
August 2019

Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab (CTiMNAT)

Evaluering af kursusforløbet efter første gennemløb 2018-2019

Rapport udarbejdet for Danske Science Gymnasier (DASG)
af
Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet (CCTD)

*Jesper Buch
Adam Etches
Keld Nielsen
Line Have Musaeus
Arthur Hjorth*

Indhold

1. Resumé.....	2
2. Udsagn fra kursisterne om CT, undervisning og motivation	5
3. Baggrund for projektet.....	6
3a. Dette projekt bygger på CCTD's tidligere erfaringer.....	6
3b. Essensen af Computational Thinking i undervisningssammenhæng.....	6
3c. Didaktiske principper for CT-i-fag: CMC-tilgangen.....	7
3d. CT-praksisser, CT-i-fag, NetLogo og CMC-tilgang	8
4. Forløbets design	10
4a. Design af kursusforløbet	10
4b. Afholdte aktiviteter	10
4c. Projektgruppe og styregruppe	11
5. Grundlag for evalueringen	12
6. Konklusioner på baggrund af erfaringer fra projektets første år (2018-2019).....	13
6a. Hovedkonklusioner	13
6b. Baggrund for konklusionerne	14
6c. Udvælgelse af coaches	19
7. Indfrielse af målene for projektets år 1 som angivet i ansøgningen	20
8. Referencer.....	21
9. Bilag	23
Bilag A: De udviklede undervisningsforløb	23
Bilag B: Indsamlet empiri	27
Bilag C: Bearbejdning af empiri – metode.	29
Bilag D: Beskrivelse af kursistenes udbytte på baggrund af den indsamlede empiri	30
Bilag E: Oversigt over afholdte aktiviteter	42
Bilag F: anbefalinger til kommende kurser – uddybet	44
Bilag G: Spørgeskema brugt til pre- og post surveys	46
Bilag H: Spørgeskema brugt til kursusevaluering	47

1. Resumé

Fokus på it-kompetencer i uddannelserne

I det danske uddannelsessystem er der sat stærke dagsordener for undervisning relateret til den hastige og allestedsnærværende udvikling af informationsteknologi.

Danmarks Vækstråd anbefalede i 2016, at Computational Thinking (CT) gøres til en obligatorisk del af uddannelser på alle niveauer.

I forbindelse med gymnasireformen (2016) er "Informatik" indført som nyt fag, og styrkelse af elevernes digitale dannelse og digitale kompetencer er et fokusområde på tværs af alle fag.

I grundskolen indføres det it-baserede fag "Teknologiforståelse" som obligatorisk fag efter en treårig forsøgsperiode, der allerede er sat i gang.

Denne udvikling har skabt et påtrængende behov for faglig og fagdidaktisk nytænkning på området, samt et lige så stort behov for styrkelse af lærernes kompetencer og udvikling af den konkrete undervisning.

Dette projekt skal støtte udviklingen

Formålet med projektet *Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab* (CTiMNAT) er at bidrage til at imødekomme disse behov. I projektet introduceres en etårig, nyskabende efteruddannelse for gymnasielærere. Det etårige kursusforløb gentages tre år træk, hvert år med nye kursister. Undervejs følges de enkelte forløb tæt og evalueres med henblik på dokumentation af resultaterne og systematisk opsamling af erfaringer, der kan udmøntes i efterfølgende forbedringer af forløbets indhold og struktur.

I denne rapport evalueres det første af de tre gennemløb, og de indvundne erfaringer opsummeres.

Projektets primære målgruppe er gymnasielærere i matematik og naturvidenskab. Hovedformålet er at fremme lærernes muligheder for at styrke elevernes digitale kompetencer og derved øge elevernes muligheder for at håndtere nogle af det 21. århundredes centrale udfordringer.

Ny CT-didaktik

Hensigten med projektet har endvidere været at udnytte og bygge videre på nogle meget lovende resultater fra udviklingsprojektet "*CT i gymnasiefag*" (se denne rapport afsnit 3a).

Den gennemgående idé er at fremme elevernes CT-kompetencer i forbindelse med den eksisterende, faglige undervisning, så denne styrkes, idet CT-kompetencerne udvikles, mens eleverne arbejder med faget på nye måder. Det gælder om at undgå, at lærere og elever oplever CT som et fremmedlegeme, en komplicerende tilføjelse til det allerede eksisterende. Målet er, at lærerne i stedet for ser CT som en mulighed for at forny og løfte den eksisterende undervisning

ved at integrere CT i faget. Den centrale idé omtaler vi som CMC-tilgangen. I det samme undervisningsforløb arbejdes integreret med:

- Et fagligt fænomen fra et af de deltagende fag (**C**ontent)
- En computerbaseret model af det faglige fænomen (**M**odeling)
- Computerkoden bag modellen (**C**oding).

CMC-tilgangen er grundlaget for den didaktiske nytænkning i projektet. Mere herom i afsnit 3c.

Nyt efteruddannelsesdesign

Det er ikke kun indholdet i forløbet, der er nytænkende, også forløbets struktur er det. Forløbet er designet, så en række elementer er omhyggeligt fordelt med rytme og progression i et otte måneder langt forløb. Elementerne er:

- Workshops, hvor kursisternes præsenteres for og arbejder med nye redskaber og nye idéer, herunder programmeringsmiljøet NetLogo
- Kursisternes udvikling af computermodeller og tilhørende undervisningsforløb
- Møder med coaches, hvor der gives feedback til mindre grupper af kursister og udveksles idéer
- Løbende feedback fra projektet på kursisternes arbejde
- Planlagte afprøvninger i kursisternes egne klasser
- Tydelige krav til kursisternes præsentation af deres produkter.

Konklusioner på baggrund af det første gennemløb

Det første gennemløb (fra august 2018 til april 2019) blev gennemført af 29 kursister fra 17 gymnasier, fordelt på fagene matematik, fysik/astronomi, kemi og biologi/bioteknologi.

Undervejs blev der indsamlet en lang række kilder (dokumentation), som ligger til grund for evalueringer og konklusioner i denne rapport (se afsnit 5 og bilag B). På baggrund af de indsamlede kilder konkluderer vi følgende:

Med hensyn til forløbets struktur:

- Det valgte kursusdesign sætter kursisterne i stand til at formulere og afprøve undervisningsforløb, der indeholder væsentlige CT-elementer og som kan indpasses i deres øvrige undervisning (herunder Naturvidenskabeligt Grundforløb)
- Samtidig med at kurset giver kursisterne nye didaktiske redskaber, skabes der rum for at kursisterne kan inspirere og støtte hinanden
- Kursets struktur fungerer godt og bør ikke ændres radikalt. Ideerne bag strukturen er så robuste, at der er gode muligheder for at arbejde videre med dem og forbedre dem.

Med hensyn til forløbets indhold herunder de didaktiske idéer:

- CMC-tilgangen og NetLogo-modeller kan bringe væsentlige elementer af CT i anvendelse i faglige sammenhænge i det danske gymnasium
- Det valgte kursusindhold sætter lærere i matematik og de naturvidenskabelige fag i stand til selv at udarbejde CT-undervisningsforløb under brug af CMC-tilgangen

- Kursets indhold fungerer godt og bør ikke ændres radikalt. Idéerne bag indholdet er så robuste, at der er gode muligheder for at arbejde videre med dem.

Med hensyn til det øvrige udkomme af det første gennemløb i form af en række produkter:

- Deltagerne i kurset har produceret 29 nye, afprøvede undervisningsforløb. Ca. 970 elever deltog i afprøvninger af forløbene. Forløbene kan virke som inspiration for kommende undervisning, hvor CT integreres i naturfagene og matematik (se afsnit 6b og bilag A)
- Der er skabt et godt udgangspunkt for at formulere en didaktik for undervisning i CT-i-fag
- Der er formuleret en række anbefalinger for, hvordan kommende kurser i projektet – og eventuelle andre kurser af samme type – kan optimeres
- Medarbejdere fra projektet har informeret om projektet ved seks nationale og to internationale arrangementer (For detaljer, se side 13).

Andet gennemløb af projektet er planlagt og vil i skoleåret 2019-2020 blive gennemført med 40 kursister. Dermed finder vi, at formålet med kursets første år, som angivet i projektbeskrivelsen i ansøgningen til Villum Fonden, er opfyldt. (For detaljer, se afsnit 7).

Projektet er støttet af Villum Fonden.

De udarbejdede undervisningsforløb er tilgængelige på CCTD Library, som er en samling af materialer, der er relevante for CT-undervisning i gymnasiet (se <https://library.ct-denmark.org/>). Forløbene er også tilgængelige på DASGs hjemmeside (se <https://science-gym.dk/ct.htm>).

Tak til DASG for samarbejde og til Villum Fonden for økonomisk støtte. Tak til lektor Lars B. Krogh, VIA, for værdifulde kommentarer og konstruktiv kritik i forbindelse med udvikling af projektet og denne evaluering.

Aarhus Universitet, august 2019.

2. Udsagn fra kursisterne om CT, undervisning og motivation

I forbindelse med forløbet har kursisterne udarbejdet, afprøvet og præsenteret 29 undervisningsforløb. På baggrund af arbejdet med forløbene skrev kursisterne bl.a.:

Om CT-mål:

- De [eleverne] lærer ikke at programmere. De lærer, at simuleringer afhænger af de kommandoer, som indtastes i koden.
- I it-perspektiv er det meningen at få eleverne til at erkende, at programmer er skrevet af nogen, og at de kan ændre modellens opførsel ved at ændre i koden.
- Små trinvis ændringer af koden med omgående afprøvnings får kodning til at virke.
- Det er desuden et ønske af få eleverne til at forstå, at modeller som denne ofte bygger på nogle antagelser om verden, som det er godt at forholde sig kritisk til.
- Det er ikke svært at sætte sig ind i NetLogo.

Om CMC-tilgangen og det faglige udbytte:

- Det var helt tydeligt at NetLogo-simuleringen hjalp eleverne med forståelsen af det faglige.
- Elevernes diskussioner af simuleringens og modellens muligheder og begrænsninger brugtes til at arbejde mod NV's faglige mål om modellering.
- Ideer til - og gennemførelse af - ændringer i koden med henblik på at forbedre simuleringen, sætter tanker i gang om kritiske vinkler til modellen, især hvis de diskuteres.
- Udbyttet i forhold til at få en forståelse af de dynamiske processer, der ligger til grund for kemiske processer, er højt.
- Det våde laboratorium og computersimuleringen i samspil bidrager til at øge elevernes fagfaglige udbytte af øvelsen.
- Rent fagligt er det en nem øvelse, og de fleste elever når hurtigt gennem første trin. Den store pointe er måske succesoplevelsen, de oplever, ved at rette i et program første gang.
- Jeg er i tvivl om de faglige pointer blev overskygget af de uanede muligheder for kreativ udfoldelse ift. at modificere koden i mindre faglige retninger.

Om elevmotivation:

- [Der var] høj aktivitet blandt eleverne.
- Andre elevtyper kom i spil (motivationsfaktor).
- Øvelsen er med til at aktivere en anden type elever, der har en eksperimenterende tilgang til viden.
- Jeg oplevede et stort engagement hos både kode-vante elever og andre elever.
- Øvelsen har et element af computerspil over sig, hvor eleverne selv er med til at lave spillereglerne.
- Afprøvningen af simuleringen supplerede litteratur og eksperimenter. Og den legende del af afprøvningen virkede motiverende.
- At ca. halvdelen af holdet [...] valgte at bruge simuleringen til studentereksamen i NV, viser at eleverne er fortrolige med den.
- Elevernes ideer til brug af simulering i f.eks. computerspil burde måske have været brugt til mere sjov.
- Der var for få lavthængende frugter i koden – kun de dygtigste elever havde overskuddet til at rette fejlen i koden. Det ville hjælpe, hvis der var flere simple ting, der skulle ændres i koden.

Undervisningsforløbene omtales i bilag A.

3. Baggrund for projektet

3a. Dette projekt bygger på CCTD's tidligere erfaringer

Det aktuelle projekt (CTiMNAT) bygger på erfaringer fra et pilotprojekt, *CT i gymnasiefag*, der blev gennemført i 2017 med deltagelse af ni midtjyske gymnasier samt Center for Computational Thinking & Design ved Aarhus Universitet. (CCTD, 2018a; CCTD, 2018b).

Læreplansændringer i gymnasiet og gymnasiernes ønske om at kunne undervise i digitale kompetencer banede vejen for dette pilotprojekt, der var finansieret af Region Midtjylland. I pilotprojektet blev der især arbejdet med en ny form for undervisning gennem udvikling, afprøvning og justering af computationelle modeller af komplekse, dynamiske systemer. Tilgangen er baseret på forsknings- og udviklingsarbejde, der er foregået over de seneste 25 år på bl.a. Massachusetts Institute of Technology (MIT) i Boston og Northwestern University i Chicago.

Projektet viste meget lovende resultater af forsøg med at indføre CT i fagene biologi, kemi, bioteknologi og samfundsfag. I forbindelse med pilotprojektet blev der udviklet fagdidaktiske principper (bl.a. CMC-tilgangen, se afsnit 3c) og undervisningsmateriale, der kan støtte tilrettelæggelsen af undervisningen i CT (Caspersen & Nowack, 2013; Caspersen, 2017b). Både principperne og materialet er anvendt i CTiMNAT-projektet. Pilotprojektet har desuden resulteret i endnu et opfølgningsprojekt i regi af Den Midtjyske Teknologipagt, hvor der arbejdes med CT i ikke-naturvidenskabelige fag (se <http://cctd.au.dk/projects/mctig-computational-thinking-in-humanities-arts-and-social-sciences/>).

Nogle af de grundlæggende idéer i CTiMNAT er dermed udviklet i samarbejde med danske gymnasielærere med henblik på at indføre CT i den faglige undervisning i gymnasiet. De udviklede metoder er originale for pilotprojektet. Andre CT-didaktikere har arbejdet med lignende idéer, men ikke under inddragelse af lærerne i skabelse af undervisningsforløb, og ikke med så stor vægt på brug af computationelle modeller og koden bag dem. Også set med internationale øjne er der tale om en ny måde at tænke CT-undervisning og udvikling af CT-undervisning på. CMC-tilgangen har vakt international interesse (Musaeus & Musaeus, 2019).

3b. Essensen af Computational Thinking i undervisningssammenhæng

Begrebet Computational Thinking (CT) blev introduceret i 1980 af Seymour Papert i forbindelse med særlige kompetencer knyttet til den digitale udvikling (Papert, 1980). Begrebet blev senere reintroduceret af Jeannette Wing (Wing, 2006). De to havde forskellige visioner for CT: Er kernen i CT at udvikle elevernes evne til at lære og skabe digitalt, eller er den, at eleverne lærer at programmere. De to visioner udelukker ikke hinanden og er inkluderet i de fleste nyere beskrivelser af CT som et sæt af kompetencer og praksisser (CAS, 2015). Nyere beskrivelser lægger især vægt på:

- Algoritmisk tænkning, dekomposition (af problemer), generalisering (mønstergenkendelse), abstraktion og evaluering
- Refleksion, kodning/programmering, design, analyse og anvendelse.

Det aktuelle projekt arbejder med essensen af CT, som er at formulere problemer på en sådan måde, at de kan modelleres computationelt. Derved udnyttes det særlige potentiale ved anvendelse af computermødeller som supplerende element i undervisningen.

Computationelle modeller af centrale faglige fænomener udmærker sig ved at kunne være simple, transparente og nemme at forstå intuitivt. En sådan model inviterer eleverne til nærkontakt, der går ud over simpel brug. Nærkontakten kan – ud over initial undersøgelse af modellens faglige relevans – omfatte parametervariation, ændringer gennem simple modifikationer af koden (tinkering), hypotesedannelse, nye eksperimenter med modifikation af koden, dybere modifikationer, kopiering af kode fra andre modeller, eventuelt re-programmering osv. Generelt kan elevers arbejde med digitale modeller:

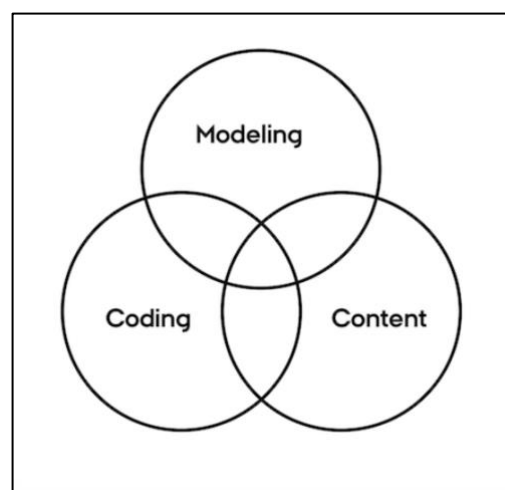
- Give eleverne en grundlæggende forståelse for, at det er programkode, der styrer en computers opførsel
- Supplere traditionelle, statiske, faglige modeller med dynamisk repræsentation
- Realisere en mere nysgerrig og undersøgelsesbaseret tilgang til læring
- Åbne for radikal ny erkendelse hos eleverne af modellers forhold til det modellerede fænomen
- Åbne for simplificering af modeller af komplekse systemer, så de bliver transparente og forståelsesmæssigt mere tilgængelige for flere elever.

Den læringsmæssige indgangstærskel for denne måde at arbejde på er lav. En konsekvens er, at eleverne kan undersøge, forstå og beskrive interessante og relativt komplekse dynamiske systemer hentet fra den fag-faglige undervisning uden særlig forkundskab på it-området. Samtidig lægges der et fundament for faglig og it-mæssig progression, så der bliver væsentligt højere til loftet i undervisningen (Caspersen et al., 2018).

3c. Didaktiske principper for CT-i-fag: CMC-tilgangen

Det europæiske initiativ, *Informatics for All* fremhæver behovet for en tostrengt strategi for CT på alle uddannelsesniveauer (Caspersen et al., 2018). Således skal der både være fokus på CT som en fundamental og selvstændig disciplin (CT-som-fag), og CT som en tværgående disciplin integreret i andre fag (CT-i-fag). Det er CT-i-fag, som er i fokus for dette projekt.

I projektet anvendes en tilgang til undervisningen, CMC, som integrerer faglig viden (Content) med modellering (Modeling) og programmering (Coding) i et samlet læringsforløb (se figuren).



Et undervisningsforløb kombinerer således aktiviteter og læringsmål fra både det indgående fag og fra CT. Forløbet er bygget op omkring en central faglig model, der udtrykkes i simpel og

overskuelig programkode. Ud fra denne computermodel arbejder eleverne med fænomener, begreber og principper fra både faget og fra CT. Det betyder, at:

- de faglige fænomener, begreber og principper anvendes til at lære CT
- de CT-faglige fænomener, begreber og principper anvendes til at lære faget.

I projektet fokuseres der desuden på didaktisk progression i undervisning og læring, blandt andet gennem anvendelse af en tilgang til elevernes interaktion med modellen, hvor der skelnes mellem "brug", "modifikation" og "skabelse". Denne skelnen omtales ofte som "Use-Modify-Create" (UMC) (Lee et al., 2011).

USE: Eleverne arbejder med modellen for at se sammenhængen mellem input og output. Fx gennem at ændre startparametre, som tages ind i modellens user-interface. Eventuelt kan de ændre visse interne parametre, også gennem modellens interface. Eleverne kan også arbejde fagligt med output (data) fra modellen.

MODIFY: Eleverne får adgang til den computerkode, der ligger bage modellen. De foretager mindre eller større ændringer i koden og ser, hvorledes det ændrer user-interfacet eller modellens opførsel og output.

CREATE: Eleverne skriver selv "original" kode. Enten ved at tilføje/ændre grundlæggende i eksisterende modelkode eller ved at skrive kode helt fra bunden.

3d. CT-praksisser, CT-i-fag, NetLogo og CMC-tilgang

I løbet af det sidste årti er der givet mange forskellige definitioner på Computational Thinking (CT). Nogle, blandt dem Wing (2006), fokuserer på CT som noget, der ligger tæt op ad datalogi (Computer Science), mens andre gør opmærksom på, at CT giver kompetencer, der rækker ud over de traditionelle datalogiske (diSessa 2018, Guzdial, 2019). Nogle definitioner er meget teoretiske, andre er mere praksis-orienterede. Forskere har kritiseret visse definitioner for at være for ukonkrete og abstrakte i deres forsøg på at være så brede som muligt (Denning, 2017, Tedre & Denning, 2016). Derfor har det været et aktivt valg i dette projekt at anvende en beskrivelse af CT, der er så konkret som muligt.

En af de mest konkrete af slagsen er David Weintrops identificering af CT-praksisser (Weintrop et al., 2015). Weintrop og hans kolleger interviewede 30+ naturvidenskabelige forskere på amerikanske universiteter for at finde ud af, hvad de bruger computere til i forbindelse med deres forskningsarbejde. Baseret på disse interviews udviklede de en CT-praksis-taksonomi, opdelt i fire kategorier, som ses i figuren herunder.

Data Practices	Modeling & Simulation Practices	Computational Problem Solving Practices	Systems Thinking Practices
Collecting Data	Using Computational Models to Understand a Concept	Preparing Problems for Computational Solutions	Investigating a Complex System as a Whole
Creating Data	Using Computational Models to Find and Test Solutions	Programming	Understanding the Relationships within a System
Manipulating Data	Assessing Computational Models	Choosing Effective Computational Tools	Thinking in Levels
Analyzing Data	Designing Computational Models	Assessing Different Approaches/Solutions to a Problem	Communicating Information about a System
Visualizing Data	Constructing Computational Models	Developing Modular Computational Solutions	Defining Systems and Managing Complexity
		Creating Computational Abstractions	
		Troubleshooting and Debugging	

CT-praksisser (Weintrop, et al., 2015)

Flere forskere har påpeget, at et specifikt kendetegn ved CT er modellering og simulering (Aho, 2012; Denning, 2017). Netop denne kategori (anden søjle i figuren) er aktuell for mange fag i gymnasiet. Derfor valgte vi i Pilotprojektet og i det aktuelle projekt specifikt at arbejde med modellering i STEM-fag og med en Code-Model-Content-tilgang (CMC), fordi vi vurderede, at det er den bedste måde at introducere CT-praksisser til fag i gymnasiet. (Musaeus & Musaeus, 2019).

Ved at gøre modeller centrale i de læringsaktiviteter, som udvikles i projektet, trækker vi dermed på "Modeling & Simulation Practices" (se figuren), som handler om at bruge, designe og skabe computermødeler til at forstå fænomener, og om kritisk at vurdere fordele og ulemper ved en given model.

Ved at fokusere på faglige fænomener gennem modeller af varierende kompleksitet hjælper vi eleverne til at forstå disse fænomener som distribuerede systemer, der indeholder kausalkæder og -sammenhænge på alle kompleksitetsniveauer. Derved aktiveres eleverne også i at arbejde med "Systems Thinking Practices". Ved at bygge læringsaktiviteterne op omkring elevernes analyser af både input- og outputdata fra modellerne får eleverne endvidere indsigt i "Data Practices".

Den sidste kategori, "Computational Problem Solving Practices", er ofte den sværeste at håndtere i undervisningen, da den bl. a. kræver, at eleverne arbejder med computerkode. Vi inddrager specifikt og målrettet praksisser hørende til denne kategori ved:

- At arbejde med et agentbaseret programmeringssprog, NetLogo, som er specifikt designet til at være nemt at lære for nybegyndere (Wilensky, 1999)
- At bruge CMC-tilgangen. Med CMC-tilgangen kan eleverne reflektere over forholdet mellem – på den ene side – deres viden om det faglige fænomen og modelleringen af det,

og – på den anden side – computerkoden bag modellen. Denne konkretisering af kodens forhold til både det faglige fænomen og til dets repræsentation gennem modellen giver eleverne optimale muligheder for at forstå og eksperimentere med, hvad koden gør.

Da CT omfatter kompetencer, som eleverne forventes at kunne gøre brug af i løbet af deres opvækst og hele liv, herunder deres fremtidige karrierevalg, har det været vigtigt for os ikke at fokusere entydigt på f.eks. programmeringsaspektet af CT. Vi mener derfor, at et udgangspunkt i modellering, med baggrund i Weintrop et al.'s praksisbeskrivelser, giver et godt fundament for at introducere CT for eleverne, samtidig med at det er klart, at vi gennem CMC-tilgangen ikke dækker alle de omtalte praksisser.

4. Forløbets design

4a. Design af kursusforløbet

Overordnet set er der tre faser i kurset. I den første fase lærer kursisterne programmeringssproget NetLogo og udarbejder en NetLogo-model med tilhørende elevaktiviteter. I anden fase afprøver kursisterne først deres eget undervisningsforløb på elever, og bagefter endnu et forløb. Andet forløb kan være et, som en anden kursist har udarbejdet eller et nyt forløb, som kursisten selv udarbejder. Tredje og sidste fase er en afrunding, hvor de udarbejdede undervisningsforløb finpudses, så de kan deles med resten af gymnasiesektoren.

Kurset er bygget op omkring fire workshops med et coaching-møde imellem hver workshop. Workshops er af 6 timers varighed og bruges primært til at introducere nye værktøjer, teorier, principper og pædagogiske overvejelser for kursisterne. Et coaching-møde varer halvanden time. Deltagerne er et mindre antal kursister (5-8) fra samme "lokale" område og en eller to projektmedarbejdere (coaches). Formålet er at give tæt feedback på kursisternes spørgsmål og arbejde, samt at give mulighed for detaljerede samtaler om kursisternes udfordringer, idéer og muligheder i forbindelse med kurset.

Kursisterne har løst opgaver ("lektier") op til hver workshop. Både for at sikre aktivitet mellem workshops og for at vi kan følge med i, hvor kursisterne er, så vi kan tilrette indholdet af den kommende workshop. Derudover har opgaverne været den primære anledning til at give kursisterne feedback på deres NetLogo-programmer og elevaktiviteter. For at støtte kursisterne i deres arbejde med opgaverne er der indlagt et lokalt coaching-møde før hver opgaveaflevering.

Kursisterne har som udgangspunkt været 2-3 fra samme gymnasium for at sikre en løbende sparring. Derudover har de altid kunne skrive til en medarbejder på CCTD for at få hjælp. Typisk har det drejet sig om NetLogo-relaterede spørgsmål.

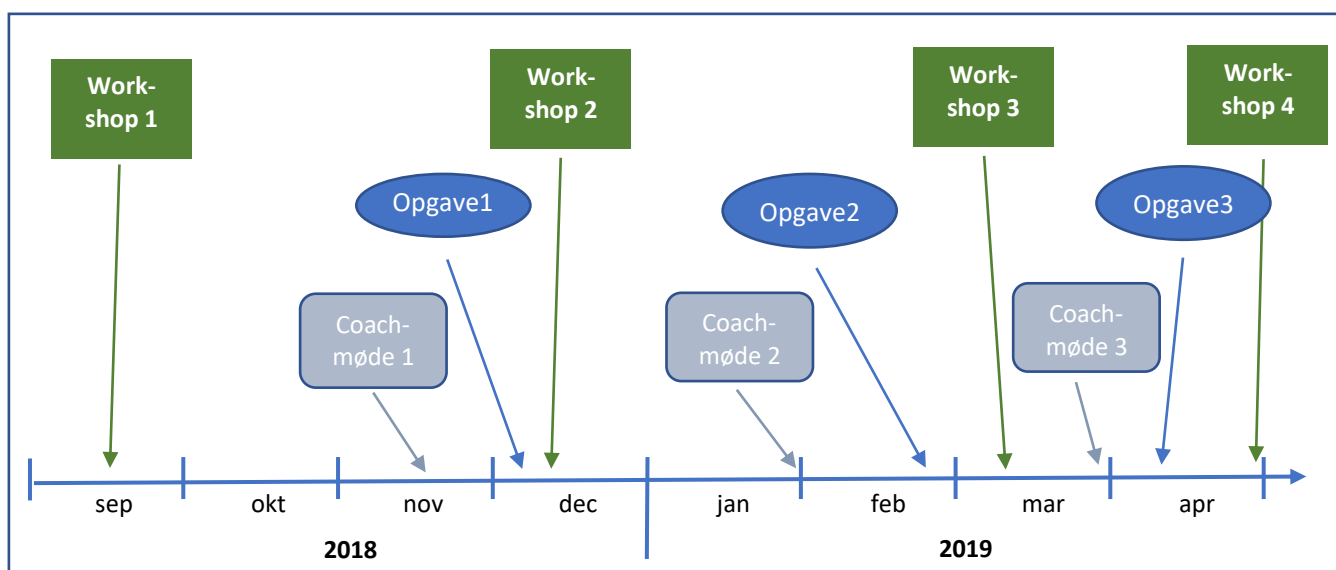
4b. Afholdte aktiviteter

Inden det egentlige projekt gik i gang, blev der i maj 2018 holdt to pilotworkshops, en i øst (Birkerød Gymnasium) og en i vest (Silkeborg Gymnasium).

I selve forløbet er der i alt afholdt fire workshops. De to første var opdelte, så der blev afholdt en for halvdelen af kursisterne i øst (Birkerød Gymnasium) med en gentagelse for den anden halvdel i vest (Silkeborg Gymnasium).

Den tredje workshop blev afholdt fælles for alle kursister på Rosborg Gymnasium. Den sidste workshop blev afholdt fælles for alle kursister på Odense Adelige Jomfrukloster.

Der blev afholdt coachingmøder i tre omgange. I alt blev der afholdt 13 coachingmøder. (En mere detaljeret oversigt findes i bilag E)



Kursusforløbets elementer og deres fordeling gennem forløbet

4c. Projektgruppe og styregruppe

Løbende planlægning, justering på grundlag af feedback og udvikling af kursets koncepter foregik i en projektgruppe med 4-5 medlemmer, hvor de gennemgående personer var Adam Etches, Line Have Musaeus, Jesper Buch, Arthur Hjorth, Keld Nielsen, alle fra CCTD. Adam Etches var projektleder. I alt holdt projektgruppen 15 møder.

Langsigtet planlægning og øvrig kommunikation mellem DASG og CCTD fandt sted i en styregruppe med 8 medlemmer. Fra DASG deltog: Steen Hoffmann, Torben Christoffersen, Eigil Dixen og Kai Thor Hansen. Fra CCTD deltog: Marianne Graves, Niels Olof Bouvin, Line Have Musaeus, Adam Etches og Keld Nielsen. I alt afholdt styregruppen 5 møder.

Dertil kommer, at projektet løbende har samarbejdet med det allerede omtalte projekt i regi af CCTD, som er rettet mod lærere i gymnasiets ikke-naturvidenskabelige fag. Dette parallelle projekt støttes af Region Midtjylland.

5. Grundlag for evalueringen

I den ansøgning til Villum-fonden, der ligger til grund for projektet, lægges der vægt på, at projektets første år er et læreår, hvor der er fokus på at teste de idéer, som ligger til grund for et kursusforløb – både forløbets struktur og indhold – og derved indhøste erfaringer, som kan lægge et fundament for fremtidige kursusforløb, herunder de forløb, der skal gennemføres i projektets 2. og 3. år

Om evalueringen projektets første år står mere eksplicit:

"I år 1 er der fokus på, hvorledes deltagelse i projektforløbet om CT udvikler gymnasielærernes forståelse af CT og deres muligheder for at implementere denne i undervisningen i matematik og/eller naturvidenskab. Den indsamlede empiri vedrørende deltagernes oplevede læring og udfordringer føres løbende tilbage til projektet og bruges til kvalitetssikrende justeringer af workshopforløbet og til konkrete efteruddannelses-aktiviteter."

Der blev i løbet af projektets første år indsamlet en omfattende empiri, som især er rettet mod kursisternes opfattelse af kursets formål, opbygning og indhold, samt deres arbejde med de opgaver og produkter, som udgjorde en central del af kursets indhold.

En vægtig del af den indsamlede empiri består af observatørrapporter (memoer) fra de afholdte workshops og coachingmøder. Disse rapporter har spillet en vigtig rolle som feedback i projektorganiseringen, hvor både form og indhold for aktiviteterne løbende er diskuteret og justeret i projektgruppen og styregruppen.

En væsentlig del af kursisternes arbejde i år 1 bestod i at udarbejde og teste modeller og undervisningsforløb. Det er i denne rapport søgt dokumenteret, hvilke tanker og erfaringer kursisterne har gjort med hensyn til deres egne – og medkursisternes – erfaringer i deres klasser. Også denne del af evalueringen er udelukkende baseret på kursisterne egne idéer, udsagn og produkter. Der er ikke gennemført observationer af kursisternes undervisning.

I det samlede treårige projekt er der planlagt en målrettet forskydning af evalueringens fokus, så det i år 2 og 3 er hhv. lærernes implementeringer af kursusideerne i klassen og elevernes udbytte af undervisningen, der vil blive dokumenteret og evalueret. I overensstemmelse hermed – og af resurse-mæssige grunde – er det i forbindelse med evalueringen af dette første år ikke undersøgt, hvad elevernes udbytte har været.

Den indsamlede empiri omfatter i alt:

- Memoer fra workshops (4 stk.)
- Memoer fra coachingmøder (13 stk.)
- Refleksioner fra kursusholdere efter hhv. workshops og coachingmøder (4+4 stk.)
- To transskriberede fokusgruppeinterviews
- To on-line spørgeskemabaserede surveys, der indsamlede dels kvantitative data dels tekstdata fra kursisters svar på åbne spørgsmål
- En on-line kursusevaluering

En mere detaljeret oversigt over den indsamlede empiri samt en beskrivelse af den anvendte analysemetode findes i bilagene B og C.

6. Konklusioner på baggrund af erfaringer fra projektets første år (2018-2019)

6a. Hovedkonklusioner

Den overordnede konklusion efter første gennemløb af kurset er, at det nu er dokumenteret at:

A. Struktur og rammer

- Den valgte kursusstruktur sætter kursisterne i stand til at formulere og afprøve undervisningsforløb, der indeholder væsentlige CT-elementer og som kan indpasses i deres øvrige undervisning (herunder fx Naturvidenskabeligt Grundforløb, NV)
- Samtidig med at kurset giver kursisterne nye didaktiske redskaber, skabes der rum for at kursisterne kan inspirere og støtte hinanden
- Kursets struktur fungerer godt og bør ikke ændres radikalt. Ideerne bag strukturen er så robuste, at der er gode muligheder for at arbejde videre med dem og forbedre dem.

B. Indhold herunder didaktik

- CMC-tilgangen og NetLogo-modeller kan bringe væsentlige elementer af CT i anvendelse i faglige sammenhænge i det danske gymnasium
- Det valgte kursusindhold sætter lærere i matematik og de naturvidenskabelige fag i stand til selv at udarbejde CT-undervisningsforløb på baggrund af CMC-tilgangen
- Kursets indhold fungerer godt og bør ikke ændres radikalt. Idéerne bag indholdet er så robuste, at der er gode muligheder for at arbejde videre med dem.

C. Produkter

- Deltagerne i kurset har produceret 29 nye, afprøvede undervisningsforløb, der kan virke som inspirationer for kommende arbejde med at udbrede metoder til at undervise, så CT integreres i naturfagene og matematik
- Der er skabt et godt udgangspunkt for at formulere en didaktik for undervisning i CT-i-fag
- Der er formuleret en række anbefalinger for hvordan de planlagte, kommende kurser – og eventuelle andre kurser af samme type – kan justeres
- Medarbejdere fra projektet har medvirket i en række arrangementer, hvor de har informeret om projektet:
 - I alt fem FIP-kurser (Faglig Udvikling i Praxis) i hhv. fysik, kemi og bioteknologi
 - Danmarks Læringsfestival 2019
 - Exited Summerschool, 2019, NTNU, Trondhjem, Norge
 - SIGCSE-(Special Interest Group on Computer Science Education) Symposium, 2019, Minneapolis, USA.

Nedenfor opridses baggrunden for de første seks af ovenstående konklusioner (A og B). Grundtanken er, at vi holder den gennemgåede dokumentation for kursets afvikling og resultater op mod de forventninger (hypoteser), vi havde til kurset i forbindelse med planlægningen. Der gives en mere detaljeret beskrivelse af observationer i forbindelse med kurset i bilag D.

I bilag F uddybes nedenstående iagttagelser og konklusioner, der er resultater af forløbet. Baggrunden for denne uddybning findes i bilagene B, C og D.

Endvidere henvises til den specifikke evaluering af kursets målopfyldelse (se afsnit 7).

6b. Baggrund for konklusionerne

(Dette afsnit bygger især på bilag D)

A: Struktur og rammer

FORVENTNINGER

Professionel efteruddannelse af undervisere lider traditionelt af to svagheder. 1. Selv om kursisterne begejstres for det faglige eller fagdidaktiske indhold i et kursus, er det ingen garanti for at kursisterne rent faktisk bruger det, de har lært, og inkorporerer det i deres eksisterende undervisning, som derved ændres (Clarke & Hollingsworth, 2002; Van Driel et al., 2012). At undervise er et komplekst job, og erfarne lærere er forsigtige med at ændre kendt praksis, med mindre de er fagdidaktisk uddannede til at kunne håndtere forandring. 2. Selv i situationer, hvor en kursist lærer – og anvender – en ny praksis (som fx en ny laboratorierutine eller et nyt afgrænset undervisningskoncept), vil kursisten ofte holde det nye adskilt fra sine kendte undervisningsmetoder, hvorfor det nye ikke udvikler kursistens undervisning generelt.

For at imødegå denne kendte forandringstræghed valgte vi i det aktuelle projekt en struktur, der er inspireret af tidligere forskningsbaserede og veldokumenterede danske projekter rettet mod læreres professionelle udvikling som *QUEST-projektet* (se Mogensen et al., 2015) og *Skolebaseret Udvikling af Naturfag* (SUN) (se DASG, 2018 og Krogh et al., 2019).

Begge projekter dokumenterer det hensigtsmæssige i at holde en serie af workshops, som i en gentaget rytme veksler med kursistopgaver. Kursistens opgaver har til hensigt at hjælpe ham/hende til at afprøve workshoppens nye idéer i praksis. Opgaverne aftales på en workshop og præsenteres og diskuteres på efterfølgende møder samt i dialog med både kursusholdere og support undervejs.

Det var derfor forventet, at vekselstrukturen, forløbets længde (8 mdr.), de praksisrettede opgaver, som kursisterne diskuterede og udførte undervejs, samt de tydelige produktkrav ville medvirke til at kursisterne rent faktisk afprøvede og indarbejdede de nye ideer i deres undervisning.

ERFARINGER

Forventningerne om, at kursets særlige struktur ville fremme kursisternes læring og medvirke til at ændre praksis, ser ud til at være retfærdiggjort.

Overordnet havde kursisterne en positiv oplevelse af kursets opbygning. Workshops udgjorde sammen med coachingmøder en god struktur for kursisters arbejde med udvikling af modeller og undervisningsforløb.

Generelt er der mange positive udsagn fra kursisterne om funktionen af coachingmøderne, og mange udsagn, hvor kursisterne bekræfter, at deres muligheder for at arbejde med og afprøve det nye, er forbundet med de lange og praksisrettede forløb. Ikke mindst de rammesættende og dialogfremmende coachingmøder samt den omhyggelige feedback på afleverede opgaver ("lektier") tillægges afgørende betydning. Desuden peger mange kursister på betydningen af de muligheder for kollegasamtaler og kollegainspirationer, der dukker op i forbindelse med et langt forløb, hvor kursisterne når at lære hinanden at kende.

Coachingmøderne har fungeret som milepæle, der har holdt kursisterne til ilden i en travl hverdag. Indholdet af coachingmøder har generelt ramt godt, og møderne har suppleret indholdet af især de første workshops. Interaktionen mellem kursister kan organiseres på flere måder, og hensyn skal tages til både geografi, fag og fremdrift i arbejdet. Dette kan stadig forbedres. Det ser ud til at behovet for coaching aftager i forløbets sidste del.

Samtidig tyder udviklingen i flere af kursisters opfattelse af, hvordan man kan arbejde med udgangspunkt i meget simple faglige modeller at afhænge af, at forløbet er langt og med gentagelser, så ting prøves af flere gange. I lyset af den lange tidshorisont giver det mening for kursisterne at komme bort fra en indledende skepsis og acceptere, at der sker ændringer i deres opfattelse undervejs.

Det virkede godt med stramme skabeloner til både beskrivelse af undervisningsforløb og posters.

Generelt er der megen anerkendelse af og ros til kursets tilrettelæggelse og gennemførelse, ikke mindst fordi der var mulighed for hurtig og grundig feedback fra kursusholderne.

Kursisterne fremhævede især samarbejdet og vidensdeling med andre kursister som positivt og medvirkende til udarbejdelsen af modeller og forløb. Der er dog stadig mulighed for at forbedre rammerne for interaktionen mellem kursister.

B: Indhold og didaktik

FORVENTNINGER

På baggrund af erfaringerne fra Pilotprojektet (se afsnit 3a) var det forventet, at den udviklede CMC-tilgang kunne bringes i spil, så den imødekom lærernes behov for at forene ny CT-undervisning med deres eksisterende, faglige undervisning. Samtidig gav de tidlige erfaringer med programmeringsmiljøet NetLogo grund til at forvente, at lærerne i løbet af kursusforløbet kunne komme så langt, at de – med udgangspunkt i deres fag – kunne lave en computermode, der var relevant for deres øvrige undervisning, og bruge modellen som udgangspunkt for et

undervisningsforløb, der var velbeskrevet, didaktisk gennemtænkt, målsat og kunne afprøves i en klasse.

Det var desuden en forventning, at det ville styrke fokus i kursusaktiviteterne, at lægge ret stramt ud med at insistere på, at computermodellerne skulle skrives i programmet NetLogo, så der var en fælles referenceramme for indlæg på workshops og for diskussioner på coaching-møder. Det var også forventet, at nogle kursister ville finde, at denne satsning på NetLogo var en unødvendig indskrænkning af deres faglige og didaktiske muligheder.

Det var desuden en forventning, at introduktion til CMC-tilgangen og Use-Modify-Create-begrebet ville hjælpe kursisterne i deres didaktiske tænkning.

ERFARINGER

Hen over forløbet iagttages der ændringer i kursisternes opfattelse på en række punkter, hvor vi her fremhæver fire: NetLogo, modeller, CT i undervisning og CMC-tilgangen.

Blandt kursisterne var der i begyndelsen af forløbet en blandet modtagelse af CMC-tilgangens samspil mellem modeller og faglighed. Forløbet blev annonceret som et kursus i at undervise i computational thinking (CT). For nogle kursister var det derfor en overraskelse, at de i første omgang udelukkende skulle arbejde med NetLogo.

Nogle kursister var begejstrede for de faglige muligheder der åbnes med NetLogo, mens andre satte pris på de fagdidaktiske muligheder. Men andre igen var skeptiske over for NetLogo som værktøj. I løbet af forløbet udviklede holdningerne sig i en positiv retning. En kursusholder bemærker, at kursisterne udviklede sig til et praksisfællesskab med *"en stærk og dynamisk identitet som 'CT-lærere med NetLogo'"*.

Kursisterne fremførte en række argumenter for at gøre tingene uden NetLogo. Argumenterne var spredte og forskellige fra kursist til kursist. Som forløbet skred frem, og kursisterne blev mere fortrolige med NetLogo og – især – med tankerne om, hvordan NetLogo-modeller kan bruges i undervisningen, forsvandt denne skepsis. Den blev afløst af en art konsensus om, at det gælder om at lave enkle modeller i en for eleverne forståelig kode, og at lærerens fokus i forbindelse med udviklingen af undervisningsforløb bør flytte sig fra selve kodningen til overvejelser over, hvordan NetLogo-modeller kan anvendes i undervisningen.

Udviklingen må tages som en bekræftelse af, at NetLogo har en række pædagogiske kvaliteter, som ikke var umiddelbart indlysende, men som manifesterede sig, da kursisterne fik nærmere kendskab til sproget, og tog deres modeller ud i klasseværelset.

Flere kursister fremhæver, at også for den, der allerede har erfaring med at skrive kode, er der meget nyt at hente i kurset i form af didaktisk nytænkning og inspiration.

Også i forhold til kursisternes opfattelse af Computational Thinking som element i undervisning har vi iagttaget en markant udvikling. I løbet af kurset udvidede kursisterne deres kendskab til

Computational Thinking og anvendte stadig mere præcise beskrivelser i deres opfattelse af vigtige aspekter af CT i undervisningen.

Emnet "undervisning med CT" var en del af den survey, der blev besvaret af kursister ved hhv. starten og slutningen af kurset. Ved besvarelsen af præ-survey nævnte kursisterne i brede termer en række aspekter, som de fandt vigtigst i forbindelse med undervisning med CT.

Ved afslutningen af kurset var kursisterne gået fra at udtrykke sig i brede termer til mere præcise og konkrete beskrivelser af deres opfattelse af væsentlige aspekter af CT i undervisningen.

Synet på CT i undervisning har altså udviklet sig mellem de to surveys. Udtalelser i starten af forløbet bærer præg af, at kursisterne har en almen forståelse for elementer af CT uden en detaljeret forståelse. Udtalelser i slutningen af forløbet vidner derimod om en dybere forståelse for, hvordan CT i undervisningen kan medvirke til en forbedret læring i fagene samt udvikling af almene CT-kompetencer.

OPSUMMERING

Temaet om forholdet mellem CT-generelt og forløbets indhold med vægt på NetLogo og CMC udgør et bagtæppe for aktiviteterne i forløbet, men der kan ikke lokaliseres en kerne af fælles holdninger hos kursisterne. Kursusholderne holdt på den ene side fast i, at udgangspunktet med NetLogo og CMC er centralt, men lukkede fra ca. midten af forløbet op for at kursisterne kunne arbejde med andre sprog og teknologier, dog med fastholdelse af CMC-tilgangen.

Trods en indledende skepsis over for NetLogo udviklede flertallet af kursisterne en positiv holdning til redskabet. Samtidig er det dokumenteret, at kursisterne valgte at arbejde ud fra en af de grundlæggende idéer i kurset, nemlig at eleverne skal præsenteres for modeller, der er så simple, at eleverne selv kan forstå, analysere og ændre i den bagvedliggende kode.

I kursisternes evaluering af kurset svarede 92%, at de i høj grad eller nogen grad "*synes at kurset havde stort nok fokus på Computational Thinking*". Her nævner flere kursister dog, at der i kurset godt kunne være mere fokus på Computational Thinking generelt og mindre fokus på NetLogo.

Hen over forløbet ses en generel ændring i den måde kursisterne diskuterer undervisning og elever i relation til kursets indhold. Især er der en markant udvikling fra en udbredt ide om, at computermønstre bør dække mange træk ved det fænomen, der modelleres, og derfor er nødt til at være ret komplicerede, til en forståelse af, at undervisningen fungerer bedst, når eleverne præsenteres for og selv arbejder med modeller, der er så simple, at eleverne selv kan forstå og eventuelt ændre i koden. Undervejs kommer der tydelige input fra kursusholderne, der påpeger fordelene ved at arbejde med simple, enkle modeller i stedet for mere realistiske - og derfor mere komplicerede - modeller.

I forhold til overvejelser om introduktion til eleverne, er flere kursister overraskede over, hvor hurtige eleverne er til at forstå brugen af NetLogo. Det er ikke nødvendigt at forklare alt i NetLogo, og eleverne forsøger sig ofte frem. Det fremhæves, at NetLogo giver muligheder for at "*invitere dem [eleverne] ind i kodedelen*" og få ejerskab over modellen.

På den anden side syntes nogle elever, ifølge kursister, at det var vanskeligt med koden. Kursisterne reflekterede i den forbindelse over, hvordan elever læser kode.

Generelt er der tegn på, at kursisterne har taget CMC-tilgangen til sig, og i det afsluttende survey udtaler en kursist: *"Jeg vil huske at tænke tilbage til CMC modellen hver gang jeg starter et nyt forløb."* I kursisternes evaluering af kurset har et flertal af kursisterne følt, at CMC-tilgangen var en hjælp til at designe modeller og elevaktiviteter. Hvor kursister ikke brugte tilgangen til at designe modeller og elevaktiviteter, har de i stedet brugt CMC efterfølgende som en del af deres refleksion.

Kursister nævner også, at der med CMC sættes ord på det, som allerede foregår i forvejen i andre miljøer end NetLogo.

C: Produkter

Undervisningsforløbene: Der er udviklet, beskrevet og afprøvet 29 undervisningsforløb med tilhørende computermodeller, som alle følger CMC-tilgangen. (For en mere detaljeret omtale af forløbene, se bilag A).

Forløbene fordeler sig over alle deltagende fag; matematik: 11; fysik: 11; kemi: 3; biologi: 4. To af forløbene blev anvendt i naturvidenskabeligt grundforløb.

Også fordelingen på klassetrin er bred (nogle forløb blev afprøvet på mere end et klassetrin, derfor er summen større end 29). 1g: 11 forløb; 2g: 12 forløb; 3g: 9 forløb; naturvidenskabeligt grundforløb: 2 forløb.

Kun 4 af forløbene varede mindre end 90 minutter i klassen. Et typisk forløb strakte sig over 2-5 lektioner á 45-90 minutters varighed. Mere end 970 elever var involveret i afprøvning af forløbene.

22 af modellerne er skrevet af kursisterne selv. De øvrige modeller er enten hentet i NetLogos bibliotek og eventuelt modificeret, eller modellen er skrevet i et andet sprog. Dermed er modellerne i sig selv et tegn på forløbets succes. De er også en god begyndelse på at skabe en samling undervisningsforløb, der udnytter CMC-tilgangen og gør NetLogo-idéer tilgængelige for alle interesserede lærere.

Undervisningsforløbene og de tilhørende modeller er tilgængelige på CCTD Library, som er en samling af materialer, der er relevante for CT-undervisning i gymnasiet (se <https://library.ct-denmark.org/>). Modellerne er også tilgængelige på DASGs hjemmeside (se <https://science-gym.dk/ct.htm>).

CT-i-fag-didaktik: Gennem det første forløb er der skabt et grundlag for at skrive en didaktik for CT-i-fag som bl.a. kan behandle følgende emner:

- Hvad er CT-i-fag?

- CMC-tilgangen
- Hvordan udnyttes NetLogo? Hvad er agentbaseret modellering?
- Kvalitetskriterier og taxonomi for modeller/undervisningsforløb
- Hvad er realistiske læringsmål?
- Brug af Use-Modify-Create didaktikken
- Eksempler på gode modeller
- Eksempler på gode undervisningsforløb
- Hvordan introducerer man et modelforløb i en klasse
- Evaluering af elevernes udbytte

Anbefalinger til de kommende kurser eller til andre, lignende, kurser:

- Kursets indhold i forhold til en bredere opfattelse af hvad CT er, skal præsenteres tidligt i forløbet (Kurset dækker ikke alle aspekter af CT, men aspekter som opfattes som centrale)
- CMC-tilgangen skal introduceres tydeligt og i flere omgange
- Coaching-møderne er vigtige, men det ser ud til at behovet for coaching aftager hen gennem forløbet.
- Coachingmøderne giver logistiske udfordringer – det gælder om at undgå for megen kørsel.
- Kursets vekselstruktur giver anledning til en del praktiske problemer i forbindelse med afprøvning af undervisningsforløb i egnede klasser. Det er et problem som er vanskeligt at undgå i denne type kurser. Det kan (i hvert fald delvist) imødekommes ved omhyggelig, langsigtet planlægning og forventningsafstemning.
- Der er behov for at melde datoer for opgaver, aktiviteter og krav til forberedelse ud i virkelig god tid.
- Det skal undersøges, om der kan skabes bedre rammer for interaktion mellem kursisterne.
- Der skal strammes op på kursusbeskrivelse og kursuspræsentation, så der opnås overensstemmelse mellem kursisternes forventninger og kursets realiteter. Fremadrettet er det vigtigt, at kursets indhold og mål og forhold til CT-undervisning generelt beskrives tydeligt og velovervejet over for de deltagende skoler og kursister.
- Det bør overvejes, om det vil være muligt og hensigtsmæssigt at screene kursisterne med hensyn til deres erfaringer og kunnen i forhold til at skrive kode.
- Indholdet på de enkelte workshops er afgørende for forløbets succes. Kursisterne efterspørger færre indlæg på workshops, som ikke er direkte relateret til kursets anvendelse af CT. Forløbets progression og egen udviklingslogik skal (på workshops) beskyttes mod for mange løsrevne indlæg/foredragsholdere.

(For mere information om anbefalingerne, Se bilag F)

6c. Udvælgelse af coaches

Den oprindelige målsætning var at klæde samtlige kursister på til at kunne spille rollen som coach i andet gennemløb af kurset (År 2). Allerede efter Workshop 1 blev det imidlertid klart, at det langt fra var alle kursister, som ønskede at blive coach. Derfor besluttede vi os for at tænke År 1 som en prototype af År 2, og udskød den decideret coach-rettede efteruddannelse til kun at omfatte de coaches, vi rent faktisk skulle bruge i År 2. På den måde kunne vi give flest mulige kursister en

efteruddannelse, som var tilrettet dem, og fik samtidigt flest mulige erfaringer at trække på til gavn for År 2.

I januar 2019 lavede vi et stillingsopslag til rollen som coach og fik 10 ansøgninger. Herfra rekrutterede vi 6 coaches, som skal indgå i det hold, der afholder År 2 af kurset. De 6 coaches skal på et endagsseminar i august 2019, hvor de kommer mere i dybden med både NetLogo, CMC-tilgangen og Use-Modify-Create.

Alle seks coaches er højt motiverede og har på forskellig vis vist en særlig interesse eller evne inden for et bestemt hjørne af kurset. De er sat sammen i to teams af 3 coaches, så hvert team dækker alle de fornødne kompetencer. Her har vi især skelet til NetLogo-programmering, didaktik og gymnasiefag. Det er vores klare fornemmelse, at vores coaches kommer til at løfte kvaliteten af kurset, og at de omvendt også selv får et løft, som de kan tage med ud på deres hjemgymnasier

7. Indfrielse af målene for projektets år 1 som angivet i ansøgningen

Skemaet angiver i hvor høj grad målene er nået i forløbet:

Mål for kursus i ansøgningen	Dokumentation af indfrielse
Udarbejdelse af et sæt af prototype-forløb (model + undervisningsaktiviteter) i matematik og flere naturvidenskabelige fag og på flere af disse fags niveauer (A, B, C).	Indfriet. Se afsnit 6 og bilag A
Indhøstning af erfaringer med, hvordan CT kan introduceres til gymnasielærere på en måde, der gør det muligt for lærerne at integrere CT i deres undervisning.	Indfriet. Se afsnit 6 og bilag D
Erfaringsopsamling af deltagerne arbejde med den såkaldte CMC-tilgang (Coding-Modeling- Content) og den didaktiske tilgang "Use-Modify-Create".	Indfriet. Se afsnit 6 og bilag A og bilag D
Mål for deltagerne i ansøgningen	Dokumentation af indfrielse
Alle lærerne skal kunne formidle fordelene ved at anvende CT i deres fag, både i forhold til elevernes fagfaglige læring, til deres problemløsningsevner og til lærernes arbejde med eleverne, og i forhold til lærernes udvikling af egen undervisning.	Indfriet. Se bilag A og bilag D
Alle lærerne skal kunne udvikle modeller og tilhørende undervisningsaktiviteter ud fra didaktiske principper, der er specifikke for CT i gymnasiefag	Indfriet. Se bilag A og bilag D
Alle lærerne skal afprøve og evaluere en udviklet model og undervisningsaktivitet med eget hold i et af lærerens aktive undervisningsfag.	Indfriet. Se bilag A
De lærere, der skal fungere som coaches i de efterfølgende år, skal kunne støtte udviklingen af undervisningsaktiviteter ud fra eksisterende modeller, eller ud fra nye modeller, og de skal kunne støtte udviklingen af nye modeller i NetLogo og andre relevante programmeringsværktøjer.	Delvist indfriet. Se afsnit 6c

8. Referencer

- Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3, 77-101.
- CAS (2015). *CAS computational thinking – A guide for teachers*, Computing At School. Hentet 25. september 2018 fra <https://community.computingschool.org.uk/resources/2324/single>.
- Caspersen, M.E. & Nowack, P. (2013). Computational Thinking and Practice — A Generic Approach to Computing in Danish High Schools, *Proceedings of the 15th Australasian Computing Education Conference*, ACE 2013, Adelaide, South Australia, Australia, 137-143.
- Caspersen, M.E. (2017a). Computational Thinking, kapitel 4.15 i *Gymnasiepædagogik – En grundbog*, Hans Reitzels Forlag, 9 sider.
- Caspersen, M. E., Iversen, O. S., Nielsen, M., Musaeus, L. H., & Hjorth, H. A. (2018). Computational Thinking—hvorfør, hvad og hvordan?: Efter opdrag fra Villum Fondens bestyrelse.
- CCTD (2018a). *Computational Thinking in High School subjects*, Center for Computational Thinking & Design, Aarhus University. Lokaliseret 6/8-2019 på <http://cctd.au.dk/projects/computational-thinking-in-high-school-subjects/>
- CCTD (2018b). *CT i Gymnasiefag – Afsluttende rapport til Region Midtjylland /Regional Udvikling*, Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet, april 2018. Lokaliseret 16/6-2019 på [http://cctd.au.dk/fileadmin/user_upload/CT i Gymnasiefag-afslutningsrapport-ur.pdf](http://cctd.au.dk/fileadmin/user_upload/CT_i_Gymnasiefag-afslutningsrapport-ur.pdf).
- Clarke, D. & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth, *Teaching and Teacher Education* 18 (2002) 947–967.
- DASG (2018). Skolebaseret Udviklingsprojekt i Naturfagene (SUN) Afsluttende rapport for et fireårigt forløb 2014-2018, lokaliseret 16/6-2019 på [https://science-gym.dk/evaluer/SUN afslutningsrapport 2014-2018.pdf](https://science-gym.dk/evaluer/SUN_afslutningsrapport_2014-2018.pdf)
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33-39.
- diSessa, A. (2018). Computational Literacy and “The Big Picture” Concerning Computers in Mathematics Education, *Mathematical Thinking and Learning*, 20:1, 3-31, DOI: [10.1080/10986065.2018.1403544](https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1403544)
- Guskey, T.R. (2000). *Evaluating Professional Development*. Corwin Press.
- Guzdial, M. (2019). <https://computinged.wordpress.com/2019/04/29/what-is-computational-thinking-its-the-friction-that-we-want-to-minimize/>

- Krogh, L. B., Nielsen, K. & Waadegaard, N. (2019). Skolebaseret udvikling i og af naturfag - erfaringer og anbefalinger fra SUN-projektet (2015-2018). Under udgivelse. Accepteret til optagelse i *MONA*.
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., ... & Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *Acm Inroads*, 2(1), 32-37.
- Maguire, M. & Delahunt, B. (2017). Doing a thematic analysis: A practical, Step-by-step guide for learning and teaching scholars. *The All Ireland Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 9(3), 3351-33514 (sic).
- Mogensen, A., Sillasen, M., Nielsen, B. L. (2015). Processer der forandrer - fagteamsamarbejde efter QUEST-modellen. *MONA*, 2015(1), 24-48
- Musaeus, L. H. & Musaeus, P. (2019). Computational Thinking in the Danish High School: Learning Coding, Modeling, and Content Knowledge with NetLogo. *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE '19*, 913–19. Minneapolis, MN, USA: ACM Press, 2019.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*, Basic Books, New York.
- Tedre, M., & Denning, P. J. (2016, November). The long quest for computational thinking. In *Proceedings of the 16th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (pp. 120-129). ACM.
- van Driel, J.H., Meirink, J.A., van Veen, K. & Zwart, R. C (2012). Current trends and missing links in studies on teacher professional development in science education: a review of design features and quality of research, *Studies in Science Education*, 48:2, 129-160.
- Wing, J.M. (2006). Computational Thinking, *Communications of the ACM*, Vol. 49 (3), pp. 33-35.
- Weintrop, D., Elham Beheshti, Michael Horn, Kai Orton, Kemi Jona, Laura Trouille, and Uri Wilensky (2016). "Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms." *Journal of Science Education and Technology* 25, no. 1 (February 2016): 127–47.
- Wilensky, U. (1999). "NetLogo: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling." *Northwestern University, Evanston, IL*.

9. Bilag

Bilag A: De udviklede undervisningsforløb

Som en del af forløbet planlagde og afprøvede hver kursist et eller flere undervisningsforløb i overensstemmelse med de didaktiske idéer, som blev introduceret og udviklet i kursusforløbet. Kursisternes slutprodukt var 29 forløb, som blev beskrevet, kommenteret, afprøvet og eventuelt ændret undervejs. Alle 29 forløb blev fremlagt ved en postersession på forløbets sidste workshop.

Kursistens poster skulle følge en i forvejen udviklet skabelon, så den blandt andet indeholdt en formulering af målene for forløbet, kursistens didaktiske overvejelser og eventuelt den væsentligste del af den anvendte kode. Desuden indeholdt posteren oplysninger om skole, fag og klassetrin.

De 29 forløb udgør dermed konkrete produkter, der er resultater af forløbet. Nedenstående beskrivelse af forløbene er dels baseret på de fremviste posters, dels på kursistens beskrivelse af undervisningsforløbet, som hver kursist udarbejdede mellem workshop 3 og workshop 4. Beskrivelsen af undervisningsforløbene er dermed baseret på kursisternes egne oplysninger. Det har ikke været en del af evalueringen at foretage observationer af afprøvningsne i klassen eller at undersøge elevernes udbytte af forløbene. Det er heller ikke en del af denne evaluering at analyseret kodningen af de enkelte modeller.

Fag, klassetrin og varighed

De 29 forløb fordeler sig over alle deltagende fag:

- Matematik: 11 forløb
- Fysik: 11 forløb
- Kemi: 3 forløb
- Biologi: 4 forløb
- 2 forløb blev anvendt i forbindelse med Naturvidenskabeligt grundforløb.

Også fordelingen på klassetrin er bred (nogle forløb blev afprøvet på mere end et klassetrin, derfor er summen større end 29):

- 1g: 11 forløb
- 2g: 12 forløb
- 3g: 9 forløb

Kun 4 af forløbene varede mindre end 90 minutter i klassen. Et typisk forløb strakte sig over 2-5 lektioner á 45-90 minutters varighed. Mere end 970 elever var involveret i afprøvning af forløbene.

Læringsmål

I overensstemmelse med det overordnede mål om, at der i kursusforløbet skulle arbejdes med at integrere CT i faget, var alle forløb koblet til et eller flere tydelige fagfaglige mål. Efter nogle indledende vanskeligheder var det efterfølgende ikke vanskeligt for kursisterne at finde relevante faglige temaer, der egnede sig til modellering.

Ud over det/de fagfaglige mål, skelner vi i denne oversigt mellem tre typer af læringsmål i forløbene:

- *Kodningsmål*: Mål rettet imod at eleverne selv skal arbejde med kodning, specifikt opstillet som et læringsmål.
- *CT-mål*: Ud over mål vedrørende kodning er der kursisten opstillet mål, som mere generelt omhandler forståelse af CT og/eller CT-kompetencer.
- *Modelleringsmål*: Kursistens målbeskrivelse indeholder specifikke læringsmål vedrørende elevernes modelleringsforståelse og/eller modelleringskompetence.

Målbeskrivelserne fordeler sig således:

- Kodningsmål: 20 forløb har denne type af mål
- CT-mål: 12 forløb har denne type af mål
- Modelleringsmål: 13 forløb har denne type af mål

Kun et forløb havde ikke opstillet nogen af de tre mål. 12 forløb havde kun et enkelt af de tre mål. 13 forløb havde opstillet to af de tre mål. 3 forløb inkluderede alle tre mål.

Kursisternes brug af Use-Modify-Create-tilgangen (UMC):

Kursisterne blev introduceret til den progression i elevernes arbejde med modeller, der ligger i UMC-tilgangen.

- *USE*: Eleverne arbejder med modellen for at se sammenhængen mellem input og output. Fx gennem at ændre startparametre, som tages ind i modellens user-interface. Eventuelt kan de ændre visse interne parametre, også gennem modellens interface. Eleverne kan også arbejde fagligt med output (data) fra modellen.
- *MODIFY*: Eleverne får adgang til den computerkode, der ligger bage modellen og foretager mindre eller større ændringer i koden og ser, hvorledes det ændrer user-interfacet eller af modellens opførsel og output.
- *CREATE*: Eleverne skriver selv "original" kode. Enten ved at tilføje/ændre grundlæggende i eksisterende modelkode eller ved at skrive kode helt fra bunden.

En optælling viser følgende:

- 1 undervisningsforløb lod kun eleverne arbejde i kategorien USE
- 24 undervisningsforløb arbejdede med to trin USE-MODIFY
- 4 undervisningsforløb arbejdede med alle tre trin.

Det ser ud til, at for elever, der ikke før har arbejdet med programmering, er det for ambitiøst – måske direkte uhensigtsmæssigt – at sætte CREATE som generelt mål for elevaktiviteter. Der er mange CT-mål, der kan indfries ved at eleverne arbejder med USE og – især – MODIFY.

Kursisternes eget arbejde med kodning

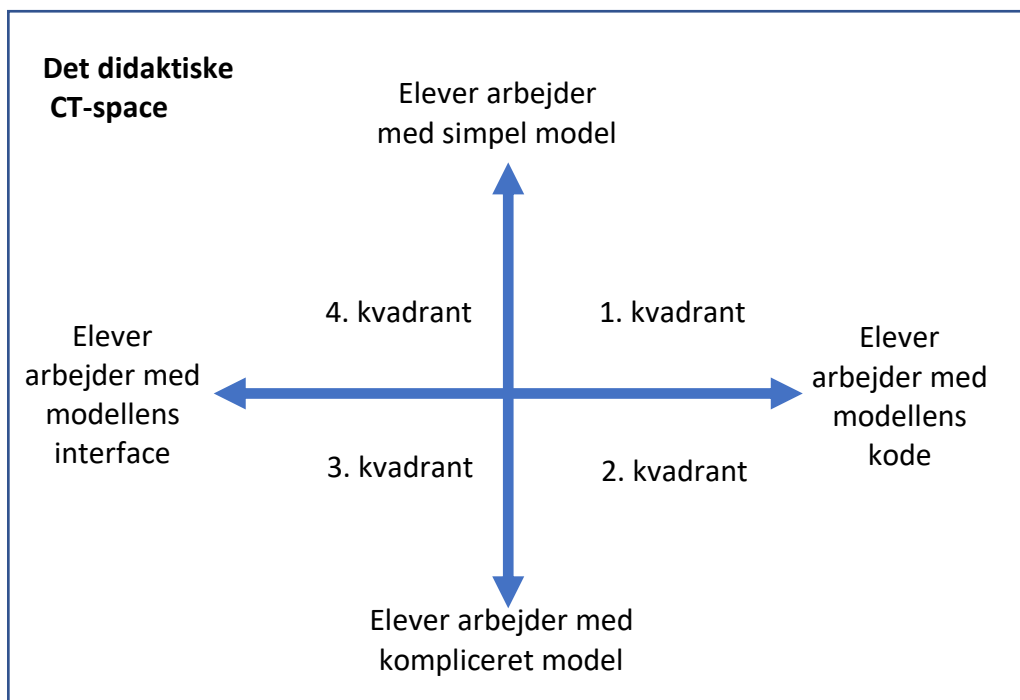
- 22 kursister skrev selv koden til deres model i NetLogo.
- 6 kursister brugte en på forhånd udarbejdet model fra NetLogo-biblioteket, men lavede tilretning i form af ændringer i koden.
- 2 kursister brugte en færdig model fra NetLogo-biblioteket uændret.

- 5 kursister brugte (også) et andet sprog en NetLogo.

(Summen her er større end 29, fordi nogle kursister brugte en blanding af tilgange, fx ved at både at lade eleverne arbejde med en model i NetLogo og en i Python).

Progression i elevernes arbejde

I beskrivelsen af deres undervisningsforløb blev kursisterne bedt om at vurdere den progression i elevernes arbejde, som de planlagde. De blev bedt om at beskrive progressionen som "en vurdering af elevernes CT-bane" i relation til et referencesystem, hvor den lodrette akse henviser til hvad eleverne arbejder med: hvor simpel/kompleks er repræsentationen af det valgte faglige fænomen (modellen), og den vandrette akse henviser til hvordan eleverne arbejder: Bruger de modellens interface eller arbejder de med modellens kode (se figur).



Ved en simpel model forstås her en model, som helt bevidst kun omfatter et enkelt eller få aspekter af det modellerede fænomen.

1. kvadrant: Simpel model, eleverne arbejder med modelkoden
2. kvadrant: Komplex model, eleverne arbejder med modelkoden
3. kvadrant: Komplex model, eleverne arbejder med modelinterface
4. kvadrant: Simpel model, eleverne arbejder med modelinterface

De 29 forløb udviklede sig på følgende måder:

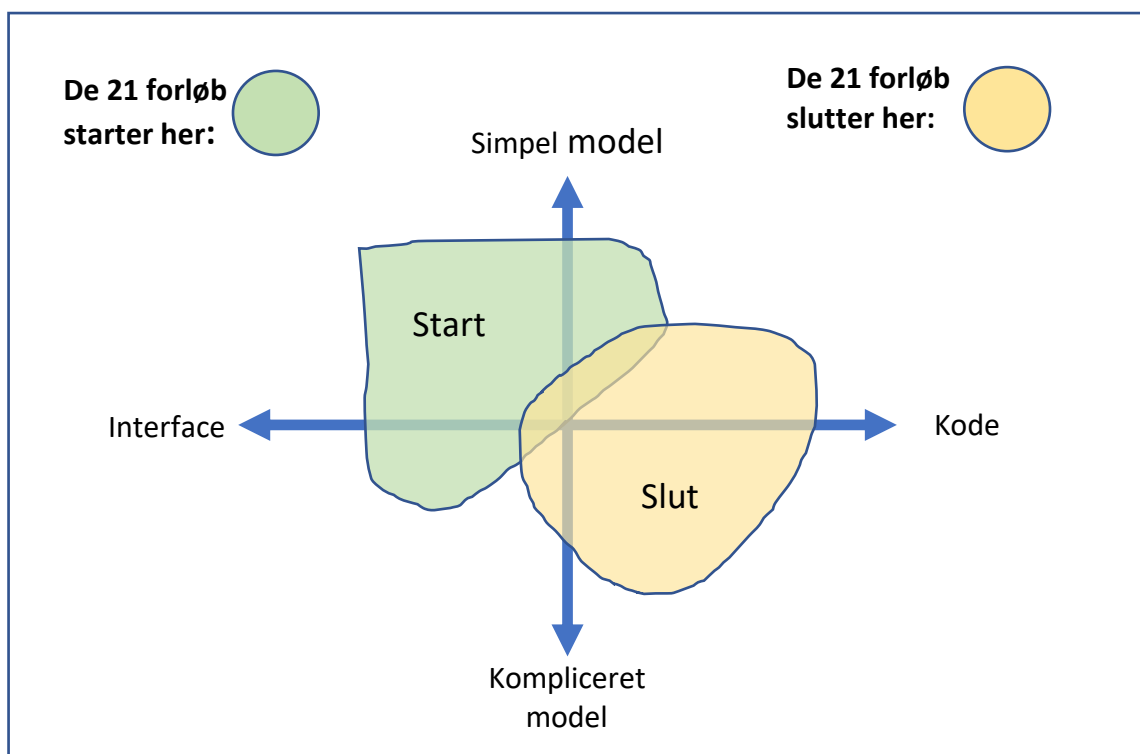
4 kv.: 16 forløb startede her. 4 forløb blev i kvadranten. De øvrige 12 bevægede sig "til højre og nedad". Ingen forløb bevægede sig ind i denne kvadrant.

2. kv.: Ingen forløb startede her, men 11 forløb sluttede denne kvadrant.

1. kv.: 6 forløb startede her. 2 forblev i kvadranten og 4 bevægede sig "nedad". 7 forløb bevægede sig ind i kvadranten og sluttede her.

3. kv.: Kun 5 forløb startede her. De 2 forblev i kvadranten. 3 bevægede sig "til højre"

I alt var der 8 forløb som ikke bevægede sig. CT-banerne for de øvrige 21 forløb er opsummeret på tegningen.



Der er altså en tydelig vilje hos kursisterne til at lade eleverne arbejde med modelkode mens eleverne selv arbejder på at udbygge (modificere) modellerne.

Oversigt over de udarbejdede undervisningsforløb:

Forløb	Fag	Niveau	Trin	Lavet af
Bakteriel vækst	biologi, nv	C, A	1. g, 3. g	Marianne Stolberg Yates
Enzymer og enzymreaktioner	biologi	A	3. g	Jon Urskov Pedersen
Enzymers virkemåde og aktivitet	biologi, nv	C	1. g	Jonas Ørbæk Hansen
Toksikologi med agenter	matematik, bioteknologi	B, A	2. g, 3. g	Jan Boddum Larsen, Albena I. Nielsen
Satelitter - bevægelse i tyngdefelt	fysik	A	1. g	Mads Peter H. Steenstrup
LightAtomsBasic	fysik	C, B	1. g	Peter Muller Tribler
Brydning af lys	fysik	B	2. g	Solveig Skadhauge
Simulering af grundstoffers dannelse	fysik	B	1. g	Birgitte Thestrup Nielsen

Fusionsprocesser i stjerner	astronomi, fysik	A	1. g, 3. g	Svend Runge Nielsen
Galileos faldlove	fysik	B	1. g	Rune Klarskov Jensen
Climate Change	fysik	C	1. g	Jesper Nørgaard Andersen
Hvorfor slår lyn ned i spidse genstande?	fysik	A	3. g	Niels Iver Winstrup Nielsen
Radioaktivt henfald med NetLogo	fysik	A	2. g	Christoph Ridder
Rækkevidde af skråt kast	fysik, matematik	A	2. g	Peter Snoer Jensen
Albedo, drivhusgas og strålingsbalance	nv, fysik	C	1. g	Rune Klarskov Jensen, Solveig Skadhauge
Introduktion til kemiske reaktioner	kemi	B	1. g	Rune Kristiansen
Kemiske Reaktioner	kemi	B	2. g	Heidi Venstrup Nielsen
Reaktionshastighed	kemi	B	2. g, 3. g	Brigitte Lene von der Ohe
Binomialfordelinger	matematik,	A	2. g	Jon Rotvig
Simulering af binomialforsøg	matematik	B	2. g	Inger Steensgaard Jensen
Buffons nåleproblem	matematik	B	1. g	Jakob Gaarde Knorborg
Det lydløse terningekast	matematik	A	2. g	Lars Balle Johansen
Fang to punkter	matematik	B	1. g	Eva Danielsen
Geometriske steder	matematik	B	2. g	Jakob Bolko
Jagten på det logistiske dyr!	matematik	A	3. g	Allan Jensen
Lineær regression	matematik	A	2. g	Jon Rotvig
Parameterfremstilling og punktmængde	matematik	B	2. g	Laila Mathiassen
SIR-modellen	matematik	A	3. g	Flemming Due
Væksttyper	matematik	A	1. g	Frode Peulicke

Bilag B: Indsamlet empiri

I bilag D beskrives udviklingen i kursisternes arbejde med digitale modeller og deres brug af modellerne i undervisningen, herunder udviklingen i kursisternes holdning til at arbejde med CT på denne måde og i deres opfattelse af NetLogo og CMC-tilgangen som didaktiske redskaber. Desuden har vi* bestræbt os på at registrere kursisternes opfattelse af forløbets egnethed som en efteruddannelsesaktivitet.

Som afsæt for dokumentation og beskrivelse af projektets første gennemløb er der indsamlet forskellige typer af empiri (data):

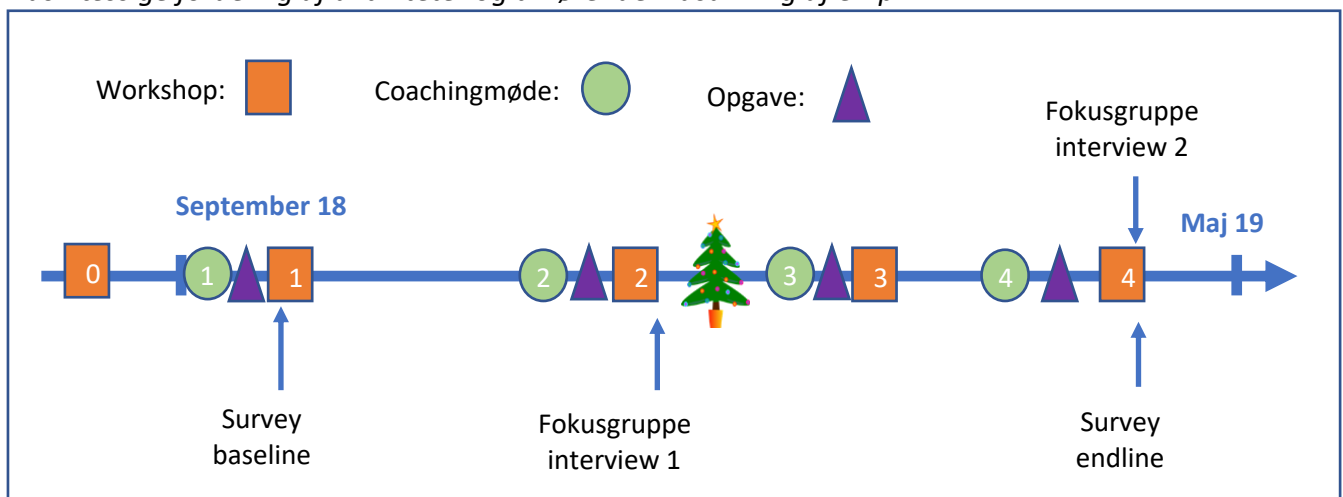
- I forbindelse med alle workshops og coachingmøder er der skrevet detaljerede noter – ”memoer” – af en observatør med indgående kendskab til kursusforløbets struktur og indhold. Tidligt i forløbet ønskede vi at lave en semistruktureret observationsguide til brug for observatøren, men de enkelte aktiviteter var så forskellige, og udviklingen i forløbets

indhold så alsidig, at det viste sig ikke at være hensigtsmæssigt. Der blev i alt skrevet 13 memoer fra coachingmøder og 4 memoer fra workshops.

- Projektets to centrale medarbejdere, Adam Etches og Line Musaeus, har skrevet en logbog i form af refleksioner efter hhv. workshops og coachingmøder.
- Der er gennemført to online surveys med spørgsmål til kursisterne. Et pre-survey i august 2018 (N= 30) og et post-survey i april 2019 (N= 27). Begge surveys var rettet mod:
 - lærernes opfattelse af CT,
 - deres overvejelser omkring praktisk implementering og udfordringer ift. at indføre CT i den faglige undervisning,
 - deres CT-faglige selvtillid ("self-efficacy"),
 - deres forestillinger om, hvad CT kan bidrage med i undervisningen.
- I begge surveys skulle kursisterne dels besvare en række spørgsmål kvantitativt på en fire-trins skala, dels skrive svar på en række spørgsmål. (Spørgsmålene fra de to surveys findes i bilag G)
- Der er gennemført to fokusgruppeinterviews med 5-6 kursister, i hhv. december (umiddelbart efter WS2) og i april (umiddelbart efter WS4). Begge interviews er transskriberet.
- Kursisterne har i forbindelse med den sidste workshop (WS4) besvaret en online evaluering af kurset (N= 27). (Spørgsmål fra evalueringen findes i bilag H)
- Kursisternes undervisningsforløb inkl. en præsentationsposter, som de fremlagde på den afsluttende workshop. Der er i alt 29 undervisningsforløb.
- Endelig foreligger en række interne papirer, herunder projektbeskrivelser, powerpoint-præsentationer og mødereferater.

*Den omtalte empiri og den efterfølgende bearbejdning (bilagene C og D) er primært foretaget af Jesper Buch og Keld Nielsen.

Tidsmæssige fordeling af aktiviteter og tilhørende indsamling af empiri:



Bilag C: Bearbejdning af empiri – metode.

Som det fremgår af oversigten i bilag B, foreligger så godt som al den anvendte empiri (data) som skrevne tekster. Vi har foretaget en kvalitativ bearbejdning af de foreliggende tekster. Vi har arbejdet i overensstemmelse med den trinvis tematiske analyse, der anvises i Maguire & Delahunt (2017), hvor de operationaliserer en række synspunkter fra Braun & Clarke (2006) vedrørende metoder og muligheder for at uddrage konklusioner på grundlag af kvalitativ analyse af tekstbårne data.

Det har desuden spillet en stor rolle, at der i ansøgningen til Villumfonden lægges vægt på i det første år at evaluere kursisternes udbytte af forløbet, dvs. Guskey-niveauerne 1: Deltagernes reaktioner; 2: Deltagernes læring; og 4: Deltagernes brug af ny viden og nye færdigheder (Guskey, 2000).

Med udgangspunkt i vores viden om forløbets struktur, indhold og formål har vi læst de tekster, der forelå umiddelbart inden forløbets afslutning, dvs. memoer fra coachingmøde og workshops, kursusholdernes refleksioner samt den transskriberede tekst fra det første fokusgruppeinterview.

På grundlag af vores viden om kurset og læsningen formulerede vi en række temaer (mønstre) på tværs af de læste tekster, som vi fandt væsentlige for en evaluering. I første omgang identificerede vi følgende temaer:

- a. Logistiske udfordringer for kursisterne
- b. Indhold og struktur af coaching-møder
- c. Kursisternes modstand mod nytænkning
- d. Kursisternes tilgange til afprøvning af modellerne
- e. Kursusholdernes feedback til kursisterne
- f. Tilrettelæggelse/struktur af forløbet
- g. Kommunikation med kursisterne
- h. Kursisternes forventninger til kurset
- i. Kursisternes didaktiske overvejelser
- j. Kursisternes holdning til NetLogo
- k. Kursisternes holdning til modeller (fortrinsvis i NetLogo)
- l. Kursisternes holdning til og viden om Computational Thinking
- m. Kursisternes holdning til programmering/kodning.

Der blev ikke foretaget en egentlig kodning af teksterne. Det samlede datasæt blev gennemlæst igen og relevante udsagn/observationer blev fordelt over temaerne.

Derefter blev temaerne beskrevet og gennemgået for overlap og gentagelser. Ved sammenlægning blev antallet af temaer reduceret til 6:

- a. Kursets opbygning
- b. Kursisternes forventninger til kurset
- c. Indhold og struktur af coaching
- d. CT, NetLogo og kodning
- e. Modeller, kode og undervisning

f. Afprøvning af modeller i klassen.

Den resterende del af datasættet (det afsluttende fokusgruppeinterview, kommentarer til præ-og post survey og kursisternes evaluering af kurset) blev derefter gennemlæst, analyseret og ligeledes fordelt med udgangspunkt i de 6 temaer.

For hvert tema blev der formuleret en karakteristik af temaet og en beskrivelse i form af en detaljeret opsummering af, hvad vi så i det tema-sorterede datasæt. En første overgang fra den deskriptive opsamling af tema-relevante observationer og ytringer til en fortolkning af status og udviklingen inden for hvert tema, blev i første omgang formuleret som en opsummering i form af en metabeskrivelse af hvert tema.

Den endelige fremstilling af hvad vi nu ved om kursisternes holdninger, reaktioner, udvikling og arbejde er sammenskrivningen som den fremtræder i bilag D. Forventningen er, at beskrivelserne er så detaljerede, nuancerede og dokumenterede, at det er muligt for læseren at danne sig et indtryk af, hvordan kurset har fungeret, og hvilke virkninger det har haft.

Bilag D: Beskrivelse af kursistenes udbytte på baggrund af den indsamlede empiri

1: Kursisternes udsagn om forløbets opbygning og rammer

Under dette tema behandles forløbets opbygning, struktur for workshops og coachingmøder, indholdet af disse, sammenhæng med dagligdagen hjemme på skolen, samarbejde mellem kursisterne og CMC-tilgangens rolle i arbejdet med udvikling af modeller og forløb. Typisk er observationer og refleksioner knyttet til enten en workshop eller et coachingmøde.

Forventninger

Ifølge fokusgruppeinterviewet midtvejs oplevede nogle kursister en forskel mellem deres forventninger til kurset og præsentationen af kurset på introduktionsmødet. En kursist havde eksempelvis forventet at skulle bruge almene programmeringssprog som Java, C og Scratch [interview midtvejs], og hun

Bilag D er baseret på følgende data/empiri:

1. Memoer fra workshops (4 stk.)
2. Memoer fra coachingmøder (13 stk.)
3. Refleksioner fra kursusholdere efter hhv. workshops og coachingmøder (4+4 stk.)
4. To transskriberede fokusgruppeinterviews
5. To on-line spørgeskemabaserede surveys
 - 5.1. Kvantitative data
 - 5.2. Tekstdata fra kursisters svar på åbne spørgsmål
6. En on-line kursusevaluering

Hvad angår de to surveys (#5), så gælder, at de kvantitative spørgsmål (svar på Likert-skalaer, #5.1) er behandlet med simpel deskriptiv statistik. Sammenholdes lærernes pre- og post-svar, så aner man en positiv tendens i de fleste, men med det numerisk begrænsede sample har det ikke været muligt at påvise statistisk signifikante forskydninger.

Tematisk analyse af de kvalitative responser (#5.2) indikerer imidlertid, at der faktisk er sket en udvikling af lærernes forståelse af CT. Derfor indgår kursisternes svar på de åbne spørgsmål i beskrivelsen af kursisternes udbytte.

forventede at eleverne skulle lære at programmere [interview midtvejs].

På det afsluttende fokusgruppeinterview blev det nævnt af en kursist, at kurset "*blev markedsført lidt for generelt som Computational Thinking*", og det så viste sig at være NetLogo. Det blev foreslået, at det i kursuspræsentationen skal fremgå, at computational thinking er med udgangspunkt i NetLogo [afsluttende interview].

Opbygning

Introduktionen til NetLogo på de første to workshops fungerede godt, især fordi kursisterne tidligt i forløbet skulle arbejde med egne modeller [afsluttende interview, s. 1]. Det blev dog på det afsluttende fokusgruppeinterview foreslået, at der i introduktionen på kurset næste år tages udgangspunkt i modeller som er skrevet af kursister frem for Arthurs Hjorths modeller [afsluttende interview].

De tidlige workshops blev fremhævet som gode til at sætte rammerne, og generelt var en kursist "*imponeret over kursustilrettelæggelsen*" [afsluttende interview].

På den første runde coachingmøder var der positiv respons på tilrettelæggelsen af coachingmødet. Kursisternes evaluering af kurset bekræfter dette, idet 92% i høj grad eller nogen grad mener, at "*coaching-møderne hjalp [...] med at komme videre*". Især hæfter kursisternes sig her ved interaktionen med de andre kursister som medvirkende til dette.

En kursist giver udtryk for, at det i forhold til at lægge kræfter i kurset er tiden uden for coachingmøder, "*der er problemet*". I forhold til forberedelse af coachingmødet nævnte en kursist, at denne var usikker på forventningerne.

Der er enkelte kommentarer, som peger på uklarheder i hensigten med kurset. Det kom blandt andet til udtryk i forventninger hos kursisterne om udvikling af modeller, anvendelse af programmering i arbejdet samt NetLogos rolle i forhold til kurset og computational thinking.

På anden runde coachingmøder blev det klart, at møderne fungerede godt som milepæle og frist i kursisternes arbejde. Det bekræftes både af kursusholderen, som reflekterer "*at lærerne mest af alt var glade for at have en deadline*", af kursister ved afslutningen af kurset, som fremhævede, at lektier, kursusholderes feedback og hjælp havde en god effekt på fremdriften af kursisternes arbejde [afsluttende interview], samt af kursisterne i evalueringen af kurset: "*det vigtigste var nok at man blev mindet om at man skulle lave noget op til dem.*"

I kursusevalueringen bliver kursusholderes feedback også anerkendt, idet 88% i høj grad mener, at de "*fik en passende mængde feedback på [...] arbejde*". Kursister skriver: "*Jeg har været forbavset over, i hvor høj grad Adams kritik kom hurtigt, var dybdegående og konstruktiv. Tak igen!*" og "*Meget fin og fornem feedback fra Adam på både faglige NetLogo ting og mere didaktiske overvejelser*".

Desuden noterer kursusholderen sig, at 4-7 deltagere er passende for coachingmøder i denne fase.

Det har haft væsentlig betydning for flere kursister, hvordan aktiviteterne passer ind i dagligdagen hjemme på skolen. Eksempelvis var der fra nogle kursisters side krav til antal timer og tidspunktet for forløbet, så det kunne passe ind i naturvidenskabeligt grundforløb [MCO-3]. Derudover er afprøvning af forløbene følsomme over for elevfravær i de relativt få timer, som forløbene varer.

Indhold

Der blev undervejs luftet forskellige holdninger til, hvorvidt der skulle bruges mere eller mindre tid på at præsentere forløb for hinanden på coachingmøderne, og en kursusholder fornemmede, at lærerne generelt efterspurgte færre aktiviteter med deling i fællesskab og flere aktiviteter med parvis deling og fordybelse. Både kursister og kursusholder efterspurgte færre indlæg på workshops, som ikke var direkte relateret til kursets anvendelse af Computational Thinking. I stedet blev foreslået små praktiske øvelser samt præsentation af gode forløb og modeller i NetLogo [afsluttende fokusgruppeinterview]. I kursisternes evaluering af kurset mener nogle kursister, at der på de forskellige workshops godt kunne optræde mere nyt stof, og her nævnes programmeringshjælp og *"pædagogiske overvejelser"* som eksempler.

Kursister efterspurgte ved afslutning af forløbet endnu mere vægt på didaktiske overvejelser [afsluttende interview], og afprøvningen af en anden kursists arbejde blev fremhævet som positivt med hensyn til didaktiske overvejelser [afsluttende interview]. Dog advarede en kursist også mod at starte for tidligt ud med didaktik, da det i starten var krævende at lære NetLogo [afsluttende interview].

På tredje runde coachingmøder blev teorien om CMC-tilgangen sat i spil. Kursisterne syntes i den forbindelse både, at det var rart at tale sammen om brug af modellen. Kursisterne oplevede det som en støtte at tage udgangspunkt i CMC, så det tvang dem til at tænke i henholdsvis kode, modellering og fagligt indhold. Coachingmødet fungerede fint til at lade kursisterne arbejde med CMC-tilgangen, og til trods for, at nogle kursister ikke mente, at de brugte CMC i snakken med hinanden, refererede de til læringsaktiviteter ud fra CMC-figuren.

Der var på workshops i den sidste del af kurset for meget fokus på *"det brede perspektiv"* frem for aktiviteter tættere på kursisternes arbejde [afsluttende interview]. Præsentation af den midlertidige evaluering og af programmeringskurset for matematikere på den afsluttende workshop var for nogle kursister mindre relevant, hvilket både nævnes i det afsluttende fokusgruppeinterview og kursisternes evaluering af kurset.

I det afsluttende survey nævner mange kursister, at programmering er deres største udfordring i at bruge CT i undervisningen. Kursister udtaler, at *"[det] programmeringsmæssige er den største udfordring"*, og at de *"har brug for at lære mere programmering"*. Det understøttes af kursisternes evaluering af kurset, hvor en kursist skriver: *"Som deltager uden programmeringserfaring krævede det meget arbejde at komme i gang med at få lavet noget model der overhovedet fungerede"*, og en anden kursist skriver: *"Stejl læringskurve - ville gerne have lært mere programmering af NetLogo"*. Dog svarede 79% af kursisterne, at de i høj grad eller i nogen grad *"fik nok hjælp i starten til at komme i gang med NetLogo og [...] egen model"*.

Organisering

Kursisterne blev forud for workshop 2 opfordret til at overveje, om de ville udvikle nye forløb med andre teknologier end NetLogo, eller om de ville afprøve andres modeller og forløb i NetLogo.

Det blev nævnt på det afsluttende fokusgruppeinterview, at en kursists transporttid på 2 timer ikke stod mål med udbyttet af et coachingmøde, men kursisten bemærker også, at behovet er individuelt [afsluttende interview]. Det blev støttet af kursusholderen, som noterede sig, at *“det var vigtigt for folk ikke at skulle køre langt”*.

Samarbejde

Samarbejdet med andre kursister blev positivt fremhævet [afsluttende interview]. På workshop 2 i december 2018 blev kursisterne bedt om at give et godt tip videre i en øvelse, hvor de over for skiftende kursister skulle give gode tips videre om arbejdet med CMC og NetLogo. Det havde en god effekt, hvor kursisterne anvendte tilegnede begreber og fik udvidet deres viden om mulighederne med CMC og NetLogo.

Generelt var der blandt kursisterne stor tilfredshed med udbyttet af at dele viden om modeller og forløb, og samarbejdet med andre kursister blev fremhævet på fokusgruppeinterviewet ved afslutningen af forløbet.

En kursusholder reflekterer efter tredje runde coachingmøder, at kursisterne *“var glade for at tale sammen i par”*. Der var delte meninger om, hvorvidt det var nyttigt at starte coachingmødet med en runde, hvor kursisterne præsenterede deres arbejde. Kursusholderen mener, at det man skal *“undgå at have for mange plenumfrelæggelser i træk”*, og en konkret progression for interaktionen mellem kursister foreslås. Endelig bemærkes det, at for denne runde coachingmøder kan antal deltagere udvides til 6-10 deltagere.

Opsummering

Overordnet havde kursisterne en positiv oplevelse af kursets opbygning, og workshops udgjorde sammen med coachingmøder en god struktur for kursisternes arbejde med udvikling af modeller og forløb. Indholdet af workshops var grundlæggende passende, men første og sidste workshop kan med fordel justeres på nogle punkter.

Coachingmøderne har fungeret som milepæle, der har holdt kursisterne til ilden i en travl hverdag. Indholdet af coachingmøder har generelt set været det rigtige, og de har passet godt sammen med indholdet af især de første workshops. Interaktionen mellem kursister kan organiseres på flere måder, og hensyn skal tages til både geografi, fag og fremdrift i arbejdet. Dette kan stadig forbedres.

Kursisterne fremhævede især samarbejdet og vidensdeling med andre kursister som positivt og medvirkende til udarbejdelsen af modeller og forløb. Der er dog stadig mulighed for at forbedre rammerne for interaktionen mellem kursister.

2. Kursisternes udsagn om forløbets indhold

Dette tema er opdelt i tre undertemaer: Reaktionen på forandring, holdninger til NetLogo og holdninger til Computational Thinking. Under temaet behandles det, hvordan kursisterne tacklede udfordringer med modellering og kodning, herunder deres opfattelse af hvad NetLogo-modellerne kan/skal bruges til, og af hvad der kendetegner en velegnet model. Også kursisternes brug af NetLogo-biblioteket og hvordan de behandlede de modeller, som de hentede dér, kommenteres.

Reaktioner på forandring

Under dette tema medtages diskussioner, bemærkninger og overvejelser, som relaterer til generelle overvejelser om, hvordan kursisterne har reageret på forandringer i forløbet. Dette skal både forstås bredt som forandringer i deres forståelse af Computational Thinking, fagene og fagdidaktik, men også mere praktiske forandringer.

Observationer om kursisternes reaktioner på forandring er primært registreret i starten af forløbet, mens der senere i forløbet er relativt få observationer.

I begyndelsen var der eksempler på, at kursister havde et højt ambitionsniveau og blev begejstret over mulighederne med avancerede modeller i NetLogo. Dette kunne i nogle tilfælde skygges for det didaktiske fokus og elevernes læring.

Det kunne være svært for kursisterne at koble kernestof fra undervisningen med tankegangen i agentbaseret modellering. En kursist har eksempelvis svært ved at finde emner, som egner sig til agentbaseret modellering. Han/hun finder ofte kun én agent og har derfor lavet en model over Newtons gravitationslov. Derudover kunne det være svært for kursister at implementere deres komplicerede model i NetLogo på grund af tekniske udfordringer.

En kursist oplever, at nogle af de andre kursister leder efter et emne, som egner sig til agentbaseret modellering, frem for at tage udgangspunkt i kernestof fra undervisningen. Det bemærkes af en kursist i en senere coaching, at kursisterne skal holde fast i pensum, og NetLogo ikke blot skal bruges for sjov. Men det bemærkes af en anden kursist, at de skal lede efter emergente fænomener, hvilket viser en forståelse for og tilegnelse af viden om kernen af agentbaseret modellering. Det blev foreslået at lave en liste over emergente fænomener i fysik, og der blev brainstormet impulsivt i dette. I fysik nævnes det, at antallet af agenter ofte er milliarder, hvilket ikke lader sig gøre i NetLogo. Der er altså en holdning om, at det skal være en tæt repræsentation af virkeligheden frem for en simpel model, hvor antallet af agenter kan være betydeligt lavere.

En kursist bemærker, at nedbrydning af komplicerede fænomener til en simpel, anvendelig model foregår i den daglige undervisning, og at agentbaseret modellering *“ligner en åben dør der skal sparkes ind”*. Men længere fremme i forløbet er kursisterne gode til at komme med forslag til emner, som egner sig til agentbaseret modellering, og de kan vurdere forslagene ud fra deres egenskaber.

Nogle kursister havde (forståeligt nok) tekniske problemer med NetLogo-koden. De hjalp hinanden og fik hjælp fra kursusholderne. En gruppe af kursister havde taget en klima-model i biblioteket og arbejdede på at forenkle den.

Opsummering

Overordnet bemærkes det, at der blandt kursisterne i begyndelsen af forløbet var en blandet modtagelse af kursets anderledes tilgang til samspillet mellem modeller og faglighed. Nogle var begejstrede for de faglige muligheder med NetLogo, mens andre var begejstrede for de fagdidaktiske muligheder. Andre igen var mere skeptiske over for NetLogo som værktøj. I løbet af kurset udviklede holdningerne sig i en positiv retning. En kursusholder bemærker, at kursisterne udviklede sig til et praksisfællesskab med *en stærk og dynamisk identitet som "CT-lærere med NetLogo"*.

Holdninger til NetLogo

I dette tema behandles kursisternes vurderinger af NetLogo som et instrument til at undervise i IT/CT generelt og til at undervise i modeller under inddragelse af centrale faglige fænomener, dvs. kursisternes holdning til NetLogo i forbindelse med CMS-tilgangen. Også i forbindelse med dette tema viser empirien, at der er foregået en tydelig udvikling gennem forløbet.

De fleste af kursisterne havde allerede på et tidligt tidspunkt (den første række coachingmøder) orienteret sig i NetLogo-biblioteket og hentet modeller dér, og vekslede imellem om de skulle udbygge de fundne modeller, så de passede til deres faglige ambitioner, eller prøve at forenkle dem. Flere fysik- og matematiklærernes tidligere erfaringer med at skrive kode kom dem til hjælp, men betød Ironisk nok også, at flere fandt det vanskelig at se fordele ved at bruge NetLogo ("*Det er jo blot et af mange sprog*"). På et af de tidlige coachingmøder var der en længere diskussion af, om NetLogo overhovedet er egnet til undervisning i fysik.

Meget karakteristisk for holdningen så tidligt i forløbet var der en lærer, som accepterede at arbejde med en simpel NetLogo-model, men samtidig så modellen som start på et længere forløb, hvor han/hun ville udbygge kompleksiteten ved at inddrage modellering i Excel. En anden lærer havde hentet en model i biblioteket og udbygget den med nye features.

Senere i forløbet ses, at flertallet af kursisterne nu har accepteret NetLogo. En gruppe begejstres for eksempel, da de opdager, at data som produceres i deres NetLogo-model kan eksporteres som en CSV-fil.

Ved fokusgruppeinterviewet i december opsummeres: Kursister oplevede de præsenterede modeller i NetLogo som komplekse og "lidt overvældende", men også interessante og "sjove" [interview midtvejs, side 10]. Kursisterne lader til at tidligt at have en forventning til, hvad der i NetLogo kan være af komplicerede modeller. Der er overvejende enighed om, at simple modeller (omtalt som "gaffa-tape model" eller "klippe-klistre-model") er mere velegnede ("effektivt") til læring frem for de komplekse modeller [interview midtvejs, side 2 og 4]."

Ved den første runde af coachingmøder i august 2018 er det langt fra indlysende for alle kursister, at NetLogo er et oplagt valg. Tvivlen om NetLogos egnethed tog flere former. En kursist udtrykker mistillid til NetLogo som sprog: *"NetLogo er gnidret, man kan ikke se hvad der foregår"*, og senere *"Jeg synes NetLogo er lidt legetøjsagtigt"*. Der udtrykkes også mere fundamental tvivl om muligheden for at lave ordentlige modeller i NetLogo; *"Wilensky [der udviklede NetLogo] snyder på vægten. Han laver bare en simulering"*. En anden kursist stemmer i med en tredje type af betænkeligheder, *"Jeg er i tvivl om NetLogo. Jeg ville vælge et sprog, som er mere udbredt"*. Også forholdet mellem CT og NetLogo problematiseres, *"Der er mismatch mellem at det her CT, og brugen af NetLogo"*.

Ved anden runde af coachingmøder, i november 2018, er ikke blot det meste af mistilliden forsvundet, det er nu mulighederne i NetLogo der er på dagsordenen, *"Det er værdifuldt at de [eleverne] selv kan modellere og ændre på variable"*. Den lidt primitive grafik i NetLogo får følgende bemærkning: *"Det behøver ikke at være fancy grafik, de [eleverne] fokuserer mere på det væsentlige"*.

Ved de to efterfølgende runder af coachingmøder diskuteres eventuelle ulemper ved NetLogo ikke, eller i hvert fald så lidt, at diskussionerne ikke kan spores i memoerne.

Ved det afsluttende fokusgruppeinterview fremhæves NetLogos adskillelse af interface og kode som en fordel. En anden kursist foretrækker i stedet, at eleverne er tvunget til at ændre i koden, hvis parameterværdier for en model skal ændres [afsluttende interview]. Samme kursist fremhæver til gengæld det visuelle og dynamiske ved en computermodel som fordele.

Det fremhæves på fokusgruppeinterviewet, at det er vigtigt med et fælles værktøj i starten af kurset, og at det dermed har været rart med NetLogo, men det derefter også ville være rart at se andre muligheder [afsluttende interview, s. 8]. En kursist nævner at der med NetLogo også er *"en fare for, at nu har man en hammer i hånden og går rundt og leder efter søm at slå på"* [afsluttende interview]. En kursist supplerer, at NetLogo *"blev markedsført lidt for generelt som Computational Thinking"* [afsluttende interview].

Opsummering

At den indledende mistillid til NetLogo som redskab ser ud til at forsvinde allerede i løbet af efteråret, mener vi kan forklares med (mindst) tre faktorer: 1. Forløbets ide om at bruge modeller til at arbejde med forståelsen af fagligt stof sætter tilsyneladende modelbegrebet i et nyt lys for flere kursister, så det i begyndelsen ikke er oplagt for dem, at man også kan arbejde med modeller, som bevidst er så forenklede at det i første omgang ser ud som om man tager fagligheden ud af Content-delen. 2. Hvis man er vant til andre programmeringssprog, tager NetLogo sig i første omgang lidt primitivt ud. 3. Udviklingen må tages som en tydeligt indikation på, at NetLogo faktisk har en række pædagogiske kvaliteter, som ikke er umiddelbart indlysende, men som manifesterede sig, da kursisterne tog deres modeller ud i klasseværelset.

Opsummerende kan man sige, at der i forløbets start var ret store forbehold hos kursisterne mht. om NetLogo overhovedet har fordele som kan begrunde valget af NetLogo. Desuden havde flere

kursister den holdning til modeller, at en model er god, hvis den indeholder og fanger så mange aspekter af det modellerede fænomen, som muligt.

Argumenterne for at gøre tingene uden NetLogo var spredte og forskellige fra lærer til lærer. Som forløbet skred frem, og lærerne blev mere fortrolige med NetLogo og – især – med tankerne om, hvordan NetLogo-modeller kan bruges i undervisningen, forsvandt denne skepsis. Den blev afløst af en art konsensus om, at det gælder om at lave enkle modeller i en for eleverne forståelig kode, og at lærerens fokus bør flytte sig fra kodningen til overvejelser over hvordan NetLogo-modeller med fordel kan anvendes i undervisningen.

Computational Thinking

Forløbet blev annonceret som et kursus i at undervise i Computational Thinking (CT). For nogle kursister var det en overraskelse, at de i første omgang udelukkende skulle arbejde med NetLogo. Man kunne altså forvente, at der ved nogle coachingmøder ville udspille sig en diskussion om forholdet mellem CT-undervisning generelt og kursets specifikke indhold. Men diskussionerne er aldrig fokuserede fx med grupper af kursister, der finder et fælles synspunkt. Temaet dukker tilsyneladende op ved tilfældigheder.

På et coachingmøde i august 2018 spørger en kursist: *"Hvad får jeg ud af at gøre det her? Hvor får jeg et CT-udbytte?"*. Diskussionen fortsætter, *"Men hvornår er det [vi laver med eleverne] så ikke CT? Hvor afgrænser man? Jeg tror grænsen går ved at eleverne selv skal ind og se koden. Hvis de bare taster ind i Maple, så er det ikke CT"*.

I anden runde coaching-møder (november 2018) er en række kursister uenige med projektmedarbejderen (coachen), da denne siger, at elever *"burde stifte bekendtskab med kodning i løbet af uddannelsen"*. Men diskussionen bliver ikke fokuseret. Ved et andet coachingmøde i samme runde udtrykker en kursist sin opfattelse af forholdet mellem NetLogo og CT på denne måde, *"Der er også andet interessant inden for CT [end det vi arbejder med i dette forløb]. Hvilke pædagogiske virkemidler som de anvender andre steder? App Inventors hjemmeside er meget pædagogisk. Videoer der viser hvordan man laver en app til en telefon. Kan hente gode erfaringer herfra. Også hjælp i NetLogo som i Scratch, hvor de guides igennem."*

Ved fokusgruppeinterviewet i december siger en kursist, at han/hun godt kan lide ideen om, at eleverne *"skal bryde ting ned til enkelte ting"*, og at det ikke er så vigtigt hvilket programmeringssprog det foregår i. Den samme kursist taler også om, at eleverne skal *"analysere"* for at kunne undersøge.

I marts 2019 er holdningen til hvad eleverne skal kunne i forbindelse med CT tilsyneladende ændret. Memoforfatteren noterer, at *"Kursister understreger ... at det er vigtigt, at eleverne lærer at programmere."*

Emnet undervisning med CT var en del af den survey, der blev besvaret af kursister ved starten og slutningen af kurset. Ved besvarelsen af præ-survey nævnte kursisterne i brede termer en række aspekter, som de fandt vigtigst i undervisning med CT.

Med henblik på erkendelse og problembaseret læring nævnte kursisterne her, at vigtige aspekter af CT i undervisning omfatter analytisk tænkning og problemløsning samt opdeling af problemer i delproblemer. CT på denne måde ses som en motiverende læringsform, hvor den faglige viden gøres mere tilgængelig for eleverne gennem visualisering af begreber, samt at det skaber en dybere forståelse for faglige fænomener.

CT i undervisningen ses af en kursist som kombinationen af fagligt indhold, kodning og modeller. Modellering af problemstillinger med afsæt i virkeligheden og forståelse for virkelighedens modeller nævnes, og evnen til at gøre faget mere eksperimenterende i matematik fremhæves som en fordel.

Som digital dannelse beskrives CT i undervisningen endvidere som generelle it-kompetencer, hvor elever får indsigt i algoritmer og løsning af problemer med programmering og logik, og der ses et overlap i kompetencer til matematikkompetencer.

Ved afslutningen af kurset er kursisterne gået fra brede termer til mere præcise beskrivelser af deres opfattelse af vigtige aspekter af CT i undervisningen.

Flere kursister nævner at muligheden for, at en model gennem adgang til koden kan "åbnes" og undersøges, er et væsentligt aspekt af Computational Thinking, og at dette står i modsætning til, at der ellers "*bare er tale om at kunne simulere*". Arbejdet med modeller kan så være alternativ til et laboratorieforsøg, idet der ikke blot er tale om en simulering, men hvor modellen bag det faglige indhold kan undersøges.

Den motiverende faktor i at arbejde med dynamiske, visuelle modeller med bevægelse og graftegning frem for "*døde data i en 10 år gammel bog*" bliver fremhævet som et læringsmæssigt aspekt af CT i undervisningen. Det understreges også, at visualiseringen har en direkte læringsmæssig effekt.

I forhold til det faglige indhold pointerer kursisterne, at nedbrydning af et fagligt problem i delproblemer kan hjælpe eleverne med at forstå og arbejde med faglige begreber samt analysere problemstillinger. At et problem nødvendigvis skal forstås tilstrækkeligt, for at der kan bygges en model af det, ser kursisterne også som et vigtigt aspekt. Det bemærkes desuden, at eleverne får en anden og bredere forståelse for det faglige genstandsfelt ved at bruge CT i undervisningen. I forhold til Computational Thinking som emnefelt bliver det understreget, at arbejdet også bidrager til elevernes almene forståelse for betydningen af algoritmer og programmering samt deres muligheder for at påvirke og skabe fremtidens samfund. For eksempel lærer eleverne om logikken i koden og dennes sammenhæng til en model og matematikken heri, samt hvorledes de er i stand til at ændre i modellen gennem koden. Også indsigt i forudsætninger og begrænsninger i dagligdagens modeller bliver fremhævet af en kursist.

Endelig er der kursister, der allerede bruger CT i undervisningen i blandt andet matematik og fysik, hvor eleverne lærer at dekomponere et komplekst problem i mindre dele samt anvende programmering.

Opsummering

Det kan konkluderes af ovenstående, at synet på CT i undervisning har udviklet sig mellem de to surveys. Udtalelser i starten af forløbet bærer præg af, at kursisterne har en almen forståelse for elementer af CT men ikke nogen detaljeret forståelse. Udtalelser i slutningen af forløbet vidner derimod om en dybere og mere konkret forståelse for, hvordan CT i undervisningen kan medvirke til en forbedret læring i fagene samt udvikling af almene CT-kompetencer.

Som en foreløbig opsummering kan man sige, at temaet om forholdet mellem CT-generelt og forløbets indhold med vægt på NetLogo og CMC udgør et bagtæppe for aktiviteterne i forløbet, men der kan ikke lokaliseres en kerne af fælles holdning hos kursisterne. Kursusholderne holder på den ene side fast i, at udgangspunktet med NetLogo og CMC er centralt, men åbner fra ca. midten af forløbet for at kursisterne kan arbejde med andre sprog og teknologier med fastholdelse af CMC-tilgangen.

I kursisternes evaluering af kurset svarer 92%, at de i høj grad eller nogen grad *”synes at kurset havde stort nok fokus på Computational Thinking”*. Her nævner flere kursister dog, at der i kurset godt kunne være mere fokus på Computational Thinking generelt og mindre fokus på NetLogo.

3. Kursisternes egne didaktiske overvejelser

Under dette tema medtages bemærkninger, diskussioner og overvejelser om didaktikken og CMC-tilgangen i forbindelse med undervisning ud fra modellerne.

Hen over forløbet ses en tydelig udvikling i den måde kursisterne diskuterer undervisning og elever i relation til kursets indhold. Især er der – også her – en markant udvikling fra en udbredt ide om, at computermødder bør dække mange træk ved det fænomen, der modelleres, og derfor er nødt til at være ret komplicerede, til en forståelse af, at undervisningen fungerer bedst, når eleverne præsenteres for og selv arbejder med modeller, der er så simple, at eleverne selv kan forstå og eventuelt ændre i koden. Undervejs kommer der tydelige input fra kursusholderne, der påpeger fordelene ved at arbejde med simple, enkle modeller i stedet for mere realistiske - og derfor mere komplicerede - modeller.

På de første coaching-møder (dvs. efter den første workshop) diskuterer kursisterne lidt famlende, hvilke typer af modeller, der egner sig til undervisning, herunder hvordan *”koden kan komme ind i elevarbejdet”*: En kursist opfatter dette som sin største udfordring i forbindelse med kurset. En kursist mener, at modellerne ikke må være så enkle, at det frustrerer eleverne. Han/hun vil gerne udbygge (komplicere) en simpel model fra NetLogo-biblioteket. En kursusholder forklarer en anden kursist eksplicit om fordelene ved simple modeller. Kursisten, der allerede var tæt på de samme konklusioner, tager over og diskuterer med en tredje kursist, hvorfor det er en god ide med helt simple modeller. De to kursister bliver enige om at prøve at forenkle en model i stedet for at udbygge den.

På næste runde af coaching-møder lægger en kursist ud med at sige *”Vi vil finde noget ekstremt simpelt ... det er bedst at starte med et lille simpelt program”*, og kursisten spørger de andre

kursister, om de har gode idéer. En anden kursist: ”*Meget kort kode er en stor hjælp når eleverne skal overskue*”.

På samme møde diskuterer kursisterne, om man i første omgang kan lade eleverne arbejde med ”*kun at afprøve modellen*” – altså et lille skridt frem mod use-modify-create. Denne diskussion følges af en diskussion om det realistiske i at lade eleverne selv udvikle modeller. En kursusholder følger op ved at slå fast, at forløbet ”*skal rykke kursisten fra at fokusere på elever, der aldrig har set NetLogo, til langsomt at udvikle modellerne som støtte i fagets indhold og didaktik*.”

Et par kursister mener, at det er et problem, at eleverne, med den valgte arbejdsform kopierer hinanden: ”*[Det er] et problem, at løsninger breder sig; setup-knapper er f.eks. kopieret fra andre grupper*”. Det problematiseres også, at der er stor spredning i klassen, så nogle elever bliver meget hurtigt færdige, mens andre tager tid.

Også diskussion om hvilke elevtyper denne type arbejde appellerer til: ”*De dygtige elever er ikke så glade for projekter, vil gerne se hvor de skal hen og vil gerne have tydelige rammer*”. En elev der ikke er så aktiv [til hverdag] synes det var spændende at sidde og rode med det. ”*Man rammer nok nogle elever på en anden måde*.” Også diskussioner om elevdifferentiering: ”*Kan man lave ”kasser” med kodestumper som de kan tage ind alt efter hvilket niveau de er på*”. ”*Kan man have en model i flere udgaver*”.

På den tredje række af coaching-møder efter workshop 2 er der igen tydelige ændringer i den intenderede retning. En lærer viser forløb han/hun har lavet med instruktioner til eleverne, der klart lægger op til use-modify-create.

På Workshop 3 er der ligefrem en kursist, der kritiserer en kursusholder for at vise en kompliceret model: ”*Men den der model er jo kompliceret. Eleverne kan ikke arbejde med koden. Gør du så ikke det vi ikke må?*”

I forhold til overvejelser om introduktion til eleverne, er flere kursister overraskede over, hvor hurtige eleverne er til at forstå brugen af NetLogo. Det er ikke nødvendigt at forklare alt i NetLogo, og eleverne forsøger sig ofte frem. Elever syntes ifølge kursister, at det var vanskeligt med koden. Kursisterne reflekterede i den forbindelse over, hvordan man læser kode.

I anden runde coachingmøder reflekterer en kursist over elevernes introduktion til programmering i NetLogo. At der burde være en introduktion til grundlæggende begreber som funktioner og variable samt deres betydning i NetLogo-miljøet. Dette understøttes desuden af det besvarede survey ved afslutning af forløbet, hvor flere kursister nævner programmering som en udfordring for CT-undervisning i deres fag. Derudover nævnes forberedelsestiden også af flere som en udfordring.

På tredje runde coachingmøder var der blandt kursisterne en diskussion om eksperimenter med modeller i NetLogo i forhold til traditionelle laboratorieforsøg. Én kursist mener, at det kan sidestilles med et forsøg, mens en anden kursist argumenterer for, at et forsøg ikke kan være et

”teoretisk forsøg” i NetLogo. En tredje kursist supplerer med en sammenligning til modeller over flyvemaskiner, der er så gode, at de kan erstatte virkeligheden.

En kursist lod sine elever lave en skriftlig aflevering i Google Docs på baggrund af deres arbejde med modellen. En anden kursist bad eleverne sammenligne modellens frembragte grafer med lærebogens grafer [MCO-4]. En anden kursist har forsøgt en tilgang, hvor en model fra en anden lærer er skåret helt ind til benet, hvilket fungerede rigtig godt for eleverne.

Forud for anden runde coachingmøder har en kursist afprøvet modellen med ulve og får i undervisningen. Det fremgår ikke, hvordan modellen indgik i forløbet, men eleverne arbejdede med modellen på meget forskellige måder. Nogle var skeptiske, nogle ændrede modellens visuelle del, nogle nægtede, og nogle ændrede ikonerne, så biler jagtede mennesker. Trods det at *”det var ren legeplads”*, var der en god stemning, og eleverne havde det sjovt.

En kursist havde elever med meget forskellige forudsætninger og lod dem indledningsvist lege med modellen og kigge lidt i koden: *”Nogle elever ændrede i koden, mens andre kiggede mere på modellen.”* Det gik godt, men der var også elever, der havde det svært.

Der var tydelige tegn på elevers læring ved brug af modellerne. En kursist arbejdede med en model om Albedo-effekten og oplevede, at eleverne kunne komme med bud på parametre, som modellen rigtigt nok manglede [MCO-6].

En model om eksponentiel vækst bliver af en kursist beskrevet, og denne er overrasket over effekten af at bruge modellen frem for traditionel læring: *”Det virker anderledes end bare at kaste en formel i hovedet på dem.”*

Der er flere eksempler på udtalelser fra kursister om elever, som forsøger sig frem med forskellige ændringer til en model. Ofte er det ændringer i den visuelle del. Men der er også – og det må anses som centralt – eksempler på ændringer baseret på elevernes refleksioner over det faglige indhold: *”Eleverne begynder at manipulere og ikke kun reproducere. Ikke så nøjagtigt, men giver anledning til spørgsmål og undren [...] Snak med eleverne om fordele og ulemper ved modellen. De spørger hvor slideren til pH er henne, snak om nøjagtigheden i modellen, gode overvejelser hos eleverne.”*

I en refleksion kommer en kursist frem til, at undervisningen skal lærerstyres mere end forventet, for at eleverne får den ønskede effekt med at kunne forstå sammenhængene. Kursisten havde eksempelvis ikke tænkt over åbne spørgsmål, som kunne stilles til eleverne.

Kursister nævner, at der med CMC til dels sættes ord på det, som allerede foregik i forvejen i andre miljøer end NetLogo [afsluttende interview]. Excel nævnes som eksempel, men uden agentbaseret modellering [afsluttende interview, s. 6]. Det sker dog ofte uden kodedelen. NetLogo fremhæves med sine muligheder for at *”invitere dem [eleverne] ind i kodedelen”* og få ejerskab over modellen [afsluttende interview].

Generelt er der tegn på, at kursisterne har taget CMC-tilgangen til sig, og i det afsluttende survey udtaler en kursist: *”Jeg vil huske at tænke tilbage til CMC modellen hver gang jeg starter et nyt*

forløb." I kursisternes evaluering af kurset har et flertal af kursisterne følt, at CMC-tilgangen var en hjælp til at designe modeller og elevaktiviteter. Hvor kursister ikke brugte tilgangen til at designe modeller og elevaktiviteter, har de i stedet brugt CMC efterfølgende som en del af deres refleksion.

I den første række af coachingmøder var kursisterne bl.a. optaget af, hvordan de kunne udbygge modeller i NetLogo, så de fangede flere træk ved det modellerede fænomen. En lærer havde fx modstand imod at opgive impulsbevarelse i en model, der omfattede stød. En anden ville gerne beholde temperaturen som en del af sin model. Kursusholderen trak i retning af at forenkle modellerne. En kursist fandt at programmering i NetLogo *"hurtigt bliver lidt voldsomt"*.

I den næste omgang af coachingmøder var kursisterne mere ensartet optaget af, hvordan de kunne forenkle deres modeller og skrive kode, som eleverne kan forstå/gennemskue.

I tredje omgang coachingmøder var temaet om forenkling af koden tydeligt. En kursist filosoferer: *"Kan jeg finde ud af at lave noget kode som er nemt"*. En anden spørger sine medkursister: *"Er det her kompliceret kode?"*. Desuden kommer der nu tydeligere fokus på modellernes rolle som indgang til faglig forståelse og flere af kursisterne refererede til og diskuterede CMC-tilgangen. En lærer vil gerne flytte diskussionen fra at handle specifikt om modeller til at handle om hvordan modellerne kan bruges i undervisningen.

Opsummering

Det ses af ovenstående, at kursisterne har taget CMC-tilgangen til sig. Der er en god forståelse for modellens rolle og den faglige uddybning gennem modellen, og det kommer til udtryk i dens anvendelse i forløbene samt refleksioner over undervisningsaktiviteterne.

Desuden ses, at krav om programmering (altså et krav der går ud over USE og MODIFY) kan være en hindring for læring hos eleverne. Det gør sig både gældende i forbindelse med vanskeligheder forbundet med at læse og forstå koden samt at ændre i koden for at ændre i modellen.

Der har været mange forskellige tilgange til at bruge modellerne i undervisningen, og der er ingen entydig konklusion på, hvilke tilgange fungerer bedst. Dog ses der tegn på, at eleverne ved at eksperimentere og forsøge sig frem med den dynamiske model er blevet mere motiverede og øger deres læring i forhold til traditionel undervisning.

Bilag E: Oversigt over afholdte aktiviteter

Inden det egentlige projekt gik i gang, blev der i maj 2018 holdt to opstartsworkshops, en i øst for ca halvdelen af de kommende kursister og en i vest for de resterende. Deltagerne fra projektet var Hermes Arthur Hjorth, Line Have Musaeus, Torben Christoffersen, Steen Hoffmann og Keld Nielsen (kun Silkeborg).

I projektperioden for første gennemløb (01-08-2018 til 30-06-2019) er der afholdt følgende:

Aktivitet	Dato	Sted	Medarbejdere
Workshop 1	11/9-2018	Birkerød Gymnasium	Hermes Arthur Hjorth, CCTD Line Have Musaeus, CCTD Keld Nielsen, CCTD Adam Etches, CCTD Torben Christoffersen, DASG Charlotte Pletscher-Frankild, DASG
	13/9-2018	Silkeborg Gymnasium	Hermes Arthur Hjorth, CCTD Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD Keld Nielsen, CCTD Steen Hoffmann, DASG
Coaching-møde 1	6/11-2018	Viborg Gymnasium & HF Struer Statsgymnasium	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD Morten Damsgaard-Madsen, CCTD Jesper Buch, CCTD
	7/11-2018	Egaa Gymnasium	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD Morten Damsgaard-Madsen, CCTD
	13/11-2018	Rysensteen Gymnasium Roskilde Gymnasium	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD Morten Damsgaard-Madsen, CCTD
Lektie 1	3/12-2018		Adam Etches, CCTD Line Have Musaeus, CCTD
Workshop 2	11/12-2018	Birkerød Gymnasium	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD Torben Christoffersen, DASG Charlotte Pletscher-Frankild, DASG
	13/12-2018	Silkeborg Gymnasium	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD Jesper Buch, CCTD Steen Hoffmann, DASG Kai Thor Hansen, DASG
Coaching-møde 2	30/1-2019	Risskov Gymnasium Viborg Gymnasium & HF	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD
	6/2-2019	Roskilde Gymnasium Rysensteen Gymnasium	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD
Lektie 2	25/2-2019		Adam Etches, CCTD
Workshop 3	6/3-2019	Rosborg Gymnasium	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD Keld Nielsen, CCTD Michael Caspersen, IT-vest Jacob Sherson, IFA Kai Thor Hansen, DASG Steen Hoffmann, DASG
Lektie 3	12/4-2019		Adam Etches, CCTD
Coaching-møde 3	26/3-2019	Roskilde Katedralskole Rysensteen Gymnasium	Adam Etches, CCTD
	28/3-2019	Risskov Gymnasium Viborg Gymnasium & HF	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD Jesper Buch, CCTD

Lektie 3	12/4-2019		Adam Etches, CCTD
Workshop 4	30/4-2019	Odense Adelige Jomfrukloster	Line Have Musaeus, CCTD Adam Etches, CCTD Keld Nielsen, CCTD Jesper Buch, CCTD Daniel Graungaard, CCTD Gerth Stølting Brodal, CS Steen Hoffmann, DASG Torben Christoffersen, DASG Kai Thor Hansen, DASG

Bilag F: Anbefalinger til kommende kurser – uddybet

Dette afsnit bygger især på bilag D.

A: Struktur og rammer:

UDFORDRINGER

Coachingmøderne giver logistiske udfordringer – det gælder om at undgå for megen kørsel.

De mange kursusaktiviteter giver lærerne problemer med at finde klasser og tid til afprøvning.

Kursets vekselstruktur giver anledning til en del praktiske problemer i forbindelse med afprøvning af undervisningsforløb i egnede klasser. Det er et problem som er indbygget i denne type kurser. Det kan (i hvert fald delvist) imødekommes ved omhyggelig, langsigtet planlægning og forventningsafstemning.

Et ambitiøst kursusforløb som dette stiller ret store krav til kursisternes indsats, og omfanget af kursisternes timeforbrug kan være en kritisk faktor. I år 1 blev kursisternes timeforbrug skønnet at være større, end det vil være i år 2 og 3, så det var kun rimeligt, at årets kursister blev delvist frikøbt for fondsstøtten.

Desuden blev det vurderet, at kursisterne løb vis en risiko af aftalemæssig, kommunikationsmæssig og forventningsmæssig art forbundet med at deltage i første år, på grund af en forventet høj grad af "vi asfalterer vejen mens vi kører". At nogle kursister udtrykker, at deres forventninger til kurset ikke blev indfriet kan blandt andet forklares med, at det var første gang kurset blev gennemført.

FREMADRETTEDE ANBEFALINGER

Det ser ud til at behovet for coaching aftager hen gennem forløbet.

Der er behov for at melde datoer for aktiviteter og krav til forberedelse ud i virkelig god tid.

Det skal undersøges om der kan skabes bedre rammer for interaktion mellem kursisterne.

Fremadrettet ser der altså ud til at være grund til at fastholde kursets grundlæggende elementer. Dog ser det ud til at coaching-møder er mest relevante i kursets første halvdel. Desuden efterlyser

nogle kursister flere mulighed for peer-to-peer talk om didaktiske ideer og andre undervisningsrelaterede emner.

Der skal strammes op på kursusbeskrivelse og kursuspræsentation, så der opnås overensstemmelse mellem kursisternes forventninger og kursets realiteter. Der skal arbejdes mere med intro af CMC-tilgangen.

Der var kursister som havde forventninger om et mere generelt CT-kursus end det de blev præsenteret for. NetLogos rolle og kursusindholdets placering i forhold til CT-undervisning mere generelt skal præciseres.

Fremadrettet er det vigtigt, at kursets indhold og mål og forhold til CT-undervisning generelt beskrives tydeligt og velovervejet over for de deltagende skoler og kursister.

Det bør overvejes, om det samlede kursusforløb skal målbeskrives på mindst tre niveauer inden kurset annonceres. 1: Mål for kursisternes læring forventede progression i kursisternes viden og færdigheder. 2: Mål for kursisternes opgaver undervejs ("lektier"). 3: Mål for kursisternes praksisrettede arbejde inden næste workshop (evt inden næste coachingmøde). Der skal differentieres mellem læringsmål knyttet til programmering/kodning og læringsmål knyttet til didaktik.

Nogle af de kursister, der ikke havde tidligere erfaringer med at programmere, havde vanskeligheder med at overkomme at følge kurset i starten. Det bør overvejes om det vil være muligt og hensigtsmæssigt at screene kursisterne med hensyn til deres erfaringer og kunnen i forhold til at skrive kode.

B: Indhold-didaktik

UDFORDRING

Indholdet på de enkelte workshops er afgørende for at kurset bliver vellykket. Der efterspørges færre indlæg på workshops, som ikke er direkte relateret til kursets anvendelse af CT. Forløbets progression og egen udviklingslogik skal (på workshops) beskyttes mod for mange løsrevne indlæg/foredragsholdere. Hvis det overordnede formål med at undervise i CT – herunder opridsning af udviklingen i andre lande – skal præsenteres på en workshop skal formålet med indlægget indarbejdes i de øvrige mål for kurset

ANBEFALING

Det bør overvejes, om aktiviteter på workshops (og dermed også på de efterfølgende coachingmøder) skal målbeskrives på mindst tre niveauer. 1: Mål for kursisternes læring på workshoppen og den forventede progression i kursisternes viden og færdigheder (hvad er forholdet mellem målet for den givne workshop og kursets overordnede mål?). 2: Mål for kursisternes opgaver ("lektier"). 3: Mål for kursisternes praksisrettede arbejde inden næste workshop (evt. inden næste coachingmøde).

Bilag G: Spørgeskema brugt til pre- og post surveys

3/10/2018 SurveyXact

Velkommen til et spørgeskema i DASG-projektet om CT i undervisningen.
Spørgeskemaet handler om, hvorledes du for nuværende ser CT ind i undervisningen i dit fag.
Forhåbentlig giver det dig anledning til at reflektere - og ihvertfald vil det kunne give nyttig og kvalificerende viden til projektet.

De nødvendige baggrundsdata.

Navn: _____

Gymnasium: _____

Fag som afsæt for CT: _____

Klassetrin/Hold som primært afsæt for CT: _____

1. Hvor sikker er du på at vide, hvad CT er?

☐ Helt usikker
☐ Ret usikker
☐ Lige dele sikker og usikker
☐ Ret sikker

<https://www.survey-xact.dk/servelet/com.pls.morpheus.web.pages.CoreSurveyPrintDialog?surveyid=971441&locale=da&printing=true&enableAdvanced=false> 1/3

3/10/2018 SurveyXact

☐ Helt sikker

2. Hvad er for dig de vigtigste aspekter af CT i undervisningen? (vigtigste ideer, principper, pointer....)

3. Hvad vil du gerne, at eleverne lærer af CT i undervisningen i dit fag? (Angiv gerne, hvis der er noget specifikt de skal kunne efter forløbet..)

4. Hvilke udfordringer ser du for CT-undervisning i dit fag? (alt fra det helt lavpraktiske, materialer, ressourcer til alskens didaktiske eller faglige udfordringer...)

5. Hvordan vil du konkret arbejde med CT i undervisningen - hvilke måder/tilgange/strategier tænker du at bruge (giv gerne eksempler)

6. I hvor høj grad føler du dig pt. klædt på til at bruge CT i din undervisning?

<https://www.survey-xact.dk/servelet/com.pls.morpheus.web.pages.CoreSurveyPrintDialog?surveyid=971441&locale=da&printing=true&enableAdvanced=false>

2/3

- ☐ Slet ikke
☐ Ringe grad
☐ Moderat grad
☐ Ret høj grad
☐ Fuldstændig

7. Hvor følger du dig som underviser mest udfordret af CT i undervisningen? Hvad er dine vigtigste behov for lærerfaglig opkvalificering?

Hvor enig er du i hvert af følgende holdningsudsagn?

8. CT er et vigtigt bidrag til uddannelsen af unge

9. CT passer fint ind i undervisningen i mit fag

10. CT vil kunne stimulere elevernes interesse for faget

11. CT vil være en udfordring for visse elever [uddyb gerne i nedenstående rubrik]

Helt uenig	Ret uenig	både-og	Ret enig	Helt enig
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

Det var alt for denne gang! :-)

Tak for indsatsen.

Bilag H: Spørgeskema brugt til kursusevaluering

Evaluerings af kurset Computational Thinking i Matematik og Naturfag

Vi vil meget gerne høre din mening om selve kurset så det bliver (endnu) bedre næste år. Vi vil derfor gerne have at du erklærer hvor enig du er i følgende udsagn på en skala fra 1-5. Hvis du har uddybende kommentarer vil vi meget gerne have dem, men det er valgfrit.

Jeg fik nok hjælp i starten til at komme i gang med NetLogo og min egen model

Coaching-møderne hjalp mig med at komme videre

Jeg fik en passende mængde feedback på mit arbejde

Jeg synes CMC-modellen var en hjælp når jeg skulle designe modeller og elevaktiviteter

Der var en passende mængde nyt stof på de forskellige workshops

Det var rart med eksterne foredragsholdere på Workshop 3 og Workshop 4

Jeg synes at kurset havde stort nok fokus på Computational Thinking

Andre kommentarer