

Muligheder og udfordringer ved at forene fagmål og innovation i biologiundervisning



Nanna Johanne Aude,
Reno Djurs I/S.



Niels Bonderup Dohn,
Aarhus Universitet.

Abstract: *Hvordan forener man innovation og faglig fordybelse i gymnasiets biologiundervisning? Denne artikel omhandler et forskningsprojekt der havde til hensigt at undersøge dette spørgsmål nærmere. Med udgangspunkt i design-based research blev et forløb om biomimicry afprøvet i tre gentagne, systematiske gennemløb. Resultaterne viser at det kan lade sig gøre at forene fagmål og innovation, men at balancen let forskydes. Undersøgelsen leder frem til et generelt spørgsmål om hvordan innovation evalueres i naturfagene, idet der er behov for et fagspecifikt bud på hvordan og på hvilke kriterier innovationskompetence evalueres i naturfagsundervisningen.*

Innovation i gymnasiets biologiundervisning

Den nationale innovationsstrategi “Danmark – Løsningernes land” understreger at innovation skal være et grundelement på alle uddannelsesniveauer i Danmark, og at innovation i højere grad skal integreres i uddannelserne og forankres på uddannelsesinstitutionerne (Regeringen, 2012). I loven om de gymnasiale uddannelser står der i kapitel 1 at uddannelsen skal “udvikle elevernes kreative og innovative evner og kritiske sans” (Ministeriet for Børn, Undervisning og Ligestilling, 2013). Gymnasie-loven udpeger således innovation som et formål, men beskriver ikke senere hvordan dette skal indfries. Ifølge fagbeskrivelserne for biologi i det almene gymnasium er et vigtigt aspekt af fagets identitet at give faglig baggrund for udvikling af ansvarlighed, stillingtagen og handling i forbindelse med aktuelle samfundsforhold med biologisk indhold. Arbejdet med innovation i biologiundervisningen er et konkret bud på hvordan undervisningen kan tilrettelægges mod netop handling og anvendelse.

Ifølge fagbeskrivelserne for biologi bør undervisningen opbygges tematisk. Det faglige indhold motiveres og struktureres med en særlig sag i fokus, som for eksem-

pel et samfundsmæssigt, et miljømæssigt eller et videnskabeligt problem. Eleverne undervises ud fra undersøgelser og eksperimenter der belyser den konkrete sag. Hvis man tilføjer innovation til undervisningen, kan man arbejde ud fra samme sag, men tilføje et formål: at udvikle løsninger på de udfordringer som er koblet til de fremtalte problemer. Innovationsundervisningen i biologifaget kan tilrettelægges med udgangspunkt i enten at arbejde ind i eller ud af faget. Med ind i faget menes at biologiske problemstillinger kan nytænkes vha. viden fra andre områder. Ud af faget betyder at biologisk viden kan anvendes som redskab til at løse konkrete problemstillinger udenfor faget.

En vigtig overvejelse er hvordan innovation og faglige mål bør vægtes i forhold til hinanden ved planlægning af et undervisningsforløb. Faglig fordybelse og kreativ udfoldelse er ikke hinandens modsætninger, men er heller ikke umiddelbart forenelige. Der er således et spændingsfelt hvor der på den ene side er et institutionelt ønske om at eleverne arbejder innovativt og kreativt, og på den anden side faglige krav og mål der skal tilgodeses indenfor en begrænset tidsramme. Prioriteres innovation og kreative arbejdsprocesser for højt, er der risiko for at forløbet vil have svært ved at fungere som en integreret del af undervisningen i faget (Christensen, Hobel & Paulsen, 2010). En reel bekymring blandt undervisere er at eleverne ikke lærer det naturfaglige indhold godt nok fordi innovationsprocesserne tager for meget fokus og tid (Okholm, 2014). En åbenlys indvending vil da være at "der er ikke nok biologi i forløbet".

På trods af kravet om integration af innovation i den fagfaglige undervisning i gymnasiet ses der fortsat kun få beskrevne eksempler. Resultatet er at det fortsat er uklart hvordan man tilgodeser innovation og kreative processer uden at det bliver på bekostning af de faglige mål. I denne artikel beskrives et forskningsprojekt der havde til hensigt at undersøge i hvilken grad det lader sig gøre at forene innovation og kreativitet med faglige mål.

Biomimicry

Mange af de problemstillinger som samfundet står overfor, er problemstillinger med biologisk karakter: klimaforandringer, ressourceknaphed og behov for bæredygtig omstilling blandt flere (United Nations, 2015). Biologifaget er derfor oplagt som afsæt for innovationsundervisning. Biomimicry er et eksempel på et tema for innovationsundervisning i biologi hvor der arbejdes ud af faget.

Biomimetik (eller bionik) er et relativt nyt videnskabeligt felt der forsøger at fremkomme med forbedret teknologi ved at hente inspiration i naturen. Biomimetik er en særlig designdisciplin hvor biologi spiller en nøglerolle. Ved at søge inspiration i naturen forsøger designere og ingeniører at skabe nye produkter der udnytter naturens designprincipper. I biomimetik bruger man altså ikke selve naturen, men man

bruger principperne bag de strukturer og mekanismer som igennem millioner af år er blevet tilpasset gennem evolutionen. Eksempelvis bruger man ikke selve ildfluen til at skabe en ny form for lys; man prøver at forstå det bagvedliggende princip som får ildfluen til at lyse, og efterligner dette (Helms, Vattam & Goel, 2009).

Biomimicry er en særlig form for biomimetik hvor der ikke kun er fokus på at udvikle nye produkter – her er der også fokus på at designet skal være bæredygtigt (Benyus, 1997). Det er netop ideen om bæredygtighed som gør biomimicry oplagt som innovationstema i gymnasiets biologiundervisning.

Naturens designprincipper er både konkrete og abstrakte. Arbejdet med biomimicry kan derfor foregå på forskellige niveauer. Overordnet skelner man imellem et overfladisk niveau hvor man lader sig inspirere af en form, et semioverfladisk hvor man lader sig inspirere af en funktion, og et dybt niveau hvor man lader sig inspirere systemisk (Volstad & Boks, 2012). Et klassisk eksempel på et design som efterligner en form, er Velcro. Den lille, indad bøjede, krog lignende struktur for enden af burreplantens kurvsvøbblade udgør en effektiv fasthæftningsmekanisme. Designet gjorde en af biomimicryens ophavsmænd, George de Mestral, både rig og berømt allerede i 1955 (Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyer & Pahl, 2006).

Funktionsniveauet kan illustreres med flodhestens sved. Forskere har vist at flodheste udskiller en multifunktionel sved bag ørerne. Substansen går fra farveløs til rød og senere brun i en polymeriseringsproces få minutter efter det er udskilt. Flodhestens sved fungerer som solcreme. Men sveden beskytter ikke alene både mod solens UVA- og UVB-stråler; sveden er også antibakteriel og har en struktur som gør den selvspredende på flodhestens krop (Saikawa et al., 2004). Idéen om en pigmentbaseret solcreme har en amerikansk solcremefabrikant taget til sig med produktet Hippo Sweat spf.

Det systemiske niveau kan illustreres med Kalundborg Symbiosis. Et netværk og ressourcensamarbejde mellem forskellige virksomheder der tager udgangspunkt i begrebet symbiose (samlev). Sammen skaber, deler og genanvender de ressourcer, spildstrømme, energi, vand og materialer med både økonomisk og miljømæssig gevinst (<http://www.symbiosis.dk>).

Designprocessen omkring biomimicry er oftest delt op i to. Først en fase der undersøger og definerer en menneskelig eller menneskeskabt udfordring. Dernæst en fase hvor fokus er at se på hvordan andre organismer eller økosystemer løser lignende udfordringer. Man undersøger altså naturens design og identificerer karakteristika, adfærd eller funktioner ved organismer eller økosystemer som kan inspirere til en løsning. Der findes forskellige procesværktøjer til at støtte en generel designproces, hvor mange af dem handler om at støtte den kreative proces. Bioinspireret design (den brede betegnelse for flere beslægtede naturinspirerede designdiscipliner) er anerkendt for at stimulere kreativitet (Christensen, Lenau & Ahmed-Kristensen, 2014).

Integrerer man biomimicry i biologiundervisning, kan det være en metode til at engagere eleverne i kreative problemløsningsøvelser som udfordrer dem til at tænke, til at stille spørgsmål og til at konstruere prototyper. Et undervisningsforløb om biomimicry kan bruges til at fange elevernes opmærksomhed og til at stimulere deres kreativitet og kritiske tænkning i biologi. Biomimicry kan hjælpe elever til at se relevansen af deres fag både som enkeltfag og i samspil med andre (Schroeter, 2010). Ifølge Gardner (2012) kan forløb om biomimicry bruges som tema for undervisning i Nature of Science (NOS).

Undersøgelsesdesign og kontekst

Undersøgelsen tager sit udgangspunkt i forløbet "Biomimicry – naturinspireret innovation", udviklet af NaturAgenturet (www.naturagenturet.dk). Med udgangspunkt i design-based research (DBR) blev forløbet afprøvet i tre gentagne, systematiske gennemløb. DBR er en forskningsmetode til at studere læring i kontekst gennem udviklingen og afprøvningen af didaktiske designs. I DBR implementeres didaktiske interventioner i gentagne afprøvninger i naturlige omgivelser for at teste den dominerende teoris økologiske validitet³ og skabe nye teorier for læring og undervisning (The Design-Based Research Collective, 2003).

Der er stor forskel på hvordan DBR praktiseres. I nordiske DBR-projekter deltager lærere ofte i udviklingen og afprøvningen af undervisningsdesign. Kritikere ser imidlertid DBR som en metode som blot skal lede til robuste undervisningsdesign snarere end videnskabelig forskning i sig selv (Kelly, 2004). Ifølge den internationale forskningslitteratur handler DBR ikke blot om at optimere et didaktisk design – målet er at man vha. DBR kan besvare et teoretisk spørgsmål om læring og didaktik (Brown, 1992; Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003; Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004). Vores mål var at undersøge et teoretisk spørgsmål, og vi fravalgte derfor at involvere biologilærere i udviklingen med afsæt i anbefalingerne af Gravemeijer og Cobb (2006). I denne undersøgelse blev DBR anvendt med henblik på at besvare forskningsspørgsmålet:

Hvilke muligheder og udfordringer er der forbundet med at integrere fagmål og innovation i et undervisningsforløb om biomimicry?

I det følgende beskrives undervisningsforløbet "Biomimicry – naturinspireret innovation". Forløbet var tilrettelagt så det kunne afvikles på en enkelt skoledag (kl. 8-15) for én gymnasieklasse. Forløbet var overordnet inddelt i tre faser. Først en introduktionsfase

3 Økologisk validitet betyder at undersøgelsen har fundet sted i naturlige omgivelser (her: klasserummet).

hvor behovet for bæredygtig omstilling og udvikling blev præsenteret for eleverne. I forlængelse heraf blev biomimicry introduceret som tværfaglig designdisciplin. Herefter fulgte en elevstyret eksekveringsfase hvor eleverne med vejledning skulle identificere en problemstilling der kan løses vha. biomimicry. I denne fase skulle eleverne bruge databasen AskNature til at søge inspiration til deres udfordring. Eksekveringsfasen minder om inquiry-baseret undervisning idet eleverne selv valgte problemstilling og selv definerede hvordan problemstillingen skulle løses vha. inspiration fra biologien. Eksekveringsfasen blev afrundet med elevernes præsentationer af deres produkt. Præsentationen foregik mundtligt med fremvisning af en planche der illustrerede deres design, og en prototype, fremstillet i pap, papir og træ. Forløbet blev afsluttet med evaluering hvor eleverne reflekterede over dagens udbytte. Undervisningen blev varetaget af to undervisere fra NaturAgenturet, herunder artiklens førsteforfatter.

Data fra undersøgelsen omfatter observationer, spørgeskemasvar og interviews. Observationerne blev foretaget af de to undervisere fra NaturAgenturet. Observationerne var for det første rettet imod i hvor høj grad biologifaglig viden kom i spil i forløbet. Her var fokus på i hvor høj grad eleverne udviste forståelse for den bagvedliggende biologi (f.eks. om der indgik biologiske fagbegreber i elevernes arbejde). For det andet involverede observationer også vurdering af de enkelte elevgruppers præsentationer og produkter. Her var bl.a. fokus på i hvor høj grad elevernes produkter var bæredygtige forbedringer af eksisterende koncepter, om brugen af biomimicry var fyldestgørende, og i hvor høj grad biologisk faglighed var i spil. For det tredje blev elevernes formidlingsmæssige kreativitet vurderet ud fra hvordan de præsenterede deres ide mundtligt, i planche og prototype (f.eks. det visuelle udtryk).

Observationsnoter blev nedskrevet så vidt muligt under selve forløbet. Efter forløbets afslutning blev observationerne diskuteret. Modstridende opfattelser er blevet drøftet så det er blevet tydeliggjort hvori uenigheden bestod.

Eleverne udfyldte et spørgeskema efter undervisningens afslutning. Målet var at få indblik i hver enkelt elevs oplevelser omkring faglighed og kreativitet i forløbet. Spørgeskemaet blev udarbejdet i *Google Analyse* og bestod af åbne spørgsmål. Et eksempel på et spørgsmål: "Fortæl hvordan du brugte din biologiske faglighed i workshopen."

Inden hvert gennemløb blev en mindre gruppe elever udvalgt til fokusgruppeinterview med hjælp fra klassens biologilærer. Denne gruppe deltog i et opfølgende interview. Interviewspørgsmålene var dels evaluerende (f.eks. "Hvordan oplevede I dagen?"), dels afstemt med undersøgelsens forskningsspørgsmål (f.eks. "Hvordan kunne man integrere biologi endnu mere?"). Der blev foretaget tre interviews med hhv. fem elever (fire piger, én dreng), fire elever (tre piger, én dreng) og fire elever (to piger, to drenge). Interviewene blev optaget med diktafon og videokamera, og der blev taget noter undervejs. De efterfølgende transskriptioner blev suppleret med nonverbale tegn på for eksempel enighed.

Elevernes svar i spørgeskemaet og interviews blev kodet tematisk (Braun & Clarke, 2006). Underviserne fra NaturAgenturet foretog analyserne, herunder sammenlignede og diskuterede kodning efter hver session, og modstridende fund blev forhandlet og omkodet indtil en fælles forståelse blev nået.

Første gennemløb

Første gennemløb blev afprøvet på en 2.g klasse med biologi A, matematik B og idræt B som studieretningsfag. Klassen bestod af 25 elever, 12 drenge og 13 piger. Klassens lærer var til stede på dagen.

I forløbets første fase var eleverne meget stille, og de spørgsmål som var planlagt til plenumdiskussion, blev i stedet stillet så grupperne først kunne diskutere dem indbyrdes. Herefter fulgte en plenumdiskussion om behovet for bæredygtig omstilling. Eleverne argumenterede med udgangspunkt i deres faglighed for sammenhænge mellem og årsager til biologiske problemstillinger. I forløbets anden fase, den elevsekverende del, viste der sig allerede fra første øvelse stor spredning på grupperne. Nogle grupper greb den kreative brainstorm hurtigt, mens andre grupper måtte støttes undervejs. Eleverne begyndte tidligt at overveje løsninger. I denne fase, hvor det var meningen at eleverne skulle bruge databasen AskNature til at søge inspiration til deres udfordring, havde flertallet af grupperne allerede lagt sig fast på en løsning, hvorfor researchprocessen for de fleste blev brugt til at finde belæg for deres på forhånd besluttede idé. Generelt havde grupperne svært ved at håndtere designudfordringen.

Ved afslutningen var der tydelig forskel på hvordan grupperne havde prioriteret de faglige mål, og hvor kreative og nytænkende deres løsningsforslag var. For eksempel havde Gruppe 1 der arbejdede med den bæredygtige plastikpose "Eggy-bag" (figur 1), valgt at analysere deres problem biologifagligt med inspiration fra ægget. De integrerede dog kun en enkelt mekanisme i deres design som derved fremstod simpelt og uoriginalt. En anden gruppe arbejdede på idéen om en åndbar nedbrydelig plastikpose. Gruppen brugte lang tid på at finde forskellige organismer i databasen AskNature samt at få en grundig forståelse af disse. De formåede dog ikke at bringe disse informationer i spil i deres design. Overordnet set var der et lavt fagligt niveau i klassens præsentationer og prototyper selvom klassens generelle biologifaglige niveau vurderedes at være højt. Samtidig var flere af idéerne påfaldende uoriginale, forstået på den måde at det ikke var tydeligt hvordan det var inspireret af naturens design.



Figur 1. Resultatet af en gruppes arbejde: "Eggy-back".

I spørgeskemaet blev eleverne bedt om at svare på hvordan de havde brugt deres biologiske faglighed. De fleste svar centrerede sig om brugen af organismer – altså en konkret anvendelse baseret på en organismes egenskaber. Kun to elever angav at de havde brugt deres faglige viden i tråd med fagmålenes krav om analyse og vurdering af biologiske problemstillinger. Tre elever svarede at de ikke oplevede at deres faglige viden fra biologi på A-niveau havde været i brug. En elev udtrykte det således: *"Jeg ved ikke helt hvad jeg har brugt af biologisk faglighed! Det meste af det jeg havde om, var noget jeg fandt på internettet, og havde ikke rigtig noget at gøre med den viden jeg har på forhånd."* En anden elev oplevede at innovationselementet havde domineret: *"Min biologiske faglighed spillede ikke så stor en rolle da det mest af alt handlede om at tænke nyt. Det jeg i forvejen vidste, har ikke helt nogen betydning. Jeg tænker at det også er muligt at lave samme opgave selvom man ikke har Bio A."*

I fokusgruppeinterviewet blev eleverne spurgt hvordan man kunne have inddraget mere biologifaglighed i forløbet. Hertil svarede eleverne at man kunne have skrevet en artikel eller rapport hvor man kunne dykke ned i det faglige. Men som én bemærkede, så *"bliver [det] lidt for tungt hvis man sådan har arbejdet hele dagen og så skal slutte af med at skrive sådan en rapport. Det tror jeg bliver sygt fesent."*

Konklusionen på forløbets første gennemløb var at innovation fyldte mere end faglighed. Derfor blev det besluttet at justere på forløbet i retning af mere faglig fordybelse:

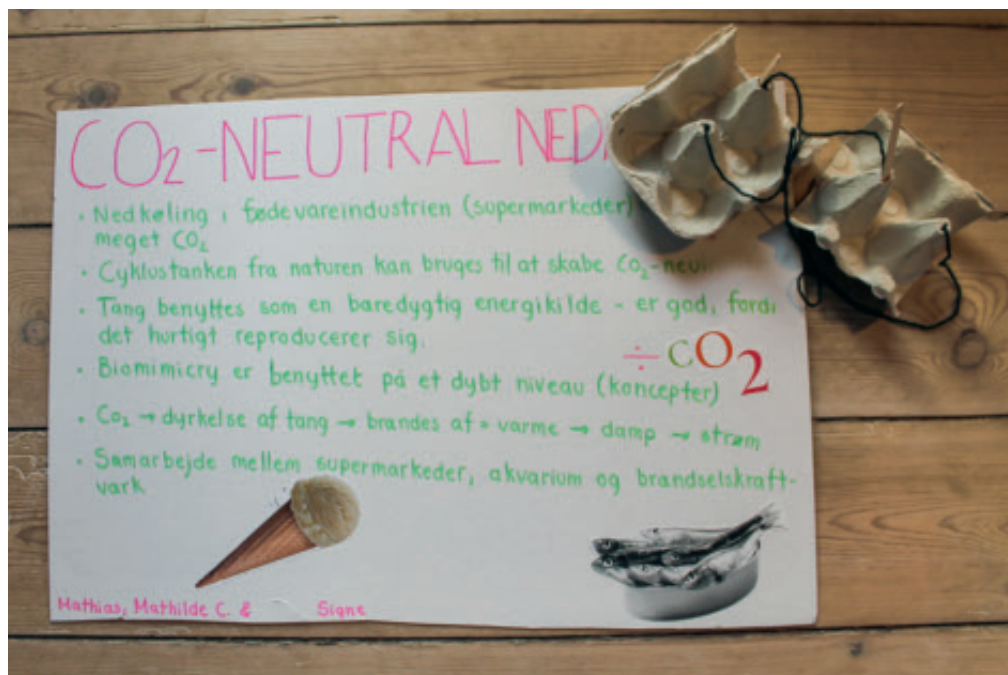
- Større vægt på miljø- og klimaproblemer med en række konkrete eksempler
- Mere tid til at forklare eleverne forskellen på problem og løsning
- Præcisering af den faglige forankrings betydning for et godt resultat.

Elevernes ide med en skriftlig afslutning i form af en rapport eller artikel blev fravalgt pga. tidsaspektet.

Andet gennemløb

Andet gennemløb blev afprøvet i en 2.g klasse med biologi A, samfundsfag A og matematik B som studieretning. Klassen bestod af 23 elever – 7 drenge og 16 piger. Klassens lærer var til stede på dagen.

Forløbet lå første dag efter efterårsferien, og flere elever kom for sent. Der var uro i klassen, bl.a. fordi eleverne delte ferieoplevelser med hinanden. I introduktionsfasen gav underviserne en uddybende præsentation af miljø- og klimaproblemer som de supplerede med eksempler og diskussion. Eleverne deltog aktivt i diskussionerne. I eksekveringsfasen betonedes underviserne forskellen på problem og løsning samt betydningen af biologifagligheden for et godt resultat. Målet var at knytte forløbet mere op på fagets fagmål: analyse og vurdering af biologiske problemstillinger. Spredningen blandt grupperne var også i andet gennemløb stor. Indtrykket var dog at



Figur 2. Resultatet af en gruppes arbejde: "CO₂-neutral nedkøling".



Figur 3. Resultatet af en gruppes arbejde: "Den Glade Avocado".

eleverne arbejdede mere fagligt, hvilket bl.a. kom til udtryk i deres præsentationer og prototyper. Eksempelvis havde én gruppe valgt at reducere CO₂-udledningen fra supermarketers nedkølingsanlæg. Deres biomimicry-inspirerede ide var et cyklisk system hvor CO₂ ledes til dyrkningen af tang som kan forbrændes og generere varme som kan laves om til strøm. Eleverne var kreative med at sammensætte forskellige elementer fra deres research, men ikke i deres planche (se figur 2).

En anden gruppe udviklede et konkret design – en pant-baseret, stødabsorberende transportkasse til avokadoer som skal mindske forbrug af plastik og mindske madspild. Denne løsning var et konkret produkt der illustrerede elevernes cykliske forståelse for produktets anvendelse. Eleverne havde analyseret produktionsformer og forbrug. Gruppens design var kreativt illustreret i deres planche (figur 3), men eleverne demonstrerede ikke biologisk forståelse gennem hverken planche eller mundtlig præsentation.

Af spørgeskemaerne fremgik det at koblingen mellem innovation og biologi var tydelig for eleverne. Der var dog stor spredning i hvordan eleverne havde oplevet vægtningen af fag og innovation. Eksempelvis svarede en elev: "I vores gruppe gjorde vi stor brug af vores biologiske viden, ikke mindst den vi på dagen havde tilegnet os. Vi researchede og lærte nye ting." Modsat svarede en anden elev at den faglige forankring

primært havde udgangspunkt i en basisviden etableret i folkeskolen. Denne elev gentog i interviewet at forløbet *“mere handlede om at være kreativ end om at være biolog”*. Flere elever gav dog udtryk for at det faglige niveau havde været udfordrende. Eksempelvis svarede en elev i spørgeskemaet: *“Mange ordvalg eller formuleringer skulle jeg i hvert fald tænke lidt ekstra over. Selvom vi selvfølgelig har biologi på A-niveau, er det ikke alle ord man kender til:”*. Elevernes tilkendegivelser i spørgeskema og interview tyder på at fagmålene i højere grad var i spil i andet gennemløb sammenlignet med første.

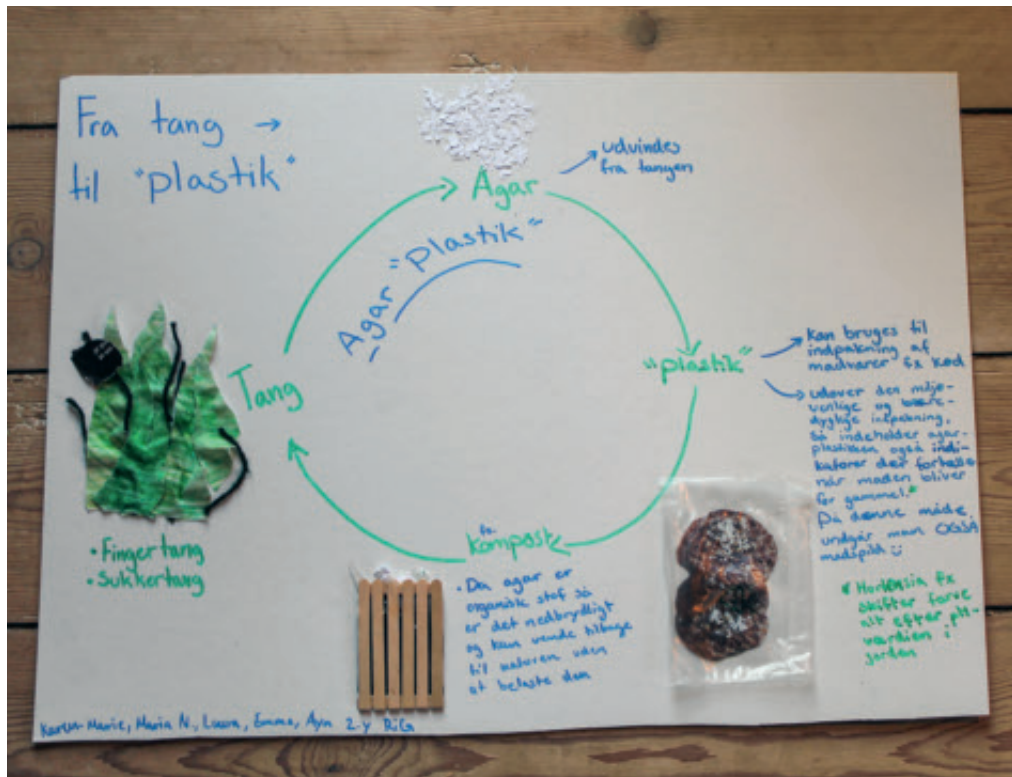
Konklusionen på forløbet var at opprioriteringen af det faglige niveau gav en række udfordringer. Eleverne nåede dybere ned i deres emner, men de havde svært ved at forklare dem, og enkelte gav nærmest op undervejs. Flere grupper nåede ikke i mål med et færdigt produkt. Eleverne havde svært ved at holde udfordring og idé adskilt – de lagde sig blot fast på en design-idé tidligt i forløbet. Der blev derfor besluttet følgende justeringer til tredje gennemløb:

- Knytte udfordring og idégenereringen sammen, hvilket burde give mere tid til research og designprocessen
- Lærerstyret guidning i AskNature-databasen
- Midtvejsevaluering med henblik på at sikre forståelse og fremdrift for alle (elevernes forslag).

Tredje gennemløb

Tredje gennemløb blev afprøvet med en 2.g-klasse med biologi A, samfundsfag A og psykologi B som studieretningsfag. Klassen bestod af 25 elever – 6 drenge og 19 piger. Klassens lærer var til stede på dagen.

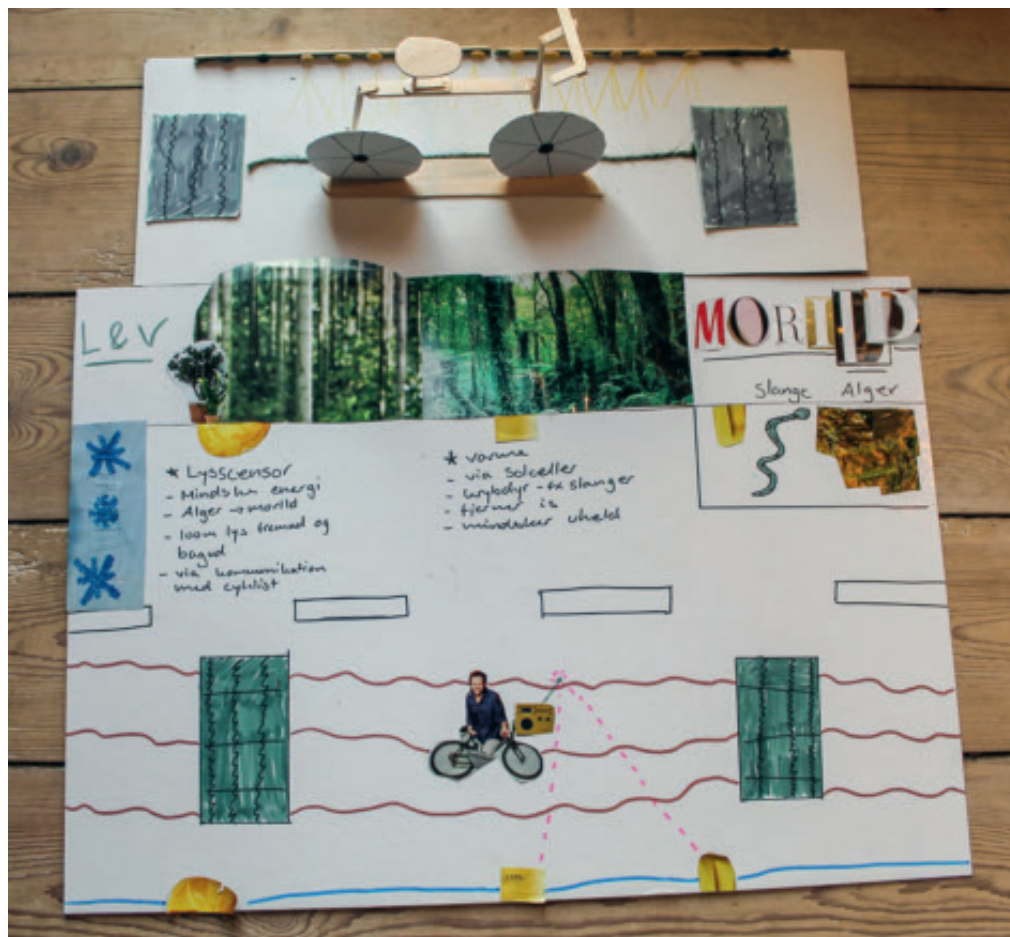
I eksekveringsfasen skulle eleverne ikke vælge en udfordring før de havde lavet deres research. Eleverne blev bedt om at finde deres computer frem og gå ind på databasen AskNature. Herefter fulgte en underviserstyret gennemgang af databasens indhold og søgefunktion. Enkelte eksempler blev udvalgt og gennemgået med input fra eleverne. Da eleverne fik lov at gå på opdagelse i databasen, virkede de mere opslugt af databasen end tidligere klasser. De søgte ivrigt og læste mange uddrag af artikler. Eleverne bad om hjælp og stillede uddybende spørgsmål. Grupperne fik som noget nyt mulighed for at booke en tid til feedback i løbet af forløbet (midtvejsevaluering). Hver gruppe fik 10 minutters vejledning med den ene underviser uden for klasseværelset. Underviseren udfordrede eleverne på hvordan de kunne tilføje både faglige og innovative elementer til deres løsning/idé. Gruppernes præsentationer og produkter var denne gang meget forskellige. Der var både variation i hvordan grupperne havde arbejdet med faglighed og med løsningsforslag. Generelt var både det faglige og kreative niveau højt. To præsentationer gennemgås som eksempler på



Figur 4. Resultatet af en gruppes arbejde: "Algeplastik".

klassens spredning. En gruppe var fra start meget opslugt af problematikken med plastik i verdenshavene, og da de netop havde arbejdet med bakteriekolonier på agarplader i biologi, var deres interesse for agar tændt. Gruppens idé, emballage af agarplast, var hverken fagligt begrundet eller original. Selvom gruppen havde integreret et indikatorelement som skulle angive om maden i emballagen var for gammel, var deres idé ikke inspireret af biomimicry. Gruppen leverede en faglig præsentation på trods af at deres visualisering var begrænset (figur 4).

En anden gruppe søgte inspiration blandt en lang række organismer, men endte med at vælge fure-algen og de overordnede temperaturregulerende egenskaber fra krybdyr til at imødekomme løsningen på at der bruges meget strøm på at oplyse områder om natten selvom det kun sjældent er nødvendigt. Deres koncept, "Morild", gik ud på at koble cykler op på lysnettet af belyste cykelstier så de relevante lygter kun lyser umiddelbart før og efter en cykel passerer. På den måde kan der spares strøm. Derudover skulle deres koncept have strøm fra solenergi som også kunne lagres og gemmes til vinteren hvor overskuddet ville blive sendt ned i varmeelementer i cykelstien så evt. sne og is smelter. Gruppens præsentation og visualisering illustrerede



Figur 5. Resultatet af en gruppes arbejde: "Morild".

tydeligt hvor innovativt og kreativt eleverne havde arbejdet. Til gengæld var det sparsomt med biologifaglige detaljer fra problemidentifikation og løsning (figur 5).

I spørgeskemaet kommenterede eleverne på forløbets faglighed. Eksempelvis svarede en elev: "Jeg fandt egenskaber og principper som der er naturligt i organismer som så kunne bruges i produkter til at finde en løsning på et problem." Men som ved tidligere gennemløb var der også elever der vurderede at fagligheden ikke var afgørende: "Jeg tror dog godt at en klasse der ikke har biologi, vil kunne lave det samme som vi lavede i dag." Eleverne var generelt tilfredse med feedback-elementet midtvejs: "Det [var godt] at vi fik en kort samtale hvor man samlede op på hvor langt vi var nået."

Konklusionen på forløbet var at balancen mellem faglighed og innovation var forskudt imod innovation og kreativitet. Elevernes engagement i den faglige diskussion indledningsvist og deres grundige researcharbejde tyder dog også på at de

faglige kompetencer har været mest i spil i dette gennemløb. I spørgeskemaet var der spredning i elevernes svar i forhold til hvordan de har brugt deres faglighed.

Diskussion

Indeværende projekt havde til hensigt at undersøge muligheder og udfordringer forbundet med at integrere innovation i et biologifagligt undervisningsforløb om biomimicry. Ifølge Cobb (2003) og Collins (2004) bør vurderingen af om der er udviklet et bæredygtigt design, gå på om det kan realiseres i en bestemt praksis, og om det imødekommer behovene i den kortlagte kontekst. Vi vurderer at forløbet kan realiseres i praksis, og at det i kraft af sit afsæt i biomimicry imødekommer behovet for fagforankret innovation.

De tre gennemløb viste at det kan lade sig gøre at forene fagmål og innovation, men at balancen let forskydes. Første gennemløb viste at den faglige forankring kunne styrkes, at elevernes brug af organismer kunne optimeres, og at tiden til at nå i dybden med præsentationen var for kort. Derfor blev designet justeret til andet gennemløb hvor eleverne blev stillet flere krav til faglig anvendelse og desuden blev givet mere tid til at forberede den mundtlige præsentation. Dette resulterede i at elevernes løsninger blev enten komplekse eller ufærdige. Det øgede krav til fagligheden reducerede endvidere elevernes kreative udfoldelse. Derfor blev der til sidste gennemløb, på opfordring af eleverne, tilføjet en underviserstyret feedback midtvejs i forløbet, og eleverne fik en grundigere og mere styret introduktion til den database hvorfra de skulle hente en del af deres faglige inputs og inspiration.

Det faglige mål, at eleverne skal kunne formulere og analysere biologiske problemstillinger med sikker anvendelse af biologiske fagudtryk, kom til udtryk i forløbenes første fase. Her var eleverne skiftevis i grupper og i plenum med til at identificere og karakterisere de miljø- og klimaudfordringer som det globale samfund står overfor. I forløbets eksekveringsfase dominerede det kreative og innovative indhold. Her formulerede eleverne selv centrale problemområder og fokuserede på kreative løsningsforslag. Undersøgelsen viste at balancen mellem fag og innovation kan forskydes, bl.a. ved at justere på underviserens rolle og niveauet af lærerstyring. Fagmållets forankring i anden fase kan eksempelvis understøttes af en mere tydelig italesættelse.

Ud over de her nævnte afprøvede justeringer synes det oplagt at afprøve følgende relative simple tiltag med henblik på at styrke biomimicryforløbet. For det første kunne der være en pointe i at læreren indledningsvist afgrænser området for elevernes valg (fx miljøproblemer forbundet med menneskets brug af plastik). Selv om en vis grad af frie valg og autonomi styrker elevens motivation (Ryan & Deci, 2000), medfører stor frihed i arbejdsprocessen at svage elever benytter vage problemløsningsstrategier (Sweller, Kirschner & Clark, 2007). Selv i innovationsundervisning er der behov for

guidning og stilladsering. For det andet kunne man give eleverne mulighed for at videreudvikle deres ideer over tid – fx i samarbejde med andre fag.

I forhold til at udvikle et bæredygtigt og robust design viste der sig flere udfordringer. Både undervisere og elever oplevede at tiden var for knap til at opnå målsætningen om både faglig fordybelse og kreativ udfoldelse. Det anbefales derfor at fagforankrede innovationsforløb strækker sig over mere end en fagdag hvis de skal tjene til faglig fordybelse i biologifaget. Derimod er en fagdag af syv timers varighed tilsyneladende passende hvis forløbet skal tjene som introduktion til et længere forløb eller blot har som målsætning at give eleverne nye perspektiver på hvordan der kan arbejdes innovativt med biologifaget.

For biologilærere der ønsker at arbejde med biomimicry og innovation, melder spørgsmålet sig hvordan forløbet evalueres. Innovationsforløb fordrer komplekse evalueringsformer grundet den tværfaglige natur. En mulighed er at bede eleverne om at udfylde en fiktiv patentansøgning hvilket har været afprøvet i et designbaseret undervisningsforløb hvor eleverne skulle designe gensplejsede bakterier (Ellefson, Brinker, Vernacchio & Schunn, 2008). En anden måde er at bede eleverne lave en portfolio med opgaver som løses hen ad vejen. En opgave kan være at diskutere i hvor høj grad designets materialer kan genbruges. Andre opgaver kan eksempelvis være en prototype, en teknisk tegning eller en forretningsplan (Reed, 2003). Det er vigtigt med tydelige evalueringskriterier så eleverne ved hvad der forventes af dem. Er det kun biologifaglig viden eleverne vurderes på, eller tæller et kreativt design også? Som Nielsen (2013) påpeger, er der et behov for et naturfagsspecifikt bud på hvordan og på hvilke kriterier innovationskompetence evalueres formativt og summativt i naturfagsundervisningen – ikke mindst inden for de enkelte naturvidenskabelige fag.

Som tidligere nævnt kan DBR kritiseres for at være en metode som blot leder til robuste undervisningsdesign snarere end videnskabelig forskning i sig selv (Kelly, 2004). Og der er da også videnskabelige begrænsninger forbundet med metoden. I den præsenterede undersøgelse blev forløbet afprøvet i tre forskellige klasser på tre forskellige skoler. Selv om alle klasser var 2. g-klasser med biologi på højt niveau, havde klasserne forskellige studieretningsfag. Det er således muligt at eleverne udgjorde forskellige segmenter. Klassernes (og skolernes) forskellighed gør det vanskeligt at vurdere hvorvidt et succesfuldt gennemløb skyldes justeringen af det didaktiske design – eller om en forskel blot skyldes at der er tale om et andet elev-segment eller klassekultur. Det er muligt at udtale sig om et designs robusthed, men klassernes forskellighed illustrerer vanskelighederne ved at generalisere DBR-resultater. En anden begrænsning er den velkendte problemstilling fra DBR hvor forskere og designere i et DBR-projekt er de samme personer (Christensen et al., 2012). Men trods disse begrænsninger viste DBR sig anvendelig til at undersøge muligheder og udfordringer med at integrere fagmål og innovation i et undervisningsforløb om biomimicry.

Referencer

- Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York: Quill.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. doi:10.1191/1478088706qp063oa.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178. doi:10.1207/s15327809jls0202_2.
- Christensen, T. S., Hobel, P. & Paulsen, M. (2010). Innovation I Gymnasiet. I *Gymnasiepædagogik* (Vol. 79). Odense: Institut for Filosofi, Pædagogik og Religionsstudier, Syddansk Universitet.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13. doi:doi:10.3102/0013189X032001009.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42. doi:10.1207/s15327809jls1301_2.
- Ellefson, M. R., Brinker, R. A., Vernacchio, V. J. & Schunn, C. D. (2008). Design-based learning for biology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 36(4), 292-298. doi:10.1002/bmb.20203.
- Gardner, G. E. (2012). Using Biomimicry to Engage Students in a Design-Based Learning Activity. *The American Biology Teacher*, 74(3), 182-184. doi:10.1525/abt.2012.74.3.10.
- Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenny & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* (pp. 17-51). London: Routledge.
- Helms, M., Vattam, S. S. & Goel, A. K. (2009). Biologically inspired design: process and products. *Design Studies*, 30(5), 606-622. doi:https://doi.org/10.1016/j.destud.2009.04.003.
- Kelly, A. (2004). Design Research in Education: Yes, but Is It Methodological? *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 115-128.
- Ministeriet for Børn, Undervisning og Ligestilling. (2013). *Bekendtgørelse om uddannelsen til studentereksamen*. København.
- Nielsen, J. A. (2013). Innovationsfremmende naturfagsundervisning – to udfordringer for vores felt. *MONA: Matematik og Naturfagsdidaktik*, 2013(4), 56-66.
- Okholm, R. K. (2014). Innovation og læring – indtryk fra BIG BANG-konferencen. *MONA: Matematik og Naturfagsdidaktik*, 2014(2), 65-73.
- Reed, P. A. (2003). A paradigm shift: Biomimicry. *Technology Teacher*, 63(4), 23-27.
- Regeringen. (2012). *Danmark – løsningsernes land*. København: Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående Uddannelse.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67.
- Saikawa, Y., Hashimoto, K., Nakata, M., Yoshihara, M., Nagai, K., Ida, M. & Komiya, T. (2004). Pigment chemistry: The red sweat of the hippopotamus. *Nature*, 429(6990), 363-363. doi:http://www.nature.com/nature/journal/v429/n6990/supinfo/429363a_S1.html.

- Schroeter, D. L. (2010). Introducing Biomimicry. *Green Teacher* (88), 13-16.
- Sweller, J., Kirschner, P. A. & Clark, R. E. (2007). Why Minimally Guided Teaching Techniques Do Not Work: A Reply to Commentaries. *Educational Psychologist*, 42(2), 115-121. doi:10.1080/00461520701263426.
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8. doi:doi:10.3102/0013189X032001005.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>.
- Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A. & Pahl, A.-K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471-482. doi:10.1098/rsif.2006.0127.
- Volstad, N. L. & Boks, C. (2012). On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer. *Sustainable Development*, 20(3), 189-199. doi:10.1002/sd.1535.

English abstract

How can innovation and academic immersion be integrated in upper secondary biology? This article describes a research project intended to investigate this issue. Based on design-based research, a course on biomimicry was tested in three iterative systemic trials. The results show that it is possible to reconcile subject-related learning goals and innovation, but that the balance is easily shifted. The study leads to a general question of how to evaluate innovation in the sciences, because there is a need for subject-specific approaches to how and on which criteria innovation competence is assessed in science education.