



NATURVIDENSKAB OG TEKNOLOGI
DIREKTE FRA FORSKNINGSVERDENEN

AKTUEL
*natur*VIDENSKAB

FORTIDENS KLIMA
præger verdens skove

C-VITAMINmangel og hjernefunktion

NY TEORI for smeltning og frysning

FLUEbekæmpelse med computerspil

NR.4 - 2016 SEPTEMBER : 50 KR.

Florence Nightingale og anekdoterne

Man kan ikke svare på alt med statistik. Men det er som regel bedre at træffe beslutninger ud fra statistik end ud fra anekdoter.

»**M**in farfar røg som skorsten og drak masser af alkohol hele livet – og han blev 95 år!« Mon ikke de fleste af os ind imellem bliver præsenteret for en argumentation i den retning, når debatten går om kostråd og livsstil? De fleste er inderst inde måske godt klar over, at man ikke kan sige noget generelt ud fra et enkelt tilfælde. Men alligevel flourer den slags *anekdotisk evidens* i den offentlige debat – og i vidt omfang på de sociale medier – fordi mange ikke helt forstår, hvorfor man ofte står sig dårligt ved at stole for meget på anekdoterne.

I en sådan diskussion kan et opbyggeligt eksempel være Florence Nightingale. I 1854 blev hun sammen med en stab af frivillige sygeplejersker under hendes kommando sendt til Krim-halvøen, hvor England var i krig mod Rusland. Under Krimkrigen opnåede hun heltestatus i sit hjemland, og hun fik tilnavnet "kvinden med lampen", fordi hun – selv om natten hvor alt andet personale var gået til ro – som en frelsende engel vandrede rundt blandt de lidende soldater og bragte trøst og lindring.

Men det var ikke på grund af Florence Nightingales kærlige og samvittighedsfulde omsorg for den enkelte patient, at hun opnåede så gode resultater, at man i dag anser hende for den moderne sygeplejes grundlægger. Nej, det var fordi, hun var hård til statistik!

Fra barnsben havde Florence Nightingale udvist et åbenbart talent for matematik, og hun blev en pioner inden for visuel præsentation af statistisk information – bl.a. ved at

bruge lagkagediagrammer. I 1859 blev hun som den første kvinde medlem af Royal Statistical Society i England, og senere blev hun også æresmedlem af American Statistical Association. Og netop med kompetencen til at udarbejde og fremstille statistikker forståeligt lykkedes det hende systematisk at undersøge og skabe opmærksomhed om engelske hospitalers dødelighedsrater og om forskellige – primært sanitære – tiltags effekt på dødeligheden.

Statistik uden x-faktor

Selv om statistikker kan være overbevisende, opfylder de ikke det basale nyhedskriterie "identifikation", og de har sjældent



Mikkel Willum Johansen er cand.mag. i filosofi med bifag i matematik og har en ph.d. i videnskabsteori. Lektor i videnskabs-teori ved Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet. mwj@ind.ku.dk



Carsten R. Kjaer er redaktør, Aktuel Naturvidenskab crk@aktuelnaturvidenskab.dk

hverken den WTF- eller OMG-faktor, der skal til, for at blive et hit på de sociale medier. Desuden findes en – ikke helt ubegrundet – forestilling om, at statistikker altid kan vrides og drejes til at vise hvad som helst (tænk fx på bestselleren *How To Lie With Statistics*). Blander man alt det sammen, når man hurtigt et sted, hvor folk træffer irrationelle beslutninger på baggrund af myter, forestillinger og løsrevne anekdoter. Det er her, folk fylder sig med kosttilskud, der ikke har nogen dokumenteret virkning, og her, frygten for terror fylder uproportionalt meget set i forhold til, hvor forsvindende lille den statistiske risiko for at dø i et terrorangreb er sammenlignet med andre, mindre spektakulære dræbere. I den mere kontroversielle ende er det også her, hvor folk ud fra historier om naboens børn og hjerteskaeren-de beretninger på tvivlsomme hjemmesider som Thinktwice.com har fået den forestilling, at vaccination er farlig. Men statistikken og den sunde, rationelle fornuft fortæller noget andet.

Lad dig ikke lede af anekdoter

Så ja, man kan godt lyve med statistik, og derfor er det nødvendigt at forstå, hvordan det bruges rigtigt. Og nej: Man kan ikke svare på alt med statistik. Der er områder, hvor nærgående analyser af det enkeltstående er nødvendig. Men i langt de fleste tilfælde vil man være bedre tjent med at lade sig lede af statistik fremfor af onkel Erlings anekdoter. Og som Florence Nightingale viste, er der ikke noget i vejen for at kombinere en iskold statistisk analyse med et varmt hjerte og en tændt nattelampe. ■

SPONSORABONNENTER

GRUNDFOS 


novo nordisk®

novozymes 
Rethink Tomorrow

AKTUEL NATURVIDENSKAB

Udgiver

Aarhus Universitet, Science & Technology,
i samarbejde med:

- Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- Det Naturvidenskabelige Fakultet samt Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet
- Roskilde Universitet
- Danmarks Meteorologiske Institut.

Styregruppe

- **Mette Christina Møller Andersen**, specialkonsulent, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Joakim Groth**, kommunikationschef, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- **Jens D. Holbech**, chefkonsulent, Science and Technology, Aarhus Universitet
- **Mads Bendix Fjendsbo**, rektor, Viborg Gymnasium og HF
- **Niels Kring**, chefkonsulent, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- **Annette Lind**, områdeleder, chefkonsulent, Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet

Redaktionsgruppe

- **Birgitte Dalgaard**, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Michael Bjerring Christiansen**, Aarhus Statsgymnasium
- **Jørgen Dahlgaard**, Aktuel Naturvidenskab
- **Niels Hansen**, Danmarks Meteorologiske Institut
- **Carsten Rabæk Kjaer**, Aktuel Naturvidenskab
- **Carsten Nielsen**, Aalborg Universitet
- **Lene Pedersen**, Roskilde Universitet
- **Birgitte Svennevig**, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- **Svend Thaning**, Københavns Universitet

Eftertryk kun efter aftale. Citat kun med tydelig kildeangivelse. Synspunkter, der fremføres i bladet, kan ikke generelt tages som udtryk for redaktionens holdning.

Ansvarshavende

Søren Rud Keiding, prodekan, Science & Technology, Aarhus Universitet

Redaktion

Redaktører Jørgen Dahlgaard og Carsten Rabæk Kjaer

Tlf.: 87 15 20 94

E-post: red@aktuelnaturvidenskab.dk

Hjemmeside: aktuelnaturvidenskab.dk

Postadresse: Aktuel Naturvidenskab,
Ny Munkegade 120, Bygn. 1520, 8000 Århus C

Abonnementspris 2016

294 kr. i DK for 6 numre, inkl. moms og porto.

Abonnementsservice:

Telefonnr.: 70 25 55 12

e-post: aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk

Layout og illustration: Jørgen Dahlgaard

Tryk: Jørn Thomsen Elbo A/S

ISSN: 1399-2309 (papirudgaven),

1602-3544 (web)

Oplag: 8.000

Omslag:

Foto/illustration:

Scienceathome.org



indhold

Forskningsresultater peger i dag på, at C-vitamin spiller en nøglerolle i hjernens funktion og udvikling.

8

FORSKNING OG NYHEDER

- 4 Kort Nyt
- 8 Vitaminer til hjernen
- 12 Når smeltevand er en vigtig ressource
- 18 Myrerne – de første landmænd
- 19 Ny teori for smeltning og frysning
- 25 Fortidens klima præger verdens skove
- 30 Fluesimulatoren – fluebekæmpelse med computerspil



Smeltning og frysning er et fænomen, som alle kender, men som forskerne stadig kæmper med at forstå. Forfatterne har nu bragt forståelsen et skridt fremad med en ny metode.

19

PERSPEKTIV - DEBAT

- 2 Synspunkt
- 36 Om anvendt videnskab
- 38 Om matematikkens glæde og gavn
- 41 Bøger og service
- 44 BAGSIDEN: Bakteriernes talskvinde



Antallet af arter af træer i en skov og hvordan de er beslægtet kan afspejle klimaet for flere millioner år siden, viser Jens-Christian Svennings forskning.

25



Siden Sputniks opsendelse og transistorens opfindelse har man indset nødvendigheden af at styrke matematikkens position i uddannelsessystemet i den vestlige verden. Men hvad er vi oppe imod?

38

Risiko for høreskader afhænger af “lyttebøfferne”

Flere og flere teenagere får problemer med hørelsen, fordi de lytter til for høj musik i alt for lang tid på deres mobiltelefoner. I forvejen er der EU-grænser for, hvor meget lyd musikafspillere må kunne udsætte brugerne for, men ny forskning fra Aalborg Universitet viser, at valget af hovedtelefoner spiller en afgørende rolle for risikoen.

Akustikprofessor Dorte Hammershøi har gennemført en række forsøg, hvor hun har undersøgt lydbelastningen fra tilfældigt udvalgte Spotify-kanaler, der blev afspillet gennem forskellige typer hovedtelefoner. Med én type hovedtelefoner ville man ved fuld volumen nå det daglige maksimum i løbet af et par minutter, hvorimod man med et par andre hovedtelefoner ville kunne gå en hel dag med den samme musik i ørerne uden overhovedet at nærme sig et skadeligt niveau.

Et af de nye tiltag, EU er på vej med, er, at musikafspillere skal udstyres med en visuel indikator for lydbelastning. På samme måde



Foto: Colourbox

som man kan se, hvor meget batteri der er tilbage på telefonen, skal indikatoren vise, hvor meget lyd man har været udsat for, og hvor tæt man er på at nå grænsen for, hvad man kan tåle på en dag. Det kan afspilleren regne ud ved at registrere, hvor meget og hvor høj lyd, den sender ud gennem hovedtelefonudgangen – sammenholdt med grænseværdierne for, hvor meget man i gennemsnit kan tåle.

Men ifølge Dorte Hammershøi vil det være meget vanskelig at føre ud i livet, fordi det er helt afgørende, hvilken type hovedtelefoner der er sat til musikafspilleren. Producenterne af telefoner og andre musikafspillere ved ikke, hvilken type hovedtelefoner brugerne sætter i stikket. Og fordi lydbilledet i de forskellige hovedtelefoner er så varieret, vil en visuel indikator højst sandsynligt enten være en unødvendig alarm eller give en falsk tryghed – alt efter om hovedtelefonerne yder mere eller mindre end dem, afspilleren oprindeligt er blevet testet med.

Derfor foreslår akustikprofessoren i stedet, at producenterne laver en form for klassificering eller online registrering af, hvor følsomme deres hovedtelefoner er, hvor meget støj de lukker ind, hvor meget støj de lukker ude, om de er designet til HiFi-musik, gaming, Skype, call-centre eller noget helt femte. Hvis musikafspillerne kunne hente de oplysninger, kunne de lave et langt mere nøjagtigt billede af, hvor meget lyd der reelt kommer ud i ørerne på brugeren.

Af Jakob Brodersen, Aalborg Universitet

Blæksprutter kan tælle

Blæksprutter er tilsyneladende i stand til at skelne mellem små og store tal – i hvert fald når det angår mængden af føde. Forskere fra National Tsing Hua University, Taiwan, har i laboratoriet udført forsøg med tiarmede blæksprutter (af arten *Sepia pharaonica*), hvor blæksprutterne skulle vælge mellem to kamre med et forskelligt antal rejer i. Det viste sig, at blæksprutterne konsekvent valgte det kammer, hvor der var flest rejer i – uanset, om der var stor forskel på antallet (1 vs 5) eller kun en forskel på 1 enkelt reje i skridt fra 2 mod 1 op til 4 mod 5.



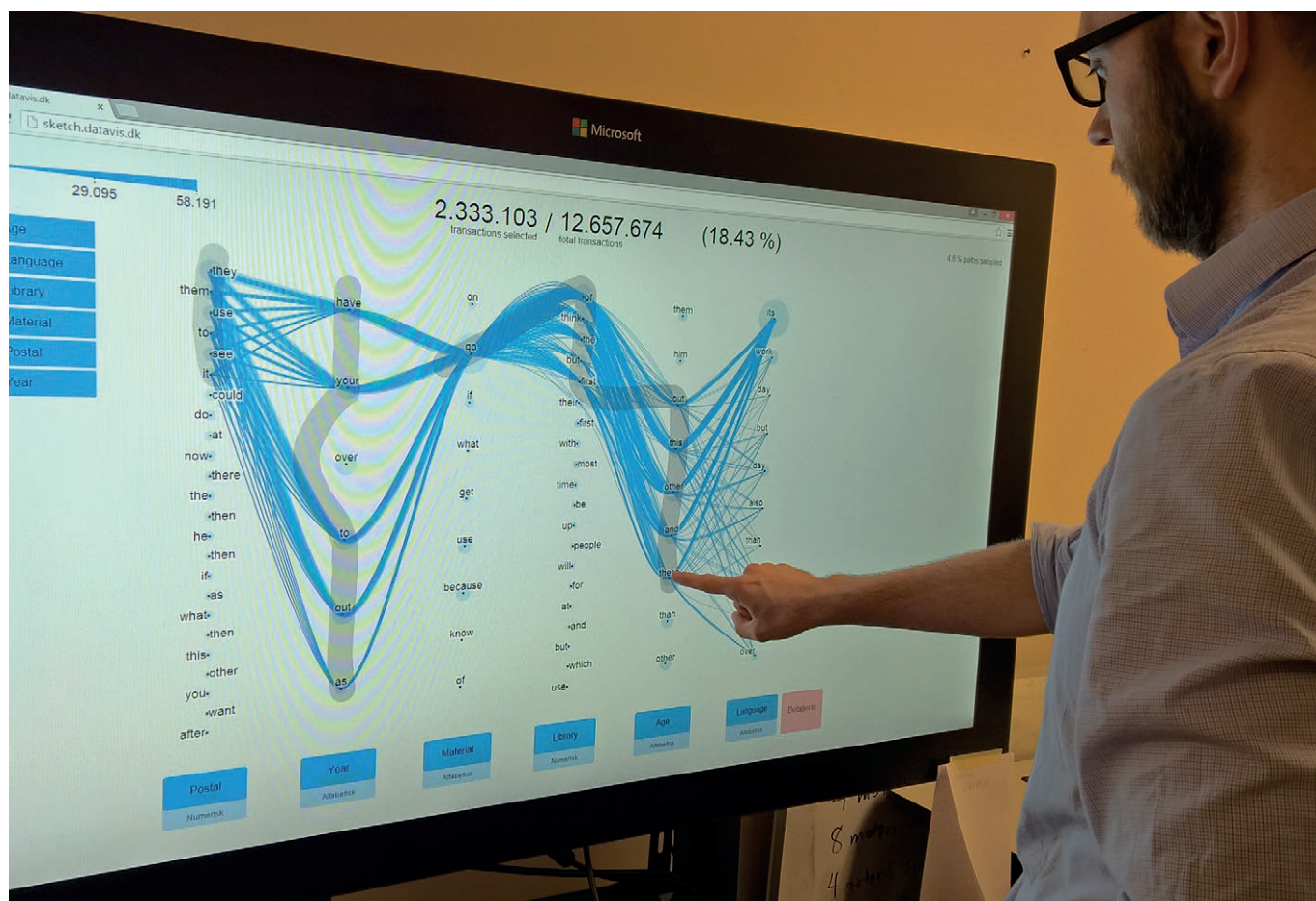
Stillet overfor valget mellem to små rejer eller en enkelt stor, foretrak blæksprutterne

som udgangspunkt de to små, som var lettest for dem at spise. Men hvis de var sultne, kastede de sig over det store og mere udfordrende måltid.

Ifølge forskerne viser deres resultater, at blæksprutterne har en sans for antal, og at deres valg af bytte er motiveret af både deres følelse af sult og størrelsen på den potentielle belønning.

CRK, Kilde: *Proc. R. Soc. B* 283, 20161379 (2016)

Foto: Silke Baron/Wikimedia Commons/cc-by-2.0



Matthias Nielsen viser "Pivotviz", der giver overblik over store mængder detaljerede data direkte i en browser.

Big Data for folket

Big Data indeholder en masse information, som kan analyseres, men størstedelen af dette data bliver ikke brugt, fordi det ikke er tilgængeligt for potentielle brugere. Simpelthen fordi det kan være svært at overskue de store mængder data. Derfor har analyse af Big Data været forbeholdt ekspertbrugere, som har brugt tunge softwareprogrammer til at gøre data tilgængelig som grundlag til at træffe beslutninger.

Det har Matthias Nielsen nu gjort op med i sit netop afsluttede ph.d.-projekt på Institut for Datalogi på Aarhus Universitet. I sit ph.d.-projekt har han forsket i visualisering af Big Data og udviklet it-værktøjer, der visualiserer store mængder detaljerede data i diagrammer direkte i en webbrowser – vel at mærke uden at brugeren behøver at beregne eller analysere på data først. Værktøjet kan fx benyttes af beslutningstagere

i boligforeninger og offentlige institutioner, som ofte skal overskue store mængder information.

I projektet har Matthias Nielsen bl.a. samarbejdet med Grundfos Kollegiet i Aarhus, hvor der er opsat 4000 sensorer, som aflæser det eksakte vand, varme og strømforbrug i hver lejlighed. Med værktøjet "Affinityviz" kan kollegiet nu få et præcist overblik over hver enkelte beboers forbrug. Han har også samarbejdet med Aarhus Kommunes biblioteker om at analysere borgernes brug af biblioteker i Aarhus Kommune på baggrund af de store mængder data fra brugerne om bl.a. tid og sted for udlån af materialer, som bibliotekerne indsamler. Det har udmøntet sig i værktøjet "Pivotviz" (fotoet), som bibliotekerne nu kan bruge til eksempelvis at tilpasse deres åbningstider til borgernes behov.

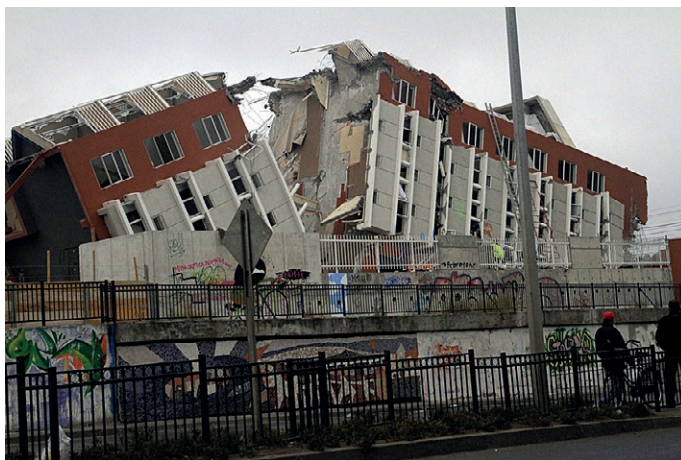
I udviklingen af it-værktøjerne har Matthias Nielsen været drevet af, at "Affinityviz" og "Pivotviz" skal være tilgængelige formater og platforme, der er brugbare og forståelige for almindelige computerbrugere. Undervejs har han derfor inddraget brugerne systematisk for at målrette forskningen til dem. »En sådan anvendelsesorienteret tilgang til forskning kræver, at man kan balancere på en knivsæg,« fortæller Matthias Nielsen. »På den ene side skal man have øje for brugernes behov og brug – på den anden side skal man hele tiden sikre sig, at man ikke bare "produktudvikler", men også producerer relevante forskningsresultater«.

Ph.d. projektet er en del af forskningsprojektet "EcoSense", som er støttet af Det strategiske Forskningsråd.

Af Peter Martin Moos Hoffmann, Aarhus Universitet

Tidevand og jordskælv

Tidevandet på Jorden, der skyldes Månens og Solens tyngdepåvirkning, giver et ekstra pres på de geologiske forkastninger i undergrunden – dvs. de brudflader i Jordens skorpe, hvor jordskælv opstår. Seismologer har gennem mange år spekuleret, om dette "tidevandspres" kunne udløse jordskælv. Generelt er de enige om, at de to daglige højvande kan påvirke små rystelser visse steder, fx San Andreas-forkastningen i Californien.



Det er seismologen Satoshi Ide fra universitetet i Tokyo og kolleger, der står bag det nye studium, hvor de har analyseret tre separate sæt af jordskælvsdata fra hhv. Japan, Californien og hele kloden. For hver af de 15 dage op mod hvert jordskælv tilskrev forskerne et tal, som repræsenterede det relative tidevandsstress for den pågældende dag (med 15 som den højeste værdi). De fandt, at store jordskælv som dem, der ramte

Sumatra i 2004, Chile i 2010 eller Japan i 2011, skete tæt på tidspunktet for det maksimale tidevandsstress – dvs. ved ny- eller fuldmåne.

For mere end 10.000 jordskælv af en størrelse omkring 5,5 på den såkaldte momentmagnitudeskala (en efterfølger til Richterskalaen) fandt forskerne, at et jordskælv, der begynder på et tidspunkt med højt tidevandsstress, har en større sandsynlighed for at vokse til en størrelse på 8 eller mere.

Et nyt studie publiceret i *Nature Geoscience* tager nu et kig på et meget større mønster, som involverer de kraftige tidevand, der forekommer to gange om måneden under hhv. ny- og fuldmåne, hvor Jorden, Månen og Solen står på linje. Det viser sig, at andelen af kraftige jordskælv på global skala stiger i takt med at disse tidevandskræfter bygger op.

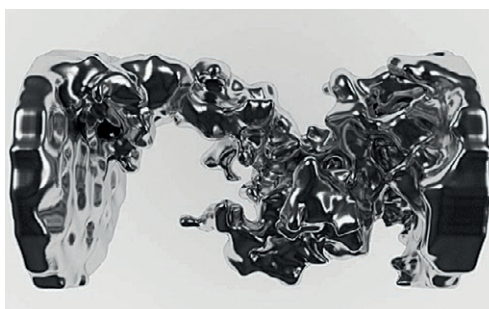
Billedet viser en bygning, som er ødelagt under jordskælvet den 27. februar 2010 i Chile. Det havde en styrke på 8,8 på momentmagnitudeskalaen.

Foto: Claudio Núñez/CC-BY-SA-2.0

CRK, Kilde: *Nature* doi:10.1038/nature.2016.20551

I batteriets indre

Lithium bruges i dag i stor stil i genopladelige batterier af typen lithium-ion-batterier. Et problem er dog, at lithium under opladningen opbygger aflejringer – kaldet "dendritter" – som kan svække batteriets ydeevne og i værste fald medføre, at der går ild i batteriet eller det eksploderer. Derfor er det vigtigt at kunne studere væksten af disse dendritter for at kunne forbedre batterier baseret på lithium. En gruppe kemikere fra USA og England udviklede for nogle år siden en metode til at studere disse dendritter ved hjælp af billeder optaget med magnetisk resonans (MRI). Det var dog ikke muligt at opnå tilstrækkeligt højopløste billeder med denne metode, da MR-signalet fra lithium ikke er særlig stærkt. De samme forskere beskriver nu i tidsskriftet PNAS, hvordan de har videreudviklet metoden, så de i stedet for at fokusere direkte på lithium-dendrit-



ten, fokuserer på den "skygge" den kaster, når den vokser gennem den omgivende elektrolyt (det materiale, som findes mellem battericellens to elektroder, og som bruges til at lede elektronerne). Forskerne opdagede, at MR-billeder af elektrolytten er stærkt forvredne i nærheden af dendritter, hvilket giver et meget fintfølede mål for, hvornår og hvor dendritterne vokser. Det kunne forskerne bruge til at konstruere 3D-billeder af dendritter i realtid.

Alternativer metoder til at undersøge batterier virker normalt ikke på batterier under opladning og kræver, at man åbner batterierne, hvorved man ødelægger dendritstrukturen og ændrer battericellens kemi.

Ifølge forskerne vil deres metode på grund af dens generelle karakter også være velegnet til at studere andre materialer som natrium, zink eller magnesium, der anses for at være alternativer til litium i batterier.

Billedet viser et 3D-billede af det indre af en lithiumcelle efter opladning, hvor der er tydelig dendrit-vækst mellem de to elektroder.

Foto: NYU's Jerschow lab.

CRK, Kilde: PNAS doi: 10.1073/pnas.1607903113



VÆLG DEN RIGTIGE UDDANNELSE



Få mere at vide om de naturvidenskabelige uddannelser på Københavns Universitet. Så er der større chance for, at du vælger en uddannelse, som matcher dine ønsker. Du kan blandt andet:

- Gå i studiepraktik (26. - 28. oktober)
- Blive studerende for en dag
- Besøge os med din klasse
- Få hjælp til dit studieretningsprojekt
- Se film om uddannelserne

Læs mere om vores uddannelser og dine mange muligheder på **SCIENCE.KU.DK/BA**

21 NATURVIDENSKABELIGE BACHELORUDDANNELSER:

Biokemi, Biologi, Biologi-bioteknologi, Datalogi, De fysiske fag, Forsikringsmatematik, Fødevarer og ernæring, Geografi og geoinformatik, Geologi-geoscience, Have- og parkingeniør, Husdyrvidenskab, Idræt, Jordbrugsøkonomi, Kemi, Landskabsarkitektur, Matematik, Matematik-økonomi, Molekylær biomedicin, Nanoscience, Naturressourcer, Skov- og landskabsingeniør

BESØG OS PÅ FACEBOOK OG INSTAGRAM OG FÅ MERE INFO OM STUDIELIVET PÅ UDDANNELSERNE:

 Læs på SCIENCE

 @scienceku

KØBENHAVNS UNIVERSITET
DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET





VITAMINER TIL HJERNEN

Forskningsresultater peger i dag på, at C-vitamin spiller en nøglerolle i hjernens funktion og udvikling. Det skaber øget fokus på, hvilken betydning det kan have for de 10 % af voksne mennesker, som anslås at have C-vitaminmangel uden i øvrigt at vise sygdomstegn.



Pernille Tveden-Nyborg
Lektor, dyrlæge, ph.d.
ptn@sund.ku.dk
Pernille Tveden-Nyborg
forsker i C-vitamins rolle
i hjernen, især hvordan
mangel kan påvirke
hjernens udvikling og
funktion.



Jens Lykkesfeldt
Professor, ph.d., dr.med.
jopl@sund.ku.dk
Jens Lykkesfeldt forsker
i betydningen af antioxi-
danter og oxidativt stress
og deres anvendelse
som biomarkører for ud-
viklingen af sygdomme
hos mennesker og dyr.

Begge ved Inst. for Veterinær Sygdomsbiologi
Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet
Københavns Universitet

Den største fare for mange sømænd før i tiden var hverken storme eller søslag – det var sygdommen skørbug. Sygdommen tog livet af tusindvis af søfolk, før man opdagede, at den er let at forebygge ved hjælp af saften fra fx citroner. Siden har man indkredset den egentlige årsag: Mangel på C-vitamin, og i dag er skørbug meget sjælden.

Når skørbug nu er så sjælden, hvorfor så interessere sig for C-vitaminmangel i dag? Sagen er, at ny forskning viser, at selv meget begrænset C-vitaminmangel kan have varige konsekvenser for hjernens udvikling. Samtidig viser store befolkningsun-

dersøgelser, at 10-15 % af alle voksne i fx USA og Europa har C-vitaminmangel – et tal, der sandsynligvis er endnu højere i udviklingslande. Visse befolkningsgrupper er særligt udsatte for C-vitaminmangel – fx rygere, hvor store dele af deres C-vitamin forbruges til at afgifte tobaksrøgen. Ufødte- og spædbørn er også i øget risiko, fordi kroppen har brug for mere C-vitamin, mens den vokser, og fordi mødre overfører egen C-vitaminstatus til barnet under graviditet og amning.

Det daglige C

Næsten alle pattedyr kan selv danne C-vitamin i leveren, men fx primater (herunder mennesker),

marsvin og flagermus er afhængige af at få det livsnødvendige vitamin tilført gennem kosten. Det skyldes en blokerende mutation i genet for enzymet L-gulonon-γ-lactone oxidase, der katalyserer det sidste trin i biosyntesen af C-vitamin.

C-vitamin oplagres ikke i kroppens fedtvæv, fordi det er et vandopløseligt vitamin, og der er derfor kun en begrænset mængde for kroppen at tære på, hvis der opstår en længere periode med for lavt indtag. C-vitaminmangel kan diagnosticeres med en blodprøve, og således defineres en koncentration mindre end 23 μmol/L som "mangel" og en koncentration under 11 μmol/L

← Mest kendt for at indeholde C-vitamin er nok citrusfrugterne, men fx broccoli, peberfrugter, kiwi og salat udgør også en betydelige kilde, og i realiteten indeholder alt frugt og grønt C-vitamin. Den daglige tilførsel er bedst i form af frisk frugt og grønt, fordi C-vitamin hurtigt nedbrydes (oxideres) ved opvarmning og forarbejdning. For de flestes vedkommende dækkes C-vitaminbehovet nemt ved at følge Sundhedsstyrelsens anbefaling om 6 stykker frugt/grønt om dagen eller via en multivitaminpille.

som "alvorlig mangel". Nuværende anbefalinger til voksne fastsætter en koncentration på omkring 50 $\mu\text{mol/L}$ i blodet som tilstrækkelig og ca. 70-80 $\mu\text{mol/L}$ som mættet. I Danmark er den gældende anbefalede daglige tilførsel (ADT) på 80 mg for voksne, og hvis man følger Sundhedsstyrelsens anbefaling om 6 stykker frugt/grønt dagligt, vil man nok nærmere ligge på 200 mg, hvilket også af mange anses for at være et mere optimalt niveau.

Når vitaminet indtages gennem kosten eller som kosttilskud, optages det i ioniseret form (askorbat) over tarmvæggen og fordeles med blodbanen rundt i kroppen. Fordelingen til kroppens organer styres omhyggeligt af nogle specialiserede transport-proteiner bundet til cellemembranen. Her udmærker hjernen sig ved at have et indhold af C-vitamin op imod 100 gange højere end i blodet, og selv under en længerevarende mangelsituation kan hjernen opretholde niveauer 500 gange højere end blodets på bekostning af resten af kroppens organer. Hjernens evne til at "trække" C-vitamin ud af blodbanen og ind i hjernen skyldes især et specifikt transportprotein kaldet SVCT2 (sodium dependent vitamin C co-transporter 2). Hvis man blokerer denne transport, standses hovedparten af hjernens C-vitaminoptag. Genmodifice-



Om mennesker og marsvin

De fleste pattedyr danner selv C-vitamin, men ganske få arter – blandt andre mennesker og marsvin – har på grund af en mutation i enzymet, som danner C-vitamin, et livsnødvendigt behov for at få stoffet gennem kosten. Denne mutation er sket for tusinder af år siden, og vores forskning tyder på, at netop disse arter har tilpasset sig ved at effektivisere evnen til at optage, transportere og tilbageholde C-vitamin i kroppen. Derfor er marsvinet en enestående og helt naturlig model til at forske i C-vitaminmangel hos mennesker, modsat andre forsøgsdyr som mus, rotter eller grise, der alle selv danner stoffet. Derudover er marsvin meget udviklede ved fødslen, fx svarer hjernen hos et nyfødt marsvin omtrent til et 1½-2 år gammelt barn. På den måde kan påvirkningen af C-vitaminmangel på hjernens udvikling også under graviditeten studeres i denne dyreart.

Billedet viser et ungt hun-marsvin som har været en del af et tre måneders fodringsforsøg om C-vitaminmangel og en mulig påvirkning af hjernen. Marsvinene opstaldes i åbne staldmiljøer med fri adgang til foder, vand, hør og halm, og tilses flere gange dagligt.

Foto: Pernille Tveden-Nyborg

rede mus, der fødes uden denne transportfunktion, dør umiddelbart efter fødslen med blødninger i og omkring hjernen. Tilførslen af C-vitamin til hjernen er altså helt afgørende for at få levedygtigt afkom.

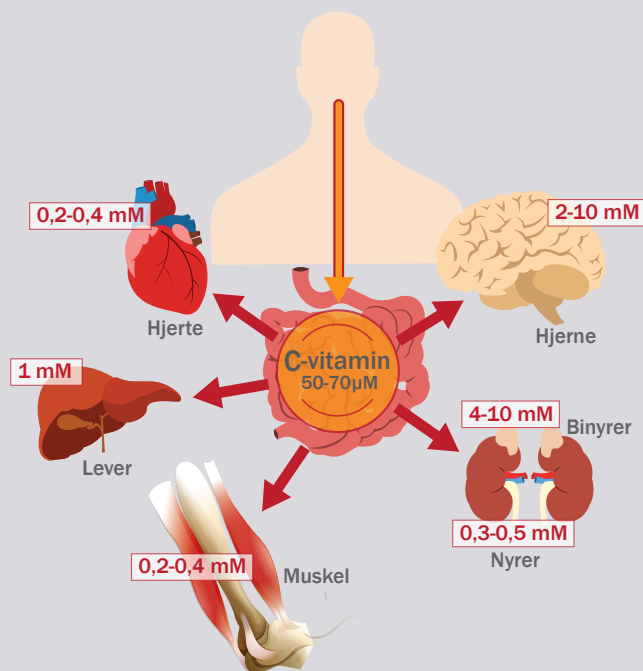
C-vitaminets rolle i hjernen

Alle kroppens celler udsættes konstant for angreb fra forskellige reaktive iltmolekyler, herunder de såkaldte radikaler, som kan forårsage cellens makromolekyler, så de mister deres funktionelle egenskaber. C-vitamin er en af kroppens mest effektive antioxidanter og er i stand til at reducere ethvert fysiologisk relevant frit radikal. Stoffet sørger dermed for balance

i niveauet af frie radikaler og forhindrer oxidativt stress, som ellers ville føre til celledød. Denne antioxidant-effekt er der brug for overalt i kroppen – ikke mindst i hjernen, der har et meget højt indhold af de flerumættede fedtsyrer, som er meget følsomme for oxidation. Den unge hjerne under udvikling er særligt følsom, fordi den er i voldsom vækst. Celler i vækst har et højt stofskifte, og derved øges produktionen af frie radikaler, hvorved mere C-vitamin er nødvendigt for at modvirke den ellers skadelige ubalance. Samtidig har kroppen hos nyfødte og unge endnu ikke et modent antioxidant-forsvar, så eventuelle

C-vitamin i kroppen

Når man spiser C-vitamin med kosten eller i en vitaminpille, optages det via tarmsystemet primært på sin ioniserede form – askorbat – til blodbanen. Herfra fordeles askorbat til kroppens organer og holdes i balance via komplicerede transport- og genbrugsmekanismer i cellerne. Overskydende C-vitamin udskilles gennem urinen via nyrerne. Niveauerne af C-vitamin er meget forskellige i kroppens væv, de højeste (op til 10 mM) finder man i hjernen og i binyrerne. Hjernen er helt speciel, fordi den mættes hurtigere med C-vitamin end resten af kroppen, og den kan ydermere opretholde et meget højt niveau selv under langvarig mangel, mens mængden i resten af kroppens organer hurtigt falder. Hjernen får altså

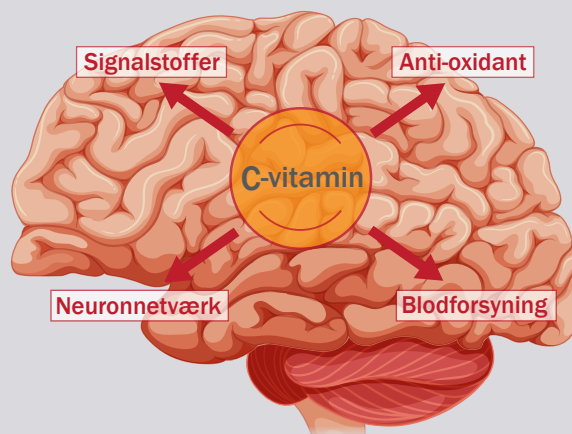


både først og mest, når C-vitaminet skal fordeles, hvilket skyldes

et særligt behov for C-vitamin netop her.

C-vitamins funktion i hjernen

I hjernen spiller C-vitamin en afgørende rolle som den vigtigste antioxidant, idet stoffet modvirker den oxidative skade, som ellers kan slå hjernens nerveceller ihjel. Derudover er C-vitamin nødvendig for hjernens evne til at overføre information, både i forbindelse med dannelsen af visse neurotransmittere (bl.a. dopamin og noradrenalin), ved transport af signalstoffet glutamat, og ved udviklingen af netværk mellem neuroner. C-vitamin spiller også en rolle ved dannelsen af blodkar og dermed også i hjernens næringsforsyning. Derfor vil en



mangelsituation påvirke hjernen negativt, og det er da også tankevækkende, at netop depression og

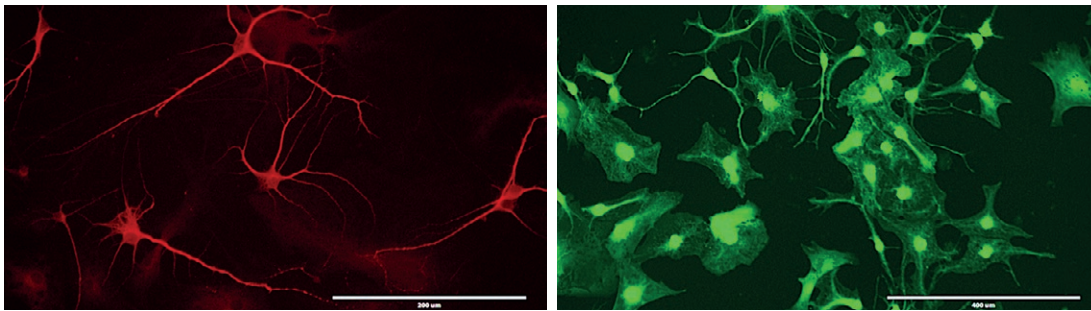
“dårligt humør” er kendt som tidlige om end uspecifikke tegn på alvorlig C-vitaminmangel.

kompensationsmekanismer (andre antioxidant) findes derfor ikke i ret stort omfang.

Udover sin uspecifikke funktion som antioxidant har C-vitamin også specifikke funktioner og spiller en nøglerolle i hjernens signalveje. Blandt andet fungerer C-vitamin som co-faktor ved omdannelsen af dopamin til noradrenalin og ved neuroners genoptagelse af signalstoffet glutamat. En mangelsitua-

tion kan derfor påvirke hjernens evne til at overføre signaler, og ved nedsat genoptag af glutamat endda medføre celledød i hjernen. C-vitamin har formodentlig også en vigtig rolle i udviklingen af forgreninger i nerveceller og dermed i hjernens funktionelle kredsløb. Derudover er C-vitamin afgørende for dannelsen af kollagen i bindevæv. Det er især denne funktion, der ved C-vitaminmangel giver anledning til de klassiske skørbugssymptomer

som blødende gummer og løse tænder. Ved udviklingen af blodkar fx i hjernen vil en hæmmet kollagenproduktion dog også kunne nedsætte dannelsen og funktionen af blodkarrene og dermed kunne nedsætte hjernens næringsforsyning. C-vitamin er også involveret i en af mekanismerne, der regulerer selve dannelsen af blodkar og har således betydning for, hvorvidt der udvikles en normal blodforsyning under hjernens vækst.



Fotos: Stine Normann Hansen.

Kan C-vitaminmangel give hjerneskode?

Vi ved endnu ikke om C-vitaminmangel direkte medfører hjerneskrader hos mennesker, men vores nye resultater tyder på en hidtil ukendt, men tilsyneladende afgørende rolle i dannelsen af funktionelle netværk og informationsoverførsel i hjernen. De indsatte billeder viser en neuron med forgreninger. Det er bl.a. antallet af disse forgreninger som C-vitaminmangel mistænkes for at nedsætte, og derigennem hæmme neuronernes evne til at overføre signaler til hinanden, en overførsel der er helt afgørende for hjernens funktion. Gennem støtte fra Det Frie Forskningsråd har vi nu fået mulighed for at undersøge disse konsekvenser nærmere.

Tilsammen illustrerer de mange uspecifikke og specifikke funktioner, den centrale rolle, C-vitamin spiller i hjernen, og hvorfor en mangel-situation kan medføre skader på hjernens celler. Set i det lys er det tankevækkende, at et af de tidligste symptomer på alvorlig C-vitaminmangel (begyndende skørbug) er træthed, humørsvingninger og depression, symptomer der netop retter sig mod hjernen og hjernens funktion.

C-vitaminmangel og funktionsskade på hjernen

Vi har i en årrække benyttet marsvin som en naturlig model for C-vitaminmangel. De seneste års studier har vist, at selv en moderat mangel på C-vitamin, som ikke medfører skørbug, kan have betydelige konsekvenser. I unge marsvin, der blev udsat for C-vitaminmangel i 2 måneder (ca. svarende til tiden fra barn til teenager), fandt vi en markant nedsat evne til at huske og navigere rumligt i en labyrint. Denne evne er både i marsvin og mennesker primært lokaliseret i et specifikt område af hjernen (hippocampus). Populært sagt var marsvin med C-vitaminmangel signifikant dårligere til at huske "hvor mælken står i supermarkedet" eller hvor "bilen er parkeret", selvom begge dele står, hvor de plejer, og det selvom dyrene var umiddelbart upåvirkede i deres normale adfærd. Disse dyr havde op mod 30 % færre neuroner i netop hippocampus

sammenlignet med kontroldyr, der havde fået tilstrækkeligt C-vitamin. Det sammenkæder en moderat C-vitaminmangel, som ellers ikke anses for at være sygdomsfremkaldende, med både en funktionel skade og en markant nedsat mængde neuroner i hjernen.

Da C-vitaminmangel hos moderen overføres til fostret og den nyfødte (under amning), repræsenterer gravide og nybagte mødre en potentiel højrisikogruppe. Vi har derfor undersøgt effekten af C-vitaminmangel under graviditet på fostrets hjerneudvikling i vores marsvinmodel. Marsvineunger, der var født af klinisk raske mødre med et vedvarende lavt C-vitaminiveau, havde en hippocampus, der var 10-15 % mindre end unger fra mødre, der havde fået et højt tilskud af C-vitamin. Denne reduktion i hjernen var permanent i de 2 måneder efter fødslen, som forsøget strakte sig over. Med andre ord medførte lavt C-vitamin under fosterudviklingen en vedvarende hjerneskrade som minimum indtil kønsmodenhed. Desuden kunne tilstanden ikke forbedres med C-vitamin-kosttilskud umiddelbart efter fødslen og frem til forsøgets afslutning. Det vil sige, at skaden fra fosterlivet var permanent og ikke genoprettelig i vores forsøg. Tilsvarende kan man hos mennesker finde en 10-15 % mindre hippocampus efter længerevarende misbrug af fx ecstasy eller ved tidlige tegn på demens.

Hvis mennesker også er i risiko?

Hvorvidt fundene i marsvin kan overføres til mennesker vides endnu ikke, ligesom de underliggende mekanismer bag C-vitamins rolle i hjernen kræver yderligere udredning. Det er dog velkendt, at mangel på næringsstoffer kan medføre vedvarende fosterskrader, hvorfor man fx har anbefalet folinsyretilskud til gravide. Mangel på C-vitamin berører potentielt millioner af mennesker verden over og er både billigt og nemt at undgå: Frisk frugt og grøntsager indeholder store mængder C-vitamin og askorbinsyre produceres i store mængder til fødevarerindustrien, hvor det anvendes som konserveringsmiddel. Vores og andres forsøg har indtil videre vist, at C-vitamin, spiller en vigtig rolle i hjernen, og at en mangelsituation kan medføre negative forandringer, der sandsynligvis har en væsentlig større betydning end hidtil anerkendt. Skulle det vise sig, at C-vitaminmangel kan hæmme en normal udvikling af hjernen hos mennesker, vil det være relevant at overveje, om udsatte grupper som rygere og børn af rygere samt gravide og ammende eventuelt burde suppleres yderligere end de i øjeblikket gældende retningslinjer. I forhold til gravide og ammende kvinder skal det understreges, at Sundhedsstyrelsen allerede anbefaler disse at spise en multivitaminpille dagligt, hvilket i langt de fleste tilfælde vil være tilstrækkeligt til at undgå C-vitaminmangel for mor og barn. ■

Videre læsning
Hansen SN, Tveden-Nyborg P and Lykkesfeldt J. 2014. Does Vitamin C Deficiency Affect Cognitive Development and Function? *Nutrients*. 6. 3818-3846.

Tveden-Nyborg P, Vogt L, Schjoldager JG, Jeannet N, Hasselholt S, Paidi MD, Christen S and Lykkesfeldt J. 2012. Maternal vitamin C deficiency during pregnancy persistently impairs hippocampal neurogenesis in offspring of guinea pigs. *PLoSOne*; 7(10): e48488.

Tveden-Nyborg P, Johansen LK, Raida Z, Villumsen CK, Larsen JO and Lykkesfeldt J. 2009. Vitamin C deficiency in early postnatal life impairs spatial memory and reduces the number of hippocampal neurons in guinea pigs. *American Journal of Clinical Nutrition*; 90(3):540-546.

Pernille Tveden-Nyborgs og Jens Lykkesfeldts forskning er støttet af en forskningsbevilling fra Det Frie Forskningsråd (2015).

NÅR SMELTEVANDET ER EN VIGTIG RESSOURCE

Mange regioner i Sydamerika er afhængige af smeltevand fra Andesbjergene. Derfor arbejder forskere med at kortlægge, hvilken betydning de stigende temperaturer har på den nuværende og fremtidige vandforsyning.

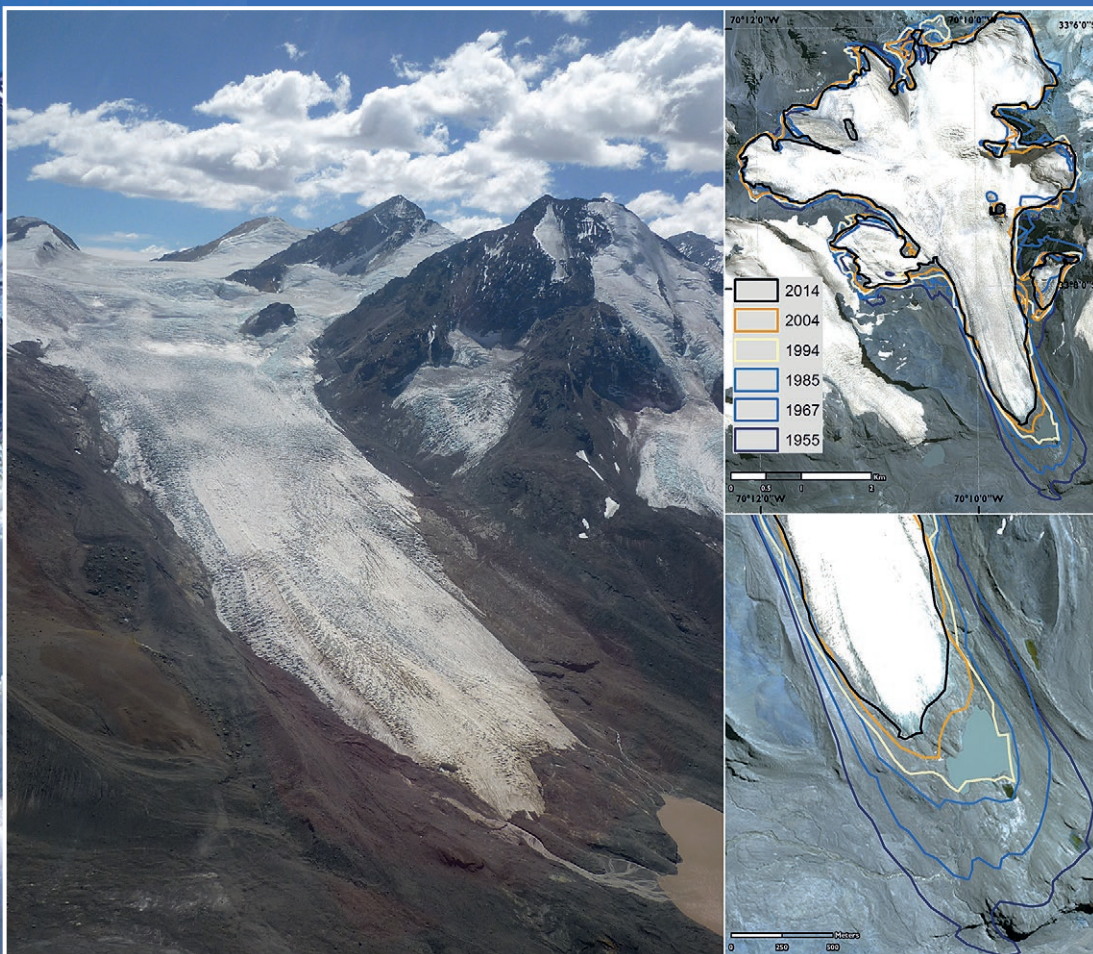
I Sydamerika fra Columbia i nord til Patagonien i syd – både øst som vest for Andesbjergene – lever millioner af mennesker, hvis dagligdag er påvirket af Andesbjergenes klima- og smeltevandsforhold. Smeltevand fra sne og gletschere har betydning for drikkevandsforsyningen, produktionen af elektricitet, mineindustrien og for fødevarer- og vinproduktionen.

De højere beliggende områder af Andesbjergene 3.000–5.500 meter over havet er et af de geografi-

ske områder, hvor temperaturstigningen har slået igennem. Siden 1979 er lufttemperaturen her steget i gennemsnit 0,5–1,5 °C pr. årti. En stigning, der er op til tre-fire gange højere end stigningen i den globale middeltemperatur for samme periode.

Man har dog kun sparsomme feltobservationer af sne- og gletscherforholdene i Andesbjergene. Det skyldes, at feltarbejde i Andesbjergene er risikofyldt, udfordrende og fysisk krævende på grund

af højderne, hvor der er et lavere iltindhold i atmosfæren og et ufremkommelige terræn med barske og let omskiftelige vejrforhold. Derfor er færre end 25 gletschere – ud af de mere end cirka 20.000 individuelle gletschere, der findes i Sydamerika – gennem kortere og længere perioder blevet observeret med henblik på at kortlægge deres massebalance. Massebalancen er kort sagt forskellen mellem den sne, der akkumuleres på gletscheren, og det, der smelter bort af sne og is over et år.



↑ Gletscheren Olivares Gamma ligger ca. 40–45 km nordøst for Santiago de Chile, og den ligger i én af de fire nøgleregioner i forskningsprojektet. Gletscheren er 14,4 km² og spænder i højde fra cirka 3.600 til 4.900 meter over havet. Afstanden fra gletschertungen til toppen af gletscheren er cirka fem kilometer. Fotoet er taget med drone i marts 2016 (foto: Sebastian H. Mernild). Til højre ses gletscherranden bestemt ud fra fly- og satellitbilleder fra 1955 (14,4 km²) til 2014 (11,4 km²) svarende til en reduktion i arealet på 21 %.

← Vi borer huller i gletscheren til stager for at bestemme dens massebalance. Stagerne er placeret i forskellige højder fra randen og til toppen af gletscheren, så vi kan bestemme den højdemæssige variation i massebalancen. Fotoet er taget midt på gletscheren i omkring 4.000 meters højde i marts 2015.

De sne- og gletscherdækkede områder langs Andesbjergene varierer i højde fra havniveau i Patagonien til 3.500–6.000 meter over havet i det centrale Chile, Argentina, Bolivia, Peru, Ecuador og Columbia. Højdeforholdene i det centrale Chile og nordpå gør, at mange af disse sne- og gletscherdækkede områder kun kan besøges via helikopter eller på hesteryg.

Fra observationer til modelarbejde

Inden for det seneste årti er der forskningsmæssigt kommet mere

fokus på de klimatiske forhold og afsmeltningen i Andesbjergene. Det skyldes ikke mindst, at man gerne vil vurdere, hvilken betydning klimaændringerne har og på længere sigt vil få på smeltvandsmønstre og dermed på de tilgængelige vandressourcer. Især har man interesseret sig for området i nærheden af Santiago de Chile, der er beliggende i den mest folkerige region i Chile med mere end ti millioner indbyggere. En region, der også er samfundsøkonomisk betydningsfuld, når det

gælder fødevarer- og vinproduktion og udvinding af kobber.

Området omkring Santiago de Chile er en af fire folkerige eller økonomisk vigtige nøgleregioner, der nøje er udvalgt i et forskningsprojekt, der skal øge kendskabet til de nuværende vandressourcerforhold. Foruden Santiago de Chile gælder det Quito i Ecuador, Cusco/Lima i Peru og Patagonien i Chile og Argentina. Siden 2014 har et internationalt forskerhold ledet af førsteforfatteren til

Forfatterne



Sebastian H. Mernild er professor (ph.d. og dr. scient.) i klimaforandringer og glaciologi i Norge ved Faculty of Engineering and Science, Sogn og Fjordane University College (HiSF). Fra december tiltræder han stillingen som CEO for det anerkendte forskningcenter Nansen Centeret i Bergen og vil samtidig være tilknyttet HiSF som forskningsprofessor. sebastian.mernild@hisf.no (fra december: mernild@nersc.no).



Jeppe K. Malmros er ph.d.-studerende ved Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet. Han arbejder med kortlægning af sne- og gletscherforhold i Andesbjergene. vvh636@alumni.ku.dk

Feltarbejde i Andesbjergene

På feltarbejde er der mange ting at gøre for forskere, der gerne vil forstå klimaforandringerne og påvirkning på sne- og gletscherforholdene.

På fotoet er vi i færd med at installere temperatursensorer på gletscheren Olivares Gamma. Vi borer også stager ned i samme gletscher for at bestemme dens massebalance. Stagerne er placeret i forskellige højder fra randen og til toppen af gletscheren, så vi kan bestemme den højdemæssige variation i massebalancen. Fotoet er taget midt på gletscheren i omkring 4.000 meters højde i marts 2015.

Derudover opmåler vi gletscherens beliggenhed, og vi laver albedo-målinger for bedre at forstå variationer i *albedo* og i energibalancen på sne- og isoverflader. Albedo er et videnskabeligt udtryk for forholdet mellem mængden af reflekteret solenergi fra overfladen



Foto: Edward Hanna

og den totale mængde solenergi, der rammer overfladen. Ved hjælp af laser-scanninger måler vi gletscherens overfladehøjde for at finde ud af, hvor meget gletscherens overflade "sætter sig" på grund af klimaforandringer.

For at bestemme smeltevandets

strømningsveje og hastighed gennem og under gletscherisen laver vi forsøg, hvor vi hælder et uskadeligt farvestof i vandet og ser, hvor det kommer ud igen. Vi måler også mængden af smeltevand, der strømmer i vandløbene ved at installere hydrometriske stationer nedstrøms for gletscherne.

denne artikel gennemført flere ekspeditioner til Andesbjergene med det formål at analysere klimaet og dets effekt på sne- og gletscherforholdene. Vi har opsat måleinstrumenter og etableret systematiske målekampanjer, og efterfølgende er de indsamlede feltdata blevet analyseret og sammenlignet med informationer fra fly- og satellitbilleder for at forstå ændringer i gletscherareal siden 1950'erne.

For at få en dybere forståelse af sammenhængen mellem observationer fra nøgleregionerne og mere overordnede klima- og sne/gletscherforhold langs Andesbjergene har vi anvendt et modelsystem kaldet SnowModel/HydroFlow til at simulere meteorologiske forhold samt forhold vedr. snefordeling, gletschermassebalancer og smeltevand i vandløbene.

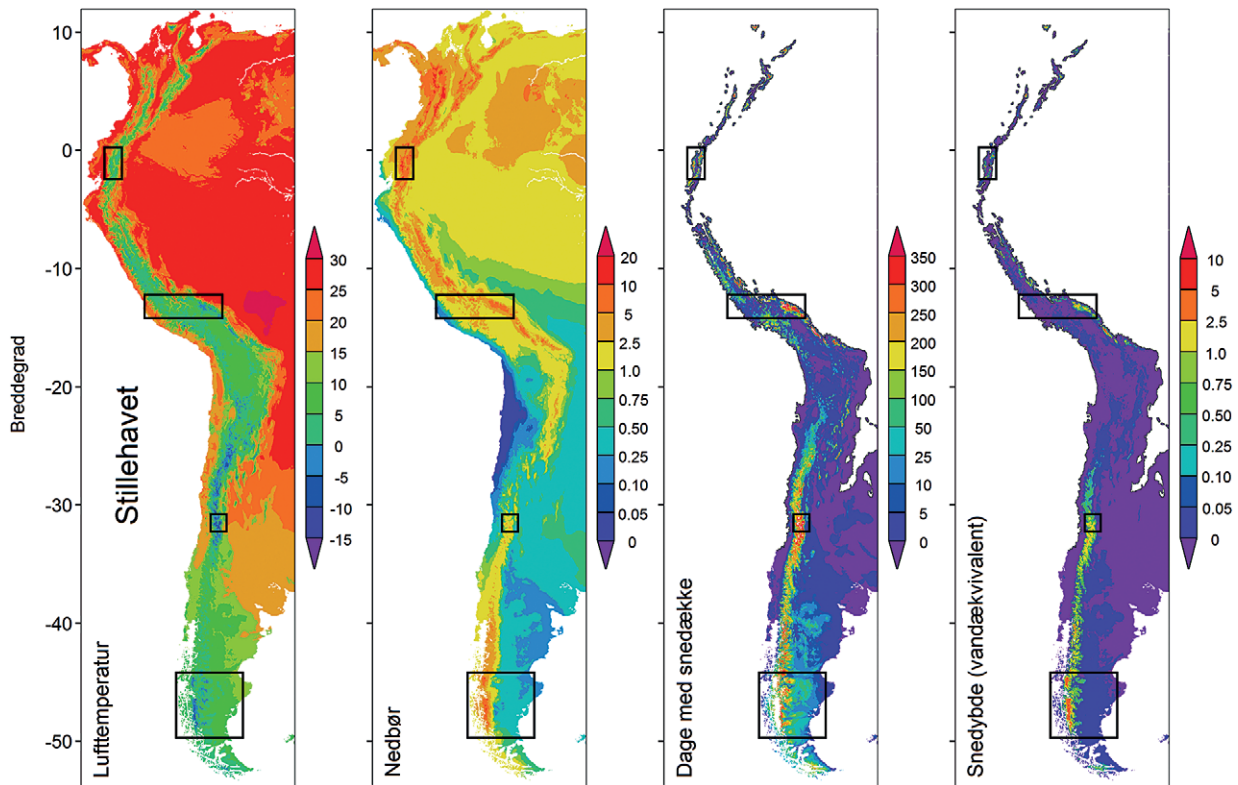
Klimaændringer og afstrømning i Andesbjergene

Resultater viser, at Andesbjergenes klimaforhold er under forandring. Ikke overraskende ses de laveste årsmiddeltemperaturer i de højest beliggende områder af Andesbjergene og de varmeste temperaturer i lavlandet for foden af bjergkæden. Siden 1979 har vi generelt set en opvarmning af Andesbjergene, men i lavlandet øst og vest for bjergkæden har vi derimod set det modsatte – en nedkøling. Samtidig er snesæsonen i gennemsnit kortere nu end i 1979, idet sneen i bjergene falder senere om efteråret og begynder at smelte tidligere på foråret. Enkelte steder i Andesbjergene er den snedækkede sæson blevet op til 2,5 måned kortere. Snearealet er i gennemsnit siden 1979 aftaget med 15 %, og snetykkelsen er i gennemsnit blevet op til 40 cm tyn-

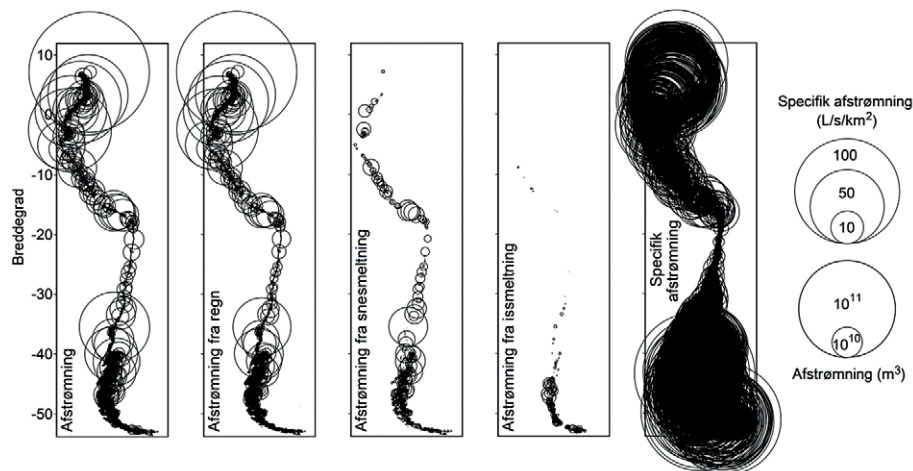
dere pr. årti. I Patagonien vokser både udbredelsen og tykkelsen af sne derimod.

Hvad angår gletscherne er de generelt blevet mindre i areal og volumen siden 1950'erne. Gletscherne beliggende nordøst for Santiago de Chile har i gennemsnit mistet 30 % af arealet siden midten af 1950'erne. Enkelte individuelle gletschere har mistet op imod 60–70 % i areal, samtidig med at de er blevet betydeligt tyndere.

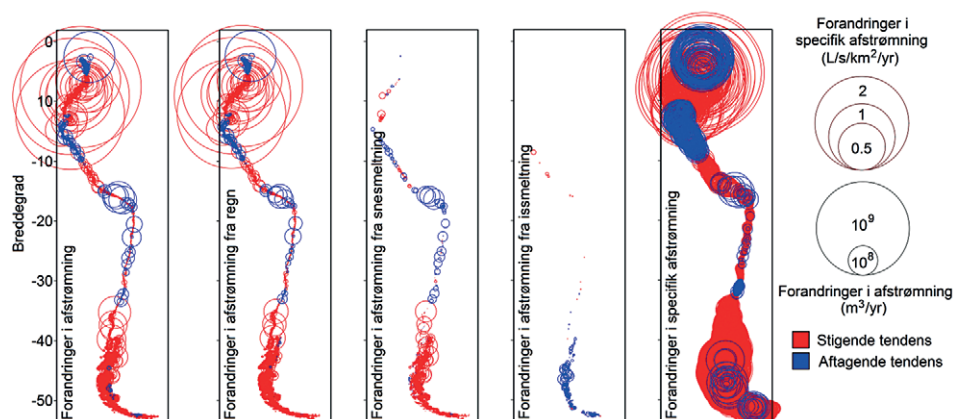
Det er klart, at en reduktion i arealet med sne og gletschere har betydning for områder, hvor man anvender smeltevand. Fx viser vores modelberegninger, at for Chile som helhed stammer omkring 30 % af vandet i vandløbene direkte fra afsmeltningen af sne og gletscheris i Andesbjergene. Et tal, som dækker over betydelige variationer fra



Simuleret gennemsnitlig lufttemperatur, nedbør, dage med snedække og snedybde i Andesbjergene for perioden 1979–2014 foretaget i SnowModel baseret på inputdata fra NASA's klimamodel MERRA. Rektanglerne angiver de omtalte nøgleregioner, som fra nord mod syd er: Quito i Ecuador, Cusco/Lima i Peru, Santiago de Chile i Chile og Patagonien i Chile og Argentina, inklusive de to patagonske isskjolde.



Figuren viser middelf-strømningen i perioden 1979–2014 for den vestlige del af Andesbjergene ved udløbet fra hvert individuelt topografisk opland (i alt er der regnet på mere end 4200 oplande med modellen HydroFlow). Der er vist delbidrag fra regn, snesmeltning og isafsmeltning. Ydermere er den specifikke afstrømning vist i liter pr. sekund pr. km².



Figuren viser forandringer i afstrømningsforholdene, hvor et fald i afstrømning er angivet med blå farve og en stigning med rød farve. Cirklerne størrelse er proportional med afstrømningsmængden fra hvert opland.

Videre læsning:

Mernild, S. H. m.fl. 2016. The Andes Cordillera. Part I: Snow Distribution, Properties, and Trends (1979–2014). *International Journal of Climatology*, doi:10.1002/joc.4804.

Mernild, S. H. m.fl. 2016. The Andes Cordillera. Part III: Glacier Surface Mass Balance and Contribution to Sea Level Rise (1979–2014). *Accepted International Journal of Climatology*.

Malmros, J. K. m.fl. 2016. Glacier area changes in the central Chilean and Argentinean Andes 1955–2013/14. *Journal of Glaciology*, 62(232), 391–401.

Mernild, S. H. m.fl. 2015. Mass loss and imbalance of glaciers along the Andes to the sub-Antarctic islands. *Global and Planetary Change*, 1–11, 10.1016/j.gloplacha.2015.08.009.

Liston, G. E. og Mernild, S. H. 2012. Greenland freshwater runoff. Part I: A runoff routing model for glaciated and non-glaciated landscapes (HydroFlow). *Journal of Climate*, 25(17), 5997–6014.

Resultaterne i artiklen er fremkommet i samarbejde med sneforskere ved henholdsvis Colorado State University og U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory i Fairbanks, Alaska, klimaforskere ved University of Sheffield, og hydrologer og glaciologer ved Universidad de Chile og Universidad de Magallanes.

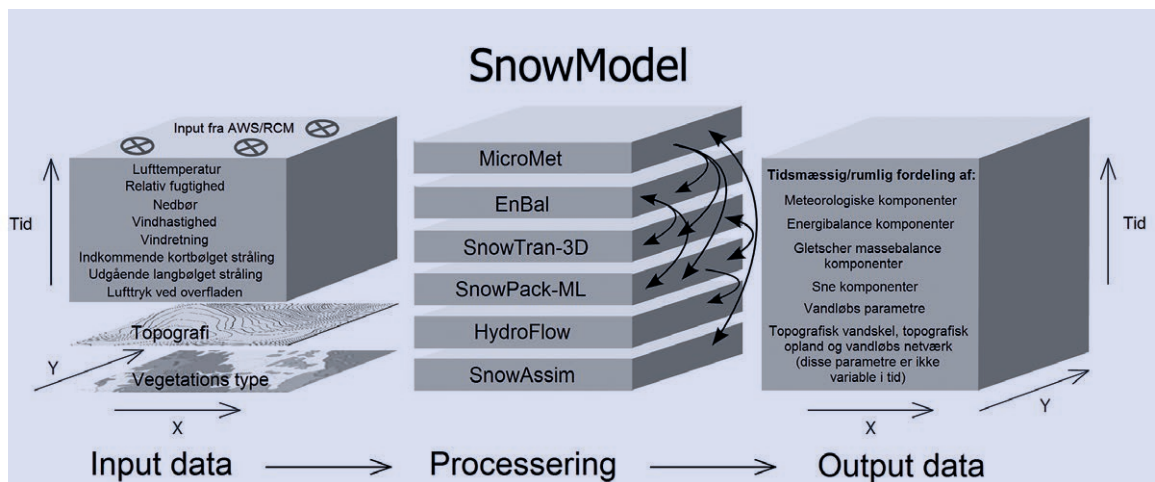


Illustration: Sebastian H. Mernild og Stine H. Pedersen.

Principskitse af modelværktøjet *SnowModel* og dets seks sub-modeller, inklusive input-parametre fra klimastationer (AWS = Automatic Weather Stations) og/eller fra regionale klimamodeller (RCM = Regional Climate Models) og output-parametre.

De sorte pile illustrerer, hvordan de forskellige sub-modeller i *SnowModel* arbejder sammen. *MicroMet* beregner den rumlige variation af meteorologiske parametre (lufttemperatur, nedbør, vindretning, vindhastighed, solindstråling, skydække m.fl.). *EnBal* beregner energi-

balancen i terrænoverfladen, inklusive energibidraget til smeltning af sne og is, fordampling og sublimation fra blandt andet fygesne. *SnowTran-3D* simulerer fordelingen og transporten af fygesne rundt i landskabet. *SnowPack-ML* simulerer densitets-, temperatur- og snedtybdeudvikling over tid og til forskellige dybder i sneen ud fra en multi-lags model. *HydroFlow* simulerer transporten af regn, sne- og issmeltning nedstrøms gennem vandløbssystemet og ved udløbet til havet. *SnowAssim* korregerer simulerede tidsserier mod observerede tidsserier.

opland til opland bl.a. afhængig af det procentvise gletscherareal, hvor højt gletscherne ligger og de topografiske forhold. Derudover er der år-til-år-variationer, som afhænger af meteorologiske og atmosfæriske forhold på storskalaniveau i og omkring den tropiske del af Stillehavet. I de relativt tørre år, som er interessante i et vandressourceperspektiv, ses, at afsmeltningen fra sne og gletscheris udgør op mod 60–80 % af den samlede vandmængde i vandløbene omkring og syd for Santiago de Chile.

Den generelle tendens i Sydamerika er, at jo længere nord- og sydpå man bevæger sig væk fra Atacama-ørkenen (som ligger i det nordlige Chile med grænse til Peru), jo mere øges både afstrømningen målt som vandmængden i vandløbene (m^3/s) og den specifikke afstrømning målt som liter

pr. sekund pr. km^2 . Mod nord er afstrømningen domineret af regn fra tropiske klimasystemer, mens sne- og gletscherafsmeltning dominerer afstrømningen mod syd.

Andesbjergenes vandressourcer i fremtiden

Hvis man skal tro FN's klimapanel (IPCC) femte statusrapport, kan vi forvente, at temperaturerne vil fortsætte med at stige i fremtiden. Derfor må vi også forvente, at gletscherne i det varmere klima vil fortsætte deres tilbagetog. Det er opskriften på fremtidig vandmangel i de regioner, vi har undersøgt, for på et givet tidspunkt vil gletscherne formindskede areal opveje effekten fra et varmere klima, og afstrømningen af smeltevand fra gletschere vil herefter aftage.

I et vandressourceperspektiv har det stor betydning, hvornår man

rammer et sådant tipping point (i den videnskabelige litteratur kaldet runoff tipping point). Det gælder i særdeleshed for de gletscheroplande, der i dag bidrager med smeltevand til drikkevandsforsyningen, produktionen af elektricitet, osv. langs Andesbjergene. Vi vurderer, at et sådant knæpunkt generelt ligger nogle årtier ud i fremtiden. Men vi kan vi ikke udelukke, at det allerede er passeret i enkelte oplande. Det vil fremtidige simuleringer forhåbentlig give os et mere entydigt svar på – ikke blot for Sydamerika, men også for Himalaya-regionen, Alperne og Skandinavien, hvor smeltevandet udgør en vigtig samfundsressource. ■

ER DU I TVIVL OM DIT KOMMENDE STUDIEVALG?

BLIV STUDERENDE FOR EN DAG

Overvejer du at læse på universitetet
– måske en naturvidenskabelig
uddannelse eller en ingeniøruddannelse?

Så har du mulighed for at blive
'studerende for en dag' på Aarhus Universitet



Se hvilke
uddannelser der
tilbyder 'Studerende
for en dag' og
læs mere på

- › Oplev hverdagen som studerende
- › Vær med til både undervisning og andre faglige aktiviteter
- › Stil alle dine spørgsmål direkte til en studerende
- › Måske bliver du klogere på dit studievalg

[SCITECH.AU.DK/STUDERENDEFORENDAG](https://scitech.au.dk/studerendeforendag)



AARHUS
UNIVERSITET
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Myrerne - de første landmænd

Det er ca. 11.000 år siden, at vi mennesker begyndte at dyrke landbrug. Det begyndte i Mellemøsten med hvede, Kina med ris og Mexico med majs. Helt uafhængigt af hinanden opstod de forskellige landbrug med hver sin afgrøde som basis. Men det ændrede hele menneskehedens historie radikalt. Fra en nomade-tilværelse som samlere og jægere og til at vi blev agerbrugere med fast bopæl. Et kvantespring for hele menneskehedens udvikling – lige efter den seneste istid.

Myrerne var de første

Men vi er langt fra de første landmænd her på denne jord. De første var blandt myrerne. De gik i gang for ca. 60 millioner år siden, da de begyndte at dyrke primitivt landbrug i deres tuer. Afgrøderne var svampe. Men det tog yderligere 30 millioner år for myrerne at raffinere deres landbrug så meget, at de kunne få tilstrækkelig mange næringsstoffer ud af svampene, så deres agerbrug kunne blive store og langvarige.

Det er en international forskergruppe, anført af Center for Social Evolution på Biologisk Institut på Københavns Universitet, som står bag de interessante resultater om myrerne som klodens første landmænd og deres problemer med at få landbrug til at blive en god forretning. Resultaterne er nu blevet offentliggjort i det internationale videnskabelige tidsskrift PNAS.

Forplantning uden begge køn

At der skulle gå så lang tid hænger sammen med, at de første svampe i tuerne i 30 millioner år tit udvekslede gener med fritlevende svampegener via sporer gennem luften udefra. Men så fik myrerne forædlet svampene. På samme måde som frugtavlere gør det med fx bananer, druer og appelsiner, hvor man heller ikke behøver to køn for at føre arten videre, men derimod fører slægten videre gennem forædling som en nøjagtig kopi af de forrige generationer.



En myre af arten *Mycocepurus smithii* passer svampe i "hængende haver", som findes i underjordiske kamre i myrernes bo.
Foto: David Nash.

Lighed mellem myrer og mennesker

»Ligheden mellem myrernes og menneskenes landbrug er nærmest uhyggelig. Det er som om, at disse myrer har en akademisk uddannelse i at praktisere små-skala landbrug, som sikrer dem fuldt udbytte af

et meget vanskeligt arbejde«, siger Jonathan Shik, Marie Curie post.doc fra Center for Social Evolution, som sammen med centerleder, professor Jacobus Boomsma, har stået i spidsen for arbejdet.

Smarte myrer

Det nye studie fra Københavns Universitet viser, at svampedyrkende myrer fandt en smart måde at knække svampenes naturlige selektion og evolution, så de i stedet kunne skabe nøjagtige kopier af de forrige generationer svampe. Ved omhyggeligt at regulere proportionerne af protein og kulhydrat i gødningen i deres svampehaver, er myrerne i stand til at optimere svampens vækst, så produktionen af hyfer prioriteres over frugtlegemer. Hyfer er den del af svampene, som myrerne spiser. Det er lange rørformede svampeceller, der er perfekte til at bore sig gennem det næringsstof, som svampene lever af. Bl.a. blade og anden vegetation, som man fx i Mellemamerika kan se bladskærmmyrer slæbe hjem til tuen.

»Det er glædeligt, at vores landbrug har givet os kolossale fremskridt i løbet af få tusinde år. Fra dårligt kontrollerede afgrøder og til nutiden storskala landbrug, som kan brødføde mange mennesker. Men det er tankevækkende, at disse myrer realiserede det samme fremskridt, selv om det tog millioner af ekstra år med at regulere deres gødning og dermed modvirke svampenes naturlige selektion«, understreger professor Jacobus Boomsma.

Af Svend Thaning, journalist,
Københavns Universitet

Videnskabelig artikel: PNAS, vol. 113
no. 36, p10121–10126

Forklaring på hyfer:
www.mycology.com/EducationProject/DKText/ordforklaringer/hyfer.html

NY TEORI FOR SMELTNING OG FRYSNING

Smeltning og frysning er et fænomen, som alle kender, men som forskerne stadig kæmper med at forstå. Forfatterne har nu bragt forståelsen et skridt fremad med en ny metode til fx at beregne ved hvilken temperatur et stof smelter/fryser ved et givet tryk.

Forfatterne



Ulf R. Pedersen fik sin ph.d.-grad i fysik fra RUC i 2009 og har været postdoc på Berkeley University i Californien samt det Tekniske Universitet i Wien. Han er tilbage på RUC under Villum Fondens Young Investigators Program, hvor han forsker i fryse- og smeltefænomener. ulf@urp.dk



Jeppe Dyre er professor i fysik. Han arbejder teoretisk med at forstå grundlæggende egenskaber af væsker og faste stoffer, oprindeligt med fokus på sejtflydende væsker. I perioden 2005-2015 ledte han grundforskningscentret *Glas og Tid*. dyre@ruc.dk

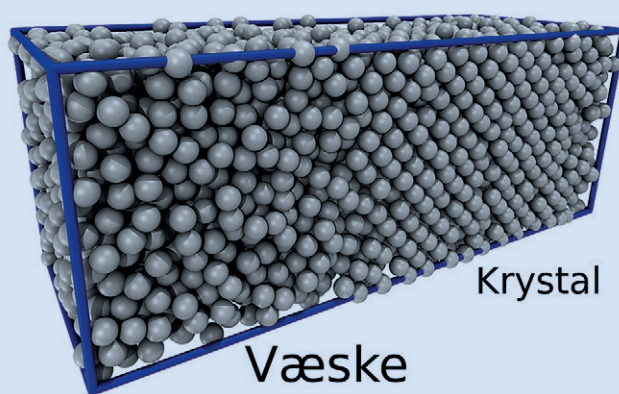
Begge er tilknyttet Glas og Tid centret, Institut for Naturvidenskab og Miljø, RUC

Mange af hverdagens fænomener er svære at forstå og beskrive videnskabeligt. Fx er der ingen god teori for, hvornår et materiale som glas eller plastik under belastning går i stykker. Smeltning er et andet fænomen, som alle kender, men som stadig

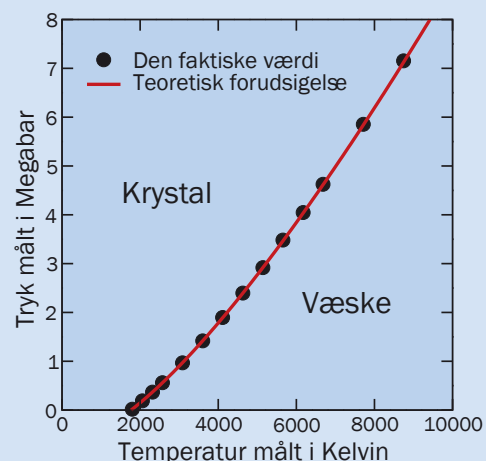
udfordrer videnskaben.

Is smelter ved nul grader Celsius – faktisk er det sådan, man oprindeligt fastlagde temperaturskalaen. Men hvorfor sker det egentlig? Og hvorfor lige ved denne temperatur? Omvendt fryser vand, som afkøles, også ved nul grader og

danner is. I is sidder vandmolekylerne regelmæssigt ligesom på et ternet papir (dog i et andet og tredimensionalt mønster), mens molekylerne i vand bevæger sig rundt mellem hinanden, og der hersker en hel del uorden. Hvorfor synes molekylerne pludselig ved en ganske bestemt temperatur, at

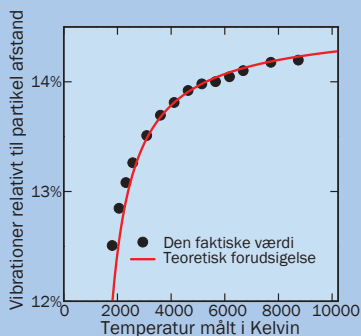


Denne tilstand kan fastholdes i en computersimulering, selvom denne ikke lige er ved smeltetemperaturen, ved et matematisk trick, som indfører en tænkt fjeder. Ud fra fjederkonstanten kan den eksakte smeltetemperatur beregnes (se Pedersen, 2013).

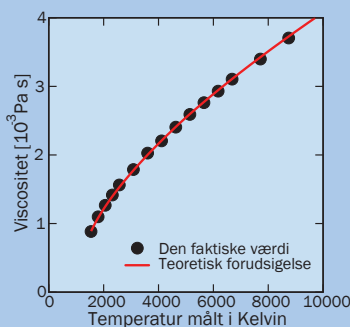


Her er den røde linie beregnet ud fra computersimuleringer ved 6000 °K.

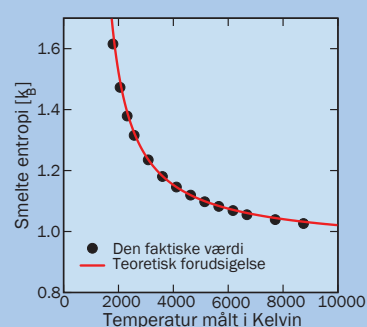
Teori og praksis



I 1910 forudsagde Lindemann, at en krystal smelter, når dens atomer vibrerer så meget, at krystallen går i stykker. Figuren viser den nye teori og data langs smeltelinjen (altså ved varierende tryk). Som det ses, er Lindemanns ide ikke helt korrekt, idet krystallen ved høje temperaturer og tryk tåler lidt større atomare vibrationer, inden den smelter, end ved lave tryk og temperaturer.



Den nye teori kan også forudsige viskositetsvariation langs smeltelinjen, hvilket er relevant fx for at forstå flydning i jordens indre tæt på den faste jernkerne. Det første punkt på grafen svarer til atmosfærisk tryk.



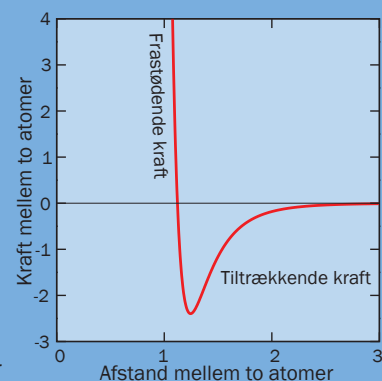
Den såkaldte smelteentropi angiver populært sagt forskellen mellem væskens og krystallens uorden. Denne størrelse er lig med smeltevarmen divideret med temperaturen. Ud fra figuren kan man derfor beregne smeltevarmen (smelteentropien er angivet per atom i enheder af Boltzmanns konstant).

Lennard-Jones modellen

Figuren viser kraften mellem to partikler i Lennard-Jones' berømte model fra 1924. Den giver en simpel beskrivelse af kræfterne mellem et metals atomer, men benyttes også for visse organiske væsker. Og i modellering af biomolekyler til computersimuleringer indgår Lennard-Jones-potentialet i dag som en af flere grundlæggende "byggesten" i den matematiske beskrivelse. Ved korte afstande er kraften stærkt frastødende, hvilket afspejler Pauli-princippet for de indre elektroner.

Ved længere afstande er kraften svagt tiltrækkende. Dette er de såkaldte van der Waals kræfter, som afspejler, at elektronerne foretrækker "god plads". Begge effekter fik først en forklaring med fremkomsten af kvantemekanikken i slutningen af 1920'erne, altså efter at Lennard-Jones foreslog dette model-potentiale.

Det er Lennard-Jones modellen, der er benyttet i ovenstående computersimuleringer.



det er bedre at sidde ordnet frem for at være i væskens uorden?

Sådanne spørgsmål har forskerne stillet sig i mange år. Frysning og smeltning er helt generelle processer; fx smelter et metal ved opvarmning, luftens nitrogen fryser ved meget lave temperaturer, osv. Så en teori skal også helst være generel.

Svært at forudsige smeltetemperaturen

Et eksempel på en generel teori er Lindemanns smelteteori fra 1910. Husk på, at temperaturen er et udtryk for, hvor hurtigt molekylerne bevæger sig. Når en krystal opvarmes, bevæger molekylerne sig mere og mere i deres vibrationer i krystallen. Lindemann foreslog, at krystallen, hvis den opvarmes, på et tidspunkt simpelthen går i stykker, fordi vibrationerne bliver for voldsomme. Denne ide er ikke helt rigtig, viser det sig nu, men heller ikke helt ved siden af.

Man mangler stadig at kunne forudsige smeltetemperaturen for

et givet system. I den forbindelse er det interessant, at de fleste stoffers smeltetemperatur stiger, hvis de udsættes for høje tryk (vand er faktisk en undtagelse fra denne regel). Man taler om en hel "smeltelinje", som angiver sammenhængen mellem tryk og temperatur ved smeltning. Hvordan kan denne sammenhæng bestemmes?

En metode til at forudsige smeltetemperaturen for et givet stof er at lave en computersimulering af, hvordan atomerne bevæger sig. Man kører denne simulering ved en given temperatur (og tryk) og ser så om atomerne "foretrækker" at være i en ordnet krystalstruktur eller i væskens uordnede struktur.

I praksis er der to problemer med denne metode:

For det første skal man have en god model af virkeligheden. Den bedste teori, fysikerne har, er kvantemekanikken. Desværre er denne meget beregningstung, og man må ty til simple modeller

for at komme nogen vegne (fx er der foreslået hundredvis af modeller for vand, og de færreste af dem har smeltetemperatur ved nul grader).

For det andet skal en simulering køre i meget lang tid, før atomerne finder ind i en krystalstruktur.

Derfor har forskere udviklet beregningsmetoder, der kan finde smeltetemperaturen mere effektivt – så man kan bruge mindre regnekraft og dermed mere realistiske modeller.

Ny teori for frysning og smeltning

En sådan metode har en af forfatterne til denne artikel (Ulf) udviklet i 2013. I denne metode starter man med at sætte atomerne op i en konfiguration, hvor den ene halvdel af atomerne sidder i krystalstruktur, mens den anden halvdel sidder i en uordnet væskestruktur (se figur).

Hvis man lavede en direkte simulering, ville krystallen enten

ROBOT-WORKSHOP

- Matematik i robotter

For mennesker er det en simpel opgave at bevæge hånden fra én position til en anden. For en robot-arm er det en noget mere kompleks opgave.

Workshoppen gennemgår:

- En robot-arms konstruktion og virkemåde
- De matematiske principper bag forlæns og baglæns kinematik
- Styring af robot-armen via en micro-controller
- Basal programmering af en robot-arm.

Workshoppen tilbydes i to varianter:

- En, der omhandler matematikken og elektronikken bag positionsbestemmelser og styring af en robot-arm (2-3 timer)
- En, hvor eleverne desuden afprøver matematikken i praksis på en robot-arm, som de selv programmerer (6-7 timer).

Se og book alle vores foredrag og brobygningstilbud på www.sdu.dk/tek/brobygning

Kontakt os for nærmere information:
Tlf. 6550 7444 / brobygning@tek.sdu.dk



Videre læsning

Dyre, JC, (2014) "Hidden Scale Invariance in Condensed Matter". *Journal of Physical Chemistry B*, vol. 114, 10007-10024.

Pedersen, U.R. et al. (2016) "Thermodynamics of freezing and melting". *Nat. Commun.* 7:12386

Dyre, JC (2016) "Simple liquids' quasiuniversality and the hard-sphere paradigm". *Journal of Physics: Condensed Matter* 28, 323001.

Pedersen, UR, (2013) "Direct calculation of the solid-liquid Gibbs free energy difference in a single equilibrium simulation". *Journal of Chemical Physics*, vol. 139, 104102 (2013). Metoden er beskrevet på YouTube: https://youtu.be/F_79JZNdYoQ

gro eller smelte, afhængig af om simuleringen er over eller under smeltetemperaturen. Da vi er "Gud" (!) i en simulering, kan vi indsætte en tænkt fjeder, som trækker i atomerne, så der altid er halvt krystal og halvt væske. Smeltetemperaturen kan bestemmes af, hvor meget vi skal trække i systemet, altså hvor stor fjederkonstanten er.

Fysikere ville elske at forstå frysning og smeltning uden at skulle simulere alle mulige forskellige atomer og molekyler. Ved hjælp af den nye metode er det i år lykkedes os at udvikle en teori, der kan forudsige smeltelinjen, altså ved hvilken temperatur et givet stof smelter/fryser ved et givet tryk. Teorien gælder for de fleste metaller og for mange organiske forbindelser – for vand og is gælder den dog desværre ikke! Vi kan ikke her gennemgå teorien i detaljer; det nye er, at man ud fra computer-simuleringer ved ét tryk

og én temperatur, kan forudsige hele smeltelinjen (se figur).

Det har man faktisk aldrig kunnet før. Samtidig kan teorien beregne viskositeten af væsken, altså hvor tyktflydende den er, lige inden den fryser, hvilket er interessant fx for at forstå flydeprocesserne i jordens indre lige ud for den faste jernkerne.

Teorien forklarer en række ting omkring frysning og smeltning, som man har vidst i mange år, ved hjælp af de såkaldte "isomorfer", som reducerer tryk og temperatur til en fælles variabel, der bestemmer, hvordan atomerne og molekylerne bevæger sig mellem hinanden. Dette begreb, som er udviklet ved Glas og Tid centret ved Roskilde Universitet siden 2009, finder anvendelse for en række stoffer som fx metaller, organiske væsker, polymerer, etc. Men stoffer med stærkt retningsbestemte kemiske bindinger (fx

vand) har ikke isomorfer – og derfor gælder den ny smelteteori ikke for disse stoffer.

En bedre forståelse og et praktisk redskab

Smelte- og fryse-fænomenet er centralt inden for mange grene af videnskaben. Fx i nanoteknologi, hvor man drømmer om at kunne lave solceller og batterier, hvor molekyler selv finder sammen i komplicerede mønstre.

Men har vi så med vores nye resultater forstået frysning og smeltning? Til det kan siges, at forståelse ikke er noget, man har eller ikke har – det er noget, man udgraver. Ved at se is smelte i en vandpyt fås allerede en lille grad af forståelse. Med den nye teori har man nu en bedre forståelse af smeltning og frysning og samtidig et praktisk redskab til at bestemme smeltelinjen, smeltevarmen, og andre størrelser forbundet med frysning og smeltning. ■

Droner mod skadedyr

Forskere på SDU er ved at udvikle droner, som kan bruge naturens egne våben i kampen mod skadedyr, som gnasker sig gennem eksempelvis jordbærplanter. Med tanken fuld af mariehøns, rovmider eller snyltehvepse, skal droner flyve henover markerne og sprede insekterne præcis der, hvor skadedyrene hærger.

Udfordringen for forskerne er at udvikle en spreder, som kan sprede insekterne på en så skånsom måde, at de ikke går til grunde. I arbejdet med at udvikle dronens spreder er det fx vigtigt, at forskerne kender luftstrømmen under dronen, så insekttropperne lander sikkert og præcist.

Men det volder også forskerne visse problemer, at skytset er levende insekter. Fx æder rovmider hinanden. Derfor er det vigtigt, at de bliver blandet i vermiculite, som er et naturligt jordforbedringsmateriale, så de kan gemme sig.



Ved hjælp af droner skal bl.a. mariehøns som en slags faldskærmstropper indsættes mod skadedyr i marken. Foto: Tove Steenberg.

Biologisk plantebeskyttelse bliver med stor succes brugt på mange gartnerier, hvor forskellige insekter bekæmper skadedyr. Men i projektet EcoDrone samarbejder forskerne fra SDU med forskere fra Aarhus Universitet og virksomheden Ecobotix om at gøre det muligt at anvende naturens egne våben udenfor drivhusene, så Danmark kan opretholde en stor produktion af afgrøder uden brug af pesticider. Når økologerne får et effektivt våben mod skadedyr, kan det være

med til at sikre et bedre udbytte af afgrøder på marken, og håbet er, at det kan føre til lavere priser på økologiske varer.

I første omgang skal økodronen sprede nyttedyr over jordbærmarker, frugtplantager og juletræer, fordi der er et stort udbytte på et lille areal, men på sigt kan man sagtens forestille sig, at dronen også skal bekæmpe skadedyr på kornmarker.

Birgitte Dalgaard, Det Tekniske Fakultet, SDU

Føde og infektioner

At fodre mus hjælper dem til at bekæmpe virusinfektioner, mens det omvendt er bedre at sulte dem, hvis de er inficeret med bakterier. Det viser et nyt studium af Ruslan Medzhitov og kolleger fra Yale University School of Medicine in New Haven, Connecticut.

Blandt de almindelige symptomer på akut infektion er mangel på appetit, men i det store hele ved man ikke, hvilken rolle dette symptom spiller i organismens forsvarssystem. For at dykke ned i den problemstilling, studerede forskerne effekten af fødeindtag på mus, som enten var inficeret med bakterien *Listeria monocytogenes* eller med influenza-virus. Det viste sig, at bakterieinficerede mus, som blev sultet overlevede, mens velnærede mus døde. Helt anderledes forholdt det sig



med influenzainficerede mus, idet næsten alle mus på smalkost døde, mens de fleste

af de velfodrede mus overlevede. Under inflammation forårsaget af bakterier forhindrer kulhydratet glukose fra føden en stofskifteproces, som beskytter hjernevævet mod skade. Omvendt beskytter glukose hjernevævet under en inflammation forårsaget af virus.

Ifølge forskerne tyder resultatet på, at forskellige typer af respons på inflammation har deres egne "stofskifteprogrammer".

Billedet viser et elektronmikroskop-foto af bakterien *Listeria monocytogenes*, som er årsag til mange madforgiftninger hvert år. Bakterien er ca. 1-1,5 µm lang.

Foto: Centers for Disease Control and Prevention

CRK, Kilde: Cell 166, 1512-1525 (2016)

Center for Olie og Gas - DTU
The Danish Hydrocarbon Research and Technology Centre

Danmarks Tekniske Universitet



Oliejagten 2016

Deltag i Oliejagten 2016 - En onlinekonkurrence for gymnasieelever, hvor du først skal finde olie i områder under havet og derefter producere olien. Der spilles en dag på to baner!

Tilmelding på
www.oliejagten.dk



Penge-
præmier på
højkant til de
tre bedste
hold!



I simuleringsspillet Quest for Oil (Oliejagten) har deltagerne deres eget olieselskab, som de skal lede fra opstart til succes. Deltagerne har det strategiske overblik over investeringer og produktion på forskellige havområder og kontinenter, hvor undergrunden potentielt kan indeholde olie. I spillet formidles viden om olie, geologi og teknologier.

FORTIDENS KLIMA PRÆGER

Af Carsten R. Kjaer,
Aktuel Naturvidenskab



**DET FRIE
FORSKNINGSRÅD**
DANISH COUNCIL
FOR INDEPENDENT
RESEARCH

Artiklen bringes i samarbejde med Det Frie Forskningsråd | Natur og Univers.

Det Frie Forskningsråd dækker alle videnskabelige hovedområder og uddeler hvert år godt 1 mia. kr. til forskningsprojekter baseret på forskernes egne ideer. Det Frie Forskningsråd består af 84 anerkendte forskere udpeget på baggrund af deres høje faglige kompetence. Formand for Det Frie Forskningsråd | Natur og Univers er professor ved Danmarks Tekniske Universitet, Lone Gram.

Jens Christian-Svenning, har ledet forskningsprojektet STABFOR finansieret af Det Frie Forskningsråd. Læs mere på detfrieforskningsraad.dk

Antallet af arter af træer i en skov og hvordan de er beslægtet kan afspejle klimaet for flere millioner år siden, viser Jens-Christian Svennings forskning. At forstå klimaets langtidseffekter på økosystemer er bl.a. vigtig for at kunne nuancere diskussionen om, hvordan vi bedst forvalter vores fælles natur.

For ca. 2,6 millioner år siden trådte jorden ind i den kvartære istidsperiode som kulmination på en lang nedkølingsperiode i jordens klima, der var startet mange millioner år tidligere. Siden har klimaet været præget af dramatiske skift mellem kolde istider, hvor ismasser breder sig over store dele af den nordlige halvkugle, og varme mellemistider, hvor meget af isen smelter bort igen.

For livet i de berørte områder har de voldsomme klimaændringer været en udfordring. I takt med at isen bredte sig over landskabet, trængtes både dyre- og plantearter mod varmere himmelstrøg. Nogle arter overlevede i refugier sydpå,

mens andre bukkede under og uddøde. Da isen smeltede bort kunne arterne igen sprede sig fra deres tilflugtssteder til de nu isfrie områder, som de i sin tid var blevet fordrevet fra.

Men det var langt fra alle arter, der lykkedes med det. Fx ser vi ikke mammuttræer, ædelcypres og magnolia vokse vildt i den europæiske natur i dag, selvom klimaet passer fint til dem.

»Hvis man ser på nutidens økosystemer, bærer de således i deres struktur stadig i høj grad præg af de klimaændringer, der satte ind for 2,6 millioner år siden«, fortæller Jens Christian-Svenning, der er professor

ved Bioscience ved Aarhus Universitet. Han har ledet forskningsprojektet STABFOR finansieret af Det Frie Forskningsråd, hvor han med sine kolleger har undersøgt, hvordan fortidens klima har sat sig spor i verdens skove. Det spørgsmål er ikke kun af akademisk interesse, idet denne viden også kan bruges til at forudsige, hvordan skovene vil reagere på fremtidige klimaændringer og spiller ind i en højst nutidig diskussion om forvaltningen af vores natur.

Arven fra fortidens klima

Selv om det er en trivial konstatering, at enhver organisme eller et økosystem er et produkt af en lang historie, så påpeger Jens-Christian Svenning, at betydningen af histori-

VERDENS SKOVE

Jens-Christian Svenning er professor ved Bioscience, Aarhus Universitet, hvor han forsker i grundvidenskabelige spørgsmål vedr. Jordens biologiske mangfoldighed og samspillet mellem mennesker og natur.

Han har publiceret mere end 200 videnskabelige artikler i nogle af verdens førende tidsskrifter, og han har modtaget en række udmærkelser for sit videnskabelige arbejde. I 2014 modtog han en Eliteforskerpris fra Uddannelses- og Forskningsministeriet, og i april 2016 modtog han som den første Dronning Margrethe II's Videnskabspris, som er en pris indstiftet af Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab i anledning af Dronningens 75 års fødselsdag.



Foto: Lars Kruse

en tit overses, når man fortolker eller studerer et økosystem som en skov.

»Man vil være tilbøjelig til at tro, at det, der først og fremmest er styrende for økosystemets struktur og funktion, er de nuværende "rammevilkår" som temperatur, regnmængde, jordbundsforhold og tilgængelige næringsstoffer. De faktorer er selvfølgelig også vigtige, men i virkeligheden kan "arven" fra fortidens klima være en mindst lige så vigtig faktor, når man vil forstå, hvorfor økosystemer ser ud og virker, som de gør«, siger Jens-Christian.

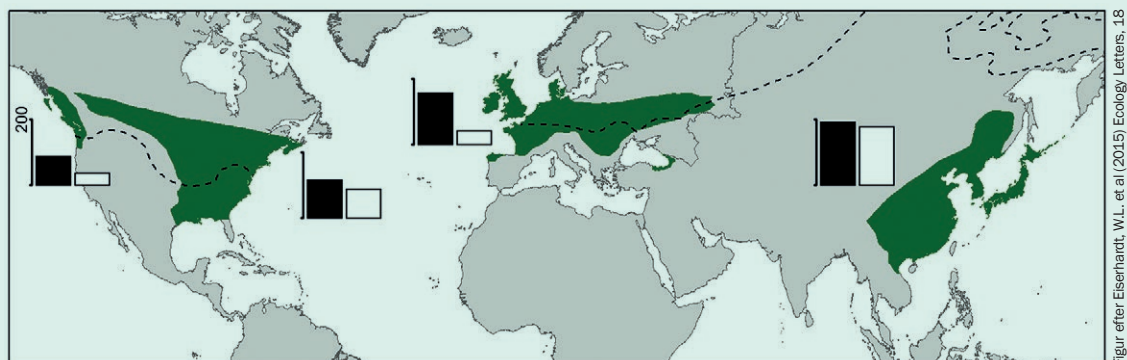
Sammen med sine kolleger har han bl.a. vist, at når man kigger på artsrigdommen og artssammen-

sætningen af træer i skove i både tempererede og tropiske områder, finder man en sammenhæng med, hvor stabilt klimaet har været. Med andre ord findes der flere arter i områder, der har været klimatisk stabile over lang tid end i områder, hvor klimaet har varieret meget. Effekterne viser sig både i tidsperspektiv tilbage til istidernes begyndelse – og til variationerne mellem istider og mellemistider – men også endnu længere tilbage i tiden. »Fx viser det sig, at antallet af arter af palmer i forskellige dele af Afrika er højere de steder, hvor klimaet allerede for flere millioner år siden var relativt vådt og dermed fordelagtigt for denne gruppe af tørkefølsomme planter«, siger Jens-Christian.

Som en del af projektet har Jens-Christian Svenning og kolleger kigget på uddøen af træer på den nordlige halvkugle. I dag er mangfoldigheden af træarter langt større i Nordamerika end i Europa. Ca. halvdelen af de nordamerikanske arter tilhører træslægter, der i dag ikke findes i Europa, mens de europæiske arter derimod langt overvejende kommer fra træslægter, der også forekommer i Nordamerika. Langt de fleste af de særlige nordamerikanske slægter levede også i Europa før istiderne, men blev efterfølgende udryddet fra kontinentet.

Istiderne ramte Europa særligt hårdt, idet de sydlige dele tørrede ud, samtidig med at de nordlige

Foto: Shutterstock

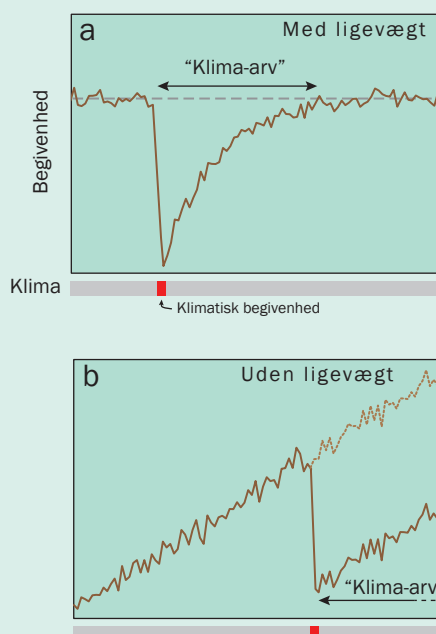


Figur efter Eisenhardt, W.L. et al (2015) Ecology Letters, 18

Kortet viser de fire fugtige, tempererede skovregioner på den nordlige halvkugle: det vestlige Nordamerika, det østlige Nordamerika, Europa og det østlige Asien. Den stiplede linje indikerer den maksimale udbredelse af gletschere under istiderne i Kvartær-tiden. Søjlediagrammerne viser antallet af træslægter i de respektive regioner i tiden før istiderne satte ind (sorte søjler) og i dag (hvide søjler).

Figurene viser hypotetiske eksempler på, hvordan klimatiske begivenheder kan sætte sig spor i biodiversiteten. Klimatiske begivenheder vil have en midlertidig effekt men potentielt langvarig effekt på fænomener, der svinger omkring en ligevægtssituation (a) – det kan fx være artsantal, størrelsen på arters udbredelsesområder mv.

Til sammenligning vil en klimatisk begivenhed have en permanent effekt på udkommet af en kumulativ proces uden ligevægt, som fx hvis artsrigdommen i en region akkumulerer over tid via en konstant rate (artsdannelse minus uddøen). I dette eksempel er væksten af egenskaben positiv i baggrundsklimaet, mens den kortvarigt er stærkt negativ under den klimatiske begivenhed. Efter begivenheden er egenskaben til enhver tid lavere end den havde været, hvis klimaet havde været uforandret hele perioden (indikeret med stiplede linje).



Figurer efter Svenning, J.C. et al (2015) Annu. Rev. Ecol. Syst. 46

blev meget kolde og i vidt omfang isdækkede. Nordamerika slap langt mildere gennem istiderne og oplevede langt mindre uddøen. Det skyldes bl.a., at det har været lettere for træerne at overleve i refugier på det nordamerikanske kontinent, fordi der rent geografisk ligger meget mere landmasse langt mod syd. Samtidig har klimaet også været mere fugtigt.

Selektiv uddøen

Det var ikke tilfældigt, hvilke træslægter der uddøde under istiden, idet Jens-Christian Svenning og kolleger har kunnet vise en stærk sammenhæng mellem, hvilke træer

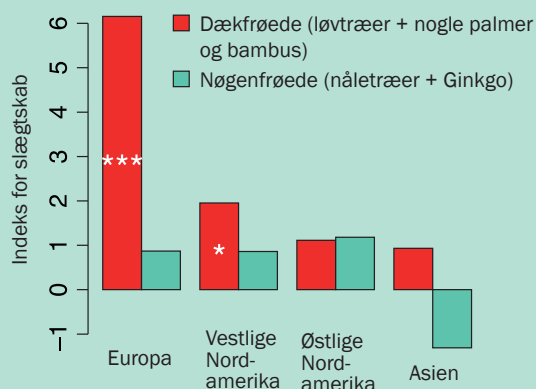
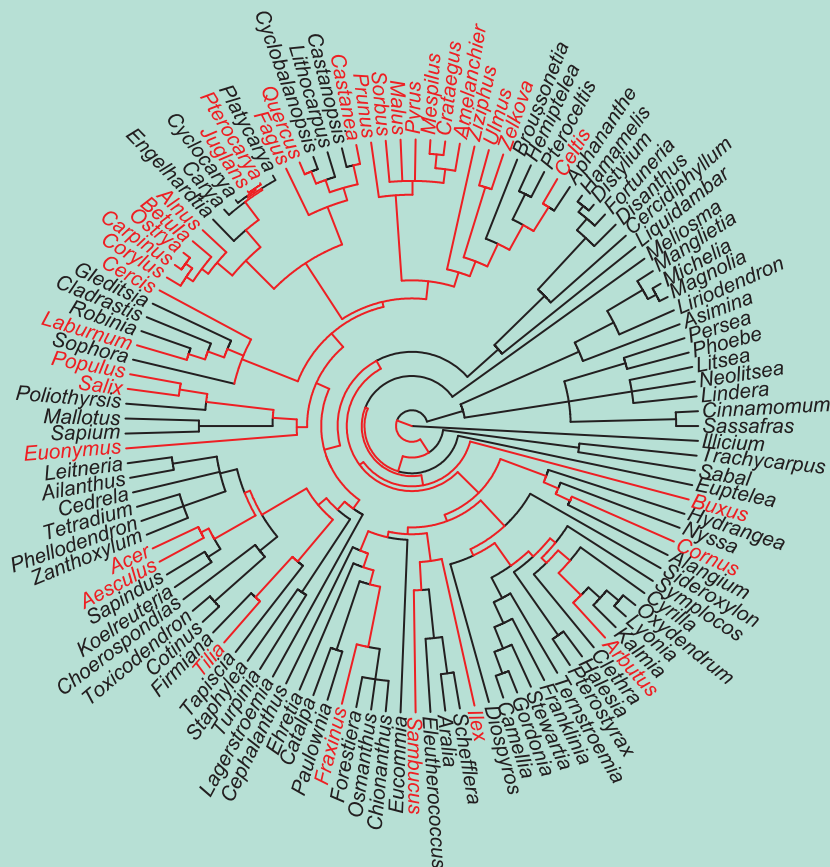
der uddøde og deres kuldetolerance. Hvad værre er, så er denne kuldetolerance heller ikke tilfældigt fordelt over grenene på træernes store slægtskabstræ. Det viser sig, at de slægter, der uddøde, klumper sig sammen i grupper af nærtbeslægtede slægter. Udover at de europæiske skove har oplevet et tab i artsdiversitet pga. istiden, har de således også oplevet et tab i det, der i fagsproget kaldes *fylogenetisk diversitet*.

Den fylogenetiske diversitet udtrykker, i hvilket omfang de tilstedeværende arter eller slægter er beslægtet med hinanden. Alle arter

er ordnet i slægter, som er et mere overordnet niveau inden for den systematiske inddeling af organismerne i naturen end en art. To arter tilhørende samme slægt er således tættere beslægtet end to arter tilhørende to forskellige slægter. Nogle slægter er i dag repræsenteret af ganske få arter – det gælder fx tempelet træet (*Ginkgo biloba*), der er den eneste nulevende art af slægten *Ginkgo*, der tidligere talte mange flere arter, og som ingen nære nulevende slægtninge har. Hvis *Ginkgo biloba* uddør, vil en masse unik evolutionær information derfor gå tabt, da denne art så at sige alene bærer genetisk information om hele

En grafisk repræsentation af slægtskabstræet for træslægter af dækfrøede træer (angiospermer) i tempererede skove i Europa. Slægter med rød skrift er nulevende, mens slægter med sort skrift er uddøde i forbindelse med de kvartære istider. Det fremgår tydeligt, at de overlevende slægter klumper sig sammen i slægtskabstræet. Alt sammen viser det, at det ikke er tilfældigt, hvilke slægter der overlevede istiderne.

Figur efter Eiserhardt, W.L. et al (2015) Ecology Letters, 18.



Søjlediagrammet viser, at de overlevende slægter af træer i næsten alle regioner er relativt nærtbeslægtede i forhold til puljen af slægter, før istiderne satte ind (positive værdier). Især for dækfrøede træer i Europa og det vestlige Nordamerika er dette signifikant.

Figur efter Eiserhardt, W.L. et al (2015) Ecology Letters, 18.

sin slægts historie.

At istiderne medførte et tab i fylogenetisk diversitet betyder populært sagt, at klimaændringerne ikke bare klippede tilfældige kviste af livets træ, men målrettet savede hele grene af.

Effekter på skovens funktion

Et interessant spørgsmål er, om den selektive uddøen, som istiderne har været skyld i, også kan spores i den måde, skovene fungerer på i dag. Man ved nemlig, at den fylogenetiske diversitet er en vigtig parameter til at forudsige, hvordan økosystemer fungerer.

»Det skyldes, at nærtbeslægtede arter vil være tilbøjelige til at have samme funktion i økosystemerne. Derfor vil det også i princippet have en større effekt på et økosystem, hvis en hel gruppe af nærtbeslægtede arter forsvinder, end hvis det blot er et tilfældigt udvalg af arter«, siger Jens-Christian.

I projektet har han sammen med sine kolleger derfor undersøgt, om arven fra fortidens klima også kan spores i det, man kalder den funktionelle diversitet. Enhver art kan beskrives ved nogle funktionelle træk, som siger noget om, hvordan den relaterer sig til og påvirker mil-

jøet – fx er størrelse et meget vigtigt funktionelt træk. Forskerne har haft særligt fokus på funktionelle træk, der regnes som centrale for planters økologiske funktion, nemlig plante-højde, blad-karakteristika (ikke mindst forholdet mellem bladens areal og vægt) samt størrelse på frøene – træk som tilsammen beskriver planters relation til stress og forstyrrelse.

»Vores undersøgelser viser et blandet billede og peger på, at der er behov for at få en bedre forståelse af, hvornår og hvordan fortidens klima påvirker den funktionelle diversitet«, siger Jens-Christian. »Sammenligner vi den funktionel-



Øverst: Foto fra de artsrige skove i Great Smoky Mountains i det østlige Nordamerika, hvor man her bl.a. ser skarntydegran (Tsuga), en slægt der blev udryddet i Europa af istiderne.

Nederst: Blomster på tulipantræ (*Liriodendron*). Denne slægt blev udryddet i Europa under istiderne, men overlevede i det østlige Nordamerika og Kina. Siden er den genindført til brug i haver og parker. Fotos: Jens-Christian Svenning

le diversitet hos træer i Europa og Nordamerika, ser vi generelt relativt små forskelle sammenlignet med artsrigdom og fylogenetisk diversitet. Så den overordnede effekt af istiderne på de to regioner har ikke været så stor. Til gengæld har vi dokumenteret klare effekter indenfor Europa og indenfor Nordamerika, hvor planters funktionelle diversitet er højere, jo tættere man kommer på istidsrefugierne – dvs. at man finder en større spændvidde i den funktionelle variation i plantesamfund, der hvor det har været nemmere for arterne at genindvandre«.

Et åbent spørgsmål

Umiddelbart havde Jens-Christian Svenning forventet at se et kraftigere signal fra fortidens klima i skovens funktionelle diversitet, når forskningen nu har vist en stærk effekt på artsdiversiteten og den fylogenetiske diversitet. Men han opfatter det som et åbent spørgsmål, som det vil kræve flere undersøgelser at få ordentlig belyst. »Først og fremmest er antallet af studier stadig for lille til at vurdere, om betydningen af fortidens klima varierer mellem områder, plantegrupper og funktionelle træk. Vi har desuden den udfordring, at datagrundlaget vedrørende funktionelle træk – trods stor forskningsindsats over de seneste årtier – stadig begrænser os. Selv de bedst studerede funktionelle træk er kun målt for et mindre tal af verdens plantearter, og mange potentielt vigtige træk kendes langt dårligere. Det er derfor muligt, at denne ufuldstændige dækning af den funktionelle diversitet bidrager til de noget blandende resultater«, siger han. Jens-Christian Svenning forklarer, at træers funktion bestemmes ved mange flere træk end dem, som er inkluderet i dette forskningsprojekt. Fx er ærteblomstfamiliens evne til at fiksere luftens kvælstof i rodknolde via symbiose med bakterier en egenskab med meget stor økologisk betydning. Det er en egenskab, som også findes hos træer. På listen over invasive træarter i Europa finder vi således bl.a. robinie (også kaldet uægte akacie), som tilhører

ærteblomstfamilien. Mange andre træk vdr. rødders funktion og samliv med andre organismer er meget dårligere kendte.

Hvad er en hjemmehørende art?

En skov med en høj funktionel diversitet burde alt andet lige være mere produktiv end en skov med lavere funktionel diversitet, fordi træer med forskellig funktion kan vokse tæt sammen og samlet set udnytte de tilgængelige ressourcer mere optimalt.

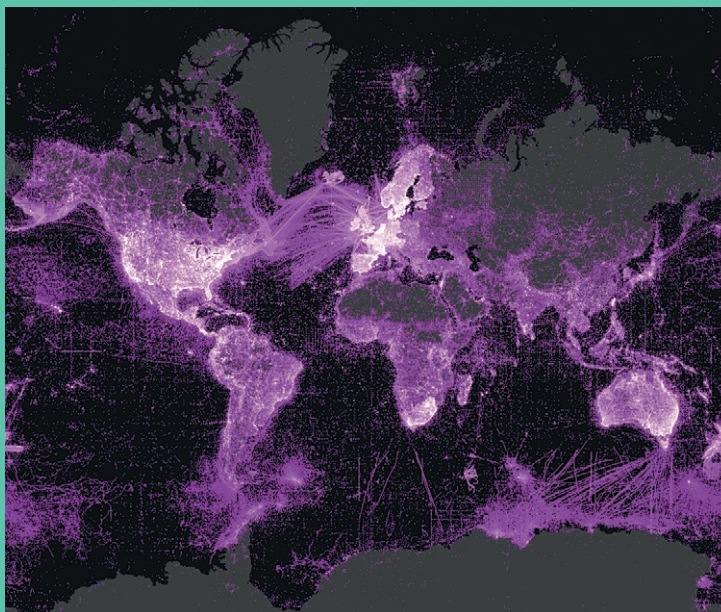
»Man kan sige, at forstfolk længe har været klar over, at de europæiske skove måske ikke var "optimerede" i forhold til, hvad man kan producere under de herskende klimatiske forhold. Derfor har de gennem tiden introduceret arter som douglasgran og robinie fra Nordamerika til Europa og arter som ædelgran, lærk og ahorn fra Syd- til Nordeuropa, hvor de har vist sig at klare sig glimrende og være mere produktive end de hjemmehørende arter i mange tilfælde«, siger Jens-Christian. Han nævner som eksempel, at de højeste træer i Danmark nu er douglasgraner og ikke træer fra hjemmehørende arter. Det er her værd at bemærke, at fleste af disse nordamerikanske typer af træer faktisk kun mangler i Europa, fordi de uddøde i forbindelse med istiderne.

Resultaterne af Jens-Christians Svenning og kollegers forskning kan derfor give næring til en diskussion om forvaltning af den danske natur. »Når vi snakker om naturligt hjemmehørende arter er det ofte et politisk defineret begreb, som anskuer naturen ud fra en meget kort tidshorisont og et politisk defineret landområde uden naturmæssig mening (fx Danmark). Hvis man i højere grad betragter økosystemer som dynamiske med en meget lang historie og typisk også som dele af store biogeografiske regioner, vil man få en anden og mere nuanceret diskussion – fx om hvilke invasive arter, det kan betale sig at bruge en masse energi på at bekæmpe«, fortæller Jens-Christian. »Fx omtales arter som rødgran, ædelgran og

På jagt i datahavet

Når Jens-Christian Svenning og kolleger arbejder med at undersøge, hvordan fordelingen af træer på Jorden relaterer sig til fortidens klima, tager han ikke selv på feltarbejde for at registrere arternes udbredelse eller måle fx højden eller frøstørrelsen på træerne. I stedet foregår det meste af arbejdet foran computeren, hvor han trækker på den enorme mængde data, der i dag findes i store internationale databaser. Fx gøres store mængder af data om arters udbredelse tilgængeligt via den internationale forskningsinfrastruktur *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), der holder til på Københavns Universitet. Data meldes ind til denne database fra fx naturhistoriske museer over hele verden. Andre vigtige kilder til udbredelsesdata er en række atlasprojekter for forskellige organismegrupper (fx planter, sommerfugle, pattedyr) i forskellige dele i verden. Andre internationale projekter samler og giver adgang til andre vigtige typer data, fx genetiske data og data vedrørende arters funktionelle træk. Det er en stor opgave at opbygge og kvalitetssikre sådanne Big Data vedr. biodiversiteten, og Jens-Christian deltager i flere internationale arbejdsgrupper, der netop har til formål at opbygge sådanne datakilder, bl.a. Botanical Information and Ecology Network (BIEN), som er et Big Data-projekt for planter i Nord- og Sydamerika.

En anden kilde til information er satellitter, som i dag sender en konstant strøm af data, som kan være målinger af temperatur, nedbør eller skovdække. Den vigtigste kilde til data om fortidens klima til Jens-Christian og kollegers analyser



Visualisering af de mere end 540 mio. datapunkter, der i dag findes i Global Biodiversity Information Facility. Lyse farver indikerer høj tæthed af datapunkter.

kommer fra klimaforskeres simuleringsmodeller for klimaet på forskellige nøgletidspunkter i fortiden.

Hele denne indsats med at indsamle data er selvfølgelig kun værdifuld, hvis man har metoder, der håndterer de store mængder data og kan bruges til at afdække interessante mønstre i syndfloden af data. Jens-Christian samarbejder i den forbindelse med bl.a. forskere på MADALGO (Massive Data ALGOrithmics) ved Aarhus Universitet, som netop beskæftiger sig med at udvikle metoder til at håndtere massive datamængder, og hans forskergruppe har opbygget stor ekspertise i analyse af store mængder komplekse økologiske data. Ofte er analyserne geografiske analyser, hvor man arbejder med rumligt definerede analyseenheder, fx felter på 50 × 50 eller 100 × 100 km, og ser på biodiversitets- og miljømål for disse enheder.

ahorn, der er indført fra andre dele af Europa, som fremmede arter, der er problematiske set fra et naturperspektiv. Men reelt har de en lang historie sammen med de hjemmehørende danske arter og findes jo også sammen med dem i andre europæiske lande. Grunden til, at de manglede i Danmark, før de blev indført, er blot mangel på tid til at genindvandre efter sidste Istid.»

Overordnet gør de historiske effekter på skovenes artsrækkende, fylogenetiske og funktionelle træk, at man ikke kan gå ud fra, at de rummer den maksimalt mulige biodiversitet eller har den optimale funktion i forhold til klima, jordbund mm. Det betyder, at vi bør se nuanceret på fremmede arter ikke bare i forhold

til økosystemfunktioner som produktivitet, men også naturmæssigt, mener Jens-Christian Svenning. »Nogle arter kan have en negativ effekt på de hjemmehørende arter, men mange arter vil have neutrale eller ligefrem positive effekter. Det vil selvsagt være afgørende, hvordan vi anvender arterne: Fx vil produktionsorienteret plantagedrift typisk være problematisk for den lokale biodiversitet, uanset arternes herkomst,« siger han.

Langtrækkende konsekvenser

I det helt store perspektiv kan resultaterne af Jens-Christian Svennings forskning få betydning for den måde, vi tænker om vores påvirkning af verdens skove. Det er således tankevækkende, at klimatiske

begivenheder kan have betydning for økosystemerne mange hundrede tusinder eller endog millioner år ud i fremtiden, fordi det ikke er tilfældigt hvilke grupper af træer, der bliver påvirket. »Når vi mennesker nu er i gang med at ændre på det globale klima, vil det altså kunne sætte sig aftryk, der rækker meget længere ud i fremtiden, end de fleste har fantasi til at forestille sig,« slutter Jens-Christian. ■

Videre læsning:

Eiserhardt, W.L. et al (2015): Climate-driven extinctions shape the phylogenetic structure of temperate tree floras. *Ecology Letters*, 18: 263–272

Svenning, J.-C. et al (2015): The Influence of Paleoclimate on Present-Day Patterns in Biodiversity and Ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 46:551–72



**DET FRIE
FORSKNINGSRÅD**
DANISH COUNCIL
FOR INDEPENDENT
RESEARCH

FLUESIMULATOREN

- fluebekæmpelse med computerspil



Stikfluen *Stomoxys calcitrans*. Wikimedia Commons / CC-BY-SA-3.0 / GFDL.

Forfatterne



Gösta Nachman er lektor emeritus ved Biologisk Institut, Københavns Universitet, hvor han bl.a. har forsket i brug af matematiske modeller til at beskrive populations dynamik og samspil fx i forbindelse med biologisk bekæmpelse af skadedyr.
gnachman@bio.ku.dk



Henrik Skovgård er uddannet biolog og seniorforsker ved Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, hvor han arbejder med metoder til ikke-kemisk bekæmpelse af skadelige og generende insekter indenfor primært landbrug.
henrik.skovgaard@agro.au.dk

Stikfluer er en plage for både mennesker og husdyr. I kvægbruget udgør stikfluer et stort problem, men nu skal en simuleringsmodel forklædt som computerspil hjælpe med at finde de bedste strategier for at bekæmpe de plagsomme kræ.

Blandt Ægyptens 10 plager nævnes fluer som den fjerde, og fluer er i dag muligvis lige så plagsomme, som de var på Biblens tid. Især de blodsugende fluer, såsom klæger og bremser, hører til blandt de hjemlige plager, som Noah burde have klasket, inden de smuttede med på hans ark. Det samme gælder for en anden blod-suger, nemlig stikfluen *Stomoxys calcitrans*. Med sine munddele kan den voksne flue hurtigt skære sig gennem ofrets skind og derved få adgang til dets blod, hvilket er ret smertefuldt for ofret. Ud over at tjene som ernæring for både hanlige og hunlige stikfluer er blodet en

forudsætning for at hunnerne kan producere æg, som de typisk lægger i rådne plantede dele eller i gødning fra fx husdyr. Når æggene kort tid efter klækker til larver, befinder de sig lige midt i spisekammeret og kan derfor hurtigt æde sig store, hvorefter de forpupper sig. Ud af puppehylsteret kommer der få dage senere en voksen og blodhungrende stikflue.

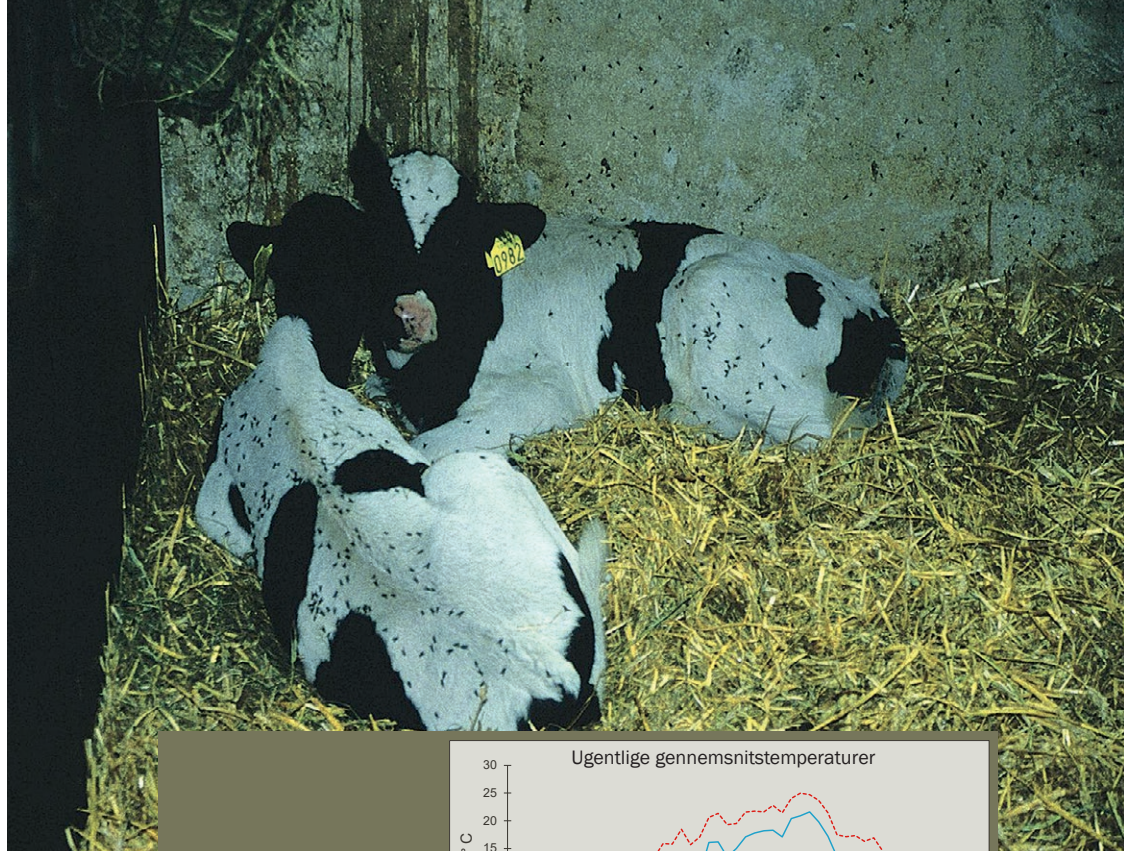
Et problem for kvægavlen

En stikflue-hun kan lægge langt over 100 æg i løbet af sin levetid, og eftersom udviklingstiden fra æg til voksen ved hjemlige sommertemperaturer tager 13-18 dage, kan en enkelt flue i løbet af sommeren give

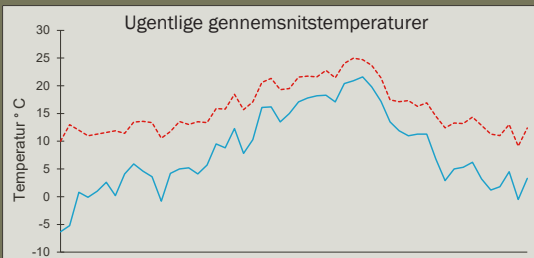
ophav til mange tusinde individer, som allesammen har brug for et eller flere blodmåltider.

I Danmark er stikfluer især et problem i kvægstalde, hvor mængden, konsistensen og temperaturen af den producerede gødning er særlig velegnet for opformering af fluer. De mange fluer kan nedsætte kreaturernes vækst og, for malkekøernes vedkommende, deres mælkeydelse, fordi dyrene ikke får ro til at æde og hvile. Samtidig kan køer, der stikkes under malkningen, stå så uroligt, at de risikerer at beskadige malkeudstyret. Desuden kan fluerne overføre sygdomsfremkaldende bakterier fra smittede til raske dyr

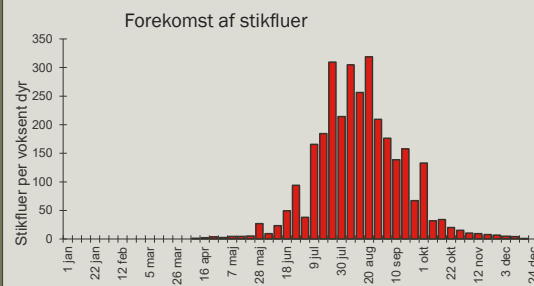
Kalve er særligt udsatte for at blive angrebet af stikfluer, fordi de opholder sig i bokse med en blanding af halm og gødning, som er et ideelt substrat til udklækning af fluer. Fluerne på fotoet er både stikfluer og stuefluer
Foto: H. Skovgård.



Øverste figur: Ugentlige gennemsnitstemperaturer i en sjællandsk stald (rød linje) og udenfor stalden (blå linje).



Nederste figur: Forekomsten af stikfluer i stalden, udtrykt som det gennemsnitlige antal fluer pr. kreatur. Registreringen foregik én gang om ugen.



og mennesker. Endelig kan store fluebestande være til stor gene for gårdens beboere og give anledning til alvorlige nabostridigheder.

Bekæmpelse af stikfluer

I Danmark er der ingen opgørelse over de økonomiske omkostninger forvoldt af stikfluer, men alene i USA skønnes de årlige tab at være på mere end en milliard US \$. Derfor er der også god økonomi i at forsøge at komme dem til livs. Til at bekæmpe fluer i almindelighed findes der flere forskellige aktivstoffer, som bruges enten mod larver (larvicider) i gødningen eller mod de voksne individer (adulticider). Larvicider hindrer de voksende larver i at

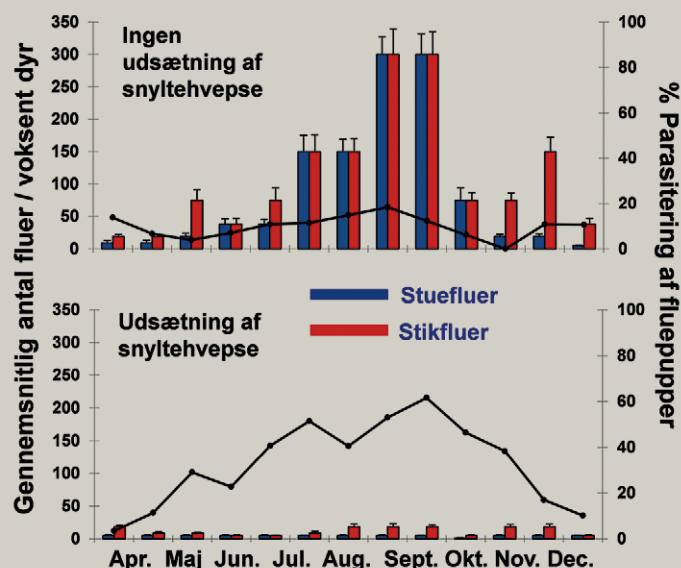
gennemføre hudskifte, mens adulticiderne enten er aerosoler eller sprøjtemidler. Aerosolerne består af små giftdråber, som hurtigt lammer og dræber de ramte fluer, mens sprøjtemidlerne er langtidsvirkende kontaktgifte, som normalt skal indtages oralt af fluerne. De tilføres overflader, hvor fluerne sædvanligvis ynder at opholde sig. Risikoen ved at benytte giftstoffer er, ud over at de kan gøre skade på mennesker og husdyr samt forgifte økosystemer, at insekterne ved vedvarende brug kan udvikle resistens overfor midlerne.

Derfor er der god grund til at reducere brugen af kemiske bekæm-

pelsesmidler og i stedet benytte alternative metoder. Fx har man forsøgt at bekæmpe stikfluer ved hjælp af steril-han-teknik. Metoden består i at opformere og udsætte store mængder af sterile hanner, som godt nok kan parre sig med normale hunner, men der kommer ingen levedygtige æg ud af parringen. En anden bekæmpelsesmetode er hormonfælder, som lokker hannerne til ved hjælp af hunlige kønshormoner. Desuden kan man ophænge papirstrimler eller plader med lim til at fastholde og dræbe voksne fluer. Endelig er det også en mulighed at muge hyppigt ud i stalden, men det er meget tidskrævende for landmanden.



Voksen hun af snyltehvepsen *Spalangia cameroni* i færd med at parasitere en flue-puppe ved hjælp af sin læggebrod i spidsen af bagkroppen. Hvepsen er mindre end 3 mm.
Foto: H. Skovgård



Antal stikfluer og stuefluer pr. voksen kreatur i en stald i to på hinanden følgende år, først uden (øverst) og dernæst (nederst) med udsættelser af snyltehvepse hver 14. dag og 200 snyltehvepse for hver m² med gødning. Figuren viser også, at andelen af pupper, der parasiteres, er langt højere, når der udsættes snyltehvepse (sort linje).

Hjælp fra snyltehvepse

Selv om de nævnte alternative metoder i princippet burde overflødiggøre de kemiske bekæmpelsesmidler, er de som regel utilstrækkelige til at holde fluebestandene nede på et acceptabelt niveau. På økologiske gårde, hvor landmændene ikke har lov til at benytte syntetiske bekæmpelsesmidler, kan stikfluerne derfor blive et alvorligt problem, med mindre der udvikles effektive alternativer, fx biologisk bekæmpelse ved hjælp af flueres naturlige fjender. En af de fjender, som har vist sig at være en rigtig fluedræber, er en lille snyltehveps med navnet *Spalangia cameroni*. Voksne hunner af denne art angriber pupper af bl.a. stikfluer og stuefluer. Det sker ved, at den stikker sin læggebrod ind igennem puppehylsteret, der omgiver puppen, for derefter at lægge et æg på selve puppen. Efter nogen tid klækker ægget til en larve, som på bedste igle-måder hæfter sig fast til fluepuppen og begynder at udsuge den. Når den er tømt og fordøjet, forpupper hvepselarven sig inde i puppehylsteret, hvor den efterfølgende gennemløber en metamorfose til voksen hveps. Hvepsen

gnaver sig ud af puppehylsteret, hvorefter den kan begynde at forplante sig. Under gode temperaturforhold og med rigelig adgang til værter kan en voksen hun-snyltehveps nå at angribe omkring 20 fluepupper i døgnet, hvilket i løbet af hvepsens levetid på ca. 2-3 uger kan blive til over 100 dræbte fluer.

Hvordan bruges snyltehvepse?

I modsætning til dens flueværter klarer *Spalangia* sig ikke godt ved temperaturer under 15° C, hvilket tit forekommer i danske stalde om vinteren. Det betyder, at der om foråret ikke er tilstrækkeligt med snyltehvepse til at forhindre den hurtige opformering af fluer udløst af de stigende temperaturer. Derfor bliver man nødt til at dyrke snyltehvepse under gunstige temperatur- og fugtighedsforhold, for derefter at transportere dem ud til de stalde, hvor de skal gøre gavn mod flueplagen. For at metoden skal være effektiv, skal hvepsenes antal og udsættelsestidspunkter afpasses efter, hvornår og hvor mange fluer hvepsene skal bekæmpe. Det kan således være nødvendigt med gentagne udsættelser, fx hver 14.

dag, af mange tusinde snyltehvepse pr. udsætning. Baseret på mange års forskning og erfaring skal udsætning af snyltehvepsene normalt foregå fra midt i april og frem til sidst i september, såfremt bekæmpelsen skal være tilfredsstillende.

Computerspil mod stikfluer

Selv om forsøg har vist, at stikfluer kan bekæmpes effektivt ved hjælp af snyltehvepse, er metoden omkostningstung at anvende i praksis. For at holde omkostningerne nede skal antallet og tidspunkterne for udsætning af snyltehvepse nøje tilpasses behovet. Med henblik på at nedsætte forbruget af sprøjtemidler og samtidig optimere brugen af snyltehvepse har Miljøstyrelsen ydet økonomisk støtte til udvikling af en simuleringsmodel, der kan beskrive det komplekse samspil mellem stikfluer og snyltehvepse.

Modellen, som kaldes *The Fly Simulator*, kan bruges til at forudsige, hvordan en population af stikfluer vil udvikle sig som følge af de daglige og sæsonmæssige variationer i temperaturen, både hvis der ingen bekæmpelse finder

The Fly Simulator: En simuleringsmodel af fluebekæmpelse

Motoren i *The Fly Simulator* er en model, som beskriver bestandene af stikfluer og snyltehvepse i en stald med kreaturer, der går på dybstrøelse (en blanding af halm og fækallier som under et kaldes gødning). For hver dag beregnes hvor mange æg fluerne og hvepsene hver især lægger, og hvor mange individer, der dør i det samme tidsrum. Samtidig opdateres alderen af de overlevende dyr med 1 døgn, og antallet af individer i hver aldersklasse, der klækker fra et stadie til et andet, beregnes. Da udviklingshastigheden af insekterne afhænger af temperaturen, opererer modellen med et begreb, som vi kalder biologisk alder. Kort fortalt går aldringen hurtigere, jo højere temperaturen er, således at dyrenes kronologiske og biologiske

alder ikke følges ad, idet den kronologiske alder måles i dage og den biologiske i graddage (dvs. antal dage vægtet med temperaturen).

Ud over at påvirke udviklingshastigheden, indvirker den biologiske alder også på overlevelseshastigheden og antallet af æg, som en hun lægger i døgnet. Da temperaturen i stalden er så vigtig for insekternes overlevelse, udvikling og reproduktion holder modellen styr på, hvordan temperaturen er i luften og nede i forskellige dybder af gødningen. Som følge af gæringsprocesser i gødningen vil temperaturen her som regel være højere end i luften, særligt i vintermånederne, hvilket især vil komme fluelarverne til gavn. Dybden af gødningslaget under de opstaldede dyr kan enten sættes

som en gennemsnitsdybde eller beregnes ud fra, hvor meget gødning dyrene i stalden producerer pr. dag, og hvornår udmugning sidst fandt sted. Hvis den biologiske model kombineres med kemisk bekæmpelse, holder modellen også styr på, hvad koncentrationen af larvicid i gødningen er, når der løbende tages hensyn til tykkelsen af gødningslaget, mængden af tilført larvicid og dets nedbrydningshastighed.

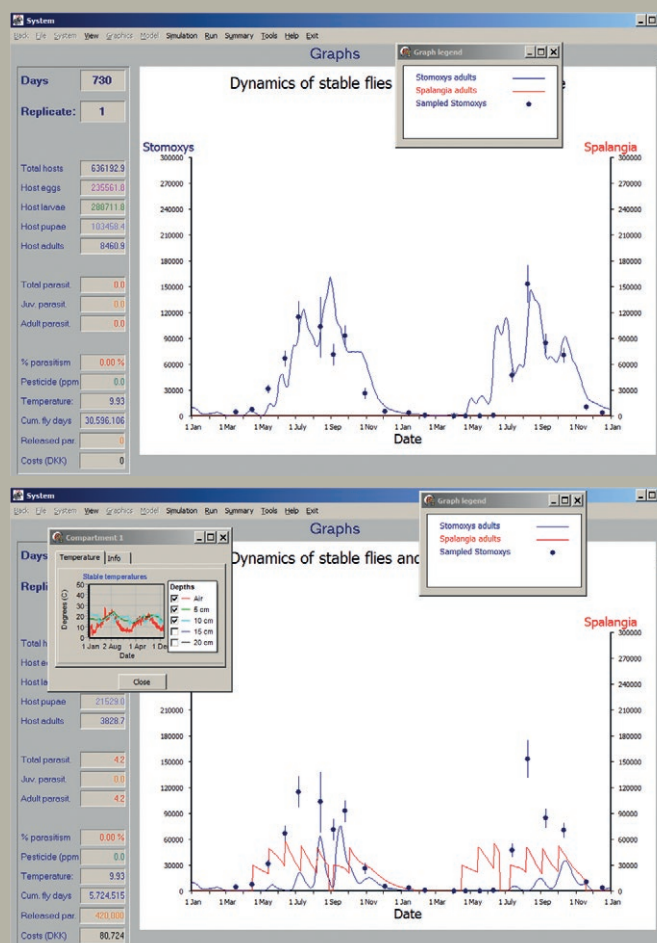
The Fly Simulator indgår i en pakke af computerprogrammer, kaldet *Fitom*, som kan bruges til at simulere forskellige økologiske systemer. *Fitom* kan, sammen med en manual på engelsk for *The Fly Simulator*, frit downloades fra: <http://www1.bio.ku.dk/medarbejdere/?pure=da/persons/43077>

Eksempler på computersimuleringer

Figuren øverst viser udviklingen i stikflue-bestanden (punkterne) i en økologisk kvægbesætning, hvor der igennem to år ingen reel flue-bekæmpelse fandt sted. I sommermånederne kommer antallet af voksne fluer i stalden op på over 100.000 individer, hvilket selv for en økologisk gård med ca. 80 kreaturer er meget højt. De lodrette streger viser 95 % sikkerhedsgrænserne for det faktiske antal fluer.

Den blå linje viser modellens forudsigtelse af udviklingen i antallet af stikfluer. Værdierne til venstre for grafen opdateres for hver dag, modellen simulerer, og viser derfor værdierne ved simuleringens afslutning. Den samlede flueplage kan udtrykkes ved hjælp af fluedage, der beregnes som det kumulerede antal voksne fluer, der har været i stalden i løbet af den periode, som modellen simulerer. Modellen beregner dette tal til 30.596.106 i eksemplet uden bekæmpelse.

Figuren nederst viser et eksempel på en simulering, hvor hyppige udmugninger kombineres med udsætning af 30.000 snyltehvepse (den røde linje) hver 4. uge fra den 15. april til den 15. oktober. Boksen til venstre informerer om temperaturforholdene i luften og gødningen i den ene af staldens to afdelinger. De observerede værdier er de samme som i den øverste figur. Resultatet viser, at denne strategi kan reducere fluedagene med mere end 80 % i forhold til, hvis ingen bekæmpelse finder sted.



Videre læsning

Campbell, J. B., R. G. et al. (1977). Effects of stable flies (Diptera: Muscidae) on weight gains and feed-efficiency of calves on growing or finishing rations. J. Econ. Entomol. 70: 592-594.

Mullens, B. A. et al (2006). Behavioural responses of dairy cattle to the stable fly, *Stomoxys calcitrans*, in an open field environment. Med. Vet. Entomol. 20: 122-137.

Skovgård, H. & G. Nachman. 2004. Biological control of house flies *Musca domestica* and stable flies *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) by means of inundative releases of *Spalangia cameroni* (Hymenoptera: Pteromalidae). Bull. Ent. Res. 94: 555-567.

Skovgård, H. & G. Nachman. 2016. Modelling Biological Control of Stable Flies by Means of Parasitoids. Bekæmpelsesmidelforskning fra Miljøstyrelsen. En pdf fil af rapporten kan rekvireres fra forfatterne.

Taylor, D. B., R. D. Moon, & D. R. Mark. 2012. Economic impact of stable flies (Diptera: Muscidae) on dairy and beef cattle production. J. Med. Entomol. 49: 198-209.

sted, og hvis der sker udsætninger af snyltehvepse. Modellen tillader brugeren at afprøve forskellige bekæmpelsesstrategier, fx hvor-når biologisk bekæmpelse skal starte om foråret, og hvor lang tid bekæmpelsen skal fortsætte ind i efteråret, for at der opnås den ønskede effekt på stikfluerne. Modellen kan også bruges til at finde ud af, hvor ofte og hvor mange snyltehvepse, der skal udsættes i løbet af en sæson for at reducere bestanden af stikfluer til et acceptabelt niveau. Desuden giver modellen mulighed for at undersøge samspillet mellem forskellige bekæmpelsesmetoder.

The Fly Simulator er udformet som et interaktivt spil, hvor spilleren skal forestille sig at være en kvægavler, der skal forsøge at opnå den bedst mulige bekæmpelse af stikfluer. For at gøre spillet så realistisk som muligt har vi forsøgt at sætte pris på omkostningerne ved de forskellige bekæmpelsesmetoder.

Modellen viser bl.a., at en bekæmpelsesstrategi bestående i en kombination af snyltehvepse og udmugninger er effektiv til at holde stikfluerne på et acceptabelt niveau

Hvem tager det sidste stik?

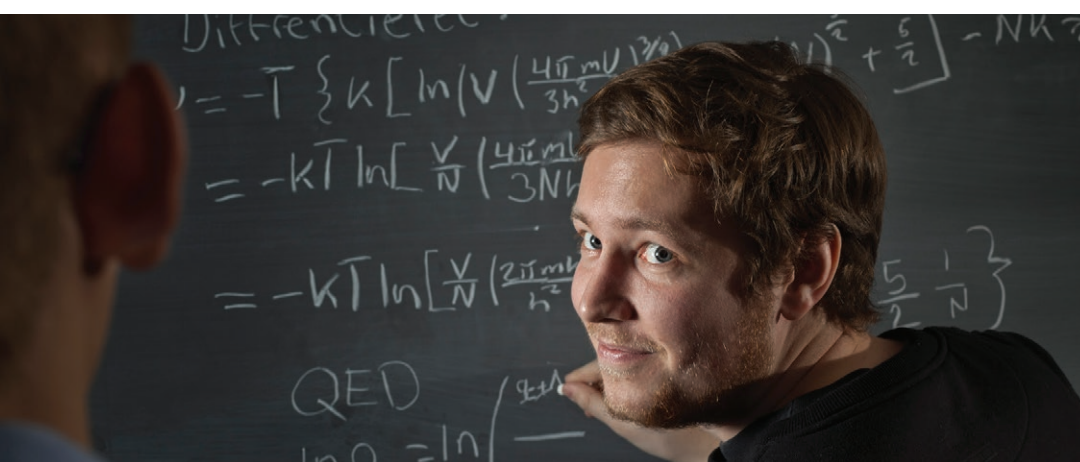
I de tilfælde, hvor det af praktiske grunde ikke kan lade sig gøre at opretholde en høj hygiejnisk standard, og gødningen derfor får lov til at ligge så længe, at fluerne kan nå at gennemløbe deres udvikling fra æg til voksen, bliver det også fremover nødvendigt at sætte ind med en egentlig bekæmpelse.

For den ikke-økologiske kvægavler vil det stadig kunne betale sig at bruge kemisk bekæmpelse, så længe prisen på de benyttede midler er forholdsvis lav og fluerne ikke udvikler resistens overfor de anvendte stoffer. Disse forudsætninger kan dog hurtigt ændre sig, hvilket er grunden til at Miljøstyrelsen ønsker at begrænse forbruget af pesticider. Det kan enten ske gennem et for-

bud eller ved at øge afgifterne på dem. Samtidig kan man forvente, at prisen for snyltehvepse falder i takt med, at produktionen af dem øges, og derved vil biologisk bekæmpelse blive mere attraktivt at benytte, også for de konventionelle kvægavlere.

Udover de økonomiske fordele ved en effektiv fluebekæmpelse, vil velfærden øges for både landmanden og hans husdyr og for alle andre, der dagligt bliver generet af stikfluernes ubehagelige bid. Og ikke mindst vil en bekæmpelse helt uden brug af giftstoffer være til gavn for miljøet og den menneskelige sundhed.

Al erfaring viser, at vedvarende brug af kemiske bekæmpelsesmidler før eller siden fører til resistens hos de organismer, som bekæmpelsen er rettet imod. Så hvis vi ikke snart finder ud af at erstatte insekticiderne med mere langtidsholdbare løsninger, må vi se i øjnene, at det bliver fluerne, der tager det sidste stik. ■



RUC

Fagligt
Udviklende
Karrierefremmende

Roskilde Universitet

Oplev hverdagen på den
Naturvidenskabelige Bacheloruddannelse

Bliv studerende for en dag

Følg en studerende og kom med til forelæsninger, vejledning og projektskrivning. Spørg løs og få indblik i de naturvidenskabelige studier og studielivet på Roskilde Universitet.

Skriv til inm-vejledning@ruc.dk



Science på RUC
Naturvidenskab i virkeligheden

Ny klasse af kunstige proteiner

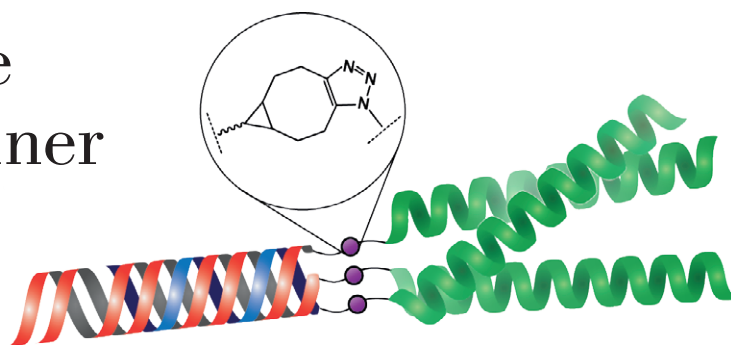
Naturen har skabt et væld af proteiner, som findes i mange former, og som har mange funktioner. De er kroppens vigtigste og hårdest arbejdende byggestene. Nogle giver fx styrke i musklerne, mens andre sørger for at modtage signaler til cellerne. Til trods for denne naturlige mangfoldighed, har der de sidste ca. 20 år været stor videnskabelig interesse for at skabe kunstige proteiner, der kan udføre en specifik opgave som at indgå i et lægemiddel.

Nu har forskere fra Syddansk Universitet, Københavns Universitet og Aarhus Universitet udviklet en ny metode til at lave kunstige proteiner. Kunstige proteiner laves af naturens mindste byggestene. Her er det lykkedes at kombinere oligonukleotider (korte DNA-streng) med peptider (små proteiner). Peptiderne vikled sig effektivt om hinanden, og det viser iflg. forskerne, at et kunstigt protein er blevet dannet.

»Vi tvang tre byggestene sammen og fik dem til at danne et protein,« siger professor Jes-

per Wengel, SDU, leder af forskningscentret BioNEC. »At det kan lade sig gøre at bringe peptider sammen på denne måde, åbner for at afprøve utallige nye kombinationer, som kan skabe nye kunstige proteiner med funktioner, som naturen ikke selv har skabt, men som der er brug for.«

Knud J. Jensen, som er professor ved Kemisk Institut, KU, siger: »Når man arbejder med kunstige proteiner, kan man bedre styre proteinernes egenskaber. Det er værdifuldt, når man udvikler nye protein-baserede lægemidler og enzymer. Generelt har proteiner en meget kort levetid, og et lægemiddel baseret på kunstige proteiner kan få forlænget levetiden. Det har stor betydning for dets effekt.«



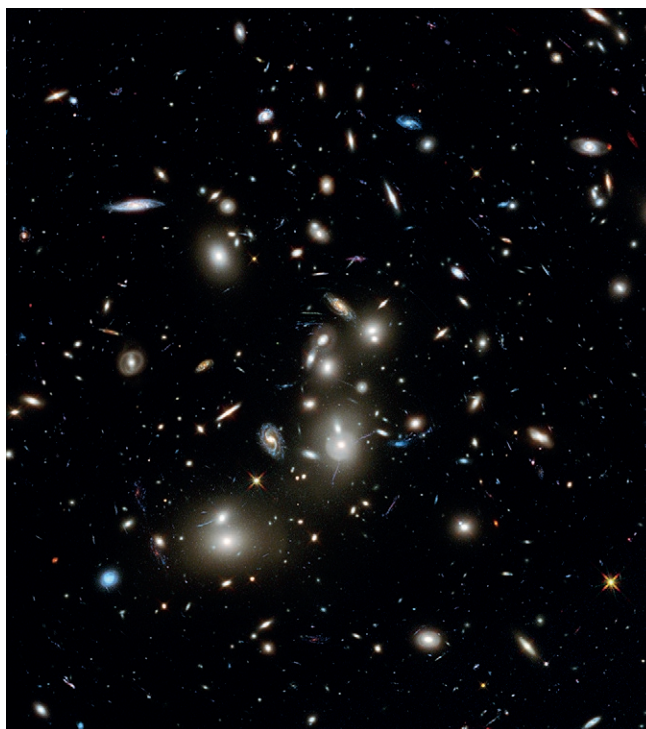
Forskernes håb er, at proteinbaserede lægemidler i fremtiden kan bruges til behandling af nogle af de store sygdomme – fx kunstige antistoffer til behandling af cancer eller insulin-komplekser til diabetes-behandling.

Figuren viser strukturen af det kunstige protein. Det består af tre molekyler, der hver består af en DNA-streng forbundet med en peptid-streng via en kemisk linker (ses i midten). DNA-strengene (til venstre) har base-koder, så de danner en såkaldt triple-helix, og de tre peptid-streng (til højre) danner en såkaldt alpha-helix, som er et kendt strukturelement i mange proteiner.

Birgitte Svennevig, Syddansk Universitet
Nature Communications 7, Article number: 12294 (2016)

Stjernekvælning

En galaksehob er en gruppe af galakser, som holdes sammen af galaksernes indbyrdes tyngdekraft. Når en galakse bliver en del af en galaksehob, vil dens relativt tætbefolkede omgivelser ofte gøre, at galaksen holder op med at producere nye stjerner. Men denne "miljømæssige kvælningseffekt" har tilsyneladende varieret gennem tiden. Et forskerhold ledet af Julie Nantais fra Andres Bello-universitetet i Santiago har studeret fire galaksehobe med en alder på næsten 10 milliarder år ved hjælp af Keck-observatoriet i Hawaii og Very Large Telescope i Chile. Galaksehobene indeholdt hver mellem 8 og 45 galakser. Forskerne fandt, at i disse tidlige galaksehobe, var kun 30 % af galakserne holdt op med



at producere nye stjerner i forhold til galakser uden for hobene. I yngre galaksehobe er forskellen på omkring 50 %.

Viden om, hvordan kvælningseffekten har ændret sig over tid, kan hjælpe forskerne med at forstå, hvorfor "nærmiljøet" i en galaksehob forårsager fænomenet.

Billedet viser et eksempel på en galaksehob kaldet Abell 2744 (eller Pandoras hob). Den menes at være dannet ud sammensmeltning af flere galaksehobe.

CRK, Kilder: *Nature Astron. Astrophys.* 592, A161 (2016)

Foto: NASA, ESA, and J. Lotz, M. Mountain, A. Koekemoer, and the HFF Team (STScI).

OM ANVENDT VIDENSKAB

Når man arbejder videnskabeligt med problemstillinger, som har stor praktisk betydning i samfundet, må man som regel bruge andre statistiske metoder, end hvis man arbejder med grundforskning. Derfor bør den anvendte videnskabs metoder være på skemaet i de naturvidenskabelige uddannelser.

Forfatter



Christian Frølund Damgaard er professor, dr. scient. Han arbejder med plantepopulationsbiologi og den matematiske og statistiske modellering af planteøkologiske processer Institut for Bioscience, Aarhus Universitet cfd@bios.au.dk

Hypotesetestning er en central aktivitet i den videnskabelige metode, og videnskabeligt arbejde er ofte, efter filosofen Karl Popper, karakteriseret som at gøre sit yderste for at falsificere konkrete arbejdshypoteser om fx kausale sammenhænge i naturen. Men det at arbejde videnskabeligt med en problemstilling omfatter mere end blot at teste hypoteser.

Et eksempel på en videnskabelig hypotese kunne være, at planter konkurrerer med hinanden, når de gror tæt sammen. Hypotesen kan højst sandsynlig føres tilbage til bondestenalderen, og det har åbenlyst ikke være muligt at falsificere hypotesen generelt, selv om tusinder af planteøkologer har undersøgt plantekonkurrence siden da. Men hvad er det så egentligt man laver, når man arbejder videnskabeligt med plantekonkurrence?

Fænomenet plantekonkurrence har stor praktisk betydning for mennesket, fx indenfor landbrug, hvor det er vigtigt at kende den optimale såtæthed for at få det bedste udbytte. Det har betydet, at man i stedet for at teste grundlæggende videnskabelige hypoteser har bedrevet anvendt videnskab og lagt vægt

på dels at kvantificere effekten af plantekonkurrence samt undersøge miljøets betydning, dels at forstå og kvantificere usikkerheder i vores nuværende viden.

Anvendt forskning

De problemstillinger, som belyses i den anvendte forskning, er typisk meget relevante for nutidens mennesker: Hvad er fx den mest hensigtsmæssige fordelingspolitik i følge den gældende økonomiske teori? Eller hvad er sandsynligheden for, at en given meteor udsletter alt liv på jorden? Det er derfor underligt, at der ikke er mere fokus og forståelse for den anvendte forsknings metoder. Måske skyldes det, at den anvendte forskning ofte er mere matematisk sofistikeret end den hypotesetestende grundforskning og således er sværere at kommunikere til ikke-fagpersoner.

I grundforskning genereres uspecifik generel viden eller mere præcist videnskabelige arbejdshypoteser, som man ikke hidtil har kunnet falsificere. I anvendt videnskab målretter man denne generelle viden mod en konkret problemstilling ved hjælp af indsamlede data, som man mener på en afgørende måde kan belyse denne problemstilling. I dette arbejde med at målrette og

anvendeligøre vores generelle viden har såkaldt Bayesiansk statistik vist sig at spille en nøglerolle.

Bayesiansk statistik

Ved hjælp af Bayesiansk statistik kan man opdatere uspecifik *prior* viden til mere specifik og anvendelig *posterior* viden ved hjælp af data. Thomas Bayes (1701 - 1761) var en engelsk præst, som først formulerede det matematiske grundlag for metoden ved hjælp af betingede sandsynligheder. Men det var den franske matematiker og astronom Pierre-Simon Laplace (1749 - 1827), som først anvendte metoden i anvendte videnskabelige problemstillinger, fx til at beregne sandsynligheden for, at solen vil stå op i morgen givet en prior viden om, hvor mange morgener solen hidtidig havde stået op. Desværre var metoden i praksis uanvendelig for de fleste konkrete problemstillinger, idet den typisk er meget beregningstung. Dette praktiske problem forsvandt dog med computeren, og det er nu en relativ simpel opgave at foretage endog meget komplicerede Bayesiansk statistiske beregninger med hjælp fra en kraftig computer.

For en Bayesiansk statistiker er en sandsynlighed ikke noget, man kan genfinde i den fysiske verden. Sand-

Bayesiansk analyse

Hvis to plantearter konkurrerer i et givet miljø, så er der, efter matematikerne Lotka og Volterra, fire forskellige muligheder: De to arter kan koeksistere, art 1 udkonkurrerer art 2, art 2 udkonkurrerer art 1, eller afhængig af startbetingelserne vil enten art 1 eller art 2 udkonkurrere den anden art. For at undersøge, hvilken af de fire delhypoteser som bedst forklarer, hvad der sker, når de to arter konkurrerer i naturen, kan man udføre et konkurrenceeksperiment. I en traditionel frekventist analyse af et sådant eksperiment vil man enten acceptere eller forkaste hver af de fire delhypoteser, og det er ikke

muligt at udnytte informationen om, at de fire delhypoteser er komplementære. Hvis man derimod analyserer konkurrenceeksperimentet vha. Bayesiansk statistik, vil resultatet være det intuitivt rigtige; nemlig en tildeling af en sandsynlighed til hver af de fire delhypoteser givet data fra konkurrenceeksperimentet.

Hvis man derudover har supplerende viden om konkurrenceforholdet mellem de to planter, fx har observeret i anden sammenhæng, at den ene art som regel udkonkurrerer den anden art, da er det i en Bayesiansk analyse muligt at

inddrage denne viden i analysen af konkurrenceeksperimentet som prior viden.

Endelig er den Bayesianske tilgang simpelthen mere intuitiv end frekventist statistik i forhold til, hvordan vi uformelt syntetiserer viden ud fra kendsgerninger og observationer, og interessant så svarer den Bayesianske tankegang nøje til den tyske filosof Immanuel Kant's empiriske domme (i Kritik af den rene fornuft, 1781) hvor man ved hjælp af sansning kan transcendere fra det almene og subjektive (prior viden) til det specifikke og objektive (posterior viden).

synligheder er alene et menneskeskabt begreb, som vi anvender til at beskrive vores usikkerhed om et fysisk fænomen. Således giver det mening for en Bayesiansk statistiker at beregne sandsynligheden for, at en bestemt hypotese kan forklare de indsamlede data givet antagelser omkring de mulige hypoteser (se boks).

Bayesiansk statistik afviger på flere andre punkter fra den, for nuværende, hyppigst anvendte form for statistik (frekventist statistik), som først blev udviklet for lidt mere end 100 år siden ved Francis Galton, Karl Pearson og Ronald Fisher og som havde den store praktiske fordel, at man kunne regne med den i hånden. Opbygning af ny viden ved hjælp af frekventist statistik sker ved, at man enten forkaster eller accepterer en relativ simpel nulhypotese baseret på en beregning af sandsynligheden for, at data kan antages at være i overensstemmelse med nulhypotesen. Hvis nulhypotesen forkastes, er det rimeligt at opstille en mere detaljeret og interessant hypotese. Derudover anser en frekventist statistiker anvendelsen af prior viden som en uacceptabel, subjektiv måde at manipulere med resultatet af et eksperiment.



Den franske matematiker og astronom Pierre-Simon Laplace er af den anvendte videnskabs helte. Han var den første til at bruge Bayesiansk statistik på anvendte videnskabelige problemstillinger. Maleri af Sophie Feytaud, 1842

Bayesiansk statistik bør på skemaet

De danske naturvidenskabelige fakulteter fremhæver ofte den frie hypotesetestende grundforskning som værende essentiel for vores samfunds udvikling og undervisningen af de studerende. Dette er uden tvivl rigtigt, og dog vil jeg hævde, at vi er nødt til at ændre undervisningen på de naturvidenskabelige fakulteter, så den i højere

grad introducerer de studerende til kvantitativ, anvendt videnskab og dennes metoder. Bl.a. mener jeg, det er nødvendigt at udvide statistikundervisningen på de klassiske naturvidenskabelige fag, så de studerende også introduceres til Bayesiansk statistik. Ellers er jeg bange for at kandidaterne fra de naturvidenskabelige fakulteter i fremtiden ikke vil være relevante inden for rådgivning og produktion, men kun kan få arbejde som undervisere.

Derudover er det vigtigt, at vi, som producerer anvendt viden, konsekvent begynder at estimere og kommunikere kvantitative bud på usikkerhederne af vores resultater til den undrende offentlighed, inklusiv i vores rådgivning til styrelser og det politiske system. Ellers er jeg bange for, at vores troværdighed på lidt længere sigt vil lide betydelig skade. Kommunikationen af fx vejrudsigter har vist, at det sagtens kan lade sig gøre på en måde, så alle kan være med. Fx kan man forestille sig, at rådgivningen om naturplejen på et givet areal i fremtiden også vil indeholde en beregnet sandsynlighed for, at den anviste naturpleje vil lede til det ønskede resultat inden for en given årrække. ■

Kilder og videre læsning
McGrayne, S. H. (2011) The theory that would not die, Yale University Press.

Hahn, R. (2005) Pierre Simon Laplace, 1749-1827: A Determined Scientist, Harvard University Press.

Janes, E. T. (2003) Probability theory. The logic of science, Cambridge University Press.

Damgaard C. (1998). Plant competition experiments: Testing hypotheses and estimating the probability of coexistence. Ecology 79: 1760-1767.

OM MATEMATIKKENS GLÆDE OG GAVN

Siden Sputniks opsendelse og transistorens opfindelse har man indset nødvendigheden af at styrke matematikkens position i uddannelsessystemet i den vestlige verden. Men hvad er vi oppe imod? Carl-Erik Sølberg reflekterer over matematikkens stode fra Oplysningstiden tid til i dag



– »Naa; af det allerede Erfarede synes at fremgaae, at du har noget Begreb om Regning, Skrivning, Religion, Svømning og saa fremdeles. Siig mig endvidere: kan Du nogen Mathematik?« – »Næ.« – »Det gjør intet til Sagen. Men hvad bringer Dig til at smile? Der er aldeles ikke noget Forlystende ved Mathematik – – tvertimod!« –

Om forfatteren



Carl-Erik Sølberg er cand.polyt. (1970) i Elektrofysik fra DTH og lic.techn. (1972) i Faststoffysik. Han har været lektor i fysik på Aalborg Universitet fra 1972 til 2007. Studiet og undervisningen har givet ham kendskab til glæden ved og gaven af matematikken.
carleriksoelberg@gmail.com

Det, som urmagersønnen Fritz Jürgensen siger i midten af det nittende århundrede (se tegning) med så få ord på en så morsom måde, formår H.C. Ørsted (1777-1851) at udtrykke meget mere florumvundet:

»Jeg har i denne Lærebog stræbt at behandle videnskaben så meget

som muligt i den experimentale Aand, hvortil hører, at man lader Sandhederne fremtræde for Anskuelsen, ikke blot for det udvortes Øie, men ogsaa for den indvortes Sands. Herved kommer Foredraget til stærkt at fjerne sig fra det matematiske. Hvis Nogen af en, i sig selv velgrundet Beundring for Mathematikens store indvortes Fuldkommenhed og mægtige

Hjælpemidler, lader sig forlede til at ønske Naturlæren udelukkende behandlet matematisk, vil han aldrig vinde Bifald hos dem, der ere fortrolige med den experimentale Behandling. Begge Behandlingsmaader ere nødvendige for Videnskaben, men den ene bør ikke sættes istedet for den anden. En Fremstilling, som har den høieste Kunstfuldkommenhed i Mathematiken, vil

som alleroftest være stridende mod Naturlærers Kunst. Det forstaaer sig, at det herved ingenlunde nægtes, at Naturlærers Dyrkere maae forene Mathematik med deres Erfaringskunst, og at Mathematikens dybsindige Arbejder til alle Tider have bidraget udmærket meget til Naturlærers Fuldkommenhed.«

Den omtalte lærebog er hans *Naturlærers mechaniske Deel* fra 1844 – en bog, der stort set ikke anvender matematik udover reguladetri. Når han ikke kan finde anvendelse for matematikken i fysikken, lades alt håb ude for matematikkens anvendelse – hvad skal man så med matematik?

Det er som om synet på matematikken har svinget frem og tilbage i tidens løb. Således hævdede matematikprofessor ved Sorø Akademi Jens Kraft (1720-1765) i 1763:

»Det er saa almindeligt bekendt, og en af alle saa antagen Sandhed, at de mathematiske Videnskaber iblant de øvrige menneskelige ere nogle med af de nyttigste og mest fornødne; saa det ikke behøves, derom at handle udførlig. Jeg vil desangaaende derfor ikke tale uden kortelig, for alene i faa Ord at vise Mathematikens Fortieneste af Mennesket, betragtet som Borger, betragtet som fornuftigt.«

Den "kortelige tale" kommer så til udtryk ved ni sider med allehånde eksempler, og der fortsættes:

»Jeg tør derfor sige, at saasart som man vilde indføre iblant Mennesket et almindeligt Barbarie igien, kunde dertil intet bedre Middel foreslaaes, end at bringe, hvad man kalder Mathematik, udi Forglemmelse. Alt vilde da snart løbe ud paa: Jeg mener; Jeg holder for. Og naar ingen meer kunde bevise, kom det endelig an paa, hvad Mening der fik største Partie. Historien viser, at det Urimeligste haver gemeenlig, naar Tingene stod paa denne Fod, ført det fornuftigste i Triumph. Saa det saaledes vel baade er og bliver

unegteligt, at Nødvendigheden af Mathematiken er i det Menneskelige overmaade stor.«

Krafts synspunkter var påvirket af oplysningstidens stringens, mens Ørsteds tilhørte romantikkens opfattelse, hvor videnskaben betragtedes som en beåndet kunst.

I de tres år, jeg har fulgt med i matematikkens stade, har der været tale om et kortvarigt tilfælde i halvfjerdserne med øget niveau og derefter et langvarigt med stadigt faldende niveau uden for fagmatematikernes snævre kreds. Og det på trods af det officielle synspunkt stedse har været ønsket om at styrke matematikken, et ønske, der grunder sig i den anvendte matematiks voksende betydning. Et faktum, der videre understøtter Krafts og utallige andres opfattelse af matematikkens nødvendighed.

Den aktuelle debat

I anledning af den planlagte gymnasiereform er der igen tale om at styrke fagets standard og det såvel i folkeskolen som i gymnasiet. I de seneste år har der simpelthen været tale om et styrtud i niveau. At et sådant kan ske uden at udløse et ramaskrig fra fagmatematikerne og matematikkens brugere må undre. Og selv om ikke mange mennesker har kendskab til matematik, fornemmer selv politikkerne, at der er noget galt. Emnet tager direktør for ATV (Akademiet for de Tekniske Videnskaber) Lia Leffland op i sin blog, bragt i Ingeniørens netudgave den 16. juni. Hun fremsætter de synspunkter, at eleverne har svage forudsætninger fra Folkeskolen, at faget har været underprioriteret i flere af Gymnasiets retninger, og at eleverne mangler motivation til det, hun kalder "at slide med formlerne". Hendes hovedærinde er at støtte nedsættelsen og arbejdet i den planlagte matematik-kommission, der skal give input til ændringer i fagets læreplaner og initiativer, der kan styrke matematiske kompetencer bredt i uddannelsessystemet. Hendes håb er, at resultatet af kommissionens arbejde vil løse problemerne.



Lia Leffland, direktør for ATV

En blog provokerer en række reaktioner fra læserne, og denne er ingen undtagelse. Bidragyderne bringer hurtigt begrebet CAS ind i diskussionen. Forkortelsen står for *Computer Algebra System* og er en slags lommeregner for algebraen, altså for bogstavregningen. Flere lærere blandt blog-følgerne bander anvendelsen af CAS langt væk: Først ødelagde lommeregneren elevernes evne til almindelig talregning i folkeskolen, og nu ødelægges mulighederne for at lære at regne med bogstaver. I gymnasiet skal matematiklæreren først lære eleverne at regne med tal; brøk- og procentregning. Og først derefter skal hun forsøge at nedbryde barrieren mod at forstå, at et bogstav kan symbolisere en talværdi. Og så skal der instrueres i CAS-softwaren.

Et tilbageblik på gamle dage

Når jeg læser indlæggene lyder det som om, at Folkeskolens undervisning i matematik slet ikke handler om matematik, men om regning, hvis resultat endda skulle være ringe. I gamle dage (halvtredserne) havde vi Euklids geometri i første mellem (6. klasse) og derefter aritmetik. Sideløbende havde vi købmandsregning som en selvstændig disciplin. Vi eksercerede simple beviser således, at vi forstod, hvad det handlede om. Vi blev kaldt op til tavlen, hvor overhøringen kunne udvikle sig til en pinlig affære, når man ikke havde læst på lektien. I de sidste par mellemsskoleklasser

faldt betalingen for indsatsen i form af en velafstemt karakter, der senere kunne aflæses i karakterbogen. Desuden skulle vi ugentligt aflevere blækregning. Ordet motivation kendte vi ikke, og om det oplevedes som sjovt og spændende eller det modsatte, afhang af lærerens væremåde og ens eget talent.

Siden gik det slag i slag i gymnasiet med talteori, trigonometri, infinitesimalregning og sfærisk geometri. Hele tiden med hovedvægten på beviset og forståelsen. Forståelsen fik vi (nogle af os) ved den idelige gentagelse af den systematik og struktur, der er indbygget i matematikken. Vi vidste, hvad et bevis var. Ikke, fordi vi havde hørt om det i AT (almen studieforberedelse), men fordi det var ekserceret ind i os. Desuden måtte mange formler læres udenad, thi vi havde ingen hjælpemidler med til eksamen – terperiet var ikke sjovt, men ofte gavnligt.

Matematikens stilling i uddannelsen

Som 55-årig-studerterjubilar kan jeg konstatere, at der er 10 gange

flere studenter nu end i gamle dage. Kan man opnå, at alle disse mennesker vil kunne forstå matematikken, få gavn af matematikken og elske matematikkens strængte, logiske metode? Systemet håber, at hjælp fra computere, formelsamlinger og et stærkt nedsat fagligt niveau løser det alvorlige problem. Spørgsmålet, der melder sig, er så: Kan man bruge den nye form for "matematik" til noget?

Lia Leffland forestiller sig, at adskillige fag bruger matematik i deres teoridannelser, hun nævner i flæng bygningsdesign, naturforvaltning og forsikringsøkonomi. Min erfaring siger mig, at fysik, kerneingeniørfagene og aktuarerne bruger matematik, men den siger mig også, at der i de senere år er oprettet en række fag med en teknisk aura, der netop ikke kræver matematisk eller naturvidenskabelig indsigt, men blot skal lokke matematik- og fysik-svage studenter ind på de tekniske fakulteter for derved at få en større del af taxameterpengene. Jeg forestiller mig, at både bygnings-

design og naturforvaltning er af den nævnte art.

Det kunne være konstruktivt, om lærerne i kerneingeniørfagene og fysik fortalte om deres erfaringer med den nye slags matematik. Og det kunne ligeledes være frugtbart for de nye læseplaner, om matematikerne ville meddele os, hvordan de ser på udviklingen. Måske er der brug for en whistle-blowerordning for at lokke dem ud af busken? Ser det lige slemt ud i alle lande, eller er fjernøsten ved at sætte sig på de matematiktunge fag, som rygten vil vide? Har de utallige mislykkede IT-projekter, som vi hører om i dagspressen, deres rod i svage analytiske færdigheder; færdigheder, som man opnår ved en god, gedigen matematikundervisning og ikke ved kurser i innovation og kreativitet. Ville det være gavnligt for landet, om man lod de matematiktalentfulde 15 % få lov til at lære "rigtig" matematik på den "rette" måde, og lod de øvrige i fred til andre sysler i fx samfundsfag, drama og mediekundskab? ■

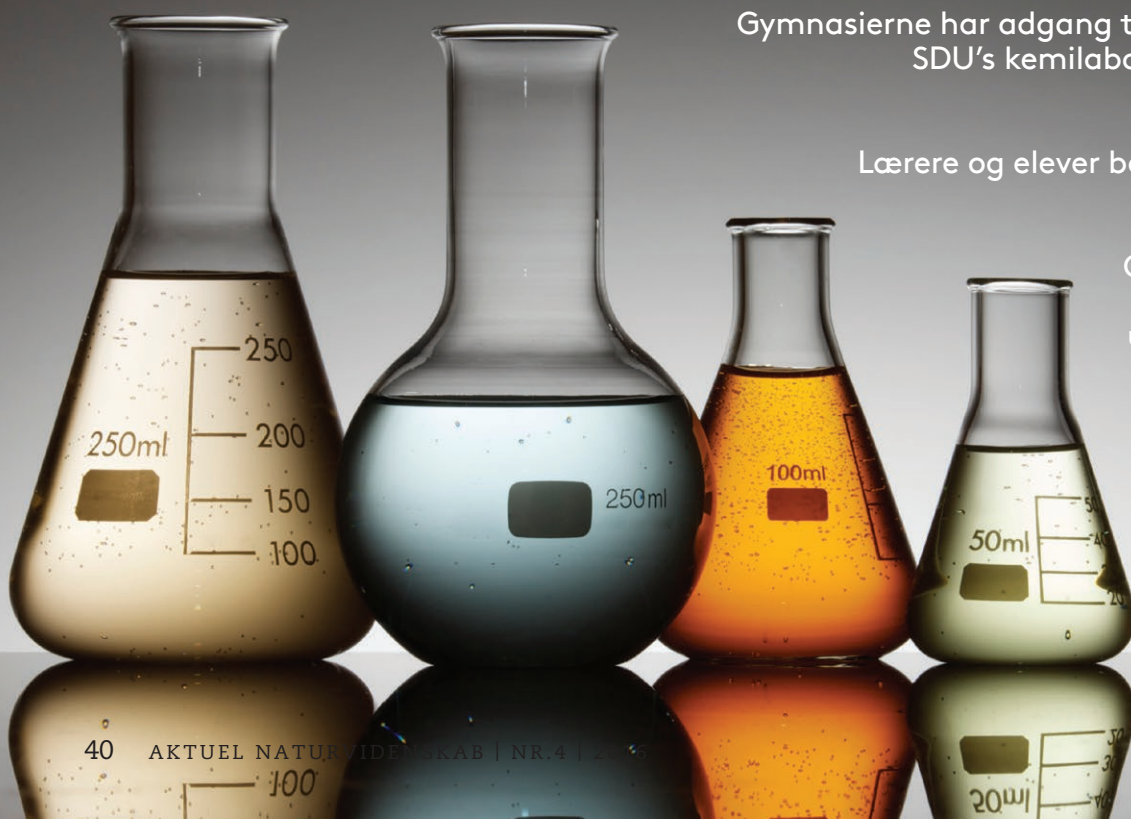
Studieretningsprojekter på SDU

Gymnasierne har adgang til analyseapparater i et af SDU's kemilaboratorier i forbindelse med studieretningsprojekter.

Lærere og elever booker sig ind i laboratoriet og står selv for øvelsen.

Gør brug af samme udstyr som anvendes i SDU's uddannelser og forskning.

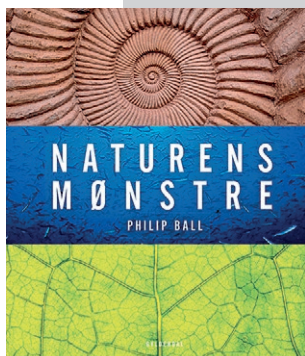
Læs mere på www.sdu.dk/aplab



BØGER

FAKTA

Philip Ball: *Naturens Mønstre*.
Gyldendal 2016. 288 sider,
299,95 kr.



Naturens mønstre

I bogen *Naturens mønstre* forklarer fysikere og videnskabsforfatter Philip Ball (der også tidligere har været redaktør af tidsskriftet *Nature*) systemerne bag det tilsyneladende kaos, der udgør naturens forunderlighed. Det handler om kemien bag iskrystaller, om hvorfor bjerge ligner muldvarpeskud og matematikken bag snegle, solsikker og blomstrende grønkal.

Undervejs inddrager han store tænkere som Platon, Charles Darwin, den italienske matematiker Fibonacci og den britiske kodeknækker Alan Turing. Alle bidrager til forståelsen af naturens mønstre, strukturer og farvesammensætninger – fra leoparder til blade, snegle til stjerner, snefugl til bølger i sandet.

FAKTA

Morten Blomhøj: *Fagdidaktik i Matematik*. Frydenlund 2016.
181 sider,
229,- kr.



Fagdidaktik i matematik

Bogen giver matematiklæreren redskaber til at udvikle sin undervisning og identitet som lærer samt at indgå i øget samarbejde med fagkollegaerne. Forfatteren er Morten Blomhøj, som er lektor i matematik på Roskilde Universitet, og i bogen diskuterer han matematikfagets udvikling i grundskolen og på ungdomsuddannelserne med udgangspunkt i både undervisningspraksis og den eksisterende forskning.

Forfatteren viser, hvordan man kan komme ud af den stampe, som faget af og til er præget af. I stedet for at falde tilbage på "plejer" giver bogen nye ideer og input til undervisningen. Det handler om at gøre sig de nødvendige didaktiske overvejelser i forhold til samspillet i den enkelte klasse og de enkelte elever og herfra udvikle en ny praksis, der på bedst mulige vis støtter op om og fremmer matematiklæringen.

FAKTA

Ib Søndergaard & Mads Duus Hjortsø: *Immunforsvar – kampen i kroppen*. Praxis – Nyt Teknisk Forlag 2016. 142 sider,
179,- kr.



Immunforsvar – kampen i kroppen

Vores immunsystem består af mange forskellige celletyper, som hver især er udstyret med forskellige evner til at bekæmpe bakterier, virus, parasitter og mikrosvampe. Uden immunforsvaret ville vi ganske enkelt ikke overleve ret længe. *Immunforsvar – kampen i kroppen* er skrevet af Ib Søndergaard og Mads Duus Hjortsø, og det er den første bog på dansk, der kort og klart forklarer de svære dele af immunforsvaret. Forfatterne gennemgår immunologiens hovedelementer ved at se på, hvordan vores immunforsvar bekæmper forskellige typer infektioner og ikke mindst kræft. Desuden forklares, hvad der kan gå galt i immunforsvaret, og hvordan lægevidenskaben kan bruge immunforsvaret terapeutisk.

Bogen er velegnet som introduktion til immunforsvaret for den interesserede læser. Den er primært skrevet med sigte på bioanalytikeruddannelsen og andre sundhedsfaglige professionsuddannelser. Derudover kan den bruges som supplerende materiale på andre naturvidenskabelige uddannelser, i gymnasiernes biofag og laborantuddannelsen.

FLYTVERDEN.DK

FORSTÅ LIVETS BYGGESTEN

KEMI PÅ AALBORG UNIVERSITET

FÅ VIDEN OM OG REDSKABER TIL, HVORDAN MAN UDNYTTER MOLEKYLÆR
VIDEN TIL AT DESIGNE NYE PROCESSER OG MATERIALER.

PÅ UDDANNELSEN I KEMI LÆRER MAN OM MOLEKYLER OG DERES INDBYRDES
VEKSELVIRKNINGER FOR AT KUNNE FORSTÅ KOMPLEKSE MATERIALER.



AALBORG UNIVERSITET

Nye undervisningsmaterialer



Intropakken – en oplagt gaveide!

Bestil en intropakke med de seneste otte numre samt abonnement i ét år (6 numre).
Pris kun kr. 354,- inkl. moms, porto og ekspedition (merpris for udland).

Bestil via aktuelnaturvidenskab.dk
red@aktuelnaturvidenskab.dk
eller på tlf. 70 25 55 12.

Abonnementsservice

Har du fået ny adresse eller ønsker du at bestille et gaveabonnement på bladet?

Kontakt abonnementsservice på

Telefon: 70 25 55 12

Mandag-torsdag kl. 8-16, fredag kl. 8-14.
aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk

Abonnement kan også bestilles via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Husk at melde flytning til ny adresse.

Vi modtager desværre ikke automatisk besked om din nye adresse.

Oprydningssalg

Mangler du nogle numre af bladet?
Så er der nu en chance for at supplere samlingen med dette tilbud:

Tilbudspakke med ældre ikke udsolgte numre ca. 26 blade (fra år 2007-2014):

Pris kun 250,- inkl. porto (dk) og moms.

Se mere og bestil via hjemmesiden:
aktuelnaturvidenskab.dk eller
på telefon 7025 5512.

På hjemmesiden kan du finde en række nye arbejdsark beregnet til undervisningen i gymnasiet. Arbejdsarkene består af en række spørgsmål knyttet til artikler fra Aktuel Naturvidenskab, og de giver derfor en let adgang til at arbejde med disse artikler som en del af et forløb.

Du kan finde arbejdsark til artiklerne:

Selvlysende bakterier og gennemsigtige fisk (fra AN nr. 3/2016).

Når kroppen reparerer DNA (fra AN nr. 6/2015)

Psykofluor (fra AN nr. 5/2014)

Arbejdsarkene er udarbejdet af Anne Becher (om selvlysende bakterier) og Finn Steenberg Norre (de to sidstnævnte). Begge er undervisere ved Vesthimmerlands Gymnasium og HF. Artiklerne og materialerne kan anvendes i biologiundervisningen inden for emner om DNA, bioteknologi og genetik.

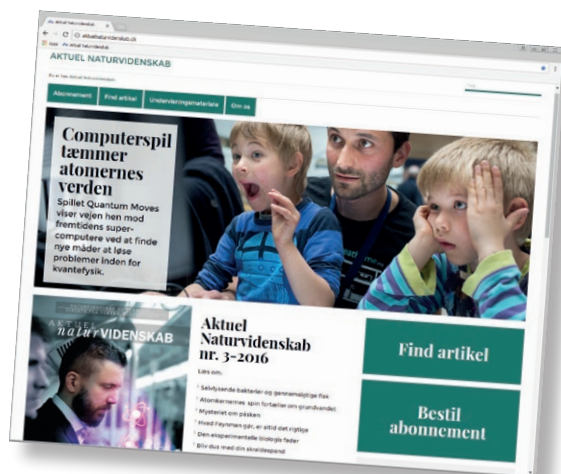
Materialerne er udarbejdet som led i projektet Aktuel Naturvidenskab i gymnasiet, som VILLUM FONDEN finansierer. Både arbejdsarkene og de artikler, de er knyttet til, er frit tilgængelige online.

Ny quiz om Kvantecomputere

Fik du læst artiklen *Computerspil tæmmer atomernes verden* i sidste nummer? Du kan nu teste, om du har fanget nogle af de vigtige pointer i artiklen i den nye quiz om kvantecomputere. Quizzen er lavet af Karina Marie Schifter-Holm fra Viborg Gymnasium og HF. Find den nye quiz på hjemmesiden.

Hjemmeside piftet op

Aktuel Naturvidenskabs hjemmeside er blevet shinet op, så den forhåbentlig både er mere appetitlig at se på og nemmere at finde rundt på. Du finder bl.a. på hjemmesiden indgangen til vores omfattende artikelarkiv, som tæller ca. 1200 artikler.



Nyhedsbrev

Tilmeld dig det elektroniske nyhedsbrev og få nyt om Aktuel Naturvidenskab i din mailboks.

Du får:

- Artikler på forhånd, når der er en aktuel anledning
- Appetitvækkere og link til artiklerne digitalt
- Information om andre aktuelle tiltag.

Tilmeld dig via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Mød os på [Facebook.com/aktuelnaturvidenskab](https://www.facebook.com/aktuelnaturvidenskab)

Bakteriernes talskvinde

Af Carsten R. Kjaer, Aktuel Naturvidenskab

Bakterier! Man hører næsten ordet blive fremsat med alvorsdyb og advarende stemme: Bakterier er farlige – pas på, at du ikke bliver inficeret med de mikroskopiske bæster.

Selvom visse bakterier afgjort har fortjent deres dårlige ry, er det en skam, at så mange mennesker vokser op med et meget ensidigt syn på bakteriernes verden, mener mikrobiologen Yee Mon Oo. Fra sin barndom i Myanmar (Burma) husker hun stort set også kun den formaning, at bakterier fremkalder sygdom, og man skal derfor huske at vaske hænder, når man har været på toilettet.

»Men der er også en side af bakterier, hvor de opfører sig som rene superhelte, og de historier vil jeg meget gerne være med til at fortælle,« siger Mon. Ved siden af sit daglige arbejde med sit ph.d.-projekt på forskningscentret NordCEE på Syddansk Universitet, har Mon derfor påtaget sig en rolle som talskvinde for bakterieverdenen ved at lave tegninger til børnebogsprojektet "Microverse".

»Jeg blev involveret i projektet, da jeg studerede ved University of New South Wales i Sydney. Min vejleder Mike Manefield havde fået en ide til en serie af børnebøger, der skulle fortælle gode historier om bakterier. Da han fandt ud af, at jeg kunne tegne, spurgte han, om jeg ville illustrere bøgerne – og jeg sagde straks ja,« fortæller Mon.

Geo zapper sin familie

Siden har hun lavet tegninger til 6 små bøger med sjove historier om bakterier, og i alt er



Foto: Birgitte Svennevig.

der planlagt 12 bøger i serien, der indtil videre kun er udkommet på engelsk.

En af de bøger, Mon har fundet specielt fornøjelig at illustrere, har titlen *Geo zaps his family*. »Den handler om bakterien Geo, der lever godt og lykkeligt i sin grundvands-hule og beslutter sig for at opfostre en familie. Men da familien vokser sig for stor, slipper

de opløste stoffer, bakterierne lever af, op. Geo finder så ud af, hvordan han kan bruge sine superkræfter til at redde hele familien,« fortæller Mon. I virkelighedens verden er Geo en bakterie af typen *Geobacter metallireducens*, og dens "superkræfter" består i at kunne vinde energi ved at overføre elektroner til faste overflader.

»Bakteriers evne til at overføre elektroner er et område, som bliver intenst studeret af forskere, og det er også hvad mit eget ph.d.-projekt handler om,« siger Mon.

Respekt til bakterierne

Mon fortæller, at hendes projekt mere specifikt handler om at undersøge biokemiske mekanismer til at opgradere naturgas ved hjælp af en gruppe bakterier kaldet metanogene arkæer, der optager elektroner fra elektroder. »Jeg har arbejdet med metanogene bakterier før, og man kan godt sige, at jeg er forelsket i dem,« siger hun. »Derfor gjorde muligheden for at arbejde med dette projekt – og at jeg kun har hørt gode ting om Danmark – det til en "no-brainer" at flytte hertil.«

Mon håber, at hun i fremtiden vil kunne udnytte sit talent for at tegne også i sit videnskabelige arbejde. Men nu og her er hendes tegninger dedikeret til at give bakterierne den kredit, de fortjener. »Bakterierne kontrollerer de geokemiske cyklusser i både havet og i luften, og der er milliarder af dem både på og i vores krop, som vi lever i harmoni med. Det synes jeg er et vigtigt budskab at lære sine børn så vel som, at bakterier kan gøre os syge,« siger Mon. ■

<http://books.micronovo.com.au>