgår i deres naturfagsundervisning, mens kun tre af de ni interviewede lærere tilkendegiver brug af henholdsvis verbale modeller og simuleringmodeller.

Eksempelvis siger en lærer under interview:

“... altså i forhold til modellering, så er ... prøver jeg både at bruge ... øh, de talte modelleringer, altså analogier, sådan så alle er med ...” (Biologilærer, skole 5)

Det tolker vi som at den pågældende lærer har kendskab til og er bevidst om anvendelsen af verbale modeller i undervisningen. Men det er altså kun tre af de ni interviewede lærere der giver udtryk for brug af verbale modeller.

Tre lærere tilkendegiver at simuleringmodeller er en del af deres undervisning, og en fysiklærer udtaler følgende:

“Jeg vil sige, det er nok mere når jeg er ovre i simuleringer – hvordan er layouten, hvad er det den skal vise (...) Hvad betydning har denne simulering ... specielt omkring atomreaktorer, der vil jeg gå i dybden med hvad det betyder når jeg sænker de her stænger ned i reaktoren” (Fysik/kemilærer, skole 8)

At konkrete modeller og illustrationsmodeller er en del af alle interviewede læreres naturfagsundervisning, er ikke overraskende da netop disse to modeltyper traditionelt i stor stil har været en del af folkeskolens undervisning, fx gennem lærebøger der rummer mange illustrationsmodeller, og naturfagslokalet med sine konkrete modeller. Både konkrete modeller og illustrationsmodeller kan ses som anvendelige værktøjer til at støtte tilegnelsen af faglig viden, og som sådan bliver disse modeltyper nemt en naturligt integreret del af undervisningen.

Kun syv ud af ni lærere er bevidste om at symbolmodeller anvendes i deres naturfagsundervisning. At vi mener at dette er et lavt tal, hænger sammen med at vi formoder at der reelt er tale om at alle anvender symbolmodeller. Symbolmodeller er jo overalt i vores kommunikation: Tallet 7 er et symbol, H_2O er et symbol, og ordet hest er et symbol på dette pattedyr.

At kun tre af de ni interviewede lærere er bevidste om at verbale modeller indgår i deres naturfagsundervisning, kan skyldes at lærerne ikke er bevidste om deres egen og/eller elevernes brug af verbale modeller. En klasse- eller gruppedialog vil gennem idéudveksling og argumentation kunne rumme verbale modeller om det felt man beskæftiger sig med, og kan dermed også være en del af modellering som proces. En

sandsynlig årsag til den lave score kan være at selve definitionen af verbale modeller ikke står klart for hverken lærere eller elever. Der er eksempler på at lærere og elever opfatter det at forklare fx en illustrationsmodel med ord som en verbal model. Men en verbalisering er ikke nødvendigvis lig med en verbal model. Der kan fx være tale om verbalisering som symbolmodel eller som læringsstrategi med henblik på at fremme elevernes forståelse af abstrakt naturfagsundervisning.

Digitale simuleringsmodeller er muligvis ikke en integreret del af naturfagsundervisningen fx som en undersøgelsesmetode. Det kan skyldes at brug af computere i naturfagene er begrænset til anvendelse i forbindelse med de digitale læringsportaler og tekstbehandlingsprogrammer som Word og PowerPoint/Prezi. De fysiske simuleringer af fx vandets kredsløb, pladetektonik eller aflejringer og erosion i en mæandrerende flod opleves måske ikke som en simulering, men alene som en illustrativ aktivitet. Simuleringsmodeller i form af rollespil har også fundet sted i naturfagsundervisningen, men det er usikkert om lærerne opfatter disse som simuleringsmodeller. En tredje forklaring kunne være at en undersøgende/afprøvende tilgang til at arbejde med det faglige stof ikke er særlig udbredt. I det omfang simuleringsmodeller, digitale såvel som fysiske, har indbyggede muligheder for at ændre på elementer i dem, vil de i sig selv opfordre til manipulerende undersøgelser og vil dermed også kunne være igangsættende for og en del af en modelleringsproces. Geografi har som det eneste fag indskrevet simulering i to færdighedsmål, men i vores undersøgelse var geografi det eneste fag hvor simuleringsmodeller ikke indgik.

Lærernes brug af modeller og modellering i undervisningen

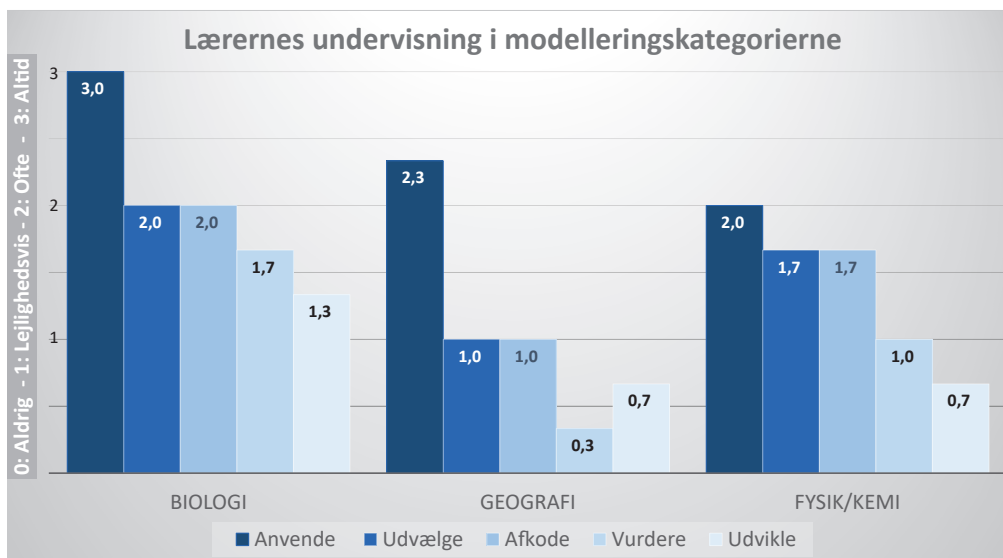
I interviewene har vi spurgt ind til fem kategorier inden for modelleringskompetencen, nemlig anvende, udvælge, afkode, vurdere og udvikle/designe modeller. Disse fem kategorier repræsenterer den samlede spændvidde i modelleringen i Fælles Mål for naturfagene i udskolingen, og det er gennem disse fem kategorier kompetencemålene udfoldes. Vores undersøgelse tager således afsæt i hvad man kan forvente indgår i undervisningen når der arbejdes efter de officielle retningslinjer (Undervisningsministeriet, 2018a, 2018b & 2018c).

På baggrund af interviews udarbejdede vi en firetrinsskala til angivelse af i hvilket omfang lærerne mente at de fem modelleringskategorier indgik i deres naturfagsundervisning (se figur 4). Da det netop er lærernes eget syn på og bevidsthed om omfanget af at henholdsvis anvende, udvælge, afkode, vurdere og designe modeller i naturfagsundervisningen vi er interesserede i, vil en bedømmelse af hvad der rent faktisk skete i undervisningen, ikke være en del af vores fokus.

Graduering	Score	Forklaring
Altid	3	Det er altid med i lærerens overvejelser og for det meste en del af undervisningen.
Ofte	2	Læreren giver udtryk for at det ofte er en del af overvejelserne såvel som undervisningen.
Lejlighedsvis	1	Læreren giver udtryk for at det indimellem indgår i undervisningen.
Aldrig/ikke	0	Læreren er eksplicit om at det ikke indgår i overvejelserne/ undervisningen, eller det er tydeligvis fraværende i interviewet.

Figur 4. De fire anvendte gradueringsstrin for modelleringskategorier i undervisningen.

Selvom ovennævnte kategoriseringer kan synes arbitrær (hvor går grænsen fx mellem "lejlighedsvis" og "ofte?"), og vores empiriske grundlag er yderst beskedent, mener vi at vi alligevel kan spore at enkelte af de fem modelleringskategorier står stærkere i de adspurgte læreres bevidsthed end andre (se figur 5).



Figur 5. De interviewede læreres egne oplevelser af i hvilket omfang arbejdet med elevernes anvendelse, udvælgelse, afkodning, vurdering og design af modeller indgår i deres naturfagsundervisning, fordelt på fagene. Diagrammet illustrerer den gennemsnitlige score for henholdsvis biologi-, geografi- og fysik/kemilærerne baseret på gradueringsgraderne i figur 4.

Blandt de interviewede lærere synes *at anvende modeller* at forekomme oftere i undervisningen end de fire andre kategorier i alle tre naturfag. Den indbyrdes placering af kategorierne *udvælge modeller*, *afkode modeller*, *vurdere modeller* samt *udvikle/designe modeller* er behæftet med stor usikkerhed da datagrundlaget er begrænset.

Antydningssvis ses dog en forskel mellem de tre naturfag i hvor hyppigt de fem modelleringskategorier indgår i undervisningen. Da lærebøger i geografi i folkeskolen traditionelt indeholder talrige modeller, har det overrasket os at geografi scorer forholdsvis lavere end biologi i alle fem kategorier og lavere end fysik/kemi i tre ud af fem kategorier. Dette bør være et opmærksomhedspunkt i den videre forskning.

Det er svært at forestille sig modellering uden anvendelse af modeller; dermed er denne modelleringskategoris høje scorer måske ikke så overraskende. I et statusnotat om indførelse af den nye fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi konkluderer Krogh et al. (2018) at prøven i stor udstrækning er en udprøvning af elevernes evne til at bruge (anvende) præfabrikerede modeller til faglig forklaring. Der tegner sig desuden et billede af at eleverne i stor udstrækning mestrer de aspekter af modelbrug som undervisningen og lærerne har haft fokus på.

Dette billede genfinder vi blandt nogle af de interviewede lærere:

“Af tilgange til undervisningen hvor eleverne enten udvælger, afkoder, vurderer, anvender eller udvikler modeller, har det at anvende modeller været det primære. Der har ikke været meget hvor eleverne udvikler egne modeller” (Geografilærer, Skole 1)

Lærerne er også opmærksomme på at eleverne udvælger modeller. Eksempelvis siger en lærer under interview:

“Der stiller jeg jo mange spørgsmål til hvorfor de har valgt lige præcis den de har. Eks.: En meget forsimplet model af bjergkædedannelse – stillede mange spørgsmål til valget af model for at sikre at det ikke bare var den første på Google-listen. I F/K megen snak omkring modeller af atomkerne; der er de mere nøjagtige modeller af atomkerne, og der er de simple som er til at overskue og forstå. Det første spørgsmål vil være: Hvorfor har I valgt den frem for en anden? Det er altid det første spørgsmål når vi arbejder med modeller, så der er ikke noget rigtigt eller forkert” (Fysik/kemilærer, Skole 9)

Modelleringskategorierne *afkode*, *vurdere* og *udvikle/designe modeller* prioriteres tilsyneladende lavt af de deltagende lærere.

En fysik/kemilærer beskriver sit arbejdet med kategorien *udvikle/designe modeller* på følgende måde:

“... Efter jeg har vist nogle videoklip og forklaret lidt, og de selv har læst, skal de omsætte det hele til deres egen model.” (Fysik/kemilærer, Skole 7)

Videre lyder det:

“... Vi tog modellervoks og lavede pladetektonik og vulkaner; det er som at se en børnehaveklasse når de får det i hånden. De elsker det. Den der oplevelse med at forme det, de nusser meget mere med det end man tror.” (Fysik/kemilærer, Skole 7)

Det kan antyde to mulige årsager til at nogle lærere undlader dette aspekt, nemlig at det 1) tidsmæssigt ofte er mere krævende at lade eleverne udvikle deres egne modeller end at få dem til at forklare præfabrikerede, og 2) at der efter lærerens mening nemt “går for meget billedkunst i den”.

En forklaring på lærernes manglende opmærksomhed på denne kategori kan eventuelt findes i følgende citat:

“... har ikke tidligere i undervisning ladet eleverne udvælge, vurdere eller udvikle (producere) modeller. Det er egentlig ikke fordi tanken har været at det er for svært at lade eleverne producere modeller, det har bare ikke været med inde i overvejelserne” (Geografilærer, Skole 2)

Fravalget af andet end at anvende modeller kan bero på at “det bare ikke har været med i overvejelserne”, men det afskærer eleverne fra at udvikle væsentlige elementer af modelleringskompetencen. Set i forhold til modellen for modelleringspraksis er det langt overvejende anvendelse af modeller til forklaring vi er stødt på. Anvendelse af modeller til forudsigelse er dog fundet i et enkelt tilfælde hvor en lærer beretter om et tidligere gennemført forløb:

“(...) og så skulle de plote det ind i en graf, og så kan man jo så sige at (...) der er en tendens i den graf her (...) befolkningstallet er gået opad, men så går det måske også langsommere og langsommere opad så det ligesom er en graf der flader af. (...) hvad kan vi ud fra det (...) evt. komme med nogle forudsigelser for hvordan tænker vi grafen ville se ud, hvis vi henter tallene for de næste 20 år også (...)?” (Geografilærer, Skole 3)

Gennem ovennævnte citater får vi en idé om at arbejdet med modeller er tæt knyttet til den faglige sammenhæng de skal indgå i. Logisk set må valget af model bero på en forudgående afkodning og vurdering af dens anvendelighed.

En anden måde at arbejde med forståelsen af det faglige på er, på struktureret vis, at veksle mellem sproglige formuleringer og visuelle udtryk. Det fortæller en anden lærer om:

“(…) der læste de om kredsløb uden at have modellen ved siden af sig, og så skulle de så selv lave modeller (….) og så (….) de afleverede deres modeller (….) ugen efter fik de modellen af det de havde læst sidst (….) og skulle så lave beskrivelsen (….) da de så havde lavet beskrivelsen af den her model, så skulle de (….) sammenholde deres egen model med deres egen beskrivelse og se (….) hvordan de kunne holde det op mod hinanden (….) jeg syntes selv det var en sjov opgave, jeg tror ikke eleverne syntes det var særlig sjovt (….) de syntes det var enormt svært (….)” (Biologilærer, skole 5)

Her ser vi eksempler på at eleverne udvikler modeller med henblik på at forstå det faglige stof de beskæftiger sig med. Det fremgår ikke af interviewene i hvilket omfang deres modeller bliver genstand for diskussioner, afprøvninger og evt. modificeringer som følge heraf. At eleverne efter lærerens mening har været udfordrede, kunne indikere at de netop har måttet arbejde med at udvikle deres forståelse og dermed også deres sproglige og visuelle udtryk.

For så vidt angår metamodeleringsviden, har det ikke været ekspliciteret i nogen af interviewene.

En generel problematik der relaterer sig til inddragelse af de fem kategorier af modellering – anvende, udvælge, afkode, vurdere og udvikle/designe modeller – går på i hvilken grad lærerne i deres undervisning overhovedet havde fokus på modelleringskompetencen, og hvordan fagsamarbejdet med de andre naturfag i forhold til elevernes arbejde med modeller og modellering var.

I de gennemførte interviews registrerede vi især to årsager til lærernes manglende fokus på arbejdet med modelleringskompetencen:

1. Lærerne arbejder kun fokuseret med modelleringskompetencen når der bliver arbejdet med fællesfaglige fokusområder, hvilket støttes af følgende udsagn:

“... så på den måde når vi har det fælles faglige. Det er ikke rigtig noget vi gør når vi har fagene.” (Fysik/kemilærer, Skole 7)

“... og der får vi modeller ind fra alle fagene med forskellige vinkler. Jeg tror fx ikke de har haft muligheden for at udvikle modeller der repræsenterer flere fag på samme tid – det kunne man måske godt tænke ind i nogle af tingene” (I arbejdet med fællesfaglige fokusområder) (fysik/kemilærer, Skole 8)

2. Lærerne har ikke haft fokus på arbejdet med modelleringskompetencen fordi arbejdet med undersøgelseskompetencen har været den store udfordring, og dermed blev fokus lagt der, hvilket støttes af følgende udtalelser fra lærerinterviews:

“Jeg har måske ikke haft helt så meget fokus på decideret modelleringskompetencen. Den har nok været lidt glemt i forhold til de andre kompetencer, som undersøgelseskompetencen er klart den vi har haft mest fokus på fordi den skiller sig så meget ud fra det der tidligere har været” (Fysik/kemilærer, Skole 8)

“... her på skolen har der været tradition for at vi har arbejdet meget med deres undersøgelseskompetence. Og så er der blevet snakket rigtig meget kommunikation med dem fordi vi arbejder meget intensivt med dem på at de skal bruge ordene korrekt. Modeleringskompetencen bliver der ikke snakket ret meget om, heller ikke i lærerteamet, så der er der ikke noget samarbejde på tværs af fagene” (Fysik/kemilærer, Skole 9)

Diskussion/konklusion

Ved alle gennemførte interviews gav lærerne udtryk for at konkrete modeller og illustrationsmodeller indgår i deres naturfagsundervisning, mens symbolmodeller i syv ud af ni tilfælde indgår. Dette er samstemmende med de modeltyper der finder anvendelse i den fælles naturfaglige prøve hvor der er en klar overvægt af illustrationsmodeller med et tilskud af symbolmodeller (Krogh et al., 2018). De modeltyper der i sig selv appellerer mest til elevernes aktive deltagelse, finder den laveste anvendelse.

Forståelse af modelbegreb og modeltyper kan dog være afhængig af forskellige fagtraditioner i de enkelte naturfag (se fx Justi & Gilbert, 2002). Hos os indgik simuleringsmodeller i undervisningen hos to af tre fysik/kemilærere og hos én af tre biologilærere mens ingen af de tre geografilærere gjorde opmærksom på at simuleringsmodeller indgik i deres undervisning.

Vi søgte blandt de interviewede lærere at afdække i hvilken udstrækning *anvendelse, udvælgelse, afkodning, vurdering* samt *udvikling* af modeller indgik i deres naturfagsundervisning. Hertil kommer at det ikke er sikkert at lærerne i deres svar havde entydigt fokus på elevernes anvendelse, udvælgelse, afkodning, vurdering eller udvikling af modeller. Der kunne jo lejlighedsvis være tale om fx lærernes *egen* udvælgelse og anvendelse af modeller i forbindelse med at gennemføre undervisningen. Denne problematik kræver yderligere undersøgelser.

Det virker dog som om anvendelse af modeller står stærkest i de interviewede læreres undervisning. I det omfang anvendelse af modeller er ensbetydende med at støtte forklaringer af faglige sammenhænge, ser det således ud til at andre af de elementer der indgår i modellen for modelleringspraksis (Schwarz et al., 2009), er svagt repræsenteret i vores resultater.

Dette er i tråd med at elever og lærere, som vist af Krogh et al. (2018), i selve prøve-situationen har størst fokus på at forklare fænomener og sammenhænge ved hjælp af

modeller, og ligeledes konkluderes det at prøven i stor udstrækning er en udprøvning af elevernes evne til at bruge (anvende) præfabrikerede modeller til faglig forklaring.

Man kan således argumentere for den antagelse at lærerne netop vægter anvendelse af modeller højt i deres naturfagsundervisning fordi det er det eleverne reelt bliver vurderet på i forbindelse med den mundtlige prøve. Dette støttes også af Krogh et al. (2018), der netop mener at eleverne i stor udstrækning mestrer de aspekter af modelbrug som lærerne i undervisningen har haft fokus på.

Det problematiske er imidlertid at det nok kan være sådan det praktiseres, men forventningen til elevernes kunnen ved prøven rækker videre. Prøvevejledningen

(Undervisningsministeriet, 2018d) udfolder hvordan modelleringskompetencen vurderes, og kommer med konkrete forslag til hvordan eleven kan demonstrere sin modelleringskompetence. De bindende naturfaglige kompetencemål fastslår at eleven skal kunne *anvende, vælge og vurdere* modeller i fysik/kemi, biologi og geografi. Dette kan eleven i prøvesammenhæng demonstrere på to måder:

- Elevens *anvendelse* af modeller, hvor eleven *bruger og/eller tilpasser* forskellige modeller til at *vise sammenhænge* mellem faglige begreber, til at forklare og demonstrere naturvidenskabelige principper eller fænomener eller til at underbygge faglige argumenter.
- Elevens *forståelse af modellering*, hvor eleven demonstrerer sin viden om *naturfaglig modellering og viser de begrænsninger og anvendelsesmuligheder det giver at reducere kompleksitet i en model*.

Især sidstnævnte synes mangelfuld til prøven. Eksempelvis bemærker Krogh et al. (2018) at de kun i ét tilfælde observerede at forholdet mellem en model og virkelighed blev diskuteret, og de bemærker at de aspekter som handler om modellering som proces, var fraværende ved prøverne. Vores interviews med udvalgte lærere peger ligeledes på at forståelse af modellering som proces ikke har den store opmærksomhed i undervisningen.

Så meget desto mere er der brug for at gøre opmærksom på andre aspekter af modelleringsbegrebet. Set i lyset af en snæver fortolkning af modellering (Christiansen, 2003) og Schwarz et al.s. (2009) model for modelleringspraksis ser vi kun få elementer af modellering som proces som en del af undervisningen.

Vi mener at en modelleringspraksis der understreger at modellering er en erkendelsesproces, ville kunne kvalificere elevernes modelleringskompetence så de evner mere end at anvende præfabrikerede modeller til faglige forklaringer.

Lærerne vil med denne praksis få en tydeligere didaktisk retning på begrebet modellering, inkl. metamodellering, med større bevågenhed på en mere afprøvende anvendelse af modeller.

Perspektivering

Med udgangspunkt i ovenstående er det derfor vores anbefaling at der i grundskolens naturfagsundervisning udvikles en modelleringspraksis der tager udgangspunkt i en snæver fortolkning af begrebet modellering, hvor brug af modeller i visse sammenhænge ikke er en del af modelleringskompetencen (jf. afsnittet "Hvorfor modeller og modellering?" ovenfor). Særligt fokus bør der være på at adskille undersøgelse med modeller, hvor hovedsigtet er at støtte tilegnelse af viden, fra modellering som proces, hvor hovedsigtet er at udvikle forståelse.

Vi ser derfor et behov for at udvikle et koncept til kompetenceløft af grundskolelærere inden for modellering med særligt fokus på modellering som proces og metamodelleringskompetencen, hvor målet er at forbedre modelleringsundervisningen i deltagende læreres klasser og sikre kapacitetsopbygning på deres skoler gennem en intervenerende indsats.

Referencer

- Andersen, N.O., Busch, H., Troelsen, R. & Horst, S. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie, nr. 7, 2003. København: Undervisningsministeriet.
- Belarmino, J.J. (2017). *Exploring the Nature of Models in Science, Philosophy of Science, and Science Education*. Unpubl. Ph.d.-afhandling. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Black, M. (1962). *Models and Metaphors: Studies in Language and Philosophy*. New York: Cornell University Press.
- Bokulich, A. & Oreskes, N. (2017). Models in the Geosciences. I: L. Magnani & T. Bertolotti (red.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (s. 891-911). Springer International Publishing.
- Busch, H., Horst, S. & Troelsen, R. (red.). (2003). *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie, nr. 8, 2003. København: Undervisningsministeriet.
- Brandt, H. & Johansen, B.L. (2014). Modeller i naturfagsundervisningen. Webantologi: *Introduktion til naturfagsdidaktik*. Set på: https://astra.dk/sites/default/files/Modeller%20i%20naturfagsundervisningen%20_HB_BLI_0.pdf.
- Chamizo, J.A. (2013). A New Definition of Models and Modeling in Chemistry's Teaching. *Science & Education*, 22(7), s. 1613-1632.
- Christiansen, J.L. (2013). Kompetenceorienteret naturfagsundervisning. I: J.L. Christiansen, N.J. Hansen, J. Madsen & B. Lindhardt (red.), *KOMPIS – Kompetencemål i praksis. Dansk, matematik og naturfag 2009-2012* (s. 29-39). University College Sjælland.
- Dolin, J., Krogh, L.B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser* (s. 59-140). København: Undervisningsministeriet
- Elmose, S. (2007). Naturfaglige kompetencer – til gavn for hvem? *MONA*, 2007(4), s. 49-67.

- Elmose, S. (2010). Hvordan ser en kompetence ud? Evaluering af modelleringskompetencen i natur/teknik-undervisningen – et CAND-projekt. *MONA*, 2010(1), s. 7-31.
- Frigg, R. & Nguyen, J. (2017). Models and Representation. I: L. Magnani & T. Bertolotti (red.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (s. 49-102). Springer International Publishing.
- Gelfert, A. (2017). The Ontology of Models. I: L. Magnani & T. Bertolotti (red.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (s. 5-23). Springer International Publishing.
- Gilbert, S.W. & Ireton, S.W. (2003). *Understanding Models in Earth and Space Science*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Halloun, I.A. (2004). *Modeling Theory in Science Education*. Kluwer Academic Publishers.
- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2000). A Typology of School Science Models. *International Journal of Science Education*, 22(9), s. 1011-1026.
- Justi, R. & John Gilbert, J. (2002). Teachers' Views on the Nature of Models. *International Journal of Science Education*, 25(11), s. 1369-1386.
- Kenyon, L., Davis, E.A. & Hug, B. (2011). Design Approaches to Support Preservice Teachers in Scientific Modeling. *Journal of Science Teacher Education*, 22(1), s. 1-21.
- Krogh, L.B., Daugbjerg, P., Ormstrup, I.C.N., Clausen, S.W., Nielsen, S.S. & 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.
- Levy, A. (2015). Modeling without Models. *Philosophical Studies*, 172(3), s. 781-798.
- Michelsen, C. (2016). Den matematiske og naturvidenskabelige dannelse. I: von Oettingen, A. (red.), *Almen dannelse: Dannelsesstandarder og fag* (s. 37-80). København: Hans Reitzels Forlag.
- Louca, L.T. & Zacharia, Z.C. (2012). Modeling-Based Learning in Science Education: Cognitive, Metacognitive, Social, Material and Epistemological Contributions. *Educational Review*, 64(4), s. 471-492.
- Nielsen, S.S. (2015). Fælles Mål og modelleringskompetence i biologiundervisningen – forenkling nødvendig for fortolkning. *MONA*, 2015(4), s. 25-43.
- Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), s. 35-45.
- Prins, G.T., Bulte, A.M.W. & Pilot, A. (2016). An Activity-Based Instructional Framework for Transforming Authentic Modeling Practices into Meaningful Contexts for Learning in Science Education. *Science Education*, 100(6), s. 1092-1123.
- Ringnes, V. & Hannisdal, M. (2006). *Kjemi Fagdidaktikk – Kjemi i skolen*. HøyskoleForlaget.
- Schwarz, C.V., Reiser, B.J., Davis, E.A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Schwartz, Y., Hug, B. & Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, s. 632-654.

- Soulios, I. & Psillos, D. (2016). Enhancing Student Teachers' Epistemological Beliefs about Models and Conceptual Understanding through a Model-Based Inquiry Process. *International Journal of Science Education*, 38(7), s. 1212-1233.
- Sølberg, J., Bundsgaard, J. & Højgaard, T. (2015). Kompetencemål i praksis – hvad har vi lært af KOMPIS? *MONA*, 2015(2), s. 46-59.
- Tougaard, S. & Kofod, L.H. (red.) (2009). *Metoder i naturfag*. Experimentarium.
- Undervisningsministeriet (2018a). Vejledning til faget biologi. Lokaliseret 25.6.2019 på: <https://www.emu.dk/grundskole/biologi/laeseplan-og-vejledning>.
- Undervisningsministeriet (2018b). *Vejledning til faget fysik/kemi*. Lokaliseret 25.6.2019 på: <https://www.emu.dk/grundskole/fysikkemi/laeseplan-og-vejledning>.
- Undervisningsministeriet (2018c). *Vejledning til faget geografi*. Lokaliseret 25.6. 2019 på: <https://www.emu.dk/grundskole/geografi/laeseplan-og-vejledning>.
- Undervisningsministeriet (2018d). *Vejledning til folkeskolens prøver i fagene fysik/kemi, biologi og geografi – 9. klasse af 29.08.2018*. Lokaliseret 25.6.2019 på: <https://www.uvm.dk/folkeskolen/folkeskolens-proever/forberedelse/proevevejledninger>.
- Vasconcelos, C. & Torres, J. (2017). Models in Science and for Teaching Science: Data from an Intervention Programme. *International Journal of Learning and Teaching*, 8(5), s. 308-318.
- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2007). Beyond the Scientific Method: Model-Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. *Science Education*, 92(5), s. 941-967.

English abstract

In this paper we investigate teachers' knowledge of models and their work with students' acquisition of modeling competence, based on nine interviews with individual teachers, each representing one of the subjects Biology, Physics/Chemistry, or Geography. We consider the teachers' understanding of models and modeling, and experience of their own knowledge and use of various types of models. Our results are discussed in relation to official ministerial documents and research, and lead us to recommend increased focus in science education on meta-modeling and the process of modeling.