

Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab (CTiMNAT)

Evaluering af projektets andet kursusforløb 2019-2021

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

August 2021

*Jonas Ørbæk Hansen
Line Have Musaeus
Keld Nielsen*

Indhold

Resume.....	2
1. Baggrund for projektet	6
2. CTiMNAT-2: Design – afholdte aktiviteter – læringsmål	8
2.1: Om coach-rollen.....	8
2.2: Oversigt over afholdte aktiviteter:	9
2.3: Styregruppemøder med deltagelse af repræsentanter for DASG og CCTD	16
2.4: Start på webbaseret netværk for CT-interesserede undervisere.....	16
3. CT-didaktik, NetLogo og læringsmål for forløbet	18
3.1: Om CT-didaktikken.....	18
3.2: Om NetLogo	19
3.3: Læringsmål for CTiMNAT-2.....	20
4. Kursusforløbets resultater	22
4.1: Oversigt over den indsamlede empiri.....	22
4.2: De udarbejdede modeller og undervisningsforløb.....	22
4.3: Elevernes reaktioner på undervisningsforløbene.....	25
4.4: Kursisternes intentioner med undervisningsforløbene.....	31
4.5: Sammenligning af intentioner i undervisningsforløb i CTiMNAT-2 og MCTiG	32
4.6: Værktøj til evaluering af undervisningsforløb	33
5. Kursisternes evaluering af kurset.....	36
6. Formidling af kursusforløbet og CT.....	45
6.1: Formidling i national sammenhæng	45
6.2: Formidling i international sammenhæng	46
7. Udsyn til det tredje kursusforløb	47
8. Referencer.....	49
BILAG: Den afsluttende CT-konference	50

Resume

Forløbet

I projektet *Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab* (CTiMNAT) gentages et et-årigt kursusforløb tre gange. Denne evaluering omfatter det andet kursusforløb (CTiMNAT-2), der fandt sted i perioden august 2019 – januar 2021. Kursusforløbet var planlagt til afslutning i foråret 2020, men på grund af Covid-19-restriktioner blev afslutningen forsinket og forløbet sluttede i januar 2021.

Forløbet blev gennemført af 32 kursister. Bortset fra forsinkelser, der var nødvendige pga. corona restriktioner, blev alle kursusaktiviteter gennemført som planlagt. Kursisterne udviklede og afprøvede i alt 26 undervisningsforløb i fagene bioteknologi, fysik, matematik og naturgeografi. 17 undervisningsforløb blev gjort færdige til brug for andre lærere og er nu tilgængelige på CCTD's website for undervisningsforløb i informatik og CT i gymnasiefag (<https://library.ct-denmark.org/>).

CTiMNAT-2 blev afviklet parallelt med et lignende forløb for lærere fra samfundsfag og humanistiske fag. En del af de afholdte aktiviteter – blandt andet den afsluttende konference – blev afholdt med fælles deltagelse fra de to kursusforløb.

I forbindelse med den afsluttende konference blev der afholdt et virtuelt møde med det formål at samle en brugergruppe for et webbaseret netværk for CT-interesserede lærere i gymnasiet. Ca. 30 lærere deltog. Der er nu dannet en gruppe, som arbejder videre med en facebook-lignende side, hvor det vil være muligt at uploade modeller og undervisningsforløb, præsentere og diskutere idéer til CT-undervisning, invitere til samarbejde samt at annoncere CT-nyheder og -begivenheder mv. Der er lavet et website, som rummer siden. Websitet stilles til rådighed af CCTD.

Elevernes udbytte

Kernen i CTiMNAT er fagintegreret undervisning i CT, hvor eleverne arbejder med en computermode af et centralt fagligt fænomen. Eleverne har adgang til computerkoden bag modellen og kan forandre/forbedre modellen ved at ændre i koden. Modellen og et tilhørende undervisningsforløb udarbejdes af læreren i forbindelse med dennes deltagelse i et kursusforløb, eller læreren udarbejder undervisningsforløbet på grundlag af en allerede eksisterende model. Det indgår i kursusforløbet, at alle undervisningsforløb undervejs skal afprøves af kursisterne i en eller flere klasser.

I CTiMNAT-2 har der været fokus på at undersøge, hvordan eleverne har arbejdet med modelkoden under afprøvningen i klassen. Umiddelbart efter at have gennemført et undervisningsforløb besvarede 662 elever et spørgeskema om deres baggrund og deres oplevelse af uv-forløbet. Elever fra 1., 2. og 3.g deltog i undersøgelsen. Her opsummeres kort nogle af svarene. I øvrigt henvises til afsnit 4.3.

95% af eleverne svarer, at de forud for forløbet havde ingen eller kun lidt erfaring i at arbejde med computerkode. Afprøvningerne fandt sted i forårssemesteret 2020. Andelen af programmeringsnovicer efter 10-12 års skolegang må siges at være stor.

De følgende resultater af undersøgelsen skal dermed tolkes i lyset af, at kun få elever har egentlig erfaring i at arbejde med computerkode.

I forhold til elevernes CT-faglighed er følgende interessant:

- 95% af eleverne svarer, at de i undervisningsforløbet nåede at lave ændringer i koden.
- Ca. 80% giver svar, der viser, at de har forstået kodens betydning i forhold til modellens opførsel.
- Ca. 55% svarer, at de er blevet bedre eller meget bedre til at forstå og skrive kode.
- Under 10% af eleverne svarer, at de har oplevet, at deres arbejde med koden påvirkede modellens opførsel på en tilfældig måde. 80-90% har således oplevet, at der var sammenhæng mellem ændringer i koden og ændringer i modellens opførsel.

De udviklede undervisningsforløb virker altså efter hensigten, idet næsten alle elever har arbejdet med at ændre i computerkoden og har set ændringerne i modellen. Mere end halvdelen af eleverne rapporterer om positiv læring i forbindelse med kodearbejdet.

Ovenstående positive resultater skal ses på baggrund af elevernes mere generelle forståelse af betydningen af modeller og computerkode. Den generelle motivation er mere usikker:

- 20-25% af eleverne svarer, at det IKKE er relevant at arbejde med computerkode i undervisning, og 25% har ikke lyst til at lære mere om computermodeller. Hele 40% af eleverne tager ikke stilling til spørgsmålet og svarer 'hverken enig eller uenig'.
- Kun 12% af eleverne forventer, at de kommer til at bruge programmering i deres fremtidige arbejde.

Eleverne blev også bedt om at vurdere deres fag-faglige udbytte. Næsten halvdelen af dem tager ikke stilling til, om de har lært mere om faget ved at arbejde med computermodellen (ved at svare 'hverken enig eller uenig'). Ca. 25% af eleverne mener, at de har lært mere om faget ved at arbejde med modellen. I betragtning af at eleverne ikke har prøvet at arbejde på denne måde før, og skal tage stilling umiddelbart efter et gennemført forløb, er validiteten af disse tal vanskelig at vurdere.

Kursisternes udbytte

Kursisterne blev i en spørgeskemaundersøgelse bedt om at evaluere deres udbytte af kurset. Generelt vurderer de kvaliteten af kurset højt.

- Ca. 80% svarer, at kurset i nogen grad/høj grad havde stort nok fokus på CT, og samme procentdel svarer, at de er blevet klogere på, hvordan de kan inddrage CT i deres undervisning.
- 88% finder indholdet i kurset relevant.
- 70-85% vurderer, at feedback i kurset og coaching-ordningen var en god hjælp.
- Kun 50% svarer, at CMC-tilgangen (se s. 18) var en hjælp i deres tænkning og planlægning, men igen er det ikke overraskende i lyset af, at hvor meget kurssets tilgang adskiller sig fra konventionel it-undervisning.

Svarene – og kursisternes kommentarer til spørgsmålene (se afsnit 5) – viser, at det udviklede kursuskoncept er robust og lever op til forventningerne.

Kursisterne blev også spurgt om deres tidligere erfaring med at undervise i CT eller programmering. Kun 8% svarer, at de har stor erfaring. 30% har en smule erfaring og 65% kursister svarer, at de slet ingen erfaring har på området. At 95% af eleverne og 92% af kursisterne ikke har været substantielt involveret i undervisning, der omfatter forståelse af computerkode og dens rolle, må vække til eftertanke.

Kursusforløbet

I forbindelse med CTiMNAT-2 har alle kursister udviklet en eller flere computermodeller, indlejret modellen i et undervisningsforløb og afprøvet forløbet i én eller flere klasser.

Ovenstående stærkt positive elevsvar giver grund til at formode, at undervisningsforløbene generelt har været vellykkede. Konklusionen er dermed, at kursusforløbet både med hensyn til organisering, indhold, overordnede didaktiske idéer og kursisters udarbejdede materiale har været succesfuldt.

Et nyt evalueringsværktøj

I forbindelse med et ph.d.-projekt på CCTD, og i samarbejde med CTiMNAT-2 og det parallelle kursusforløb for samfundsfag og humanistiske fag, er der udviklet et værktøj til evaluering af læringsaktiviteter i forbindelse med CT-undervisning på gymnasieniveau. 786 elever, som havde deltaget i et undervisningsforløb, blev stillet en række spørgsmål, der belyser deres aktiviteter i forhold til 16 parametre.

Evalueringsværktøjet bygger på internationale forskningsresultater vedrørende elevers læring og kompetencer i forbindelse med brug af computermodeller. Værktøjet ekspanderer disse resultater, så også internationalt er der tale om en nyskabelse.

Elevsvarene fra CTiMNAT-2-forløbene er sammenlignet med en tilsvarende undersøgelse af elevaktiviteter i forbindelse med det parallelle forløb for lærere fra samfundsfag og humanistiske fag. Dette sidste projekt var noget mindre. Kursisterne udviklede 11 undervisningsforløb, og 111 elever fra projektet blev stillet spørgsmål om deres oplevelser.

Evalueringsværktøjet viser nogle markante forskelle i den måde, hvorpå eleverne oplevede CT-aktiviteterne i de to kursusforløb. Kursisterne i CTiMNAT-2 har lagt vægt på, at eleverne arbejdede med design-tilgangen og har prioriteret elevernes færdigheder i at designe, ændre og tilpasse computationelle modeller gennem arbejde med koden. Kursisterne i det parallelle forløb har lagt vægt på elevernes brug af - og vurdering af egenskaberne ved - den aktuelle model, men i langt mindre grad ladet eleverne arbejde med koden. Man må formode, at denne forskel skyldes, at kursisterne i CTiMNAT-kurset selv konstruerede deres model og selv skrev modelkoden, mens kursisterne i det parallelle forløb nok selv konstruerede modellen, men kodningen blev udført af en studenterprogrammør.

Formidling

I afsnit 6 opsummeres, hvad der i forbindelse med projekterne – eller i tæt tilknytning dertil – er tilvejebragt af nyt materiale om CT-undervisning i gymnasiet.

Justering af det tredje kursusforløb

På grundlag af erfaringerne med dette andet kursusforløb er der foreslået (og implementeret) en række mindre forbedringer af det tredje kursusforløb, der afvikles i perioden august 2021-maj 2022. De mest markante ændringer er, at der i år tre vil blive lagt større vægt på at introducere den del af kursisterne, som ikke har forudgående programmerings erfaringer, til koden i NetLogo, samt at understrege at den anvendte didaktik forudsætter, at eleverne introduceres til modeller, hvor koden er simpel og overskuelig.

Desuden tilbydes kurset til lærere i samfundsfag. Dog skal der fra samfundsfagslærerens skole også tilmeldes en lærer fra matematik eller et naturvidenskabeligt fag. (Se i øvrigt afsnit 7).



CCTD Library

Forside Fag & forløb Tilføj forløb Inspiration Events & netværk Om biblioteket

Matematisk modellering – kaninformering

.....

eksponentialfunktion, eksponentielle funktioner, eksponentielle modeller, lineær funktion, lineær vækst, lineærmønstre, potensmodeller, potensvækst, regression

NetLogo 2.g, 3.g A-niveau, B-niveau Matematik

Introduktion

Dette forløb er lavet til i.g. matematik med henblik på at træne modelleringstankegangen samt skabe egne datasæt til regressionsanalyse. Forløbet er bygget op af to modeller: Kaninmodel 1: Kaniner bevæger sig tilfældigt og uafhængigt rundt og reproducerer sig med en bestemt (variabel) sandsynlighed. Kaninmodel 2: Kaninerne skal have en bestemt alder før de kan reproducere sig, og reproduktionen kræver et fysisk møde med en anden kanin. Eleverne starter med model 1, der er så åbenlys naiv at eleverne nemt kommer med forbedringsforslag. Eleverne kan forklare hvorfor data bør passe med en eksponentiel model. Eleverne laver kun simple ændringer og tilføjelser i koden. Fokus ligger på at eksportere data til Maple og lave regressionsanalyse. Model 1 giver pæne data hvor parametrene kan forklares mens model 2 ikke passer på modeller eleverne er bekendte med.

Aktivitetens længde

2 lektioner af 90 minutter.

Information om forløbet

Forfatter

Astrid Frølich Staunum
Risskov Gymnasium

Lise Møllergaard Amby
Risskov Gymnasium

Materialer

Download materiale

Figur 1: 17 af de undervisningsforløb, som er udviklet og beskrevet i forbindelse med projektet, er tilgængelige på CCTD-Library. Biblioteket hostes af Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet. Det viste eksempel er udviklet i nærværende projekt i forbindelse med matematik. Biblioteket indeholder et stort antal undervisningsforløb i Computational Thinking i gymnasiefag og Informatik. Alle kan downloade og bruge forløbene. Man kan også uploade nye forløb. Se: <https://library.ct-denmark.org/>.

1. Baggrund for projektet

Projektperioden for *Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab* (CTiMNAT) er fra 29. august 2018 til 30. november 2022.¹ I projektet gentages et et-årigt kursusforløb tre gange. Nye forløb forbedres og udbygges på grundlag af en løbende opsamling af resultater og erfaringer.

Det første kursusforløb (omtalt som CTiMNAT-1) blev gennemført i perioden september 2018 – maj 2019.

Denne rapport omhandler det andet kursusforløb (CTiMNAT-2), der fandt sted i perioden august 2019 – januar 2021. Forløbet var planlagt til afslutning i foråret 2020, men på grund af Covid-19-restriktioner blev afslutningen forsinket og forløbet sluttede først næsten et år senere.

Pilotprojekt

Forud for starten af CTiMNAT blev der i 2017 gennemført et pilotprojekt *CT I GYMNASIEFAG*, der blev afviklet med deltagelse af ni midtjyske gymnasier samt Center for Computational Thinking & Design ved Aarhus Universitet.

I projektet blev for første gang afprøvet den tilgang til undervisning af CT-i-fag, der her omtales som CMC-tilgangen. Den beskrives kort i afsnit 3. Pilotprojektet leverede proof-of-concept for de grundlæggende didaktiske ideer (CCTD, 2018) og resultaterne er publiceret internationalt (Musaeus & Musaeus, 2019).

Pilotprojektet blev støttet af Region Midtjylland og gennemført i samarbejde med It-vest. Du kan læse en kort beskrivelse af projektet her: <https://cctd.au.dk/projects/computational-thinking-in-high-school-subjects>.

Første kursusforløb i CTiMNAT (CTiMNAT-1)

Det første af de tre et-årige kursusforløb blev gennemført i skoleåret 2018/2019. Der deltog 29 kursister fra 17 gymnasier. Der blev udviklet 29 computermodeller med tilhørende undervisningsforløb i fagene matematik, fysik, kemi og biologi/bioteknologi. Ca. 970 elever deltog i afprøvningen. Vurderet ud fra kursisternes evalueringer samt de producerede computermodeller og elevaktiviteter var kurset succesfuldt, idet alle kursister var i stand til at producere og afprøve computermodeller med tilhørende elevaktiviteter. I det efterfølgende skoleår anvendte mere end halvdelen af kursisterne computational thinking i deres undervisning. Der er udgivet en evalueringsrapport (Buch, Etches, Nielsen, Musaeus, & Hjorth, 2019). De udviklede undervisningsforløb er tilgængelige på: <https://library.ct-denmark.org>.

Fra dette første kursusforløb blev der blandt kursisterne rekrutteret seks coaches, som fungerede som hjælpelærere i andet kursusforløb.

Modellering og Computational Thinking i Gymnasiefag (MCTiG)

¹ Projektperioden er forlænget pga. Covid-19 restriktioner, jf. skrivelse fra Steen Hoffmann, DASG, til Niels Matti Søndergaard, VILLUMFONDEN, dateret 15. april 2020.

Dette projekt bygger også på ideerne fra pilotprojektet og udnyttede de erfaringer, der blev høstet gennem det første år i CTiMNAT. Projektet blev støttet af Region Midtjylland og blev gennemført fra december 2018 til januar 2021. Du kan læse om projektet her:

<https://cctd.au.dk/projects/mctig-computational-thinking-in-humanities-arts-and-social-sciences>.

Der deltog 22 lærere fra 11 gymnasier. Der blev udviklet 11 modelbaserede undervisningsforløb i samfundsfag, dansk, historie, mediefag, international økonomi og musik. Mere end 400 elever deltog i afprøvning af de udviklede modeller med tilhørende undervisningsforløb. (På grund af skolelukningerne i foråret 2020 blev projektet forlænget til januar 2021). De udviklede undervisningsforløb er tilgængelige på: <https://library.ct-denmark.org>.

MCTiG-projektet blev gennemført i samarbejde med CTiMMNAT-2. Ligheder og forskelle mellem MCTiG-projektet og CTiMNAT-2 er nærmere beskrevet i afsnit 4.5 og 4.6.

En rapport med evaluering af MCTiG-projektet er under udgivelse.

2. CTiMNAT-2: Design – afholdte aktiviteter – læringsmål

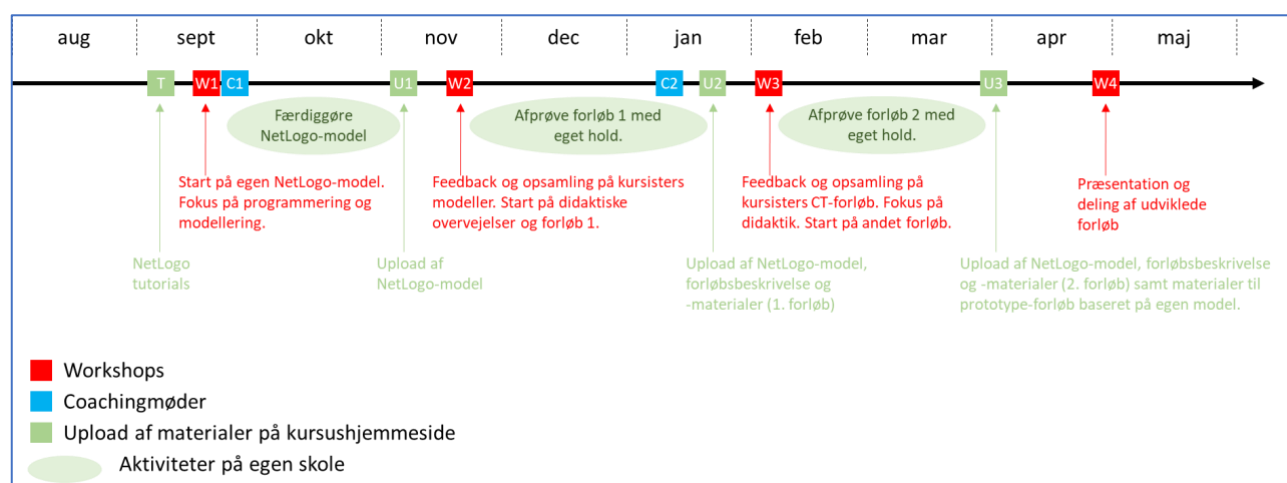
Der var tilmeldt 40 gymnasielærere som deltagere i kursusforløbet. Fem meldte fra inden den første workshop. Undervejs måtte yderligere tre melde fra, så forløbet i alt blev gennemført af 32 kursister.

Kursusforløbet var organiseret i to spor (et øst-spor og et vest-spor), hver med tre coaches tilknyttet.

Workshop 1 og Workshop 4 blev afholdt samlet for de to spor. Grundet COVID 19-situationen blev Workshop 4 rykket til 2021 og delt op i to arrangementer. De fire workshops blev afholdt af kursuslederen og inviterede eksperter.

Coachingmøderne blev afholdt af coachene i mindre hold med ca. 10 kursister til hvert coachingmøde. Coachingmøderne varer 1,5 timer. Her kunne kursisterne få hjælp og vejledning fra coaches og sparre med hinanden.

Kommunikationen mellem kursusledelsen og kursisterne, herunder løbende information til kursisterne og kursisters aflevering (upload) af undervisningsforløb og andet materiale, foregik primært på en kursushjemmeside oprettet til formålet på en moodle-server.



Figur 1: Kursets opbygning. Der blev desuden afholdt et heldagsseminar (Seminar 1) for coachene i august. Grundet COVID 19-situationen blev Workshop 4 delt i to arrangementer, hvoraf det sidste blev afholdt i 2021.

2.1: Om coach-rollen

De tilknyttede coaches havde en central rolle i forløbet. Alle coaches havde deltaget i det foregående forløb (CTiMNAT-1). Forventningen var, at som tidligere kursister havde coach'ene god føling med, hvordan det opleves at skulle indarbejde Computational Thinking og NetLogo i sin undervisning, så de kunne bygge bro mellem overordnede teorier og principper og den konkrete undervisningspraksis. Det var ikke forventningen, at en coach kunne besvare alle NetLogo- og didaktikrelaterede spørgsmål, men derimod give sparring på et niveau, som ikke føles intimiderende for kursisterne.

Coach-holdet havde følgende opgaver:

- Sparring med kursisterne omkring modeller i faget
- Hjælpe kursisterne med det programmeringsmæssige
- Give feedback på kursisternes NetLogo-modeller og undervisningsmaterialer
- Samle op på kursisternes CT-aktiviteter på workshops
- vejlede og sparre med kursisterne i udarbejdelsen af CT-aktiviteter og materialer
- Deltage i workshops og coachingmøder
- Afholde coachingmøder for kursisterne (sammen med de andre med-coaches).

Der var ikke kun kontakt mellem kursisterne og projektlederen/coaches ved coachmøder og workshops. På kursushjemmesiden var en chat som kursisterne brugte til at stille spørgsmål og få hjælp til de udfordringer, de sad med undervejs i kursusforløbet. Denne chat blev også brugt til beskeder og gode råd fra coaches og kursusleder. Endeligt kunne kursisterne til enhver tid kontakte en coach eller projektlederen via e-mail eller telefon (projektleder).

2.2: Oversigt over afholdte aktiviteter:

SEMINAR 1 (KUN FOR COACHES)
Mandag d. 26/8 2019 kl. 9.00 - 15.00 ved CCTD, Aarhus Universitet Alle Coaches
Målet med aktiviteten er: 1) At klæde coachene på, så de er klar til at hjælpe kursisterne igennem årets kursus, herunder: a. Fælles identitet b. Praktisk om kursets opbygning c. Programmeringsteknisk (NetLogo) d. Didaktisk (gensyn med de vigtigste principper og tilgange) e. Fokuspunkter for når der gives feedback på kursisternes NetLogo-modeller og CT-aktiviteter Seminar 1 har en del forskellige formål. Først og fremmest skal coaches stives af, så de føler at de har en fælles coach-identitet, som de kan trække på, når de står over for årets kursister. De skal også gerne have en fornemmelse af hvem de andre coaches er, og at de kan trække på hinanden på tværs af teams, hvis det bliver nødvendigt. Der er desuden en masse praktiske spørgsmål, som skal besvares, og de skal have et overblik over kursets opbygning og deres arbejdsopgaver. Arthur Hjorth afholder en "masterclass" i NetLogo for coachene, så de bedre er i stand til at hjælpe kursisterne med at lære NetLogo fra bunden af. Der tages udgangspunkt i coachenes egen kode, og der vil være fokus på de vanskeligheder de er stødt på samt på brugbar kode i en undervisningssammenhæng. Coachene har på forhånd sendt deres kode til Arthur. Coaches skal også have en hurtig genopfriskning af CMC-modellen og CT-didaktiske overvejelser, så de allerede fra start af har blik for at kursisternes modeller skal kunne anvendes i en undervisningssammenhæng. Derudover skal coaches klædes på til at give feedback på lektier og samle op på kursisternes modeller og aktiviteter Workshop 2 og Workshop 3. Det gøres blandt andet ved at coachene

arbejder med at opstille fælles strategier/fokuspunkter for vejledningen i og retningen af kursisternes lektier.

Endelig skal coaches have mulighed for at komme med konstruktive ændringsforslag baseret på deres egne erfaringer fra År 1.

Indhold:

- Praktisk information om kurset og dets opbygning
- Masterclass i NetLogo
- CT-didaktik, herunder CMC-tilgangen (Line)
- Læringsmål for kursister og elever (Jonas)
- Workshop: Vejledning og feedback af kursister (Jonas).
- Planlægning i coachinggrupperne (øst og vest)

FORBEREDELSE TIL WORKSHOP 1

Målet med aktiviteten er:

- 1) At sørge for at kursisterne får installeret NetLogo inden Workshop 1
- 2) At kursisterne får set eksempler på modeller, som man kan arbejde med i klassen.
- 3) At kursisterne får stiftet bekendtskab med NetLogo og får prøvet at skrive noget NetLogo-kode.

Indhold:

Tutorial #1 og #2 samt en del af #3 fra <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>.

WORKSHOP 1 (FÆLLES FOR BEGGE SPOR)

Mandag d. 16/9 2019 kl. 9.30 – 16.00, Rødkilde Gymnasium i Vejle

Målet med aktiviteten er:

- 1) At introducere kursisterne til computational thinking (CT) og hvordan der kan arbejdes med CT i den faglige undervisning (herunder CMC-tilgangen og agentbaseret modellering)
- 2) At kursisterne får sporet sig ind på fag og et faglig fænomen, som de vil arbejde videre med.
- 3) At få kursisterne godt i gang med at kode deres model i NetLogo, så de er klædt på til at fortsætte derhjemme.

Indhold:

- DASG byder velkommen (Eigil Dixen)
- Oplæg med Arthur Hjort om modeller og agentbaseret modellering
- Praktisk information om kurset og dets opbygning samt introduktion til CMC-tilgangen
- Afprøvning af elevaktiviteter udviklet sidste år til matematik, fysik, biologi eller kemi (kursisterne leger elever)
- Oplæg med Michael Caspersen: *Computational Thinking – Hvorfor, hvad og hvordan?*
- I gang med at tænke over egen model – først på papir uden NetLogo, dernæst i gang med at lave modellen i NetLogo.

COACHINGMØDE 1

Vest-spor: Tirsdag d. 24/9 2019 kl. 9.00 – 10.30 ved Randers Statsskole (12 kursister) og igen kl. 13.00 – 14.30 ved Rødkilde Gymnasium (10 kursister)

Øst-spor: Torsdag d. 26/9 2019 kl. 9.00 – 10.30 ved Nærum Gymnasium (7 kursister) og igen kl. 12.30 – 14.00 ved Nærum Gymnasium (9 kursister)

Målet med aktiviteten er:

- 1) At hjælpe kursisterne med de indledende problemer de får, når de skal programmere en NetLogo-model. Det vil overvejende være med programmeringsteknisk hjælp, men også i nogen udstrækning med didaktiske overvejelser for at modellerne bliver brugbare til at træne CT i de relevante fag.

Indhold:

- Hjælp til de enkelte kursister med det de tumler med lige nu. Hjælp til at bevare overblik og ikke blive fortabt i små detaljer.

Placeringen kort tid efter Workshop 1 er vigtig for at sikre det største udbytte.

UPLOAD 1 (ALLE KURSISTER)

Deadline: Mandag d. 4/11 2019 (uploades på kursushjemmesiden)

Målet med aktiviteten er:

- 1) Formålet med denne lektie (upload) er at "tvinge" kursisterne til at få færdiggjort deres første NetLogo-model. Det gør, at de får lært NetLogo, så vi kan fokusere på didaktikken i Workshop 2. Desuden sikrer det, at alle kursister får feedback på deres model.
- 2) At give coachene mulighed for at se modellerne igennem og give personlig, skriftlig feedback inden Workshop 2 samt at forberede opsamlende præsentation til Workshop 2.

Kursisterne uploader to dokumenter:

- 1) Deres færdige NetLogo-model (filtype .nlogo).
- 2) Det udfyldte skema "Kort beskrivelse af modellen og tankerne bag.docx"

Det er work-in-progress. Modellen skal helst være så færdig, at den vil kunne anvendes i undervisningssammenhæng (så bliver feedbacken fra coachene bedst, og kursisten er bedre rustet til at komme i gang med 1. afprøvning efter workshop 2).

WORKSHOP 2

Vest-hold: Tirsdag d. 19/11 2019 kl. 9.30 – 16.00 ved Århus Statsgymnasium.

Øst-hold: Onsdag d. 20/11 2019 kl. 9.30 – 16.00 ved Gefion Gymnasium.

Målet med aktiviteten er:

- 1) At give kursisterne et dybere indblik i hvilke hensyn, der skal tages, når de udformer undervisningsaktiviteter med henblik på at træne CT. Der vil være fokus på CMC-tilgangen og Use-Modify-Create.
- 2) At klæde kursisterne på til at afprøve et forløb inden næste workshop.

Indhold:

- Opsamling og feedback på kursisters NetLogo-modeller (coachene)
- Opbygning af elevaktiviteter og CT-didaktiske overvejelser (Line)
- Eksempler på hvordan eleverne kan arbejde med koden (Jonas)
- Kursisterne arbejder med deres model og starter på elevaktiviteter.
- Ideudveksling og sparring mellem kursister.
- Praktisk info om elevevaluering.

COACHINGMØDE 2

Øst-spor: Tirsdag. d. 7/1 2020 kl. 11.00 – 12.30 ved Nærum Gymnasium (6 kursister) og igen kl. 13.00 – 14.30 ved Nærum Gymnasium (7 kursister)

Vest-spor: Torsdag d. 9/1 2020 kl. 9.00 – 10.30 ved Randers Statsskole (12 kursister) og igen kl. 13.00 – 14.30 ved Rødkilde Gymnasium (10 kursister)

Målet med aktiviteten er:

- 1) At give kursisterne mulighed for at sparre med hinanden og coachene omkring udvikling af gode CT elevaktiviteter.
- 2) At hjælpe kursisterne med de specifikke udfordringer de sidder med lige nu mht. at blive klar til at afprøve et forløb på deres hold.

Indhold:

- Hjælp til de enkelte kursister med det de tumler med lige nu. Hjælp til at bevare overblik og ikke blive fortabt i små detaljer.

AFPRØVNING 1 OG UPLOAD 2 (ALLE KURSISTER)

Første afprøvning af CT-aktivitet finder sted i perioden efter Workshop 2 og før Upload 2. Deadline for Upload 2 er mandag d. 20/1 2020 (uploades på kursushjemmesiden).

Målet med aktiviteten er:

- 1) At kursisterne får afprøvet en CT-aktivitet på deres eget hold. På dette tidspunkt er det vigtigere at få afmystificeret det at tage CT og NetLogo ind i sin undervisning end at forløbet bliver super godt.

Indhold:

Kursisterne kan selv vælge, om deres første afprøvning af en CT-aktivitet skal være med den aktivitet, som de selv har udviklet (modellen fra Upload 1), eller om det er en tilretning af en allerede eksisterende aktivitet fra biblioteket. Det er to grunde til at gøre det sådan. Først og fremmest bliver det lettere for kursister at lave en model, som de kan afprøve på et eget hold, da anden afprøvning ligger langt efter grundforløbet er ovre. Dernæst tilgodeser det de kursister, som har svært ved tanken om at skulle afprøve deres eget forløb uden først at have "prøvet CT og NetLogo af" i deres undervisning.

Kursisterne uploader relevante filer fra deres første afprøvning til kursushjemmesiden:

- NetLogo-modellen (filtype .nlogo).
- Andre anvendte filer (arbejdsark, noter, læselektier i lærebøger, eksterne links, lærervideoguides, osv.)
- En beskrivelse af CT-aktiviteten (dokumentet "Upload 2 - Dit første afprøvede forløb.docx")

Kursisternes elever udfylder det fælles elevspørgeskema efter afprøvningen.

Coachene skriver personlig feedback til hver kursists model og aktivitetsbeskrivelse (konstruktiv og formativ). Hvert coach-team forbereder en opsamlende præsentation til Workshop 3.

WORKSHOP 3

Vest-hold: Tirsdag d. 4/2 2020 kl. 9.30 – 16.00 ved Århus Statsgymnasium.

Øst-hold: Torsdag d. 6/2 2020 kl. 9.30 – 16.00 ved Nærum Gymnasium.

Målet med aktiviteten er:

- 1) At udveksle oplevelser og erfaringer fra den første afprøvning
- 2) At opkvalificere kursisterne CT-didaktisk nu hvor de har en praktisk erfaring at hænge koncepterne op på.

3) At starte på den CT-aktivitet som skal bruges under Afprøvning 2

Indhold:

- Opsamling og feedback på kursisternes CT-aktiviteter (coachene)
- Udveksling af erfaringer fra afprøvning af CT-aktivitet (Jonas + kursister)
- Elevaktiviteter og CT-didaktik (Jonas): Repetition af didaktiske principper (CMC-tilgangen, Use-Modify-Create, gaffatape-modeller, mv.)
- God kode: Didaktiske overvejelser om forskellige kodekonstruktioner og justering af kursisternes egne NetLogo-modeller (Jonas)

Kursisterne starter på at udforme deres næste CT-aktivitet. De kursister som allerede har afprøvet deres egen model kan frit vælge mellem at tage udgangspunkt i allerede eksisterende modeller (fra dette eller sidste års kursus) eller at lave en ny selv.

AFPRØVNING 2 OG UPLOAD 3 (ALLE KURSISTER)

Anden afprøvning af CT-aktivitet finder sted i perioden efter Workshop 3 og før Upload 3. Deadline for Upload 3 er tirsdag d. 14/4 2020 (uploades på kursushjemmesiden). Deadline blev rykket grundet COVID 19.

Målet med aktiviteten er:

- 1) At kursisterne får afprøvet endnu en CT-aktivitet på eget hold. På dette tidspunkt har de forhåbentligt et større overskud til at tænke de didaktiske principper ind i aktiviteten.

Indhold:

De kursister, der endnu ikke af afprøvet deres egen model, gør dette. De kursister, der allerede har afprøvet deres egen model, kan vælge frit mellem at tage udgangspunkt i allerede eksisterende modeller (fra dette eller sidste års kursus) eller at lave en ny selv.

Kursisterne uploader relevante filer fra deres anden afprøvning til kursushjemmesiden:

- NetLogo-modellen (filtype .nlogo).
- Andre anvendte filer (arbejdsark, noter, læselektier i lærebøger, eksterne links, lærervideoguides, osv.)
- Afhængig af om kursisten afprøver en aktivitet, som kursisten selv har udviklet, eller afprøver en anden aktivitet udviklet af en anden kursist, uploades enten en beskrivelse af CT-aktiviteten (dokumentet "Upload 3a - Afprøvning af eget forløb") eller feedback til den kursist, der har udviklet aktiviteten (dokumentet "Upload 3b - Afprøvning af materiale fra anden kursisdeltager").

Kursisternes elever udfylder det fælles elevspørgeskema efter afprøvningen.

Der gives ikke feedback fra coachene på disse forløb.

UPLOAD 4 (ALLE KURSISTER)

Deadline for Upload 4 er mandag d. 20/4 2020 (uploades på kursushjemmesiden). Deadline blev rykket grundet COVID 19.

Målet med aktiviteten er:

- 1) At kursisterne får tjekket, at beskrivelsen af deres CT-aktivitet og de tilhørende materialer (NetLogo-model, arbejdsark, mv.) er gode nok til, at de kan komme på CCTD Library.
- 2) At kursisterne får lavet en poster om deres CT-aktivitet, som de kan bruge til postersessionen på Workshop 4.

Indhold:

For den CT-aktivitet, som kursisten selv har udviklet / forbedret uploades:

- Din færdige poster (se skabelon og tjekliste)
- Udfyldt "Beskrivelse af CT-aktiviteten.docx"
- En mere detaljeret beskrivelse beregnet på en lærer, som skal undervise ud fra beskrivelsen. Der er ikke en template, da I har forskellige præferencer, men dokumentet skal hedde "Til læreren.docx"
- NetLogo-modeller i den version, som elever skal have udleveret. Husk at udfylde Info-fanebladet.
- NetLogo-modeller i en eller flere versioner, som de kunne se ud, når eleverne er færdige med aktiviteten.
- Arbejdsspørgsmål/arbejdsark til elever
- Andet som er nødvendigt for at køre aktiviteten

Eventuelt et eksempel på et elevprodukt (video, poster, formidlingsartikel, osv.) hvis produktet er en vigtig del af aktiviteten

WORKSHOP 4 (ALLE KURSISTER SAMT KURSISTER FRA MCTIG-PROJEKTET)

Tirsdag d. 3/11 2020 kl. 9.00 – 12.00 (virtuelt)*

* Skulle have været afholdt torsdag d. 30/4 2020 på Egaa Gymnasium, men det blev aflyst grundet COVID-19. Blev i stedet delt i to arrangementer: Workshop 4 for kursister (virtuelt) og en konference, der blev afholdt 27/1 2021 kl. 13.00-16.00 (virtuelt)

Målet med aktiviteten er:

- 1) At runde kurset af og få sagt ordentligt farvel til hinanden.
- 2) Præsentere de udviklede forløb for hinanden i en postersession
- 3) At se to eksemplariske CT-forløb fra hhv. CTiMNAT (fysik) og MCTiG (samfundsfag)
- 4) Udfylde kursusevaluering og post-survey.

Indhold:

- Præsentation af de to projekter CTiMNAT og MCTiG
- Præsentation af to eksemplariske forløb – ét fra hver af de to projekter
- Postersession (3 runder af 20 min)
- Udfyldning af spørgeskemaer og på gensyn

KONFERENCE: COMPUTATIONAL THINKING I GYMNASIET

Åben for alle. Onsdag d. 27/1 2021 kl. 13.00-16.00

Konferencen var fælles for de to projekter og markerede afslutningen på hhv. CTiMNAT-2 og MCTiG. Konferencen var åben for alle interesserede. Der var mere end 100 deltagere. Temaet var, hvorfor og hvordan man uddanner og efteruddanner lærere til at undervise i Computational Thinking i gymnasiet, og hvilken rolle resultaterne fra de to søsterprojekter kan spille i den forbindelse.

Konferencen blev afviklet på Zoom og optaget på video. Videoen er tilgængelig her: [Link til konferencevideo.](#)

Program for konferencen:

13.00-13.05	Velkomst: <i>Martin Ingemann</i> , rektor, Egaa Gymnasium
13.05-13.20	<i>Hanne Roed</i> : Rammer og visioner i Region Midtjylland
13.20-13.35	<i>Eigil Dixen</i> : Hvorfor er Computational Thinking vigtig for udvikling af gymnasiet?

13.35-13.45	<i>Marianne Graves Petersen og Ida Christine Vestergaard Andersen: Informatikundervisning. Ny masteruddannelse fra Aarhus Universitet</i>
13.45-14.00	<i>Marie-Louise Wagner: Digital myndiggørelse i den danske grundskole</i>
14.00-14.10	<i>Pause</i>
14.10-14.15	Video (3 min): Computational Thinking i STEM-fagene i gymnasiet
14.15-14.30	<i>Line Have Musaeus: Computational Thinking i gymnasiet</i>
14.30-14.50	<i>Jonas Ørbæk Hansen og Morten Damsgaard-Madsen: Om de to efteruddannelsesforløb</i>
14.50-15.05	<i>Pause</i>
15.05-15.25	<i>Jonas Ørbæk Hansen: Præsentation af CCTD-Library og udvalgte undervisningsforløb</i>
15.25-16.10	Fremtid for CT i gymnasiet – paneldebat: <i>Michael E. Caspersen (ordstyrer), Hanne Roed, Kathrine Madsen, Lars Bluhme, Linda Bettina Petersen, Eigil Dixen.</i>
16.10-16.15	Afslutning: <i>Martin Ingemann</i>

Oplægsholdere og paneldeltagere:

Hanne Roed er 1. næstformand for Regionsrådet, Region Midtjylland, og medlem af Udvalget for Regional Udvikling.

Eigil Dixen sidder styregruppen for Danske Science Gymnasier (DASG). Har her ansvaret for Computational Thinking i Matematik og Naturfag. Har virket i gymnasiet i 40 år, heraf 13 år som Egaa Gymnasiums første rektor.

Marianne Graves Petersen er lektor ved Institut for Datalogi, Aarhus Universitet.

Ida Christine Vestergaard Andersen er faglig koordinator for Master i Informatik Undervisning.

Marie-Louise Wagner er centerkoordinator i Center for Computational Thinking & Design på AU. Projektleder for for forsøg med valgfag i teknologiforståelse (2017 - 2020), kompetenceopbygning for folkeskole- og gymnasielærere inden for digital myndiggørelse samt udvikling og koordinering af fellowship for folkeskolelærere, der arbejder med teknologiforståelsesfagligheden.

Jonas Ørbæk Hansen er projektleder på *Computational Thinking i Matematik og Naturfag*. Underviser i fysik og kemi på Silkeborg Gymnasium.

Morten Damsgaard-Madsen er projektleder på *Modellering og Computational Thinking i Gymnasiet*. Underviser i informatik, erhvervsøkonomi og samfundsfag på Egaa Gymnasium.

Line Have Musaeus er Ph.D.-studerende ved CCTD og en af Danmarks førende CT-didaktikere. Tidligere underviser i biologi på Silkeborg Gymnasium.

Kathrine Madsen er fagkonsulent i Børne- og Undervisningsministeriet for fagene informatik og informationsteknologi. Underviser i informatik og matematik på Borupgaard Gymnasium.

Lars Bluhme er rektor på Odder Gymnasium. Er medlem af Danske Gymnasiers it-arbejdsgruppe som i foråret offentliggjorde en ny strategi på området.

Linda Bettina Petersen er formand for Foreningen af Lærere i Samfundsfag (FALS). Underviser i samfundsfag og historie på Rosborg Gymnasium og HF.

Michael E. Caspersen er direktør for it-vest og adjungeret professor i computational thinking ved Institut for Datalogi, AU. Har haft centrale roller i udformningen af fagene Informatik (gymnasiet) og Teknologiforståelse (grundskolen).

Konferencens indhold omtales nærmere i Bilag 1.

2.3: Styregruppemøder med deltagelse af repræsentanter for DASG og CCTD

I forbindelse med kursusforløbet er der afholdt ni møder i styregruppen. Deltagerne har været:

Fra DASG: Eigil Dixen, Steen Hoffmann og Kai Thor Hansen

Fra CCTD: Daniel Graungaard (indtil maj 2020), Marianne Graves Petersen, Jonas Ørbæk Hansen, Line Have Musæus og Keld Nielsen.

2.4: Start på webbaseret netværk for CT-interesserede undervisere

Umiddelbart i forlængelse af konferencen blev der afholdt et virtuelt møde med det formål at samle en første brugergruppe for et webbaseret netværk for CT-interesserede lærere i gymnasiet.

I forbindelse med de websider, hvor kursisternes færdige undervisningsforløb er tilgængelige (CCTD Library), stiller CCTD en facebook-lignende side til rådighed for netværket. På siden vil det være muligt at uploade, præsentere og diskutere idéer til CT-undervisning, invitere til samarbejde, annoncere nyheder og begivenheder osv. Denne Facebook-side sammenkøres med en tilsvarende aktivitet for informatiklærere i gymnasiet for at opnå en synergi-effekt af at alle interesserede gymnasielærere informeres om CT og Informatik på samme platform.

Ca. 30 lærere deltog i mødet. Fem af dem meldte sig til en gruppe, der har til opgave at udforme siden og igangsætte brugen af den. Gruppen ledes af Jonas. Ø. Hansen, projektleder på CTIMNAT projektet. Siden har nationalt sigte. På sigt vil alle gymnasielærere og andre med interesse for CT-undervisning i gymnasiet blive inviteret til at bruge siden.

Om netværket:

Netværket samler en tværfaglig gruppe for undervisere på de gymnasiale uddannelser (stx, hf, htx, htx, eux og vuc), der ønsker at inddrage computational thinking (CT) i deres undervisning. Alle fag er velkomne.

Gruppen kan bruges til:

- At dele modeller, CT-forløb og andre relevante materialer
- At lede efter inspiration eller efterlyse samarbejde (evt. på tværs af fag og/eller skoler)
- At følge med i de aktiviteter, forløb og materialer som andre udvikler
- At efterspørge hjælp (fx til programmeringstekniske/didaktiske overvejelser)
- At diskutere CT-undervisning og udveksle erfaringer og oplevelser
- At inspirere til brug af CT i undervisningen.

Vores tilgang til CT i gymnasieundervisningen tager udgangspunkt i CMC-tilgangen, der integrerer faglig viden med modellering og programmering. Eleverne lærer faget, mens de arbejder med CT, og de lærer CT, mens de arbejder med faget. Denne sides fokus er altså på, hvordan CT kan inddrages i eksisterende fag i gymnasiet, så det styrker den faglige læring (CT-i-fag) og ikke på CT som selvstændigt fag (informatik, CT-som-fag).

Du kan læse mere om CMC-tilgangen i publikationen "Computational thinking i gymnasiefag – En modelbaseret didaktik" ([https://pure.au.dk/portal/da/publications/computational-thinking-i-gymnasiefag\(f7cf383e-18f9-439e-84a6-8fd264691678\).html](https://pure.au.dk/portal/da/publications/computational-thinking-i-gymnasiefag(f7cf383e-18f9-439e-84a6-8fd264691678).html)) og LMFK temanummeret om "Computational thinking i gymnasiefag" (<https://library.ct-denmark.org/lmfk/>).

MATERIALER OG MODELLER:

Det opfordres til at man lægger forløb og materialer på CCTD library, hvor det er lettere at browse efter fag og emne: <https://library.ct-denmark.org/tilfoej-forloeb-til-biblioteket/>
BAGGRUND:

I årene 2017-2022 har Center for Computational Thinking og Design i samarbejde med hhv. Region Midtjylland og Danske Science Gymnasier haft flere projekter kørende om CT i gymnasiefag. Det sidste af disse planlagte projekter afholdes i skoleåret 2021-22. I alt har over 100 gymnasielærere været igennem projekterne. Flere af disse har efterspurgt et sted at fortsætte dialogen, samarbejdet og udviklingen/delingen af materialer. Derfor denne side, som vi håber kan bruges som platform til at holde samarbejdet ved lige, sprede de gode vinde og dele materialer og ideer. Projekterne tog udgangspunkt i programmeringsmiljøet NetLogo, og derfor vil meget materiale nok også være lavet til NetLogo, men aktiviteter med andre platforme er også velkomne.

3. CT-didaktik, NetLogo og læringsmål for forløbet

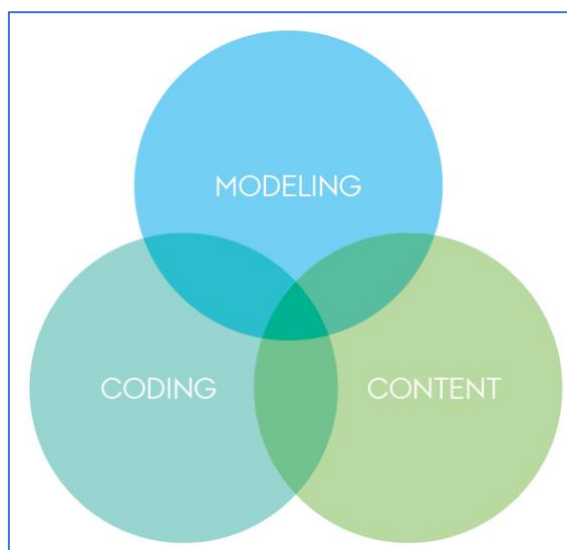
3.1: Om CT-didaktikken

I et samarbejde mellem CTiMNAT-projektet og MCTiG-projekter blev der i perioden december 2019 til august 2020 udarbejdet et didaktikhæfte for CT i gymnasiefag (Musaeus, Hansen, Damsgaard-Madsen, & Nielsen, 2020).

I hæftet formuleres og udbygges grundlaget for den undervisningstilgang, der er udviklet i forbindelse med de to projekter.

Da CTiMNAT-projektet begyndte et år tidligere end MCTiG, bygger didaktikken hovedsageligt på erfaringer fra det første kursusforløb i CTiMNAT, samt fra det allerede omtalte pilotprojekt, der var en forløber for begge projekter.

Didaktikhæftet behandler ikke CT som et selvstændigt fag (Informatik), men som aktiviteter knyttet til en ny it-faglighed, der kan integreres i allerede eksisterende fag.

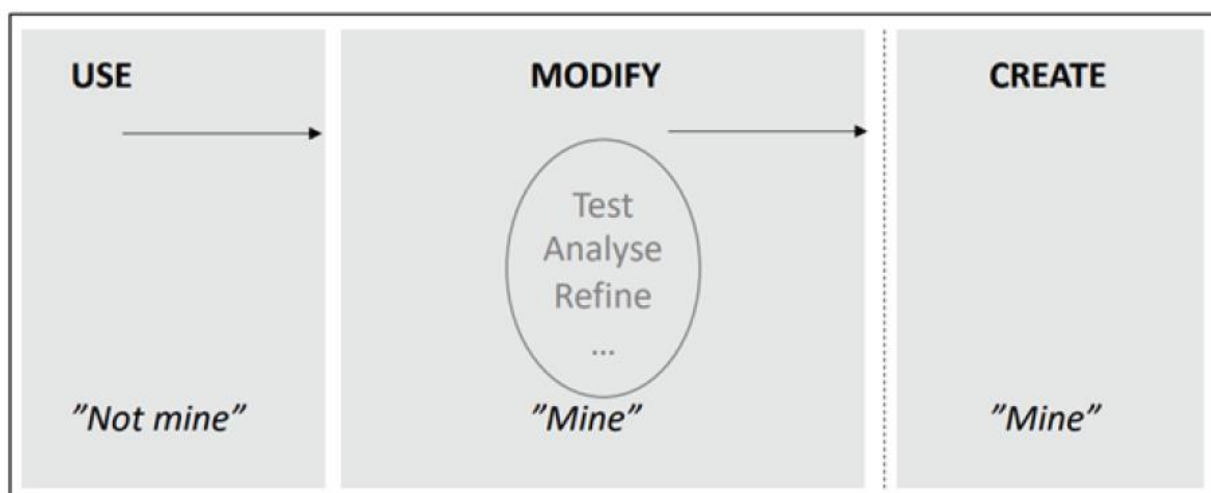


Figur 2: I CMC-tilgangen kombineres fagligt indhold (Content) med kodning (Coding) gennem en computermodel (Modeling).

Eleverne arbejder altså med et fagligt emne, der er valgt af læreren, samtidig med at de arbejder med computermodellen og koden bag modellen.

I didaktikhæftet behandles følgende punkter:

- Begrundelse for at arbejde med CT i gymnasiets fag
- Baggrunden for at arbejde med CT-i-fag i gymnasiet, herunder erfaringer fra projekterne
- En afgrænsning af hvad man kan forstå ved CT i undervisning, herunder en begrundelse for, at arbejde med modeller er centralt både for elevernes udvikling af CT-kompetencer og for integrationen af CT i de eksisterende fag
- CMC-tilgangen, som er den gennemgående didaktiske metode i begge projekter (se figur X)
- Råd og vejledning vedrørende lærerens stilladsering af arbejdet med CT-undervisningsforløb
- En introduktion til det agentbaserede programmeringsmiljø, NetLogo
- Læringsmål for CT-undervisning
- Eksempler på gennemførte undervisningsforløb i en række gymnasiefag.



Figur 3: Et andet vigtigt didaktisk princip (ud over CMC-tilgangen) består i, at læreren i elevernes arbejde skelner mellem elevernes brug af en model, hvor modellen simulerer det faglige fænomen, deres modifikation af modellen gennem at lave mindre ændringer i modelkoden og skabelse af ny modelkode. Princippet omtales som USE-MODIFY-CREATE. Rigtigt anvendt fører princippet bl.a. til at eleverne udvikler en følelse af ejerskab over for den model, de selv har lavet ændringer i.

3.2: Om NetLogo

Kursisternes (og elevernes) arbejde med model og modelkode er baseret på programmeringsmiljøet NetLogo (se <https://ccl.northwestern.edu/netlogo>).

NetLogo er et tekstbaseret programmeringssprog, der er designet, så det er forholdsvis simpelt at bruge for både elever og lærere. Det er muligt at komme i gang med at programmere uden at kunne overskue hele sproget og syntaksen i detaljer.

NetLogo er desuden et såkaldt agentbaseret programmeringssprog. Det betyder, at udgangspunktet for konstruktionen af en computermodel er en eller flere typer af agenter, der optræder i modellen.

Afhængigt af, hvilket fag der arbejdes med, og hvad det er for et fænomen, der skal modelleres, kan agenter f.eks. være atomkerner, ioner, fugle, får, borgere, molekyler, penge, etc.

Det centrale i at programmere en agentbaseret model består i at definere agenterne og udstyre dem med egenskaber og adfærd, der definerer, hvordan de ser ud og opfører sig, samt hvordan de interagerer med hinanden og deres omgivelser.

Egenskaber kan f.eks. være agentens størrelse, udseende, farve og position. Adfærd kan f.eks. være et bevægelsesmønster, hvordan der træffes beslutninger, frastødning eller tiltrækning eller henfald, hvis agenten er en atomkerne. Herved skabes måske to nye typer af agenter.

Agentbaseret modellering (ABM) har den styrke, at programmeringen lægger op til intuitiv identifikation mellem agenterne på den ene side, og den, der skaber eller modificerer agentens udseende eller opførsel, på den anden. Denne egenskab ('Jeg forstår godt, hvorfor agenterne opfører sig, som de gør') er med til at give NetLogo en lav indlæringstærskel med hensyn til at bruge, forstå, ændre og skabe nyt i modellen, og dermed opbygge et tilhørsforhold til den.

Agenterne er håndgribelige og konkrete, og det er ofte lettere for eleverne at forholde sig til og arbejde med end f.eks. objekter og klasser i objektorienteret programmering. Med ABM kan store, komplekse fænomener altså reduceres til et spørgsmål om, hvordan de enkelte agenter agerer i bestemte situationer.

Efter en forholdsvis kort indføring kan eleverne arbejde med koden og lave om i modellerne i NetLogo, selvom de ikke er professionelle programmører.

3.3: Læringsmål for CTiMNAT-2

Læringsmålene for kurset er formuleret med udgangspunkt i CT-didaktikken.

Læringsmål for kursister

Efter aktiv deltagelse i CTiMNAT-2 forventes kursisterne at kunne:

- redegøre for hovedtræk af hvad Computational Thinking er, og hvordan deres egne undervisningsforløb forholder sig dertil (Weintrop2016)
- køre en allerede færdig NetLogo-model af et fagligt fænomen inden for eget fagområde og identificere og forstå de vigtigste dele af koden
- programmere en NetLogo-model af et fagligt fænomen
- planlægge og afholde undervisningsaktiviteter, hvor elever arbejder med en NetLogo-model både som brugere (i *Interface*) og som medskabere (i *Code*)
- indgå i didaktiske diskussioner af konkrete undervisningsforløb med udgangspunkt i CMC-tilgangen (Content-Modeling-Coding) og UMC-tilgangen (Use-Modify-Create)

Læringsmål for elever

Efter aktiv deltagelse i et eller flere CT-forløb forventes eleverne at kunne:

- downloade og installere NetLogo
- benytte en NetLogo-model som bruger (i *Interface*) og derigennem få en faglig indsigt i det modellerede fænomen
- lave simple ændringer i koden (såsom at ændre form og farve på agenter)
- redegøre for hvordan udvalgte dele af koden styrer modellens opførsel
- lave og begrunde fagligt relevante ændringer i koden, som ændrer på modellens opførsel (eksempelvis ved at ændre en talværdi, eller ændre en underoutine)

- reflektere over modellens muligheder og begrænsninger i forhold til det modellerede fænomen.

I det værktøj til evaluering af undervisningsforløb, der er udviklet i forbindelse med CTiMNAT-2 (se afsnit 4.6), er læringsmålene præciseret, uddybet og operationaliseret, men ikke udvidet.

4. Kursusforløbets resultater

4.1: Oversigt over den indsamlede empiri

Vurderingerne af forløbets resultater er baseret på følgende data:

- Kursisternes modeller fra Upload 1
- Kursisternes modeller og undervisningsmaterialer fra Upload 2.
- Kursisternes modeller og undervisningsmaterialer fra Upload 3.
- De færdige prototypeforløb (Upload 4).
- Kursisternes besvarelser af spørgeskema før WS1 (Pre-spørgeskema).
- Kursisternes besvarelse af spørgeskema efter WS2 (Post-spørgeskema).
- Elevernes besvarelse af spørgeskema efter deltagelse i et undervisningsforløb.
- Kursisterne besvarelse af spørgeskema om kurset efter WS4 (kursevaluering).
- To fokusgruppeinterviews (i hhv. øst og vest) i forbindelse med WS2.
- Fokusgruppeinterview i forbindelse med WS4.
- Paneldebat i forbindelse med afslutningskonferencen.
- Referater fra møder i styregruppen og fra interne planlægningsmøder på CCTD.

4.2: De udarbejdede modeller og undervisningsforløb

32 kursister gennemførte kursusforløbet. Flere af dem arbejdede sammen om at udvikle modeller med tilhørende undervisningsforløb. Nogle af dem udviklede og afprøvede mere end ét undervisningsforløb, så der i alt blev udviklet 26 forløb. Heraf blev 17 gjort helt færdige og afleveret til kursussiden. De involverede fag var bioteknologi, fysik, matematik og naturgeografi samt en fysik-matematik-kombination. De 17 forløb er tilgængelige på CCTD-Library.

Tabel 1. Oversigt over de udarbejdede undervisningsforløb (baseret på kursisternes egne beskrivelser):

Navn	Fag og klasse-trin/ niveau	Indhold
En simpel enzym kinetik model	Biotek 1-3g	Forløbet er tænkt som del af større forløb omkring enzymer og enzymkinetik. Der er arbejdet med enzymer og deres funktion som katalysatorer, reaktionshastighed og hvilke faktorer der har betydning for denne. Netlogosimuleringen skal give eleverne en forståelse af hvad der sker når hhv. enzym og substrat koncentration ændres i et forsøg, hvor enzymkinetikken for et specifikt enzym undersøges. Resultaterne af simuleringen kan så sammenlignes med resultater opnået ved forsøg i laboratoriet, hvor eksempelvis alkaliskphosphatase eller katalaseundersøges ved initialhastighedsmetoden.
Termisk energi	Fysik 1-3g	Forløbet er brugt som en afslutning på emnet om energi. Eleverne har fået undervisning i formelen tidligere og brugt den i flere forskellige sammenhænge. Forløbet kunne dog sagtens være brugt imens eleverne lærte om formelen og så kunne den måske i højere grad være inddraget til fx opgaveregning. Så ville det også være muligt at tale om modellens "udstrækning" og eventuelt benytte dette som optakt til faseovergange.
Simulering af henfaldsloven i flere led	Fysik 1-3g	Radioaktivt henfald simuleres dels i en simpel model, hvor en kerne henfalder til en stabil kerne, og dels i en udvidet model (som eleverne selv skal lave), hvor den første kerne henfalder til en ny radioaktiv kerne, der også henfalder.

Navn	Fag og klasse-trin/niveau	Indhold
Termiskbevægelse og varmeledning	Fysik 1-3g	CT-forløbet indgår i et større fagligt forløb om energi og bæredygtighed. I lektionerne før CT-aktiviteterne med NetLogo har eleverne arbejdet med energiformer og med teori om overførsel af termisk energi ved ledning, stråling og konvektion. Arbejdet med CT og NetLogo har i den sammenhæng været tænkt som et værktøj til en dybere forståelse af mekanismen bag varmeledning.
Gitterligning	Fysik 2g/B	Modellen er tænkt ind i et tværfagligt forløb mellem matematik og fysik om gitterligning og viser, hvordan en laserstråle afbøjes i et optisk gitter. Modellen giver mulighed for at ændre på bølglængden og gitterkonstanten ved hjælp af to skydere, hvorved det kan observeres, hvordan afbøjningsvinklen ændres
Medicinsk fysik i anvendelse – eluering af Mo/Tc generator	Fysik 2g/B	Dette forløb er lavet til et 2g FY-hold, som tidligere har arbejdet med radioaktivitet og medicinsk fysik. Med udgangspunkt i en netlogo-fil der simulerer et enkelthenfald, skal eleverne kode et dobbelthenfald og anvende koden til at simulere en Mo/Tc generator, der producerer en metastabil isotop.
Svingende streng	Fysik 1-3g	Netlogomodellen simulerer den svingende streng. En turtle er i modellen et lille strengelement. Modellen af strengen er bygget op af 200 turtles, som hver især kun kan påvirke naboturtles. Kræfterne mellem de enkelte strengelementer beregnes i koden ud fra turtles indbyrdes positioner samt snorspændingen. Vibratoren bevæger det yderste strengelements position. Strengens længde, snorspænding, frekvensen af vibrator mm. er parametre som kan justeres. Strengens bevægelse vises grafisk sammen med et plot af bevægelsen af en valgt position på strengen.
Hoppende bold	Fysik 1g/C	Modellen simulerer en hoppende bold, hvor eleverne kan følge boldens hastighed og kinetisk, potentiel samt mekanisk energi.
Hastighed og acceleration	Fysik 1-2g/ BC	Forløbet er et introduktionsforløb i fysik C og B. Forløbet består af en innovationsdel hvor eleverne skal udvikle en løsning til problemet "Kødannelse på motorvejen" og skal derfor kende til bevægelsesligningerne. I denne forbindelse er eleverne blevet introduceret til NetLogo og Computational Thinking. Forløbet indeholder desuden en eksperimentel del, hvor eleverne skal bestemme lydets hastighed og udvikle en afstandsmåler med arduino.
Stød i en og to dimensioner	Fysik 3g/A	Støder et emne tilhørende kernestoffet på Fysik A. Eleverne er vant til at arbejde med simuleringer, men har måske ikke den store forståelse for, hvad der ligger bag en simulering. I dette forløb skal eleverne i høj grad selv kode deres simulering. Først arbejdes med stød i én dimension og til slut udvider eleverne modellen til to dimensioner. Elevernes eneste udgangspunkt er en "forkert model". Eleverne skal lave en model med et interface som nedenfor. De skal kode modellen, så den følger og viser fysikkens lov om impulsbevarelse.
Radioaktive henfald	Fysik 1-3g/B	Gennem tre forskellige NetLogo modeller introduceres eleverne for NetLogo og simulering af radioaktivt henfald. I de første to øvelser opdager eleverne at der er en (lille) forskel på henfaldsloven som en simpel eksponentiel funktion, og antallet af kernes udvikling som stokastisk variabel. Efter at have prøvet simple ændringer i koden, som skift af farver, udfordres eleverne til sidst, når de skal simulere mere komplicerede henfald, hvor både datter kerner og datter-datter kerner også er radioaktive
Absorption af stråling	Fysik-matematik 1-3g	Modellen er en simulering af absorption af fotoner i stof. Arbejdet med modellen skal give eleverne et indblik i, hvad der sker, når en stor mængde stråling rammer et stof, hvor strålingen kan absorberes på et mikroskopisk niveau, foton for foton. I modellen sendes et valgt antal fotoner mod et stof der har en valgt tykkelse repræsenteret ved lag af atomer. Hver gang en foton passerer et atomlag er der en given sandsynlighed for, at den absorberes.
Simulering og terninger	Matematik 3g	Modellen er tænkt som en måde at arbejde med simulering i en almindelig kendt matematisk situation. I modellen kan man slå med 3 – 6 terninger, og tælle hvor mange gange man får tre eller flere ens. For at tvinge eleverne til at arbejde med koden er der indlagt en systematisk fejl, således at terningerne slår for mange seks'ere. Så snart

Navn	Fag og klasse-trin/niveau	Indhold
		eleverne har fundet og rettet fejlen, kan de arbejde med modellen som om det er almindelige reelle terninger.
Matematisk modellering – kaninformering og	Matematik 2-3g/AB	Dette forløb er lavet til 1.g. matematik med henblik på at træne modelleringstankegangen samt skabe egne datasæt til regressionsanalyse. Forløbet er bygget op af to modeller: Kaninmodel 1: Kaniner bevæger sig tilfældigt og uafhængigt rundt og reproducerer sig med en bestemt (variabel) sandsynlighed. Kaninmodel 2: Kaninerne skal have en bestemt alder før de kan reproducere sig, og reproduktionen kræver et fysisk møde med en anden kanin. Eleverne starter med model 1, der er så åbenlys naiv at eleverne nemt kommer med forbedringsforslag. Eleverne kan forklare hvorfor data bør passe med en eksponentiel model. Eleverne laver kun simple ændringer og tilføjelser i koden.
Differentialligninger, Kombinatorik og Statistisk fordeling	Matematik 1-3g	Et antal personer bevæger sig tilfældigt rundt og knytter forbindelse når de er på samme position. Dette er modelleret som en simulation i NetLogo med en række vinduer der viser hvordan simulationen udvikler sig målt på forskellige parametre. Det giver anledning til matematiske overvejelser, -hvor mange forbindelser kan der maksimalt skabes? Hvordan udvikler antallet af forbindelser sig?
Monty Hall	Matematik 3g/A	CT-aktiviteten blev brugt som indledning i forløbet om sandsynlighedsregning hvor vi får introduceret begreberne stokastisk variabel og sandsynlighed samt hører om emnet spilteori med gennemgang og optælling af samtlige mulige spilscenarier og udtænker en vinderstrategi. En vigtig detalje er at vi med CT-aktiviteten får introduceret simulering og det betones at simulering jvf de store tals lov kan give matematisk indsigt.
Nedsivning af vand	Naturgeografi 2g/C	Modellen har været en del af et miniforløb omkring begreberne permeabilitet og porøsitet i et vandforløb i naturgeografi. Modellen er tænkt som intro til fagbegreber om porøsitet og permeabilitet og hvorledes disse spiller sammen. Formålet med aktiviteten været at skulle støtte op om den faglige læring i faget. Modellerne har tillige skullet give eleverne indsigt i CT og brugen af NetLogomodeller i sin helhed. Målet har også været at give eleverne kodnings-og modelleringskompetencer.

4.3: Elevernes reaktioner på undervisningsforløbene

I det første et-årige forløb af kurset havde evalueringen fokus på kursisterne og deres oplevelse af kurset – dets indhold, opbygning og relevans.

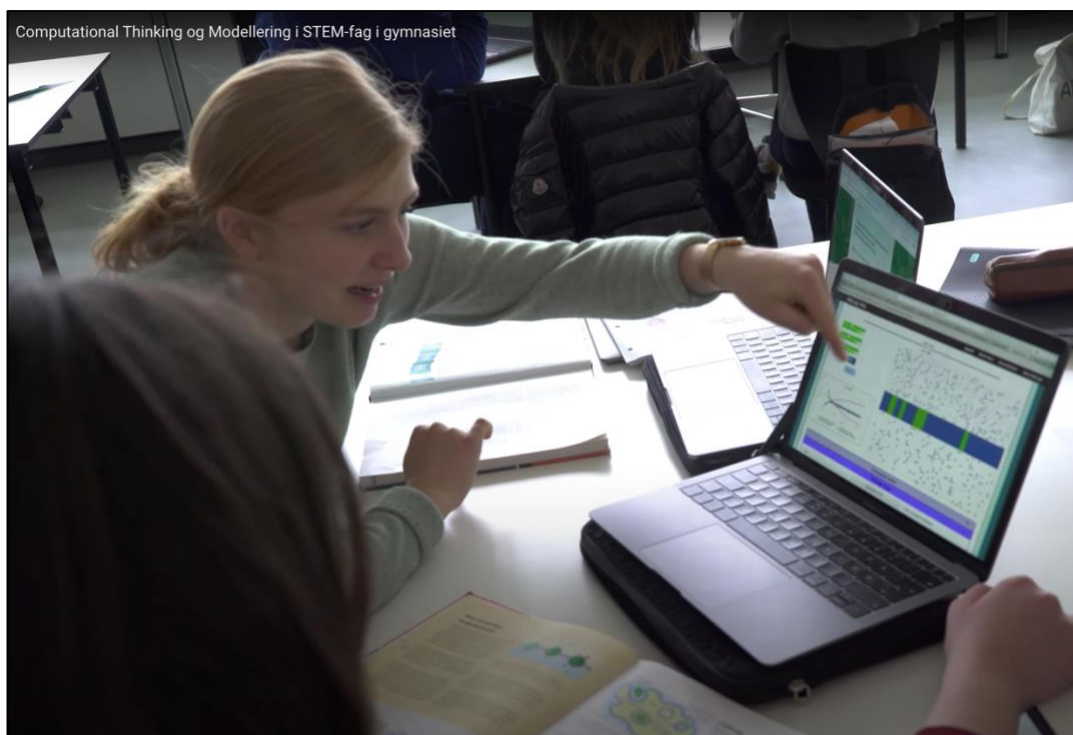
I dette etårige forløb har der dels været fokus på de udviklede undervisningsforløb (se afsnit 4.4 og 4.5), dels på elevernes oplevelse af at deltage i undervisningen (afsnit 4.6).

Nedenstående diagrammer viser elevernes besvarelse af 29 spørgsmål, som de besvarede i en on-line spørgeskemaundersøgelse umiddelbart efter at deres klasse var færdig med et undervisningsforløb.

Der er 662 besvarelser i alt fordelt på ca. 35 hold.

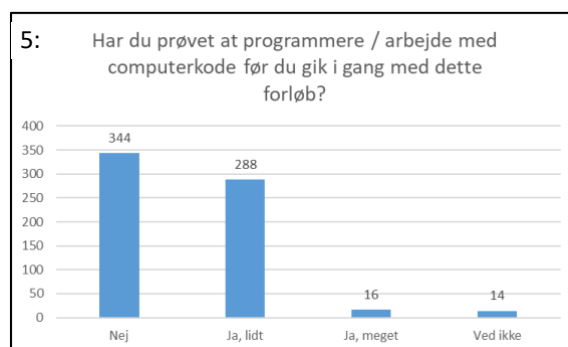
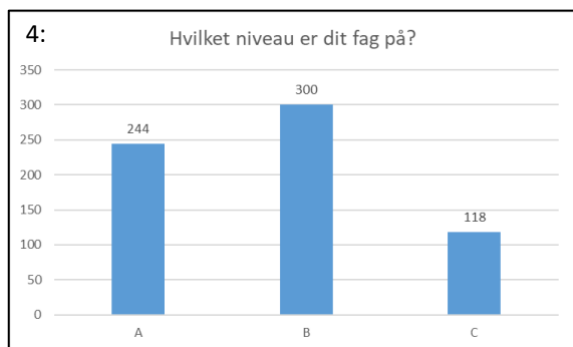
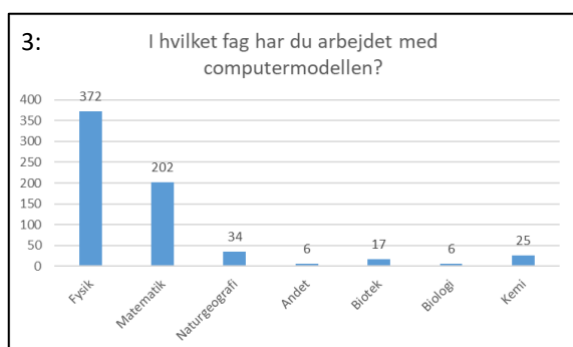
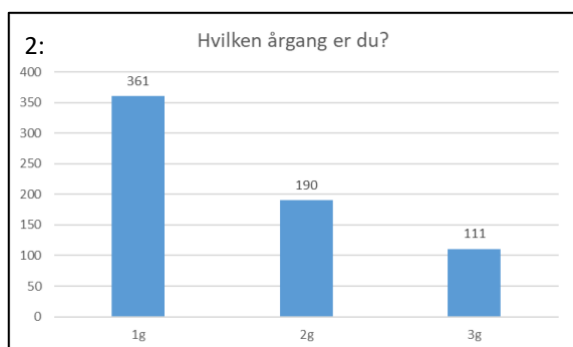
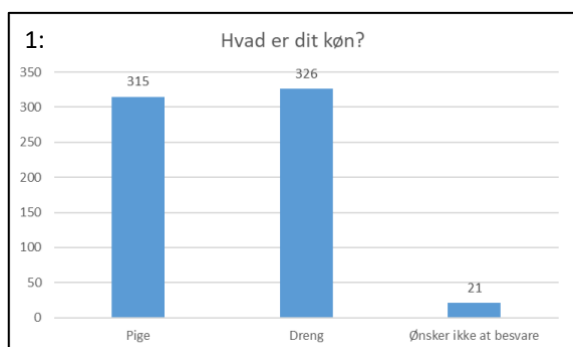
Der var 49% drenge og 48% piger blandt eleverne (3% af eleverne ønskede ikke at oplyse deres køn). 37% havde arbejdet med CT forløbet i et fag på A-niveau, 45% på B-niveau og 18% på C-niveau.

95% af eleverne identificerede sig selv som nybegyndere i forbindelse med programmering, mens lidt under 3% indikerede, at de havde meget erfaring med programmering (2% tog ikke stilling til spørgsmålet).



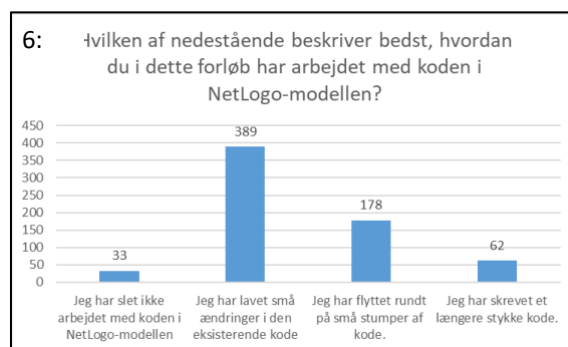
Figur 4: Elever arbejder med model i NetLogo. Stillbillede fra videoen *Computational Thinking og Modellering i STEM-fag i gymnasiet*. Videoen præsenterer CMC-modellen og viser en klasses arbejde med en NetLogo-model.
(<https://www.youtube.com/watch?v=9R9r5w2Gr-w>)

Elevernes baggrund (Sp. 1-5)



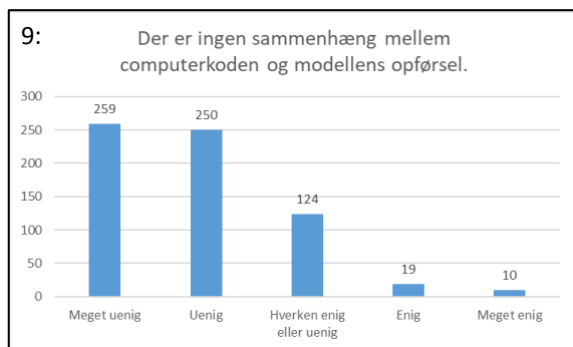
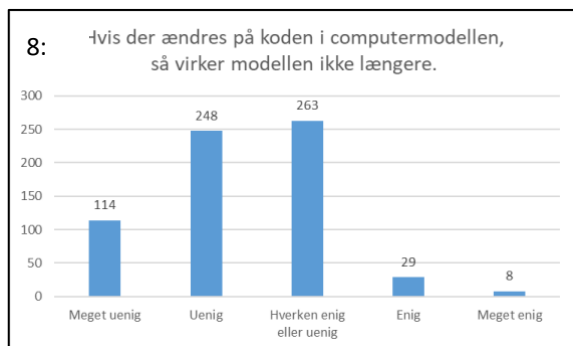
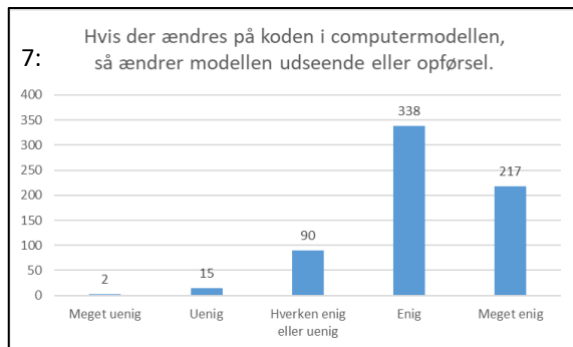
Sp.5: Det er bemærkelsesværdigt, at 95% af eleverne kun har lidt eller ingen forudgående erfaring med at arbejde med computercode.

Elevernes oplevelse af hvordan de arbejdede med koden (Sp. 6):



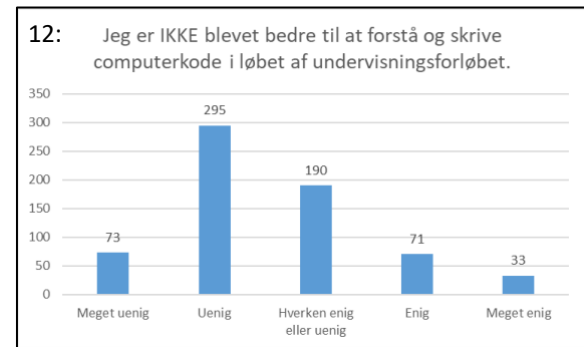
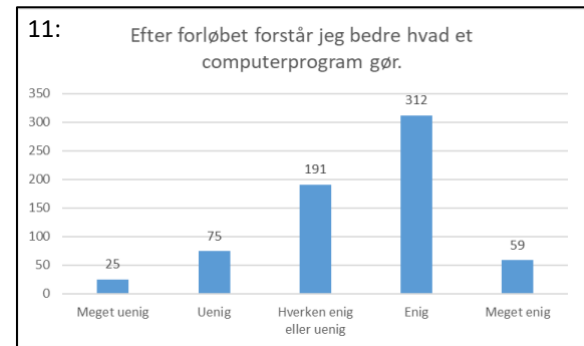
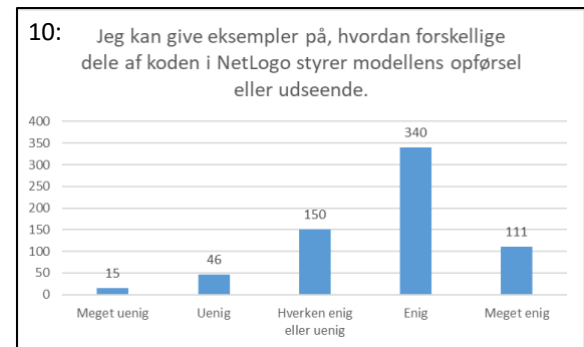
Sp.6: 95% af eleverne har nået at arbejde med kode! Elevernes svar på dette spørgsmål harmonerer med resultaterne i afsnit 4.4 om kursisternes intentioner med undervisningsforløbene og med evalueringen af undervisningsforløbene i afsnit 4.6.

Elevernes oplevelse af sammenhæng mellem kode og model (sp. 7-9):



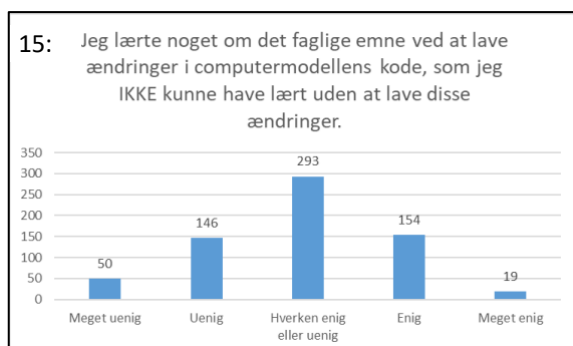
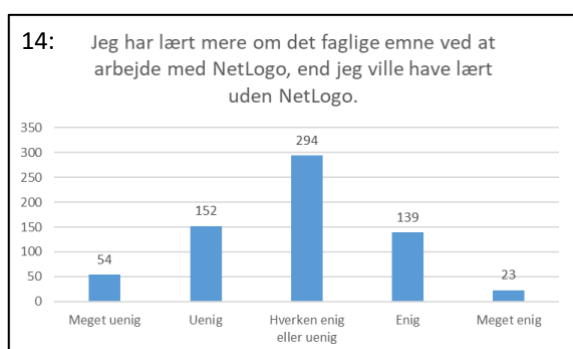
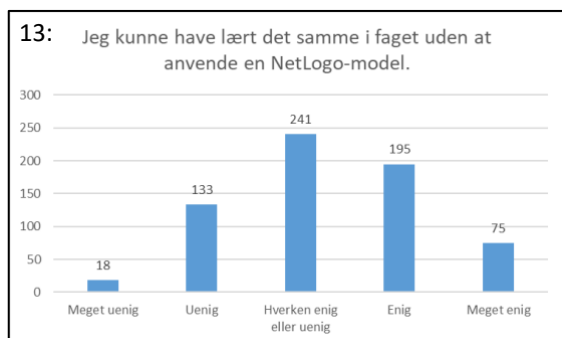
Sp.7-9: Bortset fra en gruppe på 20-30 elever (under 5%), ser det ud til at eleverne har forstået sammenhængen mellem koden og modellens opførsel.

Elevernes oplevelse af egne kompetencer mht. kodning og forståelse af modeller (Sp. 10-12):



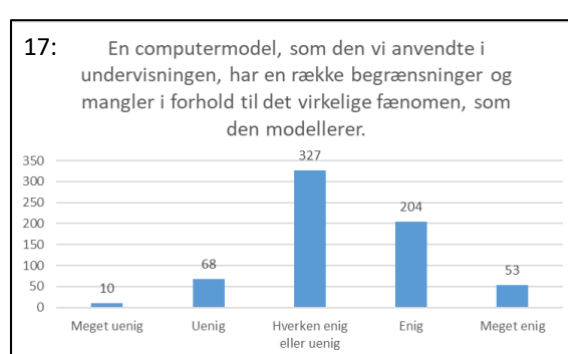
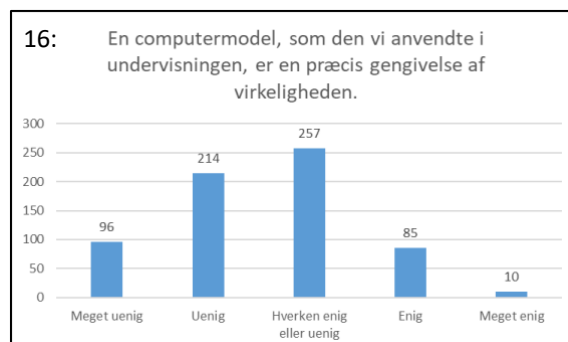
Sp.10-12: En gruppe på 60-100 elever (9-15%) udtrykker tvivl om egne evner til at vurdere kodens rolle i forhold til modellen og til at ændre modellen ved at ændre i koden.

Elevernes oplevelse af det faglige udbytte (Sp. 13-15)



Sp.13-15: Ca. halvdelen af eleverne tager ikke stilling til deres egen faglige læring i forbindelse med brug af en model. 150-170 elever (ca. 25%) udtrykker positivt at de har lært mere om det faglige emne.

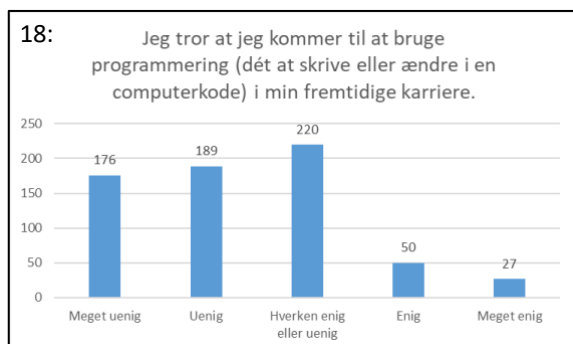
Elevernes oplevelse af forholdet mellem model og virkelighed (Sp. 16-17):



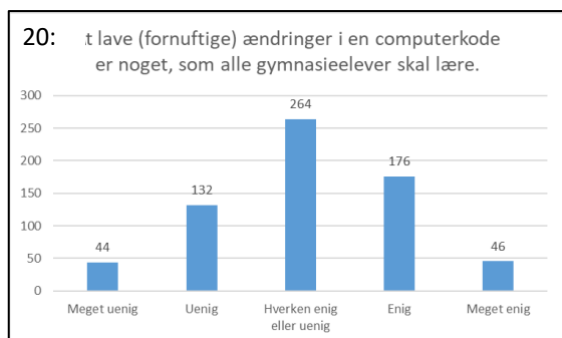
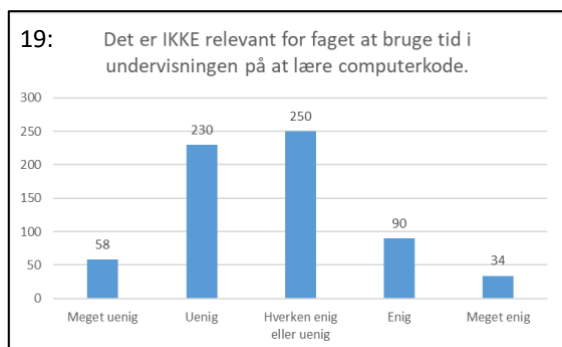
Sp.16-17: Ca. 12% af eleverne har stadig en naiv opfattelse af, at en model er en præcis gengivelse af virkeligheden.

Et overraskende stort antal elever kan ikke tage ikke stilling til spørgsmålene og svarer "hverken eller".

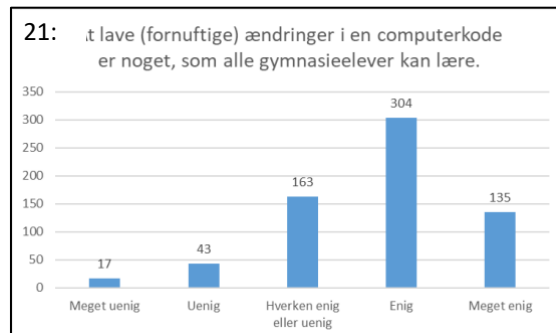
Elevernes oplevelse af relevans for faget og fremtidig karriere (Sp. 18-21):



Sp.18: Det er bemærkelsesværdigt, at kun ca. 80 elever (12%) er sikre på, at de kommer til at bruge programmering i deres fremtidige karriere, mens 55% er sikre på at det kommer de ikke til!

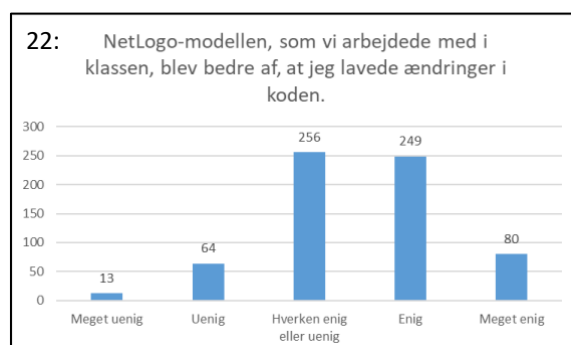


Sp.19-20: Til gengæld mener kun 124 elever (under 20%) at det ikke er relevant at arbejde med computerkode i undervisningen og kun 176 elever (27%) mener ikke, at det er nødvendigt at lære at lave ændringer i koden.

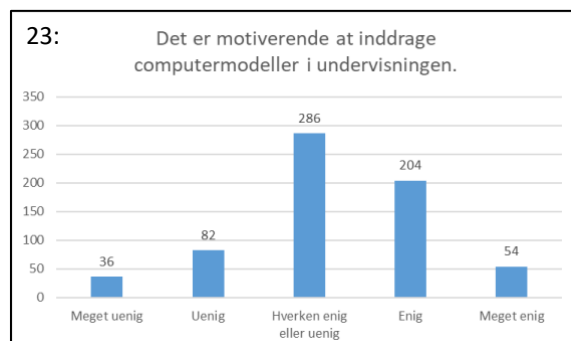


Sp.21: Kun 60 elever (9%) mener, at det ikke er muligt at lære at lave ændringer i computerkode.

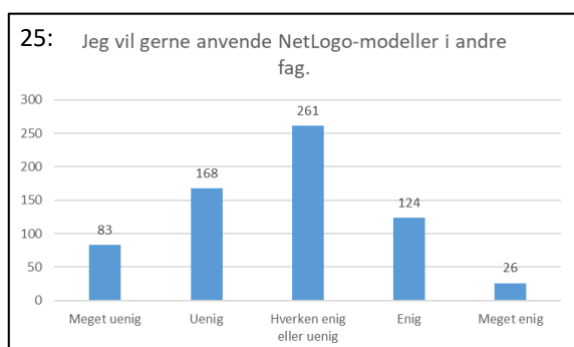
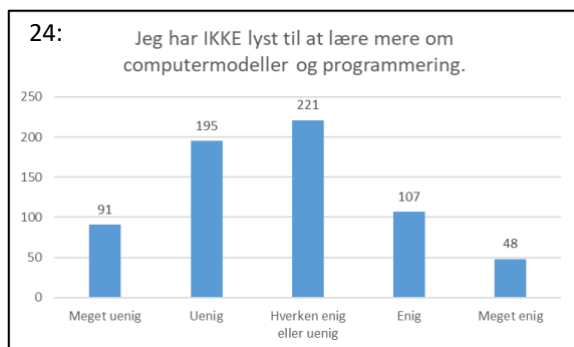
Elevernes interesse/motivation for denne type undervisning: (Sp. 22-25)



Sp.22: Det er påfaldende at 256 elever (næsten 40%) ikke tager stilling til, om deres NetLogo-model blev bedre eller dårligere. Det kan muligvis skyldes, at eleverne er usikre på, hvad der menes med at en model er "bedre".

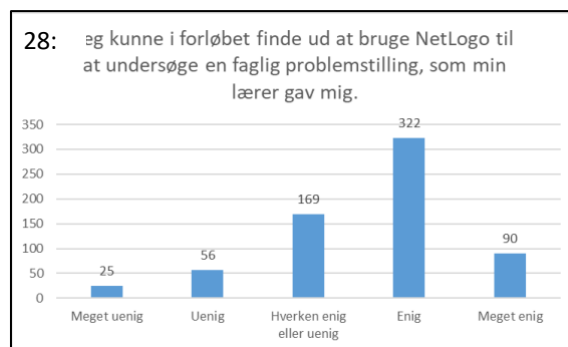
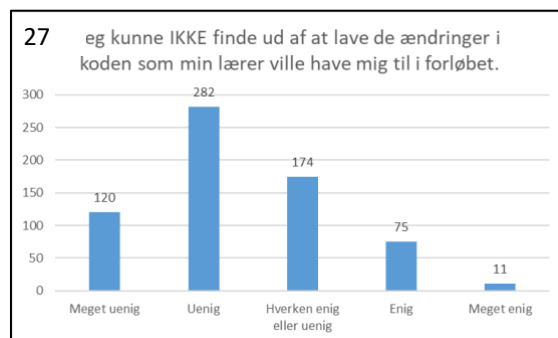
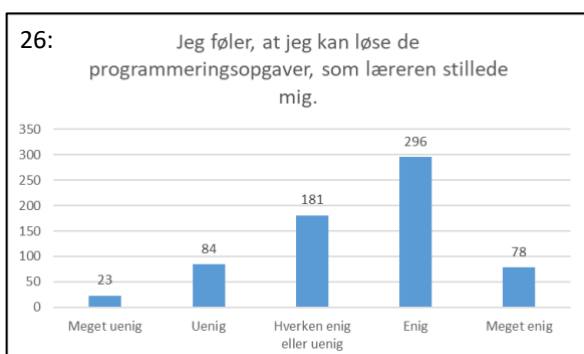


Sp.23: Kun 118 elever (under 20%) synes ikke at brug af modeller i undervisningen er motiverende.

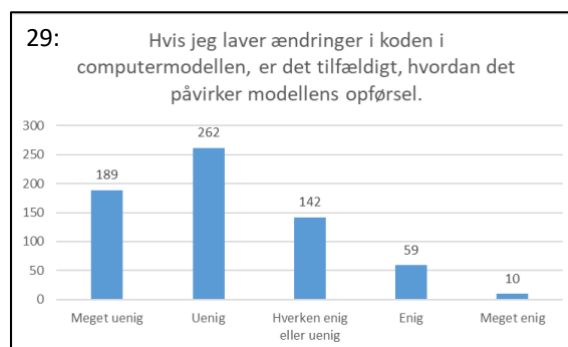


Sp.24-25: Til gengæld er der 251 elever (næsten 40%), der ikke har lyst til at bruge NetLogo-modeller i et andet fag, og 155 elever (ca. 25%), der ikke har lyst til at lære mere om computermodeller.

Elevernes oplevelse af egen succes. (Sp. 26-29)



Sp.27-28: I lyset af at det er første gang eleverne møder denne type opgaver, er det positivt, at der kun er 80-110 elever, som ikke synes de kunne løse de stillede opgaver.



Sp.29: Under 70 elever (ca. 10%), der har oplevet, at deres arbejde med computerkoden gav tilfældige resultater.

4.4: Kursisternes intentioner med undervisningsforløbene

Med det formål at få mere indsigt i hvordan kursisterne i deres undervisningsforløb planlægger elevernes arbejde med modellen, er der gennemført en karakteristik af de planlagte forløb.

Karakteristikken er foretaget på grundlag af beskrivelser af forløbene i en række dokumenter, som kursisten/kursisterne har udarbejdet i forbindelse med forløbet: En poster, en instruktion til andre lærere samt et eller flere opgaveark til eleverne.

Det er således kursistens/kursisternes planlægning og intentioner med undervisningen, der er genstand for den beskrivende karakteristik. Det er undersøgt, om følgende elementer/aktiviteter indgår i beskrivelsen af undervisningsforløbet.

Eleverne arbejder med modellen som simulering (under Interface-fanen):

1. Eleverne foretager gennemkørsel af modellen, og ændrer på parametre evt. under brug af sliders
2. Eleverne tester hypoteser ved at bruge modellen
3. Eleverne/klassen diskuterer modellens egenskaber/begrænsninger.

Elevernes arbejde med kode (under Code-fanen):

4. Der er angivet specifikke CT-læringsmål i forløbet
5. Eleverne arbejder med data fra modellen
6. Eleverne læser og forstår dele af koden eller finder specifikke steder i koden
7. Eleverne laver ændringer i koden, som foreslås af læreren/opgaven
8. Eleverne foreslår selv ændringer og skriver dem ind i koden.

Forekomsten af et af ovenstående elementer eller aktiviteter er angivet ved en talværdi:

- Forekommer slet ikke: 0 point;
- Forekommer, men i ringe grad eller er vagt formuleret: 1 point
- Forekommer i nogen grad, men er ikke stærkt eller specifikt formuleret: 2 point
- Forekommer i høj grad og/eller er tydeligt formuleret: 3 point

Karakteristikken er rent beskrivende. Den er ikke et forsøg på at vurdere, hvorvidt forløbene lever op til en række krav, eller om de har mangler. Formålet er udelukkende at undersøge, hvordan det samlede materielle resultat af kursisternes arbejde kan karakteriseres.² Der er således heller ikke tale om et forsøg på at evaluere i hvilket omfang læringsmålene for kurset er indfriet. De 8 elementer, der indgår i karakteristikken uddyber og præciserer læringsmålene, men går ikke ud over dem.

Forekomsten i undervisningsforløbene af de forskellige elementer:

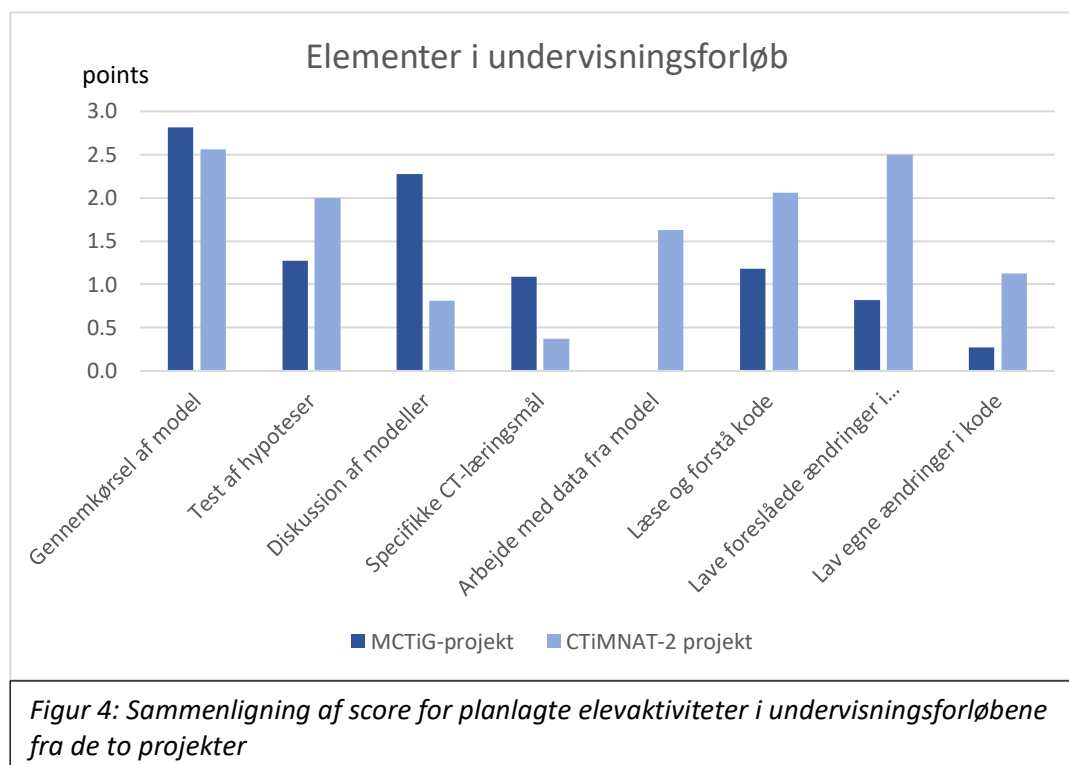
² Hvor der ser ud til at være uoverensstemmelse mellem det kursisten har skrevet på posteren, i lærervejledningen og/eller i opgaveark til eleverne, vægtes opgavearket højest og posteren lavest i tildeling af point (karakteristikken er foretaget på grundlag af de forløb, som kursisterne afprøvede i foråret 2020, ikke på grundlag af de beskrivelser, der senere er blevet lagt på CCTD-Library, og som i detaljer kan afvige fra de tidlige beskrivelser).

Elementer/ aktiviteter	Beskrivelse	Gennemsnit af antal point (på skala fra 0 til 3)
1	Eleverne foretager gennemkørsel af modellen , evt. under brug af sliders	2,6
2	Eleverne tester hypoteser med model	2,0
3	Eleverne/klassen diskuterer modellens egenskaber/begrænsninger	0,8
4	Der er angivet specifikke CT-læringsmål i forløbet	0,4
5	Eleverne arbejder med data fra modellen	1,6
6	Eleverne læser og forstår koden eller finder specifikke steder i koden	2,1
7	Eleverne laver ændringer i kode , som foreslås af læreren/opgaven	2,5
8	Eleverne foreslår selv ændringer og skriver dem ind i koden	1,1

Tabel 2: Score for planlagte elevaktiviteter i de 17 undervisningsforløb

4.5: Sammenligning af intentioner i undervisningsforløb i CTiMNAT-2 og MCTiG

I det parallelle MCTiG-projekt blev der udviklet og beskrevet 11 undervisningsforløb. De er blevet karakteriseret ud fra de samme kriterier. Resultaterne er sammenlignet i søjlediagrammet:



Det er bemærkelsesværdigt, så stor forskel, der er i, hvilke elementer kursisterne fra de to projekter har vægtet i deres planlægning af undervisningen. Kursisterne i MCTiG-projektet

gør tydeligvis mere ud af at planlægge at diskutere modellerne med deres elever, og de gør mere ud af at opstille overordnede CT-læringsmål end kursisterne fra CTiMNAT-2. Men i forbindelse med at omsætte CT-målene til planlagt undervisning, er situationen omvendt. Kursisterne fra CTiMNAT-2 – altså fra matematik og de naturvidenskabelige fag – er meget mere håndfaste til at stille elevopgaver, der er rettet mod kodningsdelen af undervisningen.

Den største forskel i indholdet på de to kurser var, at kursisterne i CTiMNAT-kurset selv konstruerede deres model og derefter selv skrev koden, mens kursisterne i MCTiG nok selv konstruerede modellen, men kodningen blev udført af en studenterprogrammør. Man må formode, at denne forskel er en væsentlig del af forklaringen på, at kursisterne i MCTiG har lagt vægt på brugen, vurderingen og mulighederne af en model, som andre har kodet, mens CTiMNAT-2 kursisterne har lagt vægt på design-tilgangen, og har prioriteret elevernes færdigheder i at kunne designe, ændre og tilpasse computationelle modeller efter eget behov.

I afsnit 4.6 undersøges elevernes oplevelser i forbindelse med deres arbejde i klassen med undervisningsforløbene, herunder om og – i givet fald – på hvilken måde disse forskelle i planlægning viste sig i elevernes oplevelse af deres arbejde med undervisningsforløbene.

4.6: Værktøj til evaluering af undervisningsforløb

I overensstemmelse med målene for projektet er der udviklet et værktøj til evaluering af læringsaktiviteter i forbindelse med at undervisningsforløb.

Evalueringsværktøjet er udviklet som led i et ph.d.-projekt på CCTD, der netop er rettet mod kortlægning af elevers læring i forbindelse med brug af computerbaserede modeller og CMC-tilgangen. En artikel om evalueringsværktøjet er pt under udgivelse (se afsnit 6). Værktøjet er udviklet og afprøvet i forbindelse med både dette projekt og det parallelle MCTiG-projektet.

Evalueringsværktøjet bygger på internationale forskningsresultater vedrørende elevers læring i forbindelse med brug af agentbaserede computermødelles, samt resultater om hvilke kompetencer der skal være til stede for at udvikle modelleringsevner hos elever. Modelleringskompetencerne omfatter både modellering i traditionel naturvidenskabelig forstand og computationel modellering, som er betinget af at kunne arbejde og tænke computationelt- se f.eks. (Schwarz & White, 2005). Værktøjet bygger videre på disse resultater, så også internationalt er der tale om en nyskabelse.

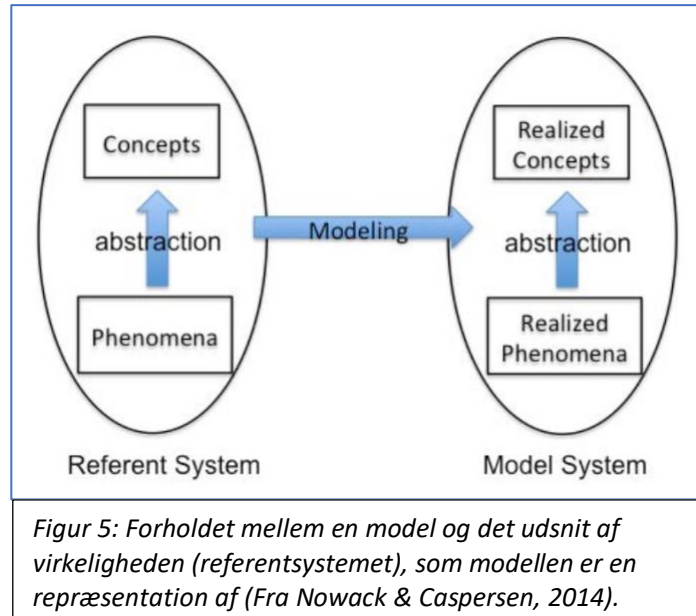
For at teste evalueringsværktøjet blev elever fra begge projekter stillet en række spørgsmål om deres læringsaktiviteter i forbindelse med deltagelse i et af de afprøvede undervisningsforløb umiddelbart efter at undervisningen var gennemført. Anonymiserede versioner af kursisternes læringsaktiviteter blev desuden evalueret af to af hinanden uafhængige forskere.

Resultaterne af denne evaluering er sammenlignet med en analyse af kursisternes intentioner med de afprøvede forløb som beskrevet i afsnit 4.5.

Evalueringsværktøjet er udviklet ret sent i kursusforløbet. Derfor har kursisterne ikke været præsenteret for værktøjet og de parametre, det tester. Det skal understreges, at formålet med testningen af evalueringsværktøjet ikke var at vurdere kursisternes produkter, men at vurdere projekternes effekt i forbindelse med efteruddannelse af lærere i undervisning i computationel modellering.

Evalueringsværktøjet bygger på, at en model altid er en model af en del af virkeligheden, her omtalt som referentsystemet. Opdelingen er taget fra (Nowack & Caspersen, 2014) og er skitseret i figur 5.

Modelleringsprocessen er central og forstås som koblingen mellem en repræsentation af virkelighedsfænomenet (referentsystemet) og en computationel repræsentation af referentsystemet (modelsystemet).



Læringsaktiviteterne i et undervisningsforløb evalueres på grundlag af 16 parametre, hvoraf de 11 er rettet mod referentsystemet, og de fem er rettet mod modellen samt elevens arbejde med at forstå og modificere modellen computationelt og eventuelt skrive ny kode ind i modelkoden.

Evalueringsparametre for et CMC-undervisningsforløb

Parametre rettet mod referentsystemet:

1. Modellens rækkevidde - dens begrænsninger og muligheder
2. Modellens forklaringskraft
3. Årsagsrelationer mellem modellen elementer
4. Modellens opførsel
5. Modellens elementer
6. Elementer som ikke er inkluderet i modellen
7. Modellens relation til et fænomen i den virkelige verden
8. Formulering af hypoteser, der kan testes med modellen
9. Resultater af gentagne kørsler med modellen
10. Emergente fænomener, der opstår over tid
11. Brug af og interaktion med modellen.

Parametre rettet mod modelsystemet:

12. Ændring af en parameter eller en variabel
13. Tilføj en variabel
14. Ændringer i en procedure

15. Tilføjelse af en procedure
16. Formuler en ny model.

Elever, der havde gennemført et af de undervisningsforløb, som var udarbejdet i forbindelse med kurset, blev efterfølgende stillet en række spørgsmål om, hvilke typer af aktiviteter de udførte i forbindelse med forløbet. I alt indgik 786 elever i undersøgelsen. Resultaterne i dette projekt er sammenlignet med en tilsvarende undersøgelse af elevaktiviteter i forbindelse med undervisningsforløb, der er udviklet i MCTiG-parallelprojektet. Dette projekt er noget mindre, og her deltog 111 elever.

Sammenligningen af elevsvar fra de to projekter

Med undtagelse af parametrene 1, 10 og 11 er svarene omtrent ens i de to projekter på de parametre, der handler om referentsystemet (parameterens nummer angives i parentes). Eleverne svarer i det store hele ens i de to projekter, på om de har arbejdet med følgende:

- Modellens forklaringskraft (2)
- Modellens opførsel (4)
- Modellens elementer (5)
- Elementer, som ikke er inkluderet i modellen (6)
- Modellens relation til et fænomen i den virkelige verden (7)
- Formulering af hypoteser, der kan testes med modellen (8)
- Resultater af gentagne kørsler med modellen (9).

På en enkelt parameter svarer eleverne i dette projekt markant lavere end MCTiG-projektet, nemlig om de har arbejdet med:

- Modellens rækkevidde - dens begrænsninger og muligheder (1).

Men på parametrene 10-16 svarer eleverne i dette projekt markant højere end i MCTiG-projektet. Eleverne har arbejdet med:

- Emergente fænomener, der opstår over tid (10)
- Brug af og interaktion med modellen (11)
- Ændring af en parameter eller en variabel (12)
- Tilføj en variabel (13)
- Ændringer i en procedure (14)
- Tilføjelse af en procedure (15)
- Formuler en ny model (16).

Dermed bekræfter elevernes svar og deres tolkning gennem evalueringsværktøjet de tendenser, der er vist i figur 4.

Der er overensstemmelse mellem den vægt, CTiMNAT-kursisterne i deres planlægning af undervisningsforløb lagde på elevernes arbejde med kode, og de svar eleverne har givet efter at have deltaget i et forløb. Elevernes svar bekræfter, at kursisternes intentioner om at eleverne skulle arbejde med koden i NetLogo er indfriet.

5. Kursisternes evaluering af kurset

Dette afsnit bygger på følgende kilder:

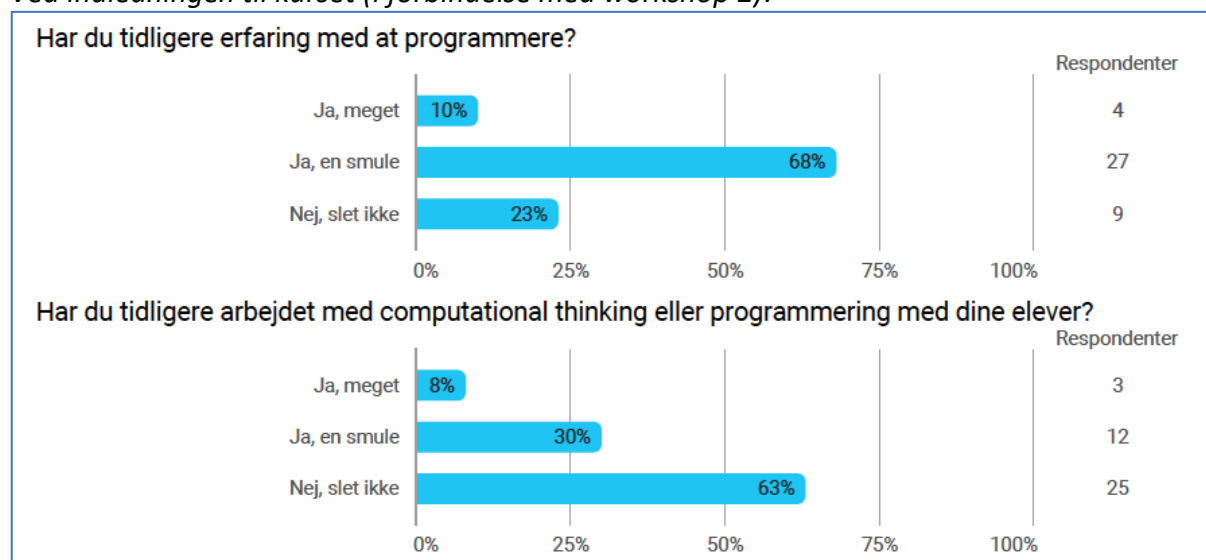
- En spørgeskemaundersøgelse i forbindelse med workshop 2 med både kvantitative og kvalitative svar.
- En spørgeskemaundersøgelse i forbindelse med den afsluttende workshop med både kvantitative og kvalitative svar.
- To fokusgruppeinterviews gennemført umiddelbart efter workshop 2.
- Et fokusgruppeinterview gennemført umiddelbart efter den afsluttende workshop.

Alle kvantitative svar er vist her. De kvalitative svar er gengivet i den udstrækning, de er relevante for at præsentere spændvidden af kursisternes holdning.

Citater fra fokusgruppeinterviews er anført, hvor de væsentligt uddyber de kvalitative svar, eller er i modstrid med dem, eller berører punkter, der ikke ellers ikke optræder.

Spørgeskemaundersøgelser:

Ved indledningen til kurset (i forbindelse med workshop 2):



Figur 6: Kursisternes svar i spørgeskemaundersøgelsen (N=40)

Det er bemærkelsesværdigt, at så få af kursisterne tidligere har arbejdet med programmering sammen med eleverne, på trods af at 78% har erfaring med programmering. Man kan selvfølgelig ikke gå ud fra, at gruppen af kursister er repræsentativ for hele kohorten af danske lærere i de berørte fag. På den ene side kan kursisterne repræsentere en gruppe af lærere, som er særligt interesserede i at arbejde med it/CT. På den anden side, kan der være kursister, som har valgt kurset, netop fordi de føler, at de trænger til et løft på området.

Trods denne usikkerhed tyder ovenstående svar på, at arbejde med it i form af programmering og/eller CT ikke er udbredt i fagene. Det ser ud til, at der er et stort efterslæb. Kursisternes svar harmonerer desværre med elevernes svar på spørgsmål 5 elevundersøgelsen (se s. 26).

Kursisterne blev bedt om at beskrive deres erfaringer med at programmere. Erfaringerne er meget spredte. En del refererer til erfaringer med Fortran, Pascal, Delphi eller lignende fra deres studietid. En del har i forbindelse med deres undervisning arbejdet med Excel, Scratch, Arduino eller Micro:bit eller lignende, men tilsyneladende mest på eget initiativ og ikke systematisk. Nogle få har enten læst datalogi i forbindelse med deres uddannelse, eller arbejdet med programmering i anden sammenhæng, fx i forbindelse med ansættelse i det privat erhvervsliv.

Kursisterne blev også bedt om i at beskrive deres erfaringer med at arbejde med programmering eller CT sammen med deres elever. Igen er billedet meget broget. Nogle få har undervis direkte i programmering gennem flere år. En del har arbejdet med blokprogrammering (Scratch, LEGO-Mindstorm eller andre robotter). Andre har arbejdet med forløb, der involverede Arduino eller dataopsamling med sensorer.

Kursisterne bliver også bedt om at beskrive hvad de forventer at få ud af kurset. Svarene er naturligt nok holdt i generelle termer. Svarene falder stort set i fire kategorier:

Generelle forventninger om **opgradering af undervisningen**. Nogle eksempler (citater fra besvarelser er angivet med kursiv):

- *Nye vinkler til undervisningen*
- *At kunne bruge det til at lave en anderledes matematik og fysikundervisning*
- *At få redskaber til at fange eleverne på en ny måde*
- *Underviser i Biotek og biologi og Kemi og anvender de gængse programmer til dataopsamling. Vil gerne udvide mulighederne*

Mere specifikke forventninger til at **inddrage computere og CT i undervisningen**:

- *Kvalifikationer så jeg bedre kan undervise eleverne i brug af computeren, herunder hvordan computeren arbejder (programmering).*
- *Færdige undervisningsforløb/dele af undervisningsforløb, der inkluderer computere på en ny og anderledes måde og giver eleverne bedre muligheder for at forstå digitale koncepter.*
- *Jeg forventer dels at blive introduceret til CT på en måde så man kan forstå og anvende det i undervisning uden at man har tidligere programmeringserfaring. Jeg forventer også at der er fokus implementering af CT i undervisningen både i enkelte forløb og måske også som "helårs" strategi*
- *Håber på at få nogle konkrete værktøjer med hjem, som kan bruges i undervisningen - ideer til hvordan IT kan bruges til noget i undervisningen hvor det kobler stærkt til noget fag-fagligt.*
- *At få nogle redskaber til at sætte eleverne til at arbejde med fysikfaget på en anden måde, uden det store behov for at bruge en masse tid på at lære eleverne at programmere først.*

Fokus på det **almendannende**:

- *Jeg forventer at få indsigt og viden i et område, der er vigtigt for den fremtidige undervisning. jeg ved intet om området men er nysgerrig og vil gerne tilegne mig den viden*
- *Nogle konkrete ideer til, hvordan vi får inkluderet digital dannelse i uddannelsen.*
- *Eleverne skulle gerne få en ide om, at en computer ikke er noget "i sig selv". Den er programmeret af mennesker - den har ikke sin egen vilje. Og det er centralt at vi får uddannet de unge til at forstå, hvad der ligger bag computeren og hvordan den benyttes hensigtsmæssigt. Dette skal jeg som lærer bruge redskaber til.*
- *Eksempler på eller diskussioner af hvorledes eleverne bringes i spil og hjælpes til at blive selvstændige brugere og udviklere.*

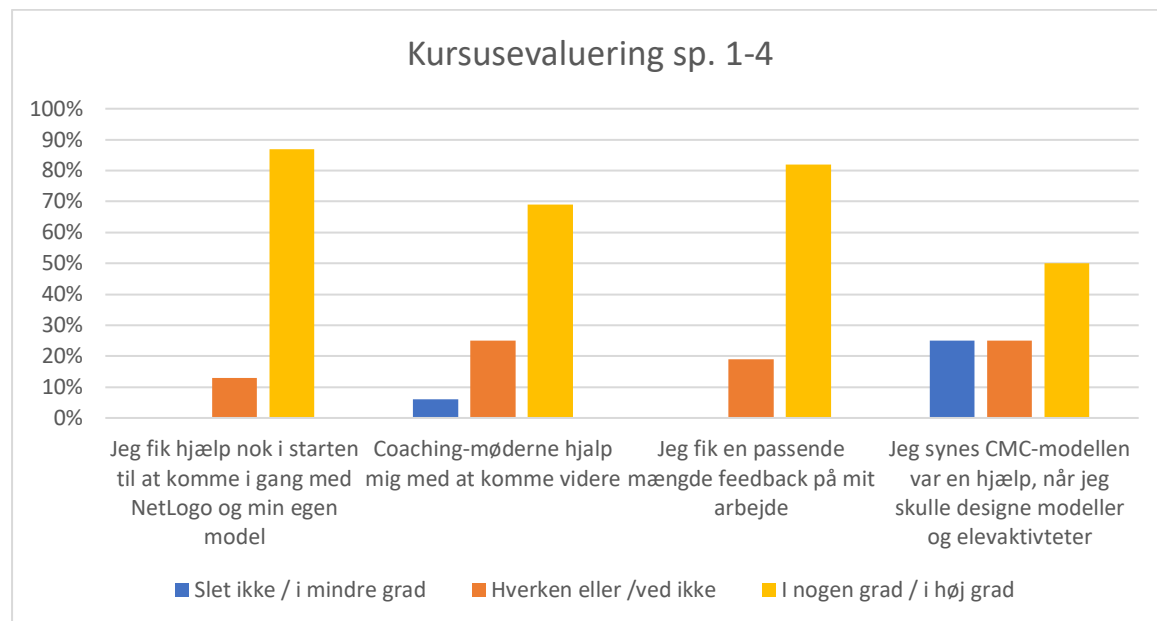
Forventninger om **faglig opgradering af læreren**:

- *Kendskab til NetLogo, programmering og CT generelt*

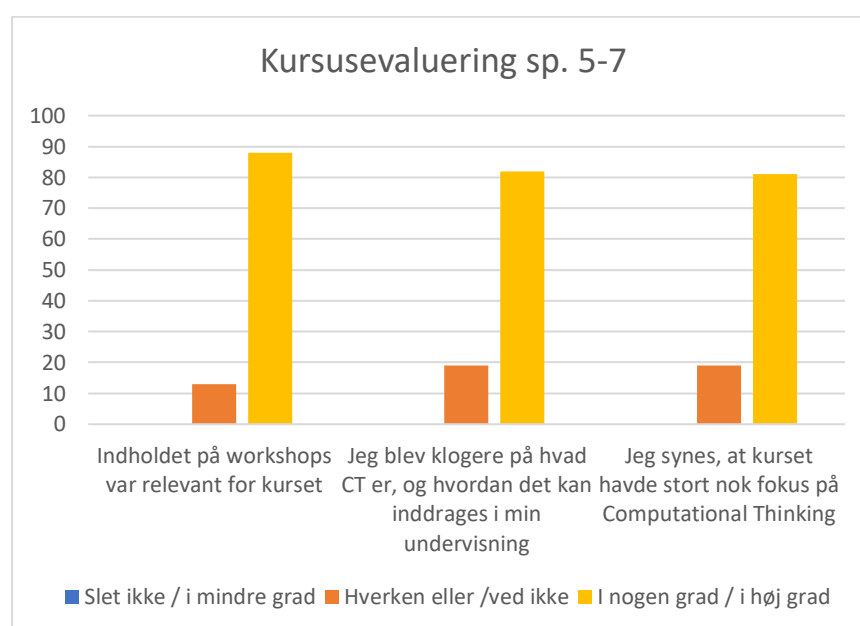
- Kunne små-programmere sammen med studerende. Vide mere om algoritme tænkning
- At lære principperne bag programmering og selv at programmere
- Bedre forståelse for det unikke læringspotentiale der ligger i programmering
- At lære noget programmering der kan være relevant for tværfagligt tema i min undervisning i matematik og fysik.

Ved afslutningen af kurset (i forbindelse med afsluttende workshop):

I forbindelse med den sidste workshop blev kursisterne bedt om at besvare 7 spørgsmål om kurset. De kvantitative svar fremgår af de to figurer.



Figur 7: Kursisternes evaluering af kurset (N=26)



Figur8: Kursisternes evaluering af kurset (N=26)

Som det fremgår, var der generelt tilfredshed med kursets organisering og opfyldelse af målene. Fordi kursisterne i kurset bliver introduceret til ret meget nyt stof, ligger omtalen af CMC-modellen på workshop 3, hvilket er ret sent i kurset. Svarene på spørgsmål 4 vedrørende CMC-modellen er derfor ikke overraskende, da det er en erfaring fra andre, lignende kurser, at en del kursister på det tidspunkt er fokuserede på at få deres undervisningsforløb færdige og afprøvet.

Kursisternes uddybende kommentarer bekræfter ovenstående billede, men er især vigtige fordi de mere kritiske kursister kommer til udtryk her. Nedenstående er nogle repræsentative svar knyttet til hvert af de 7 spørgsmål, dels positive, dels kritiske:

Sp. 1. Jeg fik **hjælp nok** i starten til at komme i gang med NetLogo og min egen model:

- *Super fint med lærere og coaches så der var tid til individuel hjælp*
- *God kombi af at lave tutorials inden første workshop og få input og sparring på selve workshopen.*
- *Det var rigtigt godt med noget teknisk hjælp til at starte med. Det fungerede også godt at man i ro og fred selv havde arbejdet med de første tutorials inden første kursusgang. Man kunne godt lægge flere af den type tutorials ind undervejs i kurset, så man blev tvunget til at udvide sin horisont og blev præsenteret for flere kommandoer.*
- *Man kunne med fordel være 2 og 2 om det første projekt.*
- *Kurser var gearet til folk der havde bedre styr på programmering end mit niveau*
- *Kurset bør være mere tydeligt udbudt i forhold til hvor meget forudgående programmeringserfaring der forventes*

Sp. 2. **Coaching-møderne** hjalp mig til at komme videre

- *Ja de holder motivationen oppe og nudger os tilstrækkeligt*
- *Ja, her kunne man få rigtig meget hjælp.*
- *Jeg havde ikke de store tekniske/didaktiske udfordringer, men det var godt at se hvad folk arbejdede på og høre om udfordringer og fremskridt.*
- *Især til at starte med var det rigtigt godt, men længere henne i forløbet var det mindre konstruktivt. Man kunne gentænke de fælles coachingmøder. F.eks. skal der være et klart program for, hvad der skal foregå, så det ikke bliver for meget løst snak. ... Hvis man ønsker at opretholde den uformelle form vil jeg anbefale at man enten laver møderne frivillige og/eller åbner for at de kan afholdes online f.eks. via teams - skærmdeling gør det muligt at få hjælp til kode - man skal bare kun være 2-3 personer med en coach, til gengæld kunne man nøjes med en time.*
- *Jeg brugte ikke coaching-møderne*

Sp. 3. Jeg fik en passende mængde **feedback** på mit arbejde:

- *Ja, god og brugbar feedback. Det var fedt at coachene havde afprøvet ens model og at de gav gode råd til ændringer i kode og til arbejdsark.*
- *Engageret coach, der oven i købet kom med en konkret ændring til koden.*
- *Ja, både fra coaches og medkursister. Gode sekvenser hvor man som kursister sparrede på hinandens idéer og model-/kodeovervejelser.*
- *Svært at få aktualitet, gennemprøvning og feedback til at passe sammen tidsmæssigt.*

Sp. 4. Jeg synes **CMC-modellen** var en hjælp når jeg skulle designe modeller og elevaktiviteter:

- *Ja helt klart som overblik*
- *Det er en god model, men jeg har brugt den "på bagkant", dvs. taget stilling til den efter at jeg har gennemført forløbet inden jeg skulle uploade*

- *Den gav et overblik, men kunne introduceres grundigere tidligere.*
- *Tja, jeg synes at modellen giver mening, men jeg tror ikke jeg brugte den så bevidst undervejs*
- *Nej, jeg synes den forvirrede mig lidt. Jeg brugte den dog ikke til at designe den ene model, jeg selv lavede fra bunden, men når man skulle presse den ned over en færdiglavet model, så kunne det godt være lidt svært. Men sådan er det jo altid med sådan nogle modeller.*

Sp. 5. Indholdet på workshops var relevant for kurset

- *Fint med en blanding af det programmeringsmæssige og de didaktiske overvejelser.*
- *Det var fint på workshop 2 at se eksempler på programmer. Måske kunne man næste gang prøve at få lidt mere tid til at programmere.*
- *Nogle workshops var måske ikke så indholdstunge så det gjorde noget. Fyld gerne mere på!*
- *En del af indholdet på kursus 2 føltes som en gentagelse af det, vi allerede havde talt om.*
- *Hvis I ikke kommer med mere indhold bør workshop 3 skæres væk - det føltes i høj grad som spild af tid, da der ikke var noget nyt.*
- *Der skulle gerne være mere fokus CT-didaktik og det kom for sent i processen.*
- *Mange gode artikler og oplæg, men savnede at høre om andre muligheder end NetLogo, eller andre måder at tænke CT på.....*

Sp. 6. Jeg synes kurset havde stort nok fokus på Computational Thinking

- *Ja, rigtig godt*
- *Det passede mig rigtigt fint, at CT, samt det at lave programmering/CT tilgængeligt for elever, var så centralt i hele processen.*
- *Ja dilemmaet er nok om kurset er et codnings kursus eller kursus i CT. Jeg har tendens til at blive optaget af codningen for at få det til at virke. Når jeg sidder dybt i codning, er CT et abstrakt begreb.*
- *Kunne godt have tænkt mig, at der blev diskuteret/omtalt andre måde at lave CT på ud over netlogo*

Sp. 7. Jeg er blevet klogere på hvad CT er, og hvordan det kan inddrages i min undervisning

- *Bestemt. Flere gode ideer og forslag, så her er noget som jeg godt kunne finde på at bruge igen.*
- *Jeg har fundet ud af hvordan NetLogo kan inddrages og hvordan eleverne kan arbejde med kode og samtidigt få et fagfagligt udbytte.*
- *Lidt klogere på CT og meget klogere på NL*
- *Hvordan jeg inddrager CT mere generelt end specifikt brug af netlogo kunne være et fokus for fremtiden*

Fokusgruppeinterviews.

Som omtalt blev der gennemført tre fokusgruppeinterviews i forbindelse med kursusforløbet. To forholdsvis tidligt i forløbet i forbindelse med workshop to – WS2. (Der blev gennemført interviews med både det østlige og det vestlige hold af kursister). Det tredje interview blev gennemført i forbindelse den sidste workshop – WS4.

Da hvert af de tre fokusgruppeinterviews er gennemført med et mindre antal kursister, er disse interviews primært brugt til at nuancere eller uddybe synspunkter, der er til stede i de kvalitative før- og eftersvar. De spørgsmål, som kursisterne blev stillet i de to omgange spørgeskemaer, dukker op i som temaer i interviewene. Men da de fleste af de syv spørgsmål, som blev stillet i forbindelse med afslutningen af kurset, er rettet mod kursets

indhold og organisering, behandles de i forhold til gengivelse af indholdet i interviews som et samlet tema.

Derfor er indholdet i fokusgruppelinterviews analyseret i forhold til følgende temaer:

- A. Nye vinkler og redskaber i forhold til undervisningen. Hvad var kursisternes forventninger, og hvad var deres erfaringer
- B. Det almendannende aspekt af CT-undervisningen og elevernes mere generelle udbytte af forløbene (F.eks. udbytte i form af generiske kompetencer)
- C. Faglig læring hos eleverne og CT-læring – både på kursistniveau og på elevniveau
- D. CT-didaktik bl.a. brug af Use-Modify-Create og CMC-tilgangen
- E. Kursets indhold og organisering

A: Nye vinkler og **redskaber i forhold til undervisningen**. Hvad var kursisternes forventninger, og hvad var deres erfaringer

Efter WS2:

- *Jeg synes ... at det ser ud til at kurset kan give nogle redskaber som kan øge forståelsen hos nogle elever – både med kode og med de modeller vi arbejder med.*
- *Jeg synes ideen med kurset er virkelig god. Jeg har glædet mig til at kunne bruge det i undervisningen*
- *Jeg synes også det virker som et rigtig spændende program, det her Netlogo. ... Og det med at så får man både nogle mikroskopiske forståelser og kan se nogle makroskopiske fænomener, det synes jeg er spændende.*
- *Jamen, jeg er også rigtig glad for at være på kurset, og jeg synes, det er dejligt, at vi arbejder med det selv og kan bruge det ude med eleverne. Det er noget, man kan bruge her og nu.*
- *Noget jeg synes også er enormt motiverende det er, at det her det vil eleverne gerne arbejde med.*

Der er også kursister som er bekymrede for om de kan nå alt det, kurset lægger op til, og det de gerne vil:

- *Men det er noget der kræver noget tid. Det er noget de skal prøve flere gange. Hvis man bare lige viser dem programmerne i tre moduler. Eller hvad jeg frygter der af tid til det, så er det ikke noget de lærer, noget de tager til sig. De skal se eksempler på mange modeller.*

Efter WS4:

- *Det var også det, jeg sagde til eleverne: Jeg er selv kun lige i gang med at lære det her. Jeg kan sandsynligvis ikke svare på ret mange af jeres spørgsmål. Men nu prøver vi i fællesskab og kaste os ud i det. Jeg tror fordelene ved at spille med åbne kort over for eleverne, det er ... Så er de på sammen niveau som læreren, og så bliver det også tilladt at fejle ... Der er ikke nogen, der kan komme og dunke dem oven i hovedet, for vi er det samme sted i læringsprocessen. Der er masser af mine kolleger, der er meget mere rutinerede kodere end jeg er. Men noget af det jeg syntes var sjovt at opleve, det var at jeg selv blev meget grebet af det da jeg først lige var ovre den første forståelsestærskel, og havde været i gang med den første model. Den begejstring kan man godt formidle videre til eleverne. Jeg tror når man selv har oplevet den, så ved man også, at der ligger noget rigtig fedt for dem derude. Som de kan komme med ud og opdage. Så bliver det også nemmere autentisk at skubbe dem i en bestemt retning.*

B: **Det almendannende aspekt** af CT-undervisningen og elevernes mere generelle udbytte af forløbene (F.eks. udbytte i form af generiske kompetencer)

Efter WS2:

- *Den anden ting som jeg synes gik op for mig i dag ... at man egentlig lærer om modeller i det her. Det synes jeg så kunne være argumentet for at man også skal involvere eleverne i noget kodning ... det med at lære dem om at lave modeller, der kunne være en pointe dér.*
- *Når man kigger på de modeller og så ser, at det styrker altså deres kompetencer på mange måder til at forstå de her meget komplekse ting. Og også til at se: Hvor kan vi have nogle begrænsninger på de modeller vi anvender. Jeg synes også det er noget af det der er snakket noget mere om i dag, og det kan forhåbentlig overføres til noget mere dannelses ... til et dannesperspektiv. Til at se, hvordan bruger vi modeller andre steder?*
- *Jeg tænker det der med at løse et eller andet problem. Det er noget man skal kunne med at være kreativ og tage det skridt for skridt. Det tror jeg er vigtigt.*
- *Jeg tænker noget med at tænke logisk. Altså hvad er det faktisk at løse et problem? De bliver tvunget til at være meget konkrete for at programmere det korrekt. Det med præcision er ikke altid det de er bedst til. Det kan de måske lære lidt af.*

C: Faglig læring hos eleverne og CT-læring – både på kursistniveau og på elevniveau

Efter WS2:

- *Vi har kørt grundforløb. Vi har brugt en netlogo klimamodel, og den kobler ikke op på mine fag, men der har jeg kunnet se hvordan netlogo klimamodellen gør at eleverne kaster sig ud i at få meget større forståelse af sådan noget som drivhuseffekt end de ellers normal får. Så det giver et billede af, at det kan være rigtig brugbart for eleverne til at forstå nogen modeller.*
- *Jeg synes virkelig, at det her det er også en måde at illustrere fagenes metoder. Det kan godt være, at vi ikke blander ting sammen i laboratoriet. Men, de kan se, at for at lave en model, så skal vi afgrænse vores virkelighed. Vi bliver nødt til at sige, hvad kan vi have med og hvad kan vi ikke have med. Og vi bliver nødt til at variere én ting i gang, før vi har styr på, hvad de forskellige parametre de har betydning for vores system.*
- *Men hvis vi taler modellering Og der synes jeg jo, at programmet er rigtig godt i forhold til, at man kan lave alle de her grafer. Og sige, ok, det er så den matematiske model og den beskriver så den her sammenhæng mellem tingene, der afbildes i vores koordinatsystem. Så kan du selv gå ind og se på grafernes form, og så lave den matematiske modellering, og så koble det til ...*
- *[Jeg synes], at det er vældig fint til at vise, hvad modellering er for en størrelse. At der er informationstab, og hvad det nu ellers er for nogle ting, man skal tænke over.*

Efter WS4:

- *Min erfaring er, at det er rigtig vigtigt at prioritere i sådant et forløb og få det ind på et tidligt tidspunkt ... men også at afsætte den nødvendige tid til det. Jeg havde undervurderet hvor meget tid jeg skulle bruge på det for at få det nødvendige udbytte. De fik i hvert fald noget computationel viden ud af det her, og de kunne også se relevansen af koblingen til det faglige. Men det kunne helt bestemt have givet et større udbytte hvis jeg havde prioriteret det og gjort det tidligere.*
- *De tog pænt imod det og – det var en klasse med 95% piger, og den del af det hvor de kunne sidde og ændre på former og farver, der flagrede det hele og blomstrede i alle mulige retninger. Og der var de ikke bange, men lige så snart det blev lidt mere hardcore: ... så blev det lidt presset. Og der kom spørgsmål som: Skal vi op i det her til eksamen? Så det skal ligge på et tidligere tidspunkt, hvor de er mere trygge og mere villige til at lege og at turde.*
- *Jeg oplevede, at det er en udfordring at finde et godt emne at arbejde med, og det er også en af de ting jeg tænker fremadrettet bliver et bånd for at arbejde med CT, det bliver at finde et emne at arbejde med,... Det bliver selvfølgelig nemmere når man har et katalog af ting man kan fyre af.*

D: CT-didaktik bl.a. brug af Use-Modify-Create og CMC-tilgangen

Efter WS2:

- *Jeg synes, der især er noget vundet ved at vise en meget simpel tilgang, at man kan lave en forforståelse af, hvad det er, og så bygge den ind som en simulering. Og så udvikler det sig til et univers, som opfører sig på en bestemt måde, afhængig af de parametre, man laver. Og det*

hænger bare rigtig godt sammen med fysikken, og det hænger rigtig godt sammen med matematikken og astronomi, som jeg også har.

- *Jeg synes du har helt ret. Fordi med ret simple midler, så kan man faktisk lige pludselig ... Der åbner sig en verden op, som også - som du siger - er mere kompleks og det vil eleverne også kunne mærke. Og der er nogle der siger "fedt at se, at vi kan lave det", vil jeg tro.*

Nogle af kursisterne udtrykker bekymring for deres elevers reaktioner:

- *Ja, men der er også rigtig mange, som lige så snart du viser dem noget kode, så står de af.*
- *Det visuelle [i NetLogo] er rigtigt godt, men programmeringen, den er godt nok farligt for dem. Så ja og nej, det har nok en legende tilgang, men der er også nogle, som der står helt af, når det handler om kodning.*

Efter WS4:

- *Jeg synes opdelingen i use-modify-create giver en virkelig let operationaliserbar ramme. Jeg tænker at jeg som udgangspunkt ret hurtigt ville kunne didaktisere arbejdet med en model ud fra den ramme.*
- *Det der use ... Det er det jeg selv bruger, det er det jeg synes der har værdi, at de prøver noget af og så retter de i koden.*
- *Jeg tror ikke jeg har tænkt CMC-modellen ind så meget ind. Men grunden til at jeg overhovedet startede på det her det var at jeg kunne se at det var det faglige det handlede om, så modelleringen og programmeringen det er bare noget der ligger omkring det. Så det skaber en anden tilgang til det faglige stof. Og den del synes jeg er vigtig.*
- *Jeg har arbejdet på et 3g højniveau fysikhold. ... Der var de rimelig modige i forhold til at kaste sig ud i skaberdelen og lave reelle tilføjelser til modellen. Det var lidt af en fed oplevelse.*

E: Kursets indhold og organisering

En del kursister har haft problemer med at lære at kode i NetLogo:

Efter WS2:

- *Jeg synes det har været godt men jeg har også mødt masser af frustrationer i forbindelse med kurset. Det hænger nok sammen med min baggrund i biologi. Jeg har ikke den store programmeringsbaggrund. Derfor jeg der været mange frustrationer i forbindelse med at jeg skulle skrive kode selv og arbejde med det på den måde*
- *Flere af den foreslår at der bør gøres noget mere for de kursister, der ikke har den store programmeringserfaring.*
- *Men det kan også godt være, at man skal tænke når man udbyder kurset så at lave en halv gang for nogle af dem som ikke har nogen baggrund for det. Så man kan få en halv dag, bare med coachene ude på institutionen, så man lige kom ind i tankegangen bag det her med at programmere.*
- *Vi fik jo faktisk en lektie for til førte workshop hvor man skulle igennem nogle tutorials, og det synes jeg rigtig gavnligt – rigtig godt – men jeg synes også der var det der spring. ... der kunne man måske godt have nogle flere tutorials, der kunne tage det lidt videre.*
- *Jeg synes de der tutorials fungerede fint. Og jeg gik på opdagelse i kataloget derinde og på nettet. Jeg synes der var noget tid på den første workshop som kunne have været brugt mere fokuseret på at arbejde med de konkrete værktøjer. Der var en masse motiverende oplæg og introduktion som jeg måske ikke fik så meget ud af. ... Så hellere nogle flere konkrete eksempler*
- *[Introduktionen til NetLogo] synes jeg fungerede fint, og det gav sådan en fin lidt legende intro til det. Men derfra og så til at skulle ud og lave sit eget program. Jeg ved godt, vi fik den liste, jeg ved godt jeg kom til at forlægge min. Hvad er alle de der kommandoer, som de her turtles kan? Der mangler vi altså lige en dags kursus i, hvad der er muligheder for de forskellige patches og de forskellige agenter? Alle skal jo i gang med at kode.*

Nogle kursister efterlyser ikke blot bedre tutorials, men mere effektiv støtte undervejs:

- *[Jeg efterlyser] Noget teknisk hjælp. Det blokerer mange. Bare i dag har vi siddet og ventet på at det blev vores tur. Så går man i stå. Og det er det samme vores elever oplever i vores timer. For nuværende er det mest programmeringsdelen jeg bruger meget tid på. Jeg når ikke helt hen til den didaktiske del, som man gerne vil ende ud med.*
- *Jeg ville med kyshånd have taget imod et for nybegyndere introduktionskursus som kunne have ligget før den første kursusgang, hvor man blev lige ... Helt fra bunden. NetLogo for dummies*

Coachingmøderne bliver generelt vurderet særdeles positivt:

- *Så kan jeg godt lide de der små [møder]. De der halve dage. Det synes jeg var fint fordi der sad vi i mindre grupper.*
- *Jeg synes også det har fungeret godt, og jeg synes vi har været godt hjulpet i forhold til at komme i gang. Det var rart med coachingmødet som opfølgning, før man skulle lave en aflevering.*
- *Så hvis der skulle være noget [at forbedre ved kurset], så skulle det være at lægge et coaching-møde mere ind, hvor man bliver frigjort fra skolen*

En del kursister har oplevet at det har været svært at finde den nødvendige tid til at arbejde med deres model/modeller

- *Det jeg er allermest frustreret over er at jeg synes det er ret tidskrævende og det har ikke været tænkt ind i min opgavefordeling. Jeg synes det er frustrerende at man gerne vil lave noget godt men jeg har bare ikke tiden til at kunne nå særlig langt med det.*
- *Ja, det kommer over til den der tidsfaktor, som jeg tror vi alle ligger under for. Vi bruger faktisk meget mere tid end det .. Vi har fået nogle timer, der hvor jeg kommer fra, men der er nogen der siger, at de ikke har fået noget ekstra tid til det, så bliver det en ekstra belastning. Den vi har fået dækker jo heller ikke den tid vi bruger overhovedet.*
- *Det her kursus er netop bygget op på, at man skal arbejde med det derhjemme, både i klasserne, men også med sig selv. Og du har helt ret i, at vi har meget at lave.... . Men jeg synes, det er helt vildt spændende og jeg vil gerne bruge noget mere tid, end jeg har gjort. Jeg har bare haft helt vildt travlt her i efteråret, og det er frustrerende.*
- *Og det er bare ærgerligt, når man nu kommer på sådan et kursus, der virkelig er interessant. Det kræver nemlig noget af en at være med på det her kursus.*
- *Der er kursister der har haft vanskeligheder med de webressurser, der er brugt i forløbet:*
- *Man kunne heller ikke finde det man havde uploadet, det kunne man heller ikke lige finde bagefter.*

Efter WS4

Nogle kursister efterlyser en slags manual til programmering i NetLogo

- *OK, men jeg tænker også med henblik på næste gang man kører kurset i 21-22, er det måske der man er kommet så langt så man kan sige at nu kan man rent faktisk godt give et redskabskatalog om hvor skal vi henad.*
- *... jeg har lyst til at lave den der guide fra A til Z. Eller bare fra A til B. Det tror jeg kunne have hjulpet mig og måske også mange andre. Frem for bare learning by doing, så og en mere lineær tilgang: Sådan virker det her. Som programmeringssprog – NetLogo. For vi er meget bundet til at det her foregår i NetLogo. Og selv om man kan søge sig til forklaringen på næsten alt, så er der mange ting, som ikke fremgår. Så man kunne godt have en lidt mere udbygget version end den one-sheet, vi fik. En side med nogle koder, det kunne man godt ...*
- *For mig også et mere overskueligt katalog over – ikke alle kommandoer for man kan jo søge på det - men hvordan ser noget ud, hvor man kan se, det her er en smart måde at gribe det her an på. Så man har et katalog over i hvert fald nogle brudstykker, som man kan hente ind.*

6: Formidling af kursusforløbet og CT

6.1: Formidling i national sammenhæng

Siden det første CT-kursus i 2017 er der i forskellige sammenhænge udarbejdet en række materialer som informerer og/eller instruerer om inddragelse af CT-i-fag. Det drejer sig om følgende:

Materiale udarbejdet i forbindelse med CTiMNAT-kurserne eller brugt i kurserne:

- Færdige CT-undervisningsforløb: Afprøvede modeller i NetLogo med tilhørende aktivitetsbeskrivelser og arbejdsark udviklet af danske gymnasielærere. (<https://library.ct-denmark.org/>)
- Computational Thinking i gymnasiefag – En modelbaseret didaktik, Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet, 2020. Et hæfte med en CT-didaktik, som er blevet til på baggrund af erfaringerne fra projekterne. (<https://cs.au.dk/fileadmin/www.cct.au.dk/cctd.au.dk/PDFs/CT-didaktik2020.pdf>)

Introduktioner til NetLogo og CMC-tilgangen:

- Computational Thinking og Modellering i STEM-fag i gymnasiet. Kort YouTube-video fra Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet, 2020. Videoen præsenterer CMC-modellen og viser en klasses arbejde med en NetLogo-model. (<https://www.youtube.com/watch?v=9R9r5w2Gr-w>)
- Computational Thinking i gymnasiefag. Fem artikler i LMFK-bladet, 2020, skrevet af kursusederen og coaches på baggrund af deres erfaringer med at inddrage CT i deres undervisning. Der er tale om følgende artikler (findes på http://www.lmfk.dk/artikler/data/artikler/2001/2001_10.pdf)
 - *Computational thinking i gymnasiefag* (Jonas Ørbæk Hansen, Silkeborg Gymnasium og Center for Computational Thinking og Design (CCTD), Aarhus Universitet, Frode Peulicke, Gefion Gymnasium, Allan Jensen, Silkeborg Gymnasium, Solveig Skadhauge, Nærum Gymnasium)
 - *Computational thinking i matematik – vækstegenskaber* (Frode Peulicke, Gefion Gymnasium)
 - *Computational thinking i naturvidenskabelig grundforløb* (Solveig Skadhauge, Nærum Gymnasium)
 - *Computational thinking i fysikfaget – henfaldsloven* (Jonas Ørbæk Hansen, Silkeborg Gymnasium og Center for Computational Thinking and Design (CCTD), Aarhus Universitet)
 - *Computational thinking i matematik – differentialligninger* (Allan Jensen, Silkeborg Gymnasium)

Evalueringer af afsluttede CT-forløb:

- Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab. Evaluering af det første år i matematik-naturfagsprojektet (CTiMNAT-1) (Buch et al., 2019)
- CT i Gymnasiefag (CCTD, 2018)

Baggrund for indførelse af CT i gymnasieundervisning:

- Podcast-serie om computational thinking i forskning og uddannelse. Podcasts fra It-vest, 2020. Produceret af Anders Høeg Nissen, der er kendt fra DRs Harddisken. (<https://www.it-vest.dk/aktiviteter/podcast-om-computational-thinking/>)
- Computational Thinking — hvorfor, hvad og hvordan? Rapport fra It-vest, 2018. (Caspersen, Iversen, Nielsen, Hjorth, & Musaeus, 2018)
- Caspersen, Michael E.: Computational thinking, kapitel 4.15 i Gymnasiepædagogik – En grundbog, 3. udg., side 470 – 478, Hans Reitzels Forlag, 2017. (Caspersen, 2017)

6.2: Formidling i international sammenhæng

Resultaterne af pilotprojektet er præsenteret i (Musaeus & Musaeus, 2019).

Det evalueringsværktøj af undervisningsforløb, der er omtalt i afsnit 4.6, præsenteres i (Musaeus, Nowack, & Caspersen, 2021). Artiklen er under udgivelse. Artiklens abstract lyder:

Evaluating Teaching Activities in Computational Thinking and Modeling Produced by High School Teachers in non-Computer Science Subjects.

Abstract: Computational modeling is recognized as an important aspect of Computational Thinking (CT) and has been suggested as a way to integrate CT into non-computer science subjects in high school. However, many high school teachers lack knowledge of CT and computational modeling, and hence the competences to foster students' development of CT and computational modeling. Therefore, research is needed for equipping high school teachers with skills and competences in CT and computational modeling and an instrument for evaluating the teaching activities they produce. The paper reports on the development of an evaluation instrument for evaluating teaching activities produced by high school teachers during two professional development courses. The paper provides details for others to adopt the evaluation instrument. One course included programming activities related to agent-based modeling in NetLogo for the teachers, the other course did not. Otherwise the courses provided the teachers with comparable training. The study evaluated 52 teaching activities produced by 86 teachers from 44 high schools in 12 different high school subjects, and the learning experience of 897 students. Results, from applying the evaluation instrument on the teaching activities, showed that teachers were able to design teaching activities that enabled them to teach CT and computational modeling only if they had participated in programming activities during the professional development course. The evaluation instrument represent a novel and fruitful way for predicting the efficacy of teacher-designed activities for learning computational modeling and for students to tinker with learning CT and computational modeling.

7. Udsyn til det tredje kursusforløb

På baggrund af erfaringerne fra CTiMNAT-2 bør man overveje følgende ændringer/forbedringer i forbindelse med det tredje forløb (CTiMNAT-3):

Datoer, steder og deadlines for kursusforløbets aktiviteter (workshops, coachingmøder, uploads af eget arbejde) bør i den udstrækning det overhovedet er muligt, meldes ud ved kursets start.

Coaching og støtte undervejs fungerer godt, men der er behov for en mere systematisk introduktion til NetLogo for de kursister, der har ingen eller en begrænset erfaring med at programmere. Det kan eventuelt ske i form af en valgfri kursuseftermiddag. Desuden vil det være hensigtsmæssigt med mere materiale (webinarer, instruktionsvideoer, etc.), der er målrettet kursistgruppens særlige baggrund.

Det bør overvejes, hvordan og i hvilket omfang det vil være muligt i forbindelse med kursusforløbet at styrke kursisternes muligheder for at sprede deres viden på egen skole. Eventuelt gennem at involvere kolleger i brug af de udviklede undervisningsforløb.

I CTiMNAT-2 er det undersøgt, hvordan eleverne oplever at arbejde med CT. Hvis det er muligt, bør det i forbindelse med et nyt forløb undersøges, hvilken dybde elevernes læring på CT-området har. Det kan eventuelt ske ved at undersøge i hvilken grad eleverne er i stand til at overføre, de CT-kompetencer, de tilegner sig i ét fag, til et andet fag.

Resultater fra det parallelle kursus tyder på, at lærere i samfundsfag har samme tilgang til modeller, som den vi har set hos lærere i de naturvidenskabelige fag. Det vi derfor være muligt (og interessant) også at udbyde det tredje kursusforløb for lærere i samfundsfag.

(Tilføjelse i august 2021):

CTiMNAT-3 kurset er udbudt med start i august 2021. Der er 60 tilmeldte kursister. I relation til ovenstående anbefalinger er der følgende konkrete nye tiltag:

- På grundlag af erfaringer fra det parallelle kursus (MCTiG), tilbydes kurset til lærere i samfundsfag. Dog skal der fra samfundsfagslærerens skole også tilmeldes en lærer fra matematik eller et naturvidenskabeligt fag.
- Som forberedelse til Workshop 1 skal kursisterne læse en af de omtalte LMFK-artikler og et kapitel i didaktikhæftet (se afsnit 3). Ligesom sidst skal de lave nogle NetLogo-tutorials, men disse er nu forbedret som video-tutorials.
- Der introduceres en 3-timers introduktion til programmering i NetLogo. Det vil foregå i mindre grupper på 10-15 personer. Kursisterne kan melde fra, hvis de på baggrund af de indledende NetLogo-videotutorials og Workshop 1 ikke mener, at de har brug for yderligere introduktion. Der vil blive fremstillet en række video-tutorials til dette formål.

- I år 2 var der på Workshop 1 planlagt en stilladseret aktivitet, hvor kursisterne skulle gøre sig nogle overvejelser om det fænomen, de gerne vil lave en NetLogo-model over. De blev blandt andet bedt om at beskrive fænomenet på systemniveau og agent-niveau, og konkretisere egenskaber og adfærd for deres agenter, samt beskrive udseendet og funktionaliteten af modellens Interface. Derefter skulle kursisterne i gang med at lave modellen i NetLogo. Det var vores oplevelse at kursisterne gik meget hurtigt igennem første del, for at gå i gang med NetLogo. I år 3 vil vi tvinge kursisterne til at overveje og beskrive deres model mere dybdegående, inden de bevæger sig over i NetLogo. Det sikrer, at der er mere fokus på modellen og at modellen er gennemtænkt, inden de programmeringsmæssige udfordringer "stjæler" opmærksomheden og overblikket.
- Der vil være større fokus ved Workshop 1 på at kursisterne skal tænke i simple modeller - både for deres egen skyld (for at kunne kode modellen i NetLogo) og for elevernes. Samme overvejelser blev introduceret sidste år på Workshop 1, men åbenbart ikke tydeligt nok. Denne del af workshopen er derfor ændret.
- Aktiviteten på Workshop 1, hvor kursisterne skulle "lege elever" og afprøve en CT-aktivitet fra året forinden, var en god aktivitet men blev ikke afviklet. I år 3 skal der sættes mere tid af til denne aktivitet og den laves i mindre grupper ledet af coachene. Kursisterne vil have mulighed for at vælge sig ind på fag og gå med en coach, der står for introduktion til aktiviteten og opsamling.)

8. Referencer

- Buch, J., Etches, A., Nielsen, K., Musaeus, L. H., & Hjorth, A. (2019). *Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab (CTiMNAT)*.
- Caspersen, M. E. (2017). Computational Thinking. In J. Dolin et al. (eds), *Gymnasiepædagogik - En grundbog* (3rd ed., pp. 470–476).
- Caspersen, M. E., Iversen, O. S., Nielsen, M., Hjorth, A., & Musaeus, L. H. (2018). *Computational Thinking - hvorfor, hvad og hvordan?* Retrieved from https://www.it-vest.dk/fileadmin/user_upload/pdf/2018-12-18--Computational-Thinking--hvorfor-hvad-og-hvordan--PRINT-2-sided.pdf
- CCTD. (2018). *CT i Gymnasiefag. Afsluttende rapport til Region Midtjylland/Regional udvikling*. Retrieved from https://cctd.au.dk/fileadmin/user_upload/CT_i_Gymnasiefag-afslutningsrapport-ur.pdf
- Musaeus, L. H., Hansen, J. Ø., Damsgaard-Madsen, M., & Nielsen, K. (2020). *Computational Thinking i gymnasiefag - en modelbaseret didaktik*. Retrieved from <https://cctd.au.dk/fileadmin/www.cctd.au.dk/cctd.au.dk/PDFs/CT-didaktik2020.pdf>
- Musaeus, L. H., & Musaeus, P. (2019). Computational thinking in the Danish high school: Learning coding, modeling, and content knowledge with Netlogo. *SIGCSE 2019 - Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 913–918. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287452>
- Musaeus, L. H., Nowack, P., & Caspersen, M. E. (2021). Evaluating Teaching Activities in Computational Thinking and Modeling Produced by High School Teachers in non-Computer Science Subjects. In *Under udgivelse*.
- Nowack, P., & Caspersen, M. E. (2014). Model-based thinking and practice, 147–151. <https://doi.org/10.1145/2674683.2674686>
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165–205. https://doi.org/10.1207/s1532690xc2302_1

BILAG: Den afsluttende CT-konference

Den afsluttende konference blev afholdt 27. januar 2021. Konferencen var fælles for de to projekter. Der var mere end 100 deltagere. Temaet var, hvorfor og hvordan man uddanner og efteruddanner lærere til at undervise i Computational Thinking i gymnasiet, og hvilken rolle resultaterne fra de to søsterprojekter kan spille i den forbindelse.

Konferencen blev afviklet på Zoom og optaget på video. Videoen er tilgængelig: [Link til konferencevideo](#).

Program for konferencen:

13.00-13.05	Velkomst: <i>Martin Ingemann</i> , rektor, Egaa Gymnasium
13.05-13.20	<i>Hanne Roed</i> : Rammer og visioner i Region Midtjylland
13.20-13.35	<i>Egil Dixen</i> : Hvorfor er Computational Thinking vigtig for udvikling af gymnasiet?
13.35-13.45	<i>Marianne Graves Petersen</i> og <i>Ida Christine Vestergaard Andersen</i> : Informatikundervisning. Ny masteruddannelse fra Aarhus Universitet
13.45-14.00	<i>Marie-Louise Wagner</i> : Digital myndiggørelse i den danske grundskole
14.00-14.10	<i>Pause</i>
14.10-14.15	Video (3 min): Computational Thinking i STEM-fagene i gymnasiet
14.15-14.30	<i>Line Have Musaeus</i> : Computational Thinking i gymnasiet
14.30-14.50	<i>Jonas Ørbæk Hansen</i> og <i>Morten Damsgaard-Madsen</i> : Om de to efteruddannelsesforløb
14.50-15.05	<i>Pause</i>
15.05-15.25	<i>Jonas Ørbæk Hansen</i> : Præsentation af CCTD-Library og udvalgte undervisningsforløb
15.25-16.10	Fremtid for CT i gymnasiet – paneldebat: <i>Michael E. Caspersen</i> (ordstyrer), <i>Hanne Roed</i> , <i>Kathrine Madsen</i> , <i>Lars Bluhme</i> , <i>Linda Bettina Petersen</i> , <i>Egil Dixen</i> .
16.10-16.15	Afslutning: <i>Martin Ingemann</i>

Oplægsholdere og paneldeltagere:

Hanne Roed er 1. næstformand for Regionsrådet, Region Midtjylland, og medlem af Udvalget for Regional Udvikling.

Egil Dixen sidder styregruppen for Danske Science Gymnasier (DASG). Har her ansvaret for Computational Thinking i Matematik og Naturfag. Har virket i gymnasiet i 40 år, heraf 13 år som Egaa Gymnasiums første rektor.

Marianne Graves Petersen er lektor ved Institut for Datalogi, Aarhus Universitet.

Ida Christine Vestergaard Andersen er faglig koordinator for Master i Informatik Undervisning.

Marie-Louise Wagner er centerkoordinator i Center for Computational Thinking & Design på AU. Projektleder for forsøg med valgfag i teknologiforståelse (2017 - 2020), kompetenceopbygning for folkeskole- og gymnasielærere inden for digital myndiggørelse samt udvikling og koordinering af fellowship for folkeskolelærere, der arbejder med teknologiforståelsesfagligheden.

Jonas Ørbæk Hansen er projektleder på *Computational Thinking i Matematik og Naturfag*. Underviser i fysik og kemi på Silkeborg Gymnasium.

Morten Damsgaard-Madsen er projektleder på *Modellering og Computational Thinking i Gymnasiet*. Underviser i informatik, erhvervsøkonomi og samfundsfag på Egaa Gymnasium.

Line Have Musaeus er Ph.d.-studerende ved CCTD og en af Danmarks førende CT-didaktikere. Tidligere underviser i biologi på Silkeborg Gymnasium.

Kathrine Madsen er fagkonsulent i Børne- og Undervisningsministeriet for fagene informatik og informationsteknologi. Underviser i informatik og matematik på Borupgaard Gymnasium.

Lars Bluhme er rektor på Odder Gymnasium. Er medlem af Danske Gymnasiers it-arbejdsgruppe som i foråret offentliggjorde en ny strategi på området.

Linda Bettina Petersen er formand for Foreningen af Lærere i Samfundsfag (FALS). Underviser i samfundsfag og historie på Rosborg Gymnasium og HF.

Michael E. Caspersen er direktør for it-vest og adjungeret professor i computational thinking ved Institut for Datalogi, AU. Har haft centrale roller i udformningen af fagene Informatik (gymnasiet) og Teknologiforståelse (grundskolen).

OM KONFERENCEN

Programmet faldt i tre dele (videoens tidskode er angivet i parentes)

1. Rammesætning (0:00:00 til 0:56:40)

Som indledning præsenterede en række aktører deres syn på udviklingen på området og deres rolle i denne udvikling. Der var indlæg fra Region Midtjylland, fra Danske Science Gymnasier, og fra CCTD, hvor medarbejdere dels fortalte om den nye masteruddannelse i informatikundervisning, dels om udviklingen af teknologiforståelsesfaget i grundskolen. Der er behov for en indsats, som passer ind i regionens bredere uddannelsespolitik, som giver de unge aktuelle kompetencer på det digitale område og som styrker undervisningen i gymnasiet, så den er afstemt med udviklingen i grundskolen og på universitetet. Det blev understreget af alle oplægsholdere, at den digitale udvikling i samfundet har skabt et behov for en ny type dannende og myndiggørende undervisning.

2. Præsentation af to afsluttede efteruddannelsesforløb (0:56:40 til 1:55:00)

Konferencen markerede afslutningen på to større forløb med efteruddannelse af gymnasielærere, hvor CCTD har spillet en central rolle:

- 22 lærere fra samfundsfag, dansk, historie, mediefag, økonomi og musik har afsluttet efteruddannelsesforløbet *Modellering og Computational Thinking i Gymnasiet*, der blev gennemført i samarbejde med Egå Gymnasium og støttet af Region Midtjylland.
- 40 lærere fra STEM-fagene har afsluttet et forløb i projektet *Computational Thinking i Matematik og Naturfag*, der blev gennemført i samarbejde med Danske Science Gymnasier (DASG) og støttet af VILLUM FONDEN.

Indholdet og resultaterne af de to kursusforløb blev præsenteret, herunder de nye didaktiske idéer, der ligger bag den tilgang til CT-undervisningen, som kursisterne har arbejdet med. I alt har kursisterne udviklet og afprøvet 27 undervisningsforløb, der kombinerer et kendt fagligt fænomen med en computerbaseret model, som er udviklet til netop dette undervisningsforløb.

3. Paneldebat: Hvad med fremtiden? (1:55:10 til 2:42:00)

Den sidste del af konferencen var en paneldebat rettet mod den kommende udvikling under overskriften *Fremtid for CT i gymnasiet*.

Deltagerne repræsenterede en række centrale aktører på området: *Region Midtjylland* (ved Hanne Roed, næstformand for Regionsrådet), *Børne- og Undervisningsministeriet* (ved fagkonsulent Kathrine Madsen), *Danske Gymnasier* (ved rektor Lars Bluhme), *Foreningen af Lærere i Samfundsfag* (ved Linda Bettina Petersen, formand) og *Danske Science Gymnasier* (ved Eigil Dixen, medlem af styregruppen).

Michael E. Caspersen, direktør for it-vest, var indpisker og ordstyrer.

Nogle hovedpunkter fra paneldebatten:

Udviklingen i gymnasiet er indrammet af det, der foregår i folkeskolen, og det der foregår på de videregående uddannelser. Begge steder forfølger man en to-strengt strategi: CT-som fag – i gymnasiet under navnet informatik – og CT-i-fag.

Flertallet af deltagerne efterlyste en lignende to-strengt strategi i gymnasiet. Det centrale er at få CT og andre digitale kompetencer bredt ud i mange fag, og af faglige grunde vil det kræve, at CT/informatik også sikres en plads som et selvstændigt fag.

For tiden er faget informatik obligatorisk på HHX på C-niveau og er semi-obligatorisk på HTX, og på STX. Men generelt er det vanskeligt at få eleverne til at vælge faget, fordi de fleste elever ikke ved, hvad informatik er fordi de ikke hører om det. Det vil ændre sig, hvis digital teknologiforståelse indføres i grundskolen.

Ordstyreren pegede på problemet med at udbrede en CT-dagsorden på gymnasierne.

Projekter, som dem der er præsenteret på konferencen, rammer kun nogle få lærere. Lige nu kæmper mange lærere en ensom kamp for at få CT ind i undervisningen. Hvordan breder man ud og skalerer op til mange lærere og mange fag, samtidig med at man opbygger den nødvendige faglige kultur omkring CT/informatik på skolerne?

En række konkrete muligheder blev præsenteret og diskuteret:

På den enkelte skole kan man sætte sig ned, ledelse og lærere sammen og gerne med elevrepræsentanter, og lave en it-strategi for skolen, som kan indeholde en målsætning om, at der skal indgå CT-problemstillinger i de enkelte fag. Udviklingen kommer ikke af sig selv, bare fordi resultaterne er der. Der skal også en ledelse til, som siger, "Det er det her vi vil".

Læreplanerne for alle fag skal gennemskrives, så de får et element af digital dannelse og evne til at skabe med digitale redskaber og digitale koder. Der skal være et selvstændigt fag, så det ikke er enten i fag eller som fag, men både-og.

Man kan synliggøre det, der allerede foregår på gymnasierne, gennem at lave en national platform for udvikling af it-undervisning: Mange lærere efterspørger undervisningsforløb, der er forholdsvis færdige, fordi de har så travlt. Så hvorfor laver vi ikke et fællesskab og får de her ting spredt? En landsdækkende portal for viden om det her. Det kunne være noget med at man ovenfra lagde en strategi for, hvordan vi får det ud til lærerne, hvordan får vi det didaktiseret, så det er forholdsvis nemt at gå til. Så kan vi godt få lærerne i tale.

Man er nødt til at udvikle en fagkultur på skolerne omkring det her. En progression fra folkeskolen til ungdomsuddannelser vil være helt naturlig. Men udviklingen vil kræve ressourcer fra politisk hold. Blandt andet til efteruddannelse. Vi kan ikke etablere en ny faglighed og en ny fagkultur uden at investere.

Danske Science Gymnasier vil gerne invitere til at samarbejde, hvor vi sammen prøver at udvikle nogle tilbud til skolerne. Når skolerne har lavet en it-strategi og gerne vil sætte noget i gang, så kunne det være rigtig godt, hvis vi kunne komme med et tilbud, som siger: Vi har faktisk et forløb her, som kan gå ud i langt de fleste fag, så vi kan lave skolebaseret efteruddannelse inden for CT. Den erfaring, som DASG har inden for de naturvidenskabelige fag og matematik, kan sagtens kan bredes ud i gymnasiet.

Det er integrationen af CT/informatik i fagene, der bliver fremtiden. Det bliver det, der kommer til at bringe os et andet sted hen. Danmark kan gå forrest på det her område, fordi vi har et godt uddannelsessystem. Vi skal gøre det nu, før de gør det i andre lande. Hvis nogen kan og vil gøre det, kan og vil vi politikerne finde penge til det.