

NATURVIDENSKAB OG TEKNOLOGI
DIREKTE FRA FORSKNINGSVERDENEN

AKTUEL
natur **VIDENSKAB**

**PÅ JAGT EFTER
STORE DIAMANTER**

KLIMAVARIATIONER med ekstremer
Fremtidens planteforædling med CRISPR
ÅLE-JOHANNES og de giftige alger

NR. 2 - 2017 MAJ: 50 KR.

Marchen fortsætter

March for Science den 22. april blev en succes. Arrangørerne bag marchen i København har nu etableret en forening, der skal fortsætte græsrodsarbejdet med at sætte viden og faglighed på dagsordenen i samfundet.

March for Science var en international begivenhed, der løb af stablen den 22. april i mere end 600 byer i hele verden. Der var sågar en march på Sydpolen, så samtlige kontinenter var repræsenteret med mindst en March. I Danmark var der en i København og en i Aarhus. Til marchen i København vurderes det, at mellem 5000 og 6000 mennesker deltog.

Ideen med marchen var at markere, at uafhængig grundforskning er essentiel for samfundets fortsatte udvikling. Uden grundforskning risikerer Danmark ikke at have noget at leve af om 20 år, for de gode ideer til fremtidig innovation skal komme et sted fra. Så marchen var et slag for viden og faglighed samt et opråb om, at den postfaktuelle tidsånd formentlig ikke leder os i den retning, som vi gerne ser samfundet udvikle sig. Det er dog også vigtigt, at den videnskabelige faglighed, ikke lukker sig om sig selv. Den skal selvfølgelig udfordres og efterprøves, for det er der, at nye ideer blomstrer bedst og ny erkendelse opstår. Det er forskeres fremmeste opgave at reflektere over og efterprøve viden, ligesom det er journalisters fornemmeste opgave at forholde sig kritisk til denne viden.

Bred opbakning

Selv om marchen udsprang af en amerikansk kontekst, var det fra starten klart, at der i Danmark er et behov for at råbe vagt i gevær og ikke bare lade udokumenterede holdninger dominere debatten og beslutninger i samfundet. Af samme grund besluttede arrangørgruppen for March for Science, at marchen ikke skulle udtrykke eller tegnes udadtil af politiske partier, men at alle politiske partier skulle inviteres til at støtte bevægelsen.

Det var en stor fornøjelse for os at opleve, at folk, der ofte har forskellige synspunkter i politiske debatter, valgte at bakke op om



Anja C. Andersen er astrofysiker
anja@dark-cosmology.dk

Foto: Rochelle Coote



Jens Degett er formand for
Danske Videnskabsjournalister samt EUSJA.
jens@degett.org

Begge er med i arrangørgruppen for
March for Science København

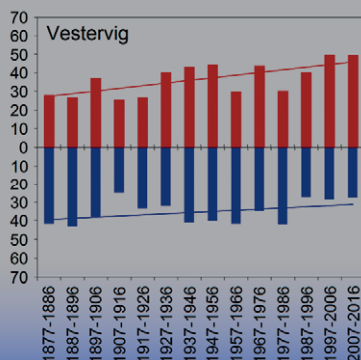
marchen og vise, at der er nogle kerneværdier, som de gerne vil bakke op om. Tilstede i København var for eksempel både den nuværende forskningsminister Søren Pind, den forhenværende forskningsminister Sofie

Carsten Nielsen samt en stor del af de forskellige politiske partiers forskningspolitiske ordførere, ved siden af Dansk Industri, fagforeninger, universitetsrektorer, medlemmer af universitetsbestyrelser, medlemmer af forskningsfonde m.fl. Marchen fik markeret, at det er helt fint at være uenige om meget og meget, men der er noget, som vi faktisk er enige om og villig til at gå i march for. At viden er noget andet end meninger. At begrebet "alternative fakta" er meningsløst i en saglig debat og ødelæggende for den demokratiske proces. Det nytter ikke at benægte sagkundskaben, hvis den ikke lige passer til ens interesser.

Ny forening fortsætter arbejdet

Omkring organiseringen af selve marchen var vi meget imponeret over, hvor nemt arrangørgruppen fandt sammen. Gruppen var i stand til uden problemer at etablere et samarbejde mellem helt fremmede mennesker, hvor de fleste aldrig havde set hinanden før. Ingen af os kendte mere end højst en enkelt anden af deltagerne i gruppen, da vi mødtes første gang. Meget hurtigt blev der etableret konsensus om, at March for Science skulle handle om det grundlæggende behov for at tage videnskab og den videnskabelige metode alvorlig som basis for vores moderne demokrati.

Med den succes, som marchen fik, er der grund til at etablere en mere fast forankret græsrodsorganisation for brug af viden og videnskab i den demokratiske proces og samfundet i det hele taget. Derfor har March for Science København registreret sig som forening, og medlemmer af foreningen vil deltage i den internationale dialog og møder, som i den kommende tid bliver arrangeret. En international debat og erfaringsudveksling mellem March for Science grupperne har et potentiale til at gøre bevægelsen mere levende og dynamisk og dermed få en større effekt på samfundet. ■



Giver den globale opvarmning sig udslag i mere ekstreme vejrførhold i Danmark målt som antallet af dage med såkaldte varme- og kuldeekstremer?

8



Studier af moderne landbrugsafgrøders forædlingshistorie samt den nye CRISPR-teknologi kan måske gøre det muligt at udnytte mange flere planter i landbruget, end vi gør i dag.

24



På jagt efter store diamanter. Ved hjælp af en elektronacelerator og en PET-skanner kan man afsløre, om et klippestykke indeholder en diamant. Forskerne deltager i udviklingen af denne metode, som kan gøre jagten på diamanter mere effektiv og miljøvenlig.

13



Problemer med opblomstring af den giftige alge *Ostreopsis* rundt om i verden de senere år har sat fokus på et hidtil upåagtet arbejde af "åleforskeren" Johannes Schmidt.

30

indhold

FORSKNING OG NYHEDER

- 4 Kort Nyt
- 6 Mobilantenner i massevis giver bedre internet
- 8 Klimavariationer – flere ekstremer i et varmere klima
- 13 På jagt efter store diamanter
- 20 Polarlomvien – den flyvende fridykker
- 24 Fremtidens planteforædling – hvordan CRISPR bringer os tættere på nye afgrøder
- 28 Sko af hajskind får robotter til at stå fast
- 30 Åle-Johannes og de giftige alger

PERSPEKTIV - DEBAT

- 2 Synspunkt: Når formidling driver forskningen
- 34 Kunsten at balancere og undgå tab
- 38 Udvikling kan ikke planlægges
- 42 Bøger
- 44 BAGSIDEN: Livet i glasset

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

Ansvarshavende

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

Redaktion

Redaktører Jørgen Dahlgård og Carsten Rabæk Kjaer
Tlf.: 87 15 20 94

E-post: red@aktuelnaturvidenskab.dk

Hjemmeside: aktuelnaturvidenskab.dk



AALBORG UNIVERSITY
AALBORG ESBJERG COPENHAGEN



AARHUS
UNIVERSITET



DET NATURVIDENSKABELIGE
FAKULTET



DET TEKNISKE
FAKULTET



Roskilde Universitet

SPONSOR-
ABONNENTER



KØBENHAVNS UNIVERSITET
DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET

Sennep kan erstatte raps

En blomstrende gul rapsmark under en skyfri blå himmel er indbegrebet af en dansk sommer. Men det smukke syn kan snart være fortid og nostalgi, hvis den globale opvarmning fortsætter. Det skyldes, at rapsplanten er meget sårbar overfor bl.a. varme og tørke. Men nu har forskere på Københavns Universitet fundet en løsning på problemet i samarbejde med det verdensomspændende firma Bayer CropScience. Og løsningen er en sennepsplante, som til forveksling ligner rapsplanten.

Centerleder på Grundforskningscentret Dynamo, Københavns Universitet, professor Barbara Ann Halkier er en af de forskere, der har arbejdet ihærdigt med at udvikle et alternativ til rapsplanten. Hun siger:

»Det er lykkedes os at bruge en epokegørende bioteknologisk metode på en sennepsplante, der er en nær fætter til raps. Resultatet er en forbedret olieafgrøde, der er rustet til at klare fremtidige klimaforandringer.



Sennepsplanten (*Brassica juncea*) er både mere tørke- og varmetolerant og modstandsdygtig overfor sygdomme end sin nære slægtning raps.

Foto: CC BY-SA 3.0

Hidtil har der dog været den uovervindelige forhindring, at sennepsfrø er propfulde af de

bitre forsvarsstoffer, der giver sennep sin karakteristiske smag. Det medfører nemlig, at restproduktet efter presning af sennepsolie er ubrugeligt til for eksempel foder til husdyr. Men nu har vi klaret problemet. Den nye plante vil også kunne dyrkes i områder, der i dag er uegnede til olieafgrøder, såsom Indien, Australien og hele det vestlige Canada.«

Forskere og frøforædlere har i mange år forsøgt at finde et alternativ til rapsplanten. Raps er en af vores vigtigste kilder til planteolie, biodiesel og protein til dyrefoder. Raps kan dog kun dyrkes i relativt kølige og fugtige klimaer som på vores breddegrader, og hvert år mister landbruget en betragtelig del af udbyttet, fordi rapsplanten er sårbar over for sygdomsangreb.

De nye resultater er så interessante, at de kom på forsiden af tidsskriftet *Nature Biotechnology* i starten af april.

Bente Faurby, Københavns Universitet. *Nature Biotechnology* 35, 377–382 (2017).

Snørebåndsmysterium løst

Et af de større pressehits fra forskningsverdenen siden sidst var en afhandling i tidsskriftet *Proceedings of the Royal Society A*, hvor Oliver O'Reilly fra University of California, Berkeley og kolleger gav en videnskabelig forklaring på et af hverdagens små mysterier – nemlig hvorfor snørebåndet på sko har en irriterende tendens til at snøre sig selv op.

I forsøget på at lære sin datter at binde snørebånd kom O'Reilly selv til at undre sig over sagen. Da han forsøgte at finde en forklaring, viste det sig, at ingen tilsyneladende havde undersøgt netop det emne videnskabeligt. Han fik derfor et par kolleger med på at råde bod på denne åbenlyse mangel.

Ved hjælp af slowmotion-optagelser kunne forskerne konstatere, at når snørebånd går op, er det ikke en gradvis proces: Knuden fejler pludseligt og uden varsel (indenfor få sekunder). Med eksperimenter, hvor et accelerome-

Billede fra forskernes slowmotion-video (som kan ses på Youtube), hvor knuden er i færd med at gå op.



ter blev fastgjort til en sko, kunne forskerne måle de kræfter, der virker på knuden på et snørebånd under bevægelse. Konklusionen er, at stødende, når skoen rammer jorden løsner knuden, mens bevægelserne af de frie ender af snørebåndene, trækker knuden op, når benet svinges. Det sidste svarer i princippet til, når vi selv løsner knuden ved at trække i enderne. Det er de kombinerede kræfter fra stød og retningsændring ved benets svingning, der får knuden til at gå op. Det er ikke nok blot at stampe i jor-

den eller svinge benet frem og tilbage i fri luft.

Udover tilfredsstillelsen ved, at vi nu har en detaljeret forklaring på, hvad der foregår, når snørebåndet går op, kan de nye resultater måske også vise sig nyttige i andre sammenhænge. For eksempel til at udvikle bedre kirurgiske knuder eller til at forklare, hvorfor undersøiske optiske kabler nogle gange filtres sammen og knækker.

CRK, Kilde: PNAS A, DOI: 10.1098/rspa.2016.0770



Kaskawulsch-gletcheren, Foto: Tomas Pavelka, Shutterstock

Når smeltevandet pludselig skifter retning

At det varmere klima medfører tilbagesmeltning af gletcherer rundt om i verden, er ikke nogen nyhed. Men ind imellem rapporteres der om interessante og tankevækkende nuancer i, hvilke konsekvenser afsmeltningen konkret kan have lokalt. Et sådant eksempel er for nylig beskrevet i tidsskriftet *Nature Geoscience*, hvor Dan Shugar fra University of Washington Tacoma og kolleger har undersøgt Kaskawulsch-gletcheren i det

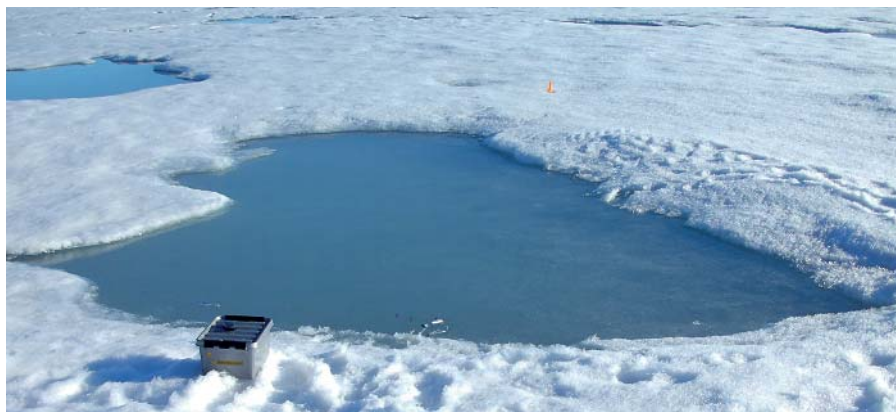
nordlige Canada. Denne gletcher har været under tilbagesmeltning i mere end et århundrede, men et varmt forår i 2016 medførte en usædvanligt stor afsmeltning. Forskerne kombinerede billeder taget fra droner og satellit med målinger af vandføringen i floder til at rekonstruere smeltevandets afløb fra gletcheren. Det viste sig, at smeltningen i 2016 skabte en kløft i isen, som omdirigerede vandet til at løbe sydpå ind i floden Alsek i stedet for ind i floden Slims mod nord.

Det er det første eksempel på en så hurtig omdirigering af vand i moderne flodsystemer. Forskerne advarer, at sådant "flodpirateri" kan blive mere almindeligt i takt med et varmere klima. Og det kan blive et problem for både mennesker og natur nedstrøms gletscherne, der er afhængig af smeltevandet. I sagens natur er det sværere at tilpasse sig en så radikal ændring, der sker fra det ene år til det andet, end en mere gradvis reduktion af vandmængden. *CRK, Kilde: Nature Geoscience 10, 370–375 (2017)*

Smeltende havis kan give mere liv i havet

Hvert forår smelter sne og havis i Arktis, og der dannes søer af smeltevand på overfladen af havisen. I takt med den globale opvarmning bliver der flere og større smeltesøer. De giver mere lys og varme til isen og det underliggende vand, men nu viser det sig, at de også kan have en mere direkte og potentielt stor indflydelse på livet i polarhavet. Der kan nemlig opstå måtter af alger og bakterier i smeltesøerne, som kan blive til føde for havets dyr.

»Smeltesøerne kan danne deres eget lille økosystem, og når al havisen smelter i løbet af sommeren, kan alger og andre organismer fra smeltesøerne frigives til det omgivende havvand. Noget af denne føde optages straks af dyr højt i vandsøjlen. Andet synker og ædes af bundlevende dyr. Eftersom der dannes større og større områder med smeltesøer, kan man forvente, at der også frigives mere og mere føde til polarhavets dyreliv,« forklarer Heidi Louise Sørensen. Hun har undersøgt smeltesøer i Grønland som en del af sin ph.d. på Syddansk Universitet. Bo Thamdorp og Ronnie N. Glud fra SDU samt Erik



Smeltevandssøer på havisen kan rumme deres eget lille økosystem.

Foto: Heidi Louise Sørensen

Jeppesen og Søren Rysgaard fra Aarhus Universitet har også bidraget til arbejdet. Forskere har længe vidst, at der kan opstå simple biologiske organismer i smeltesøer – det kan endda være meget forskellige organismer. Men hidtil har det været uklart, hvorfor der nogle gange er mange organismer i søerne og andre gange næsten ingen.

Ifølge det nye studie er næringsstoffer nøgleordet. Når næringsstoffer som fosfor og

kvælstof finder vej til en smeltesø, kan hele samfund af alger og mikroorganismer blomstre op. Næringsstofferne bliver for eksempel skyllet ind med bølger af havvand, transporteret med støvstorme fra land, eller skyllet med jord fra kysten ud på isen, når det regner.

Birgitte Svennevig, SDU. Polar Biology, pp 1–14: Nutrient availability limits biological production in Arctic sea ice melt ponds. Heidi Louise Sørensen et. al.

Mobilantenner i massevis giver bedre internet

Af Jakob Brodersen, Aalborg Universitet

Når 5G-nettet om få år skal rulles ud, kan basestationerne komme til at bestå af hundredevis af små antenner. Det kommer blandt andet til at betyde højere overførselshastigheder, lavere energiforbrug, bedre sikkerhed og bredere dækning. Forskere ved Aalborg Universitet er med i forreste linje når det gælder antenneudviklingen.

I takt med at vi bevæger os mod en verden, hvor alt er forbundet, stiger behovet for et velfungerende mobilt netværk med plads til flere tilkoblede enheder og mere trafik.

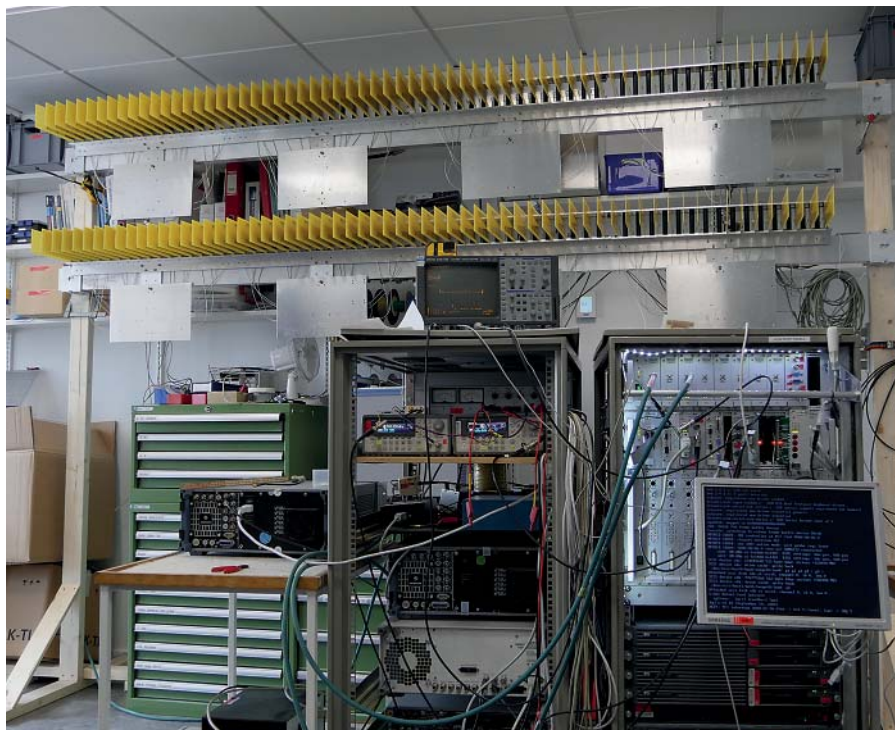
»Med "Internet of Things" får flere og flere enheder brug for at kunne tale med hinanden,« forklarer Elisabeth de Carvalho, der er lektor ved AAUs Institut for Elektroniske Systemer. Sammen med sine kolleger Patrick Eggers, Jesper Ødum Nielsen og ph.d.-studerende Anders Karstensen og med støtte fra den kinesiske elektronik-gigant Huawei arbejder hun med at udvikle en ny type basestation, der tager højde for det tilsyneladende endeløst stigende behov for mobil dataoverførsel.

MIMO, min MIMO...

Systemet, der stadig er på et tidligt stadie i udviklingen, går under betegnelsen "massive MIMO". MIMO er en forkortelse for "Multiple-Input Multiple-Output" – en trådløs teknologi, der bruges til at overføre data mellem større klynger af forbundne enheder og brugere på samme tid.

På de basestationer, vi bruger nu (dvs. de mobilantenner man kan se på høje bygninger eller i toppen af sendemaster), kan der være op til otte små antenneenheder, der peger ud i forskellige retninger for at sørge for dækning over et stort område. Men forskerne i Aalborg arbejder på at udvikle en basestation, der har flere hundrede små antenner, hvilket gør det muligt at forbinde meget mere præcist med hver enkelt mobile enhed.

»Vi ved ikke præcist, hvordan det ender med at komme til at se ud. Måske bliver det en hel væg på en bygning, der er dækket af antenner på ydersiden – eller indersiden. Vi er



Indtryk fra forskernes laboratorium: De gule plader er antennerne, som skal gøre fremtidens internet meget bedre. Foto: Jakob Brodersen.

stadig usikre på, hvad der vil fungere bedst,« siger Elisabeth de Carvalho.

Fokuser energien

Når man sætter hundredevis af små antenner på en basestation, kan man overføre en lang højere datarate, fordi energien bliver mere fokuseret. Og fordi energien kan bevæge sig længere, jo mere fokuseret den er, vil mobildækningen med al sandsynlighed blive bedre.

Samtidig forventer forskerne, at basestationernes energiforbrug kommer til at falde sammenlignet med de stationer, vi bruger i dag:

»Når man har mange antenner, svarer det til, at man har mange snævre, koncentrerede vandslanger, som man kan pege præcis derhen, hvor man gerne vil have vand – fremfor at have en stor, utæt brandslange, der plasker udover det hele,« forklarer Patrick Eggers.

»Med den ny teknologi sender vi ikke bare data ud i alle mulige retninger som en radio;

vi går efter at skabe en slags virtuelt kabel, der er smalt og fokuseret mellem basestationen og de enkelte mobile enheder. Vi indsnævrer den plads, der bliver brugt til at overføre data på. Det giver en hurtigere og bedre forbindelse.«

At indsnævre overførselsrummet er ikke kun et spørgsmål om kapacitet. En anden fordel ved at bruge et stort antal antenner i basestationerne er, at det gør forbindelserne mere sikre.

»Jo mere, du kan indsnævre den plads, du skal bruge til at overføre på, jo sværere bliver det for andre at lytte med,« siger Patrick Eggers. »Når du sender noget ud i æteren, kan man altid sætte en antenne op og fange signalet, hvis man for eksempel er CIA eller KGB – bare man har noget udstyr, der er kraftigt nok til at kunne afkode signalet. Men hvis du slet ikke kan fange signalet, bliver det rigtig svært. Det er en stor fordel for både virksomheder og private. Jo større kontrol, man har over transmissionsrummet, og jo snævrere det er, desto sværere er det for uvedkommende at trænge ind,« siger han. ■

WHAT'S YOUR SCIENCE?



Så nærmer det sig! Onsdag den 5. juli er der frist for tilmelding til de videregående uddannelser. Hvis du brænder for natur- og biovidenskab, skal du vælge en af vores 21 bacheloruddannelser, som spænder bredt inden for den naturvidenskabelige verden. Vi har et levende studiemiljø, og du får en uddannelse med gode jobmuligheder.

dinfremtid.ku.dk

KØBENHAVNS UNIVERSITET
DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET





KLIMAVARIATIONER

- flere ekstremer i et varmere klima

Giver den globale opvarmning sig udslag i mere ekstreme vejrforhold i Danmark målt som antallet af dage med såkaldte varme- og kuldeekstremer? Ja, afslører en analyse af mere end 140 års temperaturmålinger fra fem meteorologiske stationer.

Forfatterne:



Sebastian H. Mernild (ph.d. og dr. scient.), chef for forskningscenteret Nansen Centeret, Bergen, og Professor i klimaforandringer ved Western Norway University of Applied Sciences. sebastian.mernild@nersc.no

Klimaet er under forandring. Vi befinder os i en periode med global opvarmning, hvor menneskeskabte udledninger af drivhusgasser til atmosfæren er hovedårsagen til den temperaturstigning, vi ser. En drivhusgasteori, der har været genstand for lange og dybdeborende videnskabelige diskussioner og udredninger, som har sigtet på at udfordre og afprøve teorien – men uden held.

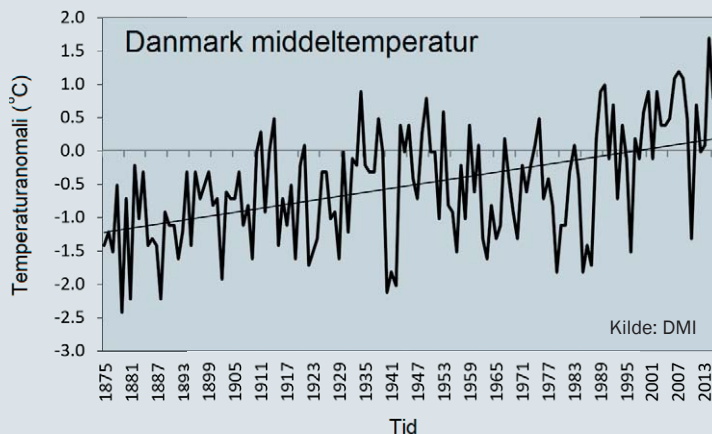
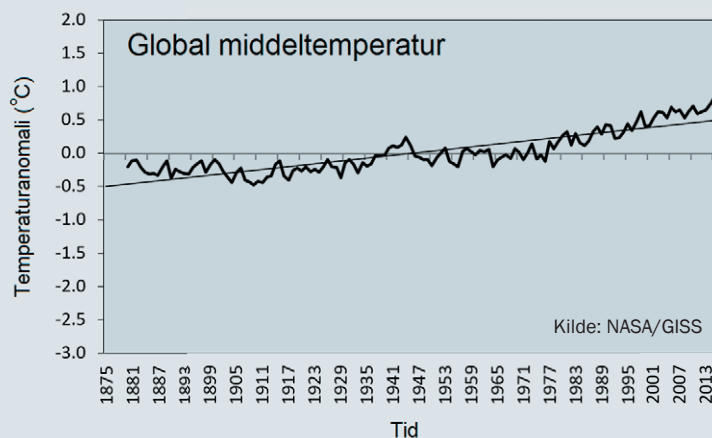
Forudsætningen for at forstå de globale og regionale klimaforandringer er viden om temperaturvariationer. Rumlige og tidsmæssige variationer i temperaturen må kortlægges i de områder, hvor vi har pålidelige og systematiske temperaturoidbservationer. Det er den eneste måde, vi på et sikkert grundlag kan forsøge at forudsige de sandsynlige forandringer og rekorder – måske ekstremer – som venter os i fremtiden.

DMI's meteorologiske stationer placeret rundt om i landet giver en unik mulighed for at analysere temperaturudviklingen, hvilket har været muligt siden begyndelsen af 1870'erne. I alt i Danmark er der fem meteorologiske stationer, der kan dateres tilbage til 1875 eller et par år lige før. Analysen, vi beskriver i det følgende, inkluderer forholdene før Danmark for alvor blev mekaniseret, varmeperioden i 1930'erne og 1940'erne og frem til



	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Absolut højeste temperatur												
°C	12,4	15,8	22,2	28,6	32,8	35,5	35,3	36,4	32,3	26,9	18,5	14,5
År	2005	1990	1990	1993	1892	1947	1941	1975	1906	2011	1968	1953
Lokalitet	Sønderborg	København	Karup	Holbæk	Herning	Hillerød	Erslev	Holstebro	Randers	St. Jyndeved	Faksinge v/ Præste	Nordby
Absolut laveste temperatur												
°C	-31,2	-29,0	-27,0	-19,0	-8,0	-3,5	-0,9	-2,0	-5,6	-11,9	-21,3	-25,6
År	1982	1942	1888	1922	1900	1936	1903	1885	1886	1880	1973	1981
Lokalitet	Hørsted i Thy	Brande	Søndersted v/Holbæk	St. Vildmose	Gludsted Plantage	Klosterhede Plantage	Gludsted Plantage	Varde	Aalborg	Torstedlund v/ Rold Skov	Egvad v/ Tarm	Døvling

↑ Absolut højeste og laveste temperaturer målt i Danmark for hver måned angivet med årstal og lokalitet. Højeste og laveste temperaturer observeret til dato er vist med fed skrift (Kilde: DMI).



→ Kurverne viser temperaturanomi i forhold til perioden 1981–2010 for øverst den globale temperatur og nederst Danmark.

Foto: Colourbox

i dag, inklusive den igangværende globale opvarmning.

Data fra de fem målestationer viser, at middeltemperaturen i Danmark (målt 2 meter over jordoverfladen) er steget med ca. 1,4 grader siden omkring 1880. I samme periode er den globale middeltemperatur ifølge NASA steget ca. 1,2 grader. I Danmark forekommer – ikke overraskende – de højeste temperaturer i sommerperioden fra juni til august.

Her findes også den mindste forskel mellem absolut højeste og laveste temperaturer og mellem højeste og laveste månedsmiddeltemperaturer set over hele perioden siden 1875. I vinterperioden fra december til februar er disse temperaturforskelle relativt større – både mellem højeste og laveste temperaturer og mellem månedsmiddeltemperaturer, da temperaturerne er steget mest om vinteren og i nattemperer i perioden siden 1875.

Temperaturrekorder

At vi i Danmark oplever forskelle i temperaturforhold skyldes blandt andet, at vores vejr veksler mellem at komme fra vest domineret af lavtryk dannet over Atlanterhavet og tilhørende frontsystemer eller fra øst påvirket af det store Sibiriske landområde. Danmark dækker et areal på cirka 43.000 km² svarende til ca. 1/12.000 af klodens areal – eller størrelsen af en mobiltelefon i forhold til en typisk dansk lejligh-



John Cappelen,
Seniorklimatolog ved
Danmarks Meteorologi-
ske Institut.
jc@dmu.dk



Jens Hesselbjerg
Christensen (ph.d.) Pro-
fessor i klimafysik ved
Niels Bohr Institutet,
Københavns Universitet.
jhc@nbi.ku.dk



↑ Eksempler på to af DMI's meteorologiske stationer, der er beliggende ved Nordby (til venstre) og Vestervig (til højre). Ved begge stationer måles der lufttemperatur (inklusive minimum- og maksimumtemperaturer), fugtighed og nedbør. Foto: DMI's teknikere.

← Beliggenheden af DMI's meteorologiske stationer (stations-id og navn), hvorfra data om lufttemperaturen er indsamlet for perioden 1875–2016. Der er dog mindre huller i observationsserien. De observerede minimum- og maksimumtemperaturer omtalt i denne artikel dækker henholdsvis 99,9–99,2 % og 99,9–99,5 % af tidsserien fra 1875 til 2016, dog med undtagelse af minimumtemperaturer ved Tranebjerg øst station, hvor de observerede data dækker 98,2 % af tidsserien.

hed. Derfor kan for eksempel usædvanlig kulde i Danmark sagtens forekomme, uden at det vil være et paradoks i forhold til klodens igangværende overordnede opvarmning, da forholdene isoleret set for Danmark har en forsvindende effekt på den globale udvikling.

De rumlige og tidsmæssige forskelle i temperaturrekorder kortlagt siden 1875 er foretaget på basis af pålidelige systematiske temperaturobservationer. De højeste (36,4 °C) og laveste (-31,2 °C) temperaturer, der er målt i Danmark, fandt sted i henholdsvis august 1975 i Holstebro, og januar 1982 i Hørsted i Thy. Det giver et spænd i temperaturer mellem maksimum og minimum på omkring 68 °C.

Temperaturekstremers

Ekstreme begivenheder ligger per definition langt fra det "gennemsnitlige". Ekstremværdihændelser er derfor baseret på tidligere observa-

tioner og den periode, de dækker. Temperaturekstremers kan inddeles i både kulde- og varmeekestremers. Kuldeekstremers er i den klimatiske litteratur ofte defineret som de 10 % laveste værdier (1. decil) af en tidsserie, hvor disse temperaturer typisk er målt i nattetimerne (her i analysen har vi specifikt anvendt daglig minimumtemperaturer). Varmeekestremers er omvendt defineret som de 90 % højeste værdier (9. decil) af en tidsserie, hvor disse temperaturer typisk er målt i dagtimerne (her har vi specifikt anvendt daglig maksimumtemperaturer). Samme 1. og 9. decil-definitioner er anvendt i dette studie.

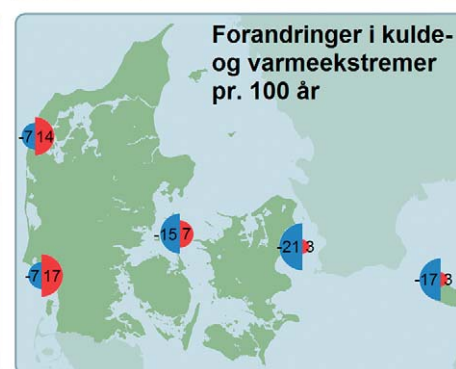
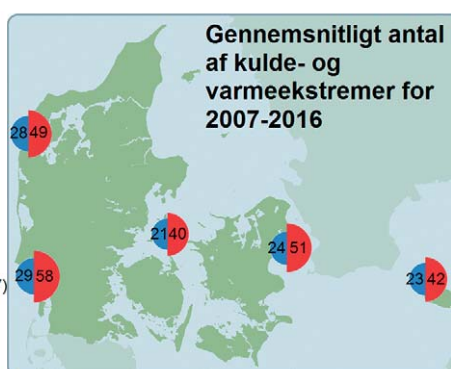
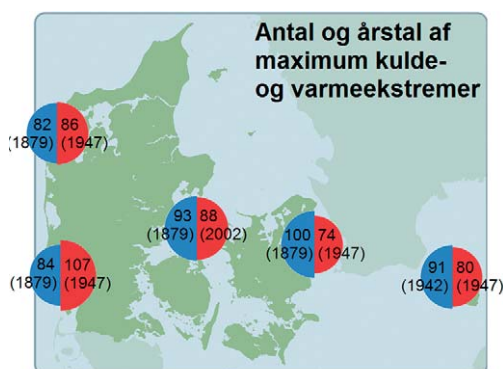
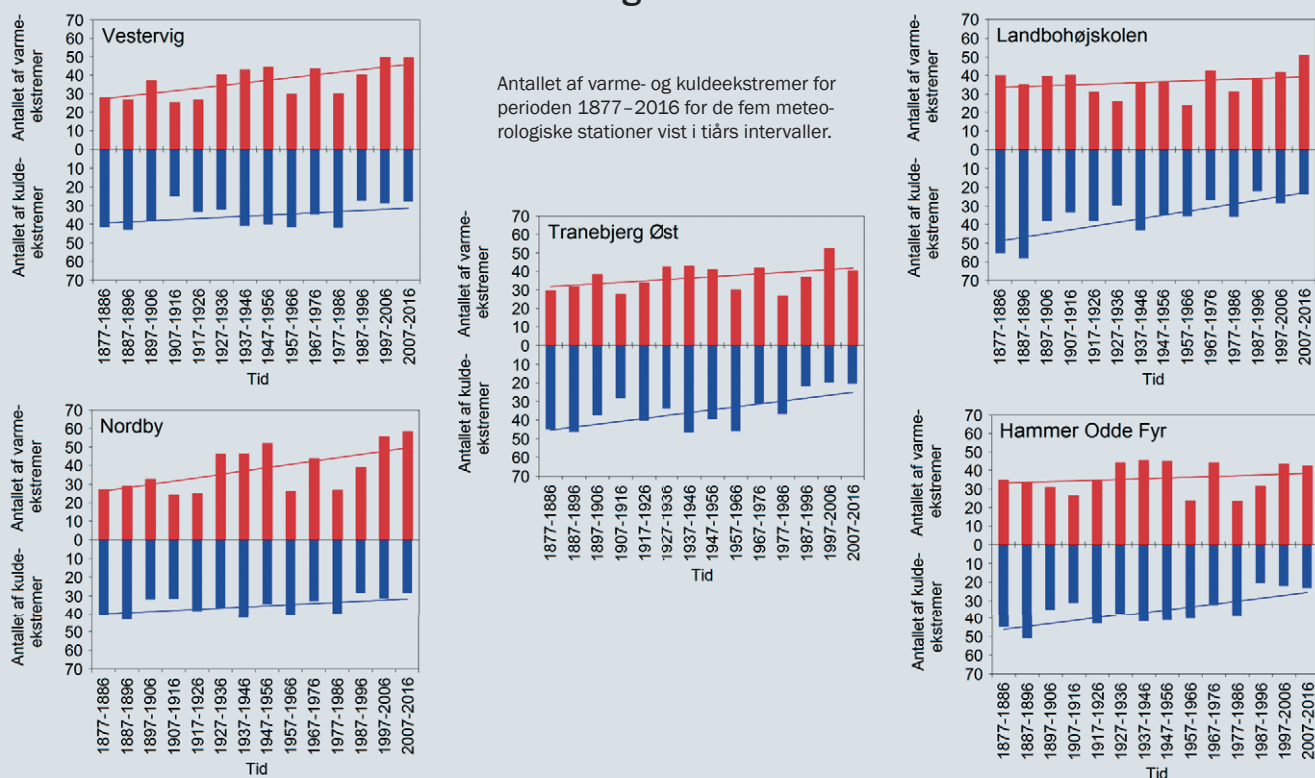
Data fra de fem DMI-stationer, der har målt minimum- og maksimumtemperaturer siden 1870'erne og frem til i dag, viser, at antallet af dage med kuldeekstremers i Danmark er aftaget, mens antallet af dage med varmeekestremers er tiltaget (målt i tiårsintervallerne 1877–1886, 1887–1896, etc.).

Ved de fem stationer var det gennemsnitlige antal af dage med kulde- og varmeekestremers per år i perioden 1877–1886 henholdsvis på 45 og 30, mens det i perioden 2007–2016 var på henholdsvis 30 og 50. Antallet af varmeekestremers for 2007–2016 (det sidste årti i analysen) var endvidere højere og antallet af kuldeekstremers lavere end for varmeperioden i 1930'erne og 1940'erne (specifikt tiårsintervallerne 1927–1936, 1937–1946 og 1947–1956). Til sammenligning bekræfter studier fra Arktis – specifikt Grønland (1890–2010) – at de samme tendenser for antallet af kulde- og varmeekestremers, som vi finder for Danmark, også ses i Grønland.

Danmark rundt

Disse ekstremværdi-tendenser for Danmark dækker over årlige variationer i antallet af kulde- og varmeekestremers. Året 1879 var et rekordår med hensyn til antallet af dage med daglige kuldeekstremers

Antallet af varme- og kuldeekstremer



Fordelingen af kulde- og varmeeekstremer ved de fem DMI-stationer.

(dog med undtagelse af stationen Hammer Odde Fyr, Bornholm), hvor stationerne i 1879 havde mellem 82 og 100 dage med kuldeekstremer. Hvad angår varmeeekstremer var 1947 et rekordår på fire af de fem stationer, hvor der var mellem 74 og 107 dage med varmeeekstremer (stationen Tranbjerg Øst på Samsø skiller sig ud, idet 2002 var rekordår for varmeeekstremer her). I årtiet 2007–2016, som var det varmeste årti siden 1870'erne,

viser den rumlige fordeling i antallet af daglige ekstremer, at der i gennemsnit per år mellem de fem stationer forekom mellem 21 og 29 kuldeekstremer, mens antallet af varmeeekstremer lå mellem 42 og 58.

Den generelle tendens for de fem DMI-stationer er, at antallet af dage med kuldeekstremer stiger med aftagende årsmiddeltemperatur, mens antallet af dage

med varmeeekstremer stiger med stigende årsmiddeltemperatur. Det dækker dog over variationer på tværs af Danmark. Hvis man ser på ændringer i antal ekstremer pr. 100 år, så aftager antallet af kuldeekstremer mod øst, dog med undtagelse af Bornholm. Det største fald i kuldeekstremer fandt sted i København (et fald på 21 per 100 år), hvor en stigende urbaniseringseffekt sandsynligvis er årsagen hertil – over tid

Videre læsning:

Mernild, S. H., m.fl. 2014. Coastal Greenland air temperature extremes and trends 1890–2010: Annual and monthly analysis. *International Journal of Climatology*, 34, 1472–1487.

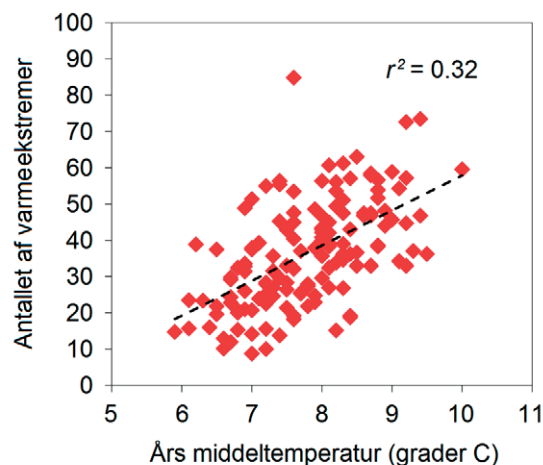
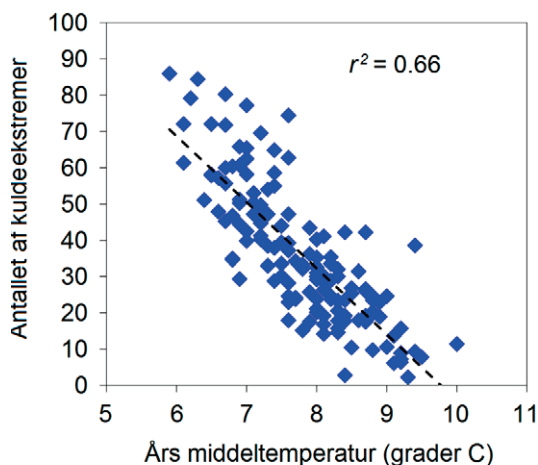
Lubchenko, J. og Karl, T. R. 2012. Predicting and managing extreme weather events. *Physics Today*, 65(3), 31–37.

John Cappelen (ed.) 2016. Denmark - DMI Historical Climate Data Collection 1768–2015. DMI Report, No. 16-02.

John Cappelen (ed.) 2017. Denmark - DMI Historical Climate Data Collection 1768–2016. DMI Report, No. 17-02 (under udarbejdelse).

www.giss.nasa.gov/

En tak til Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) og National Aeronautics and Space Administration (NASA)/Goddard Institute for Space Studies (GISS) for at stille klimadata til rådighed.



Sammenhængen mellem årsmiddeltemperatur (Danmark) og det gennemsnitlige årlige antal af kuldeekstremer (blå diamanter) og varmeeekstremer (røde diamanter) for de fem DMI-stationer. r^2 -værdierne angiver korrelationskoefficienten ved en antaget lineær sammenhæng. r^2 angiver graden af sammenhæng mellem de to parametre, det vil sige den del af variationen i den afhængige parameter (antallet af ekstremer), som kan forklares med variationen i den uafhængige parameter (årsmiddeltemperaturen).

medvirkende til en varmere minimumstemperatur i nattetimerne. Modsat steg antallet af varmeeekstremer mest mod vest, hvor Fanø havde den største stigning (en stigning på 17 pr. 100 år). Selvom et relativt lille land som Danmark kan man altså se markante variationer i ekstremtemperaturer på tværs af landet.

En varmere atmosfære giver flere ekstremer

På grund af den globale opvarmning forventer man, at frekvensen, effekten, udbredelsen og varigheden af varmeeekstremer vil blive øget i fremtiden, mens forekomsten af kuldeekstremer samtidig vil mindske. Vores analyse af temperaturekstreme-

mer i Danmark siden 1875 kan siges at være en bekræftelse af denne forventning i en regional målestok: Antallet af dage med kuldeekstremer er aftaget, mens antallet af dage med varmeeekstremer er tiltaget. En varmere atmosfære medfører simpelthen flere varmeeekstremer temperaturforhold, også i Danmark. ■



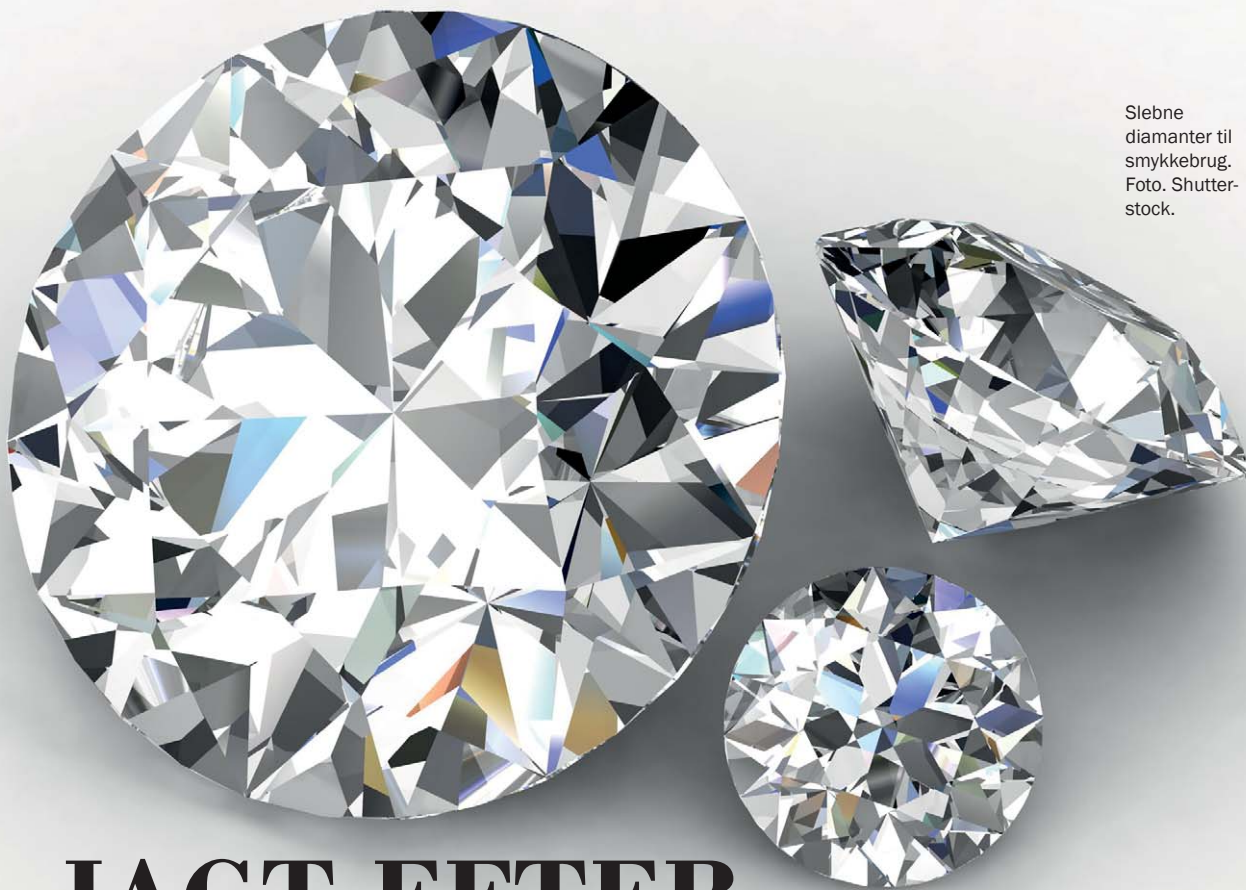
Opfylder du garantikvotienten? Så er du sikker på en studieplads

Garantikvotienter 2017

Anvendt matematik: 6,0
Biokemi og molekylærbiologi: 10,0
Biologi: 9,0
Biomedicin: 10,0
Datalogi: 8,0

Farmaci: 8,6
Fysik: 8,6
Kemi: 8,6
Matematik: 6,0

Læs mere om garantikvotienterne på www.sdu.dk/nat



Slebne
diamanter til
smykkebrug.
Foto. Shutter-
stock.

PÅ JAGT EFTER STORE DIAMANTER

Ved hjælp af en elektronaccelerator og en PET-skanner kan man
afsløre, om et klippestykke indeholder en diamant.

Artiklens forfattere deltager i udviklingen af denne metode,
som kan gøre jagten på diamanter mere effektiv og miljøvenlig.

Diamanter har i umindelige tider været efterstræbt af mennesket på grund af deres uovertrufne egenskaber. De første kendte udnyttelser af diamanter var i Kina og Indien allerede for omkring 6000 år siden. Med til at gøre diamanter til noget særligt er naturligvis deres sjældenhed. På trods af, at man i dag kan producere kunstige diamanter, så er det stadig langt fra muligt at producere store diamanter til ædelsten, der blot tilnærmelsesvis ligner naturlige diamanter i både størrelse og klarhed. Derfor er fund af naturlige diamanter stadig nøglen til at skaffe de største og mest eftertragtede diamanter.

Naturlige diamanter er dannet under meget specielle forhold, og findes specielt i Sydafrika, Sibirien, Brasilien, Indien og Congo. Diamanterne er dannet i den jordiske magma i omkring 150 km's dybde og transporteret til jordoverfladen i forholdsvis små vulkanske rør, der siden er størknet. Bjergarten i disse vulkanske rør kaldes kimberlit efter den sydafrikanske by Kimberley, hvor diamanter først blev fundet direkte i det vulkanske klippemateriale i 1871. Der kendes i dag omkring 6000 sådanne vulkanske rør, men kun et fåtal af dem, cirka en procent, er rentable til diamanthusvindning.

Jo større, jo bedre

I dag finder man diamanter ved minedrift, hvor man bringer klippeblokke af kimberlit til jordoverfladen, knuser disse blokke og ekstraherer diamanterne ved sortering, blæsning og skylning. Når man knuser blokkene kan man imidlertid også let komme til at knuse diamanterne, da disse på trods af, at de er det hårdest kendte materiale på jorden, er ret skrøbelige og relativt let kan kløves langs deres krystallografiske retninger. Man mener, at det er en af grundene til, at der ikke er fundet store diamanter de seneste omkring 100 år, dvs. tilbage til tiden, hvor man tog den nuværende knusningsmetode i brug. Man kan selvfølgelig også

Forfatterne

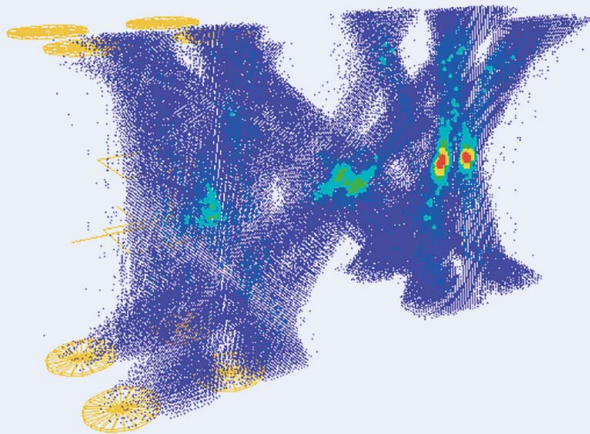


Søren Pape Møller er centerleder Centre for Storage Ring Facilities (ISA). Han er ekspert i accelerators og har designet og arbejdet med accelerators i både universitetsverdenen og industrien, siden han som færdiguddannet kom til CERN i 1981. fyssp@phys.au.dk



Ulrik Uggerhøj er professor. Ulrik har arbejdet med bl.a. højenergi strålingsudsendelse og -absorption på CERN de seneste 25 år. ulrik@phys.au.dk

Begge ved Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

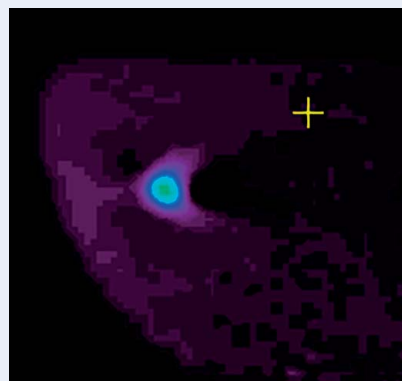
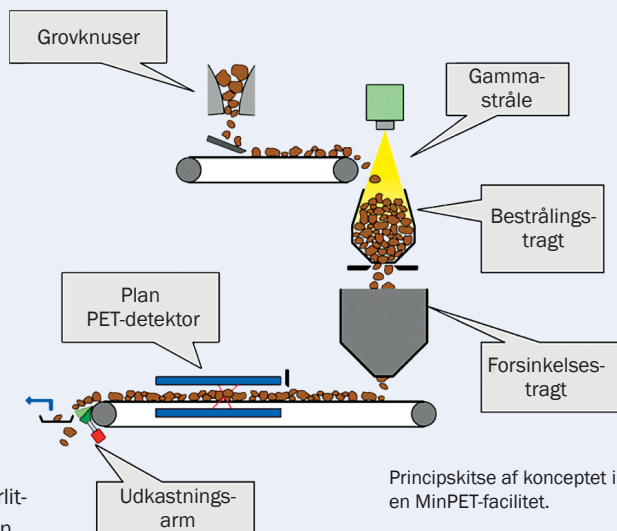


Princippet bag MinPET

Figuren ovenfor viser princippet i detektion af diamanter i kimberlit-stykker ved hjælp af en PET-scanner. Efter at kulstof i kimberlitten er blevet aktiveret ved hjælp af gammastråler udsendes positroner fra kulstoffet, når det henfalder. Ved at trække linjer langs den udsendte strålings spor (såkaldte responslinjer), afsløres diamanterne indeni klippestykkerne som lysende områder, mens transportbåndet kører.

Figuren nederst til højre viser et eksempel på en detektion af en diamant i et stykke kimberlit. Diamanten ses som en lysende plet.

Øverst til højre ses en principtegning af en fuld MinPET-facilitet, hvor kimberlitten knuses, bestråles, scannes og til sidst sorteres, så kun de stykker, der rent faktisk indeholder diamanter, sendes videre til omhyggelig udvinding af det kostbare materiale.



finde store diamanter i vandløb og andre steder, hvor naturens slid og erosion gennem årtusinder har udvasket diamanterne. Men sandsynligheden for at finde store diamanter på den måde er meget lille.

Omkostningerne ved at behandle kimberlit er omkring 150 kr. per ton, og man finder typisk, men med betydelig variation afhængig af minen, lidt under én karat (0,2 g) diamant per ton. Den globale produktion var i 2015 opgjort til 127 millioner karat, hvilket svarer til, at omkring 100 millioner tons klippe er blevet knust, med et nyttigt resultat på altså 0,0000002%. En industriel nål i en høstak. Rådiamanterne gav i 2015 en global omsætning på ca. 100 milliarder kr. med en omtrentlig pris – igen med en markant variation afhængig af størrelsen – på et par tusinde kroner per karat.

Traditionelt karakteriserer man diamanter ved fire egenskaber, som er

farve, udskæring/slibning, klarhed, karat (vægt, målt i enheder af 0,2 g). Prisen er så afledt af disse fire egenskaber. Imidlertid er prisen ikke blot direkte proportional med vægten af diamanten, dvs. dens antal karat, men snarere er prisen *per karat* ligefremt proportional med antal karat, hvorved prisen for diamanter vokser kraftigt med vægten. Som eksempel er en 10 karat diamant således ca. 10 gange dyrere end 10 stk. 1 karat diamanter på trods af, at de vejer det samme tilsammen.

Det kan altså betale sig at finde de store diamanter! En 5 karat diamant (1 g) af den rette kvalitet kan gå for en pris så høj som 65 millioner kroner.

Detektion af diamanter på samleband

Igennem en længere årrække har denne artikels forfattere været involveret i at udvikle en ny metode

kaldet MinPET til at finde diamanter. Metoden går kort fortalt ud på at "spotte" diamanten i en mindre, måske 10 cm, stor klippeblok ved hjælp af en kombination af en kraftig elektron-accelerator og en PET-scanner (PET står for positron-emissions-tomografi). Herved kan man frasortere de meget få interessante blokke, som indeholder en diamant, og med omhu ekstrahere diamanten uden at gøre skade på den. På den måde vil man både kunne finde flere store diamanter og spare store mængder energi og vand, som man ellers skulle bruge på forgæves søgninger.

Oprindelig er MinPET-metoden udviklet og patenteret af den sydafrikanske fysiker Friedel Sellschop, berømt for et af de første neutrino-eksperimenter i en sydafrikansk mine. I de seneste år har hans videnskabelige arvtager, Simon Connell, været drivkraften bag udviklingen af et koncept for en

Diamant – et fremragende materiale

Diamanter har en række fremragende egenskaber. Det er det materiale, der har den højeste hårdhed (de kan modstå tryk på op til 6 mio. atmosfære) og den højeste varmeledningsevne. Derudover har de et meget højt brydningsindeks, der giver dem evnen til at "finkle", dvs. sprede farverne i hvidt lys meget kraftigt. Den ekstreme hårdhed har givet dem deres navn afledt af det græske ord, der på engelsk er blevet til *adamant*, som betyder utæmmelig eller ubøjelig (nogle læsere vil måske her genkende navnet fra den engelske rockmusiker Adam Ant fra begyndelsen af 80'erne, der givetvis har spillet på tvetydigheden). At deres varmeledningsevne er klart højere end andre materials bliver blandt andet udnyttet af smykkehandlere til at skelne mellem den ægte vare og kopier baseret på andre materialer. Diamanter reagerer i øvrigt ikke på stærke baser eller syrer og er desuden vandskyende, men dog ikke fedtafvisende – snarere tiltrækkende – hvorfor det kan være en god



Diamantkrystal i kimberlit fra Sydafrika. Diamanten har en størrelse på 6,51 mm. Foto. Shutterstock.

ide at tage diamantringen af, når man laver mad ;-)

Diamanternes farver oprinder fra bittesmå koncentrationer (millionte dele) af urenheder. For eksempel giver nitrogen en gul farve, mens bor giver diamanten et blåt skær.

På grund af diamanters meget kompakte krystalgitterstruktur,

usædvanlige modstandsdygtighed mod bestråling og uovertrufne varmeledningsevne, bliver de ofte benyttet indenfor forskningen. Også af denne artikels forfattere, som ad flere omgange har benyttet dem til eksperimenter på det fælles europæiske fysikforskningscenter CERN. Det er også baggrunden for, at vi har fået kontakt til MinPET-metodens ophavsmænd.

MinPET-facilitet i samarbejde med diamantholdige selskaber. Konceptet for en sådan MinPET-facilitet er overordnet, at en maskine først knuser malmen til stykker af højst 10 cm størrelse, hvorefter et transportbånd bringer stenene ned i en såkaldt bestrålingstragt, hvor malmen bestråles. Herefter kommer malmen til "akkumuleringstragt", hvor malmen opbevares i cirka 20 minutter. Til sidst kommer malmen ud på et transportbånd, hvor selve PET-detektionen foregår – stort set som på en bagage-scanner i en lufthavn – og derved kan den mulige diamantholdige blok sorteres fra til senere ekstraktion af diamanten.

Aktivering af kulstof afslører diamanten

MinPET-teknikken bygger på at aktivere kulstofholdigt materiale (diamanter) i kimberlitten, så det kan detekteres med en PET-skan-

ner. Samtidig skal man så vidt muligt undgå at aktivere andre grundstoffer. Det skal man dels for at undgå at forstyrre detektionen af diamanterne, dels for at undgå at aktivere langlivede isotoper, som kan gøre restproduktet af kimberlit til et nyt miljøproblem. Det er desuden essentielt, at diamanterne ikke efter bestrålingen vil indeholde elementer, der kan afgive målelig stråling, idet man naturligvis ikke er interesseret i efterfølgende at bestråle den lykkelige diamant-ejer.

Gruppen fra Sydafrika har studeret flere muligheder for at detektere diamanter i klippeblokke, og den mest lovende synes at være beskydning af kulstof med gammastråler. Herved omdannes kulstof-12 til kulstof-11, der henfalder under udsendelse af en positron, et henfald med en halveringstid på cirka 20 minutter. Når de udsendte positroner mødes med

en elektron omdannes de (man siger at partiklerne annihilerer), hvorved der udsendes to modsatrettede gammastråler. Disse kan detekteres ganske på samme måde, som man gør i et PET-kamera.

Position og retning samt flyvetid bestemmer moderkernens position med en nøjagtighed mindre end en millimeter. Denne proces kræver dog ultrahurtig signal- og databehandling, idet transportbåndets hastighed på 1 m/s ikke tillader mere end 5-6 sekunders beslutningstid for at afgøre, om klippestykket skal bortskaffes eller undersøges nærmere. Samtidig kræves en høj sandsynlighed for detektion med en minimal fejlrate. Det sikres til dels gennem et højt signal/støj forhold på mindst 75:1, som i skrivende stund er opnået for diamanter over 4 mm (ca. en halv karat) i kimberlitstykker med en diameter på 10 cm.

Radiofrekvensaccelerator til MinPET

En radiofrekvensaccelerator består i alt væsentligt af tre elementer: 1) en elektronkatode, 2) en radiofrekvensgenerator og 3) en serie af hulrumsresonatorer. Med et konstant elektrisk felt på måske 100 kV ekstraheres elektroner fra katoden, der kan være en glødetråd. Selve energien til accelerationen kommer fra en radiofrekvensgenerator og forstærker, en slags radiosender. Faktisk bruges ofte kommercielle radiosendere i accelerators, for eksempel i FM-båndet omkring 100 MHz, da disse jo er udviklet til produktion i et stort antal og dermed er pålidelige og billige.

Til MinPET vil man i praksis nok vælge en frekvens i 3 GHz-området, altså mikrobølger. En elektromagnetisk bølge fra en sådan sender består af et svingende transversalt elektrisk (og magnetisk) felt, der ikke i sig selv kan accelerere. Men man kan designe og bygge såkaldte hulrumsresonatorer, og ved at koble den elektromagnetiske bølge ind i en sådan resonator kan man opnå en effektiv longitudinal acceleration, når de ladede partikler løber gennem resonatoren. Denne "tønde" med hul i begge ender til partikelstrålen er lavet i et ledende materiale som kobber eller endnu bedre et superledende materiale. Resonatorens form optimeres således, at resonatoren naturligt har sin resonansfrekvens ved den valgte frekvens for accelerationen.

Ved hjælp af ovennævnte princip, og ved at koble flere resonatorer i



En lineær-radiofrekvensaccelerator.



Vores "mikrotron" på Institut for Fysik og Astronomi ved Aarhus Universitet, som vi har brugt til eksperimenterne, der skal bane vejen for en fremtidig "diamant-maskine".

forlængelse af hinanden, kan man opnå en energitilvækst på adskillige MeV per meter for kobberresonatorer og adskillige 10 MeV per meter for superledende resonatorer. En MinPET-accelerator kan derfor bygges med dimensioner på forholdsvis få meter og for eksempel være i en container, ligesom selve senderen og andet elektronik vil kunne være i en anden. Der er selvfølgelig også brug for flere andre komponenter i en sådan accelerator, fra måleudstyr til observation og optimering af partikelstrålen til så lav-praktiske,

men nødvendige, ting som vakuum og kølevand.

En lineær radiofrekvensaccelerator leverer en elektronstråle, der er af unødvendig god kvalitet til brug i MinPET, både hvad angår energispredning og fysisk størrelse. Det er imidlertid ikke klart, hvordan man eventuelt kunne opnå en billigere accelerator, også selvom man er villig til at reducere strålens kvalitet. Derfor vil man være nødt til at sprede strålen over det område, der skal bestråles.

Da også andre kerner i kimberlitten som nævnt kan aktiveres, opbevares de bestrålede sten i ca. 20 minutters tid, hvorved kortlivede isotoper henfalder. Specielt bliver indholdet af ^{15}I , der har en halveringstid på 2 minutter, reduceret drastisk. ^{15}I er naturligt forekommende i kimberlit, og en del af de stabile isotoper omdannes til ^{15}I ved bestråling med gammastråler.

Kunsten at vælge den rigtige accelerator

Sandsynligheden for, at kulstof-12 omdannes til kulstof-11, er specielt høj ved bestråling i energiområdet 20-30 MeV (MeV = mega-elektronvolt). En opgave, som vi her på Aarhus Universitet har været involveret i, er derfor at finde den mest effektive måde at producere gammastråler i netop dette energiområde. Det

viser sig, at en elektronaccelerator med en energi på 40 MeV er den bedste kandidat til at lave højenergetiske fotoner i 20-30 MeV området via den såkaldte bremsestråling, der udsendes, når en elektron vekselvirker med et materiale. For at behandle en stor mængde kimberlit – op til 1000 tons i timen for en testfacilitet, mens en produktionsfacilitet skal kunne undersøge

FORSTÅ OG FORUDSE FREMTIDEN

MATEMATIK PÅ AALBORG UNIVERSITET

Matematik handler om at knække koden.

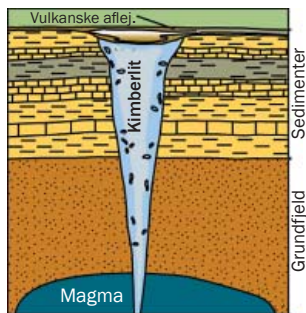
Man lærer at bruge avancerede teorier og metoder for at kunne tænke systematisk og resultatorienteret.

Man får rig mulighed for at tænke kreativt og løse alverdens problemstillinger i relation til teknologi, økonomi, sundhed og samfund. Man udregner verden.

flytverden.dk



AALBORG UNIVERSITET
AALBORG ESBJERG KØBENHAVN



Skematisk illustration af et kimberlit-rør, som er en vulkansk struktur og vores kilde til diamanter.



Diamantminen Mir i Yakutsk, Rusland. Minen er ikke længere aktiv. Foto: Shutterstock.

Videre læsning:

H. Knudsen og U.I. Uggerhøj: Antipartikler, *Aktuel Naturvidenskab* vol. 6, 7 (2001)

M.D. Lund, H.D. Thomsen, U.I. Uggerhøj og H. Knudsen: Atom nummer nul, *Aktuel Naturvidenskab* maj, (2009)

10 gange så meget materiale – skal der bygges en accelerator med stor effekt.

Opgaven er nu for acceleratorkonstruktøren at bygge en 40 MeV elektronaccelerator, der kan levere en væsentlig effekt til elektronstrålen, 5 kW til en mindre testfacilitet og måske 100 kW eller mere til en fremtidig storskala-facilitet. De cirka 40 MeV, der er nødvendige i MinPET, kan ikke opnås med højspænding, men der findes i dag i det væsentlige to typer vekselspændingsacceleratorer, der kan levere den nødvendige effekt.

Den ene type er en såkaldt betatron-accelerator, som i dag – så vidt vi ved – kun produceres kommercielt til inspektionsformål i olie- og gasrørledninger, hvor en robust accelerator til brug "i felten" er nødvendig. Selvom disse er forholdsvis billige og kan producere elektroner i det rigtige energiområde, er de dog problematiske, blandt andet fordi de har forholdsvis store strålingstab og dermed en meget begrænset levetid.

Den anden type accelerator, som

dermed er det bedste bud, vi har i dag på en accelerator til MinPET, er en såkaldt lineær radiofrekvens-accelerator, meget lig de accelerato-rer, der i dag bygges til forsknings-mæssig, industriel og medicinsk brug. Flere firmaer er stand til at levere en sådan 40 MeV accelerator med en effekt af elektronstrålen på op til 100 kW eller mere. Optimeringen af et indkøb vil både i prototypefaciliteten, men også i den endelige facilitet, handle om økonomi, men også sikkerhed, drift og vedligeholdelse on-site i en mine langt fra byer. Selvom det meste af den producerede og inducerede stråling henfalder forholdsvis hurtigt og fordeles på tusindvis af tons af klippeblokke, så vil en lille del af strålingen tabes i selve acceleratoren, som jo skal kunne serviceres og reparereres.

De næste skridt

Status på projektet er i dag, at vi har afklaret komponenterne til en MinPET, specielt hvad angår bestråling med en accelerator med optimalt valgt energi. Den endelige accelerator skal dog kunne levere en meget større effekt af partikel-strålen, således at store mæng-

der af materiale kan bestråles på kort tid. Desuden er det blevet demonstreret, at PET-detektion kan ske effektivt med tilstrækkelig lille baggrundssignal fra andre isotoper, og at restproduktet af klippe til efterfølgende bortskaftelse er tilstrækkeligt uskadeligt med kun kortlivede isotoper. Eksperimenter ved acceleratoren ASTRID på Aarhus Universitet har endvidere vist, at der ikke er en detekterbar rest af radioaktivitet i den fundne diamant.

Næste trin er at teste en demonstrationsmodel af en fabrik i lille skala, der forventes at skulle involvere en 40 MeV elektronstråle med en effekt på omkring 5-10 kW. Dette trin skal give en overbevisende økonomisk demonstration, før man bygger en fuldskalafacilitet i forbindelse med en stor mine.

MinPET er som sådan et fint eksempel på, at viden opnået gennem grundvidenskabelige eksperimenter indenfor højenergifysik ved fx Aarhus Universitet og CERN kan give afkast indenfor de kommende år i form af mere miljøvenlig og mere effektiv eftersøgning af diamanter. ■



DER ER MATEMATIK I DATALOGI!

Besøg Institut for Datalogi på Aarhus Universitet og oplev hvordan matematikken danner grundlag for datalogiske emner som kryptering, algoritmer, IoT og Big Data. Vi tilbyder oplæg, workshops og øvelser der giver jer et dybere indblik i datalogiens matematiske gåder og muligheder.

BOOK DIT BESØG PÅ INSTITUT FOR DATALOGI ALLEREDE I DAG PÅ
cs.au.dk/gym

FÅ MERE INFORMATION OM AARHUS UNIVERSITETS TILBUD TIL GYMNASIELEVER PÅ
au.dk/gym



AARHUS UNIVERSITET



POLARLOMVIE

- den flyvende fridykker



Polarhavet er stort og koldt og vådt. Det kræver sit at være en fugl, som tilbringer hele livet langt ude på havet og kun kommer på land for at yngle. Hvordan klarer de det? Nye forskningsresultater løfter noget af sløret.

Foto: Martin Pelanek, Shutterstock.com

Forfatterne



Morten Frederiksen er seniorforsker ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet. mfr@bios.au.dk



Jannie Linnebjerg er postdoc. ved Grønlands Naturinstitut. jannie.linnebjerg@gmail.com



Flemming Merkel er seniorforsker ved Institut for Bioscience og Grønlands Naturinstitut. frm@bios.au.dk

Egentlig burde det vel nærmest ikke kunne lade sig gøre. Små fugle (ned til 150 g, eller størrelse) opholder sig året rundt på Jordens kolde oceaner, dykker hundredevis af gange hver dag dybt ned i havet for at finde føde – samtidig med at de opretholder en kropstemperatur, der er højere end vores. Men ikke desto mindre er der mange forskellige arter, der lever sådan, og nogle af dem er så talrige, at de tælles i millioner. Så længe mennesker har interesseret sig for havets fugle, har det været lidt af et mysterium, hvad de egentlig laver derude. Men i de senere år er det med elektroniske dataloggere monteret på fuglene blevet muligt at registrere deres adfærd i alle detaljer.

Denne artikel handler om polar-

lomvien, som vi har studeret i dens ynglekolonier på fuglefjeldene i Grønland. Polarlomvien er en mellemstor havfugl (ca. 1 kg) med en meget speciel livscyklus. Hvert par får kun én unge om året, og når den er omkring tre uger gammel og en fjerdedel af de voksnes størrelse, forlader den kolonien sammen med sin far. Ungen kan endnu ikke flyve på det tidspunkt, så den hopper simpelthen ud fra klippehylden – ofte hundrede meter eller mere over havoverfladen – og lader sig falde med de stumpe vinger som faldskærm. Næsten alle andre fugleunger bliver enten i reden til de er flyvedygtige, eller forlader den så snart de er tørre som for eksempel ællinger. En del af historien handler om, hvorfor det giver mening for polarlomvien at være så anderledes.

Forældrenes arbejdsdeling

Som sagt er det hannen, som tager sig af ungen, efter at den har forladt kolonien. Den fodrer ungen i de næste 6-8 uger, indtil den er udvokset og kan klare sig selv. På samme tid fælder hannen også selv alle sine svingfjer på én gang og er ude af stand til at flyve i omkring 8 uger. Tidligere på ynglesæsonen deler hannen og hunnen arbejdet med at udruge ægget og fodre ungen meget lige. De har dog ofte helt forskellig døgnrytme, sådan at hannen er i kolonien om dagen og hunnen om natten. I den arktiske sommer er det lyst døgnet rundt, så det er ikke helt klart, hvorfor der er denne forskel. Han og hun holder i øvrigt som regel sammen fra år til år, og da polarlomvier kan blive mindst 30 år gamle, kan de komme til at kende hinanden ret godt.

Fjer - naturens vidundermateriale

Fugle har en højere legemstemperatur end pattedyr, som regel omkring 41 ° C. Den eneste grund til, at det kan lade sig gøre for en fugl på for eksempel 200 g at opretholde en så høj temperatur, mens den svømmer rundt i iskoldt vand, er, at fuglene har "opfundet" det perfekte isoleringsmateriale, nemlig en vandtæt, luftholdig fjerdragt. Vi ved alle sammen, at en dunjakke er varm, men på fuglen sidder dun og fjer ikke tilfældigt mellem hinanden. De er organiseret sådan, at der til enhver tid er et stillestående

luftlag mellem huden og dækfjerene, som er vandtætte på grund af deres fysiske struktur og det sekret fra gumpekirtlen som fuglen smører ud over dem. Ødelægges fjerenes struktur af for eksempel olie vil fuglen blive afkølet af det vand, som trænger ind til huden, og i løbet af kort tid dør den. Det er påfaldende, at det mindste havpattedyr i Arktis, ringsælen, vejer over 50 kg, mens den mindste dykkende havfugl, søkongen, vejer under 200 g. Fjer isolerer langt bedre end spæk og pels!



Polarlomvien og dens slægtninge

Polarlomvien (*Uria lomvia*) hører til alkefuglene, en gruppe af specialiserede dykkende havfugle, som er nærmest beslægtet med måger og terner. Alkefuglene kaldes somme tider den nordlige halvkugles pingviner, da de har mange af de samme tilpasninger til dykning. Alle nulevende alkefugle kan dog flyve, men tidligere fandtes den ikke-flyvedygtige gejrflugt, som faktisk oprindeligt bar navnet pingvin. Gjejrflugten blev udryddet af mennesket, den sidste sikre forekomst var på øen Eldey ved



Island i 1844, hvor to fugle blev slået ihjel. Polarlomviens nærmeste slægtning er den almindelige lomvie, som minder meget om den og findes i mere tempererede havområder. I Danmark yngler den almindelige lomvie på Græsholmen ved Christiansø nordøst for Bornholm.

← Udstoppt gejrflugt i samlingen på Naturkundemuseum Leipzig.

Polarlomvie med Morten Frederiksen i baggrunden.
Foto: Mark Newell

En mesterdykker

Polarlomvien er en af fugleverdens mesterdykkere – faktisk er der ingen anden flyvende fugl, som dykker så dybt. Vores målinger viser, at den kan dykke til mindst 200 m. Det er omtrent dobbelt så dybt som verdensrekorden i fridykning uden hjælpemidler, altså hvor mennesker dykker uden brug af svømmefødder eller lignende. Sådan et dyk tager lomvien omkring 5 minutter, så dens svømmehastighed er også omkring det dobbelte af en menneskelig mesterdykker. Ikke desto mindre er dens energiforbrug under dykning ikke særligt højt, og den behøver ikke lang tid til at hvile sig mellem dykne. En polarlomvie kan dykke op til 300 gange om dagen med en samlet lodret distance på over 20 km.

Men det mest forbløffende er næsten, at det er en fugl, vi taler

om. Den bruger vingerne som fremdriftsmiddel under vandet – de samme vinger, som den også bruger til at flyve med! Det er så også kun lige, at det går at flyve. Vingerne form er et kompromis mellem flyvning og dykning, og derfor har de ikke ret stor bæreevne. Polarlomvien har faktisk den højeste "wing loading" blandt alle flyvende fugle, det vil sige forholdet mellem vægt og vingebredde. Det har flere konsekvenser for dens livsform. Dels kan den kun flyve hurtigt (70 km/t) og i lige linje, den har så at sige kun ét gear. Energiforbruget under flyvning

Foto: CC BY-SA 2.0-DE

er også ekstremt højt, på grænsen af hvad hjerte og lunger kan følge med til. Dels har den meget lille "nyttelast" og kan altså ikke bringe særligt meget mad tilbage til sin unge på fuglefjeldet ad gangen. Faktisk fodrer polarlomvien ungen med én lille fisk ad gangen eller en sjælden gang et krebsdyr eller en blæksprutte. Under gode forhold får ungen mad cirka fire gange i døgnet. Begge forældre fodrer, men skiftes om det, så den ene altid bliver hos ungen og beskytter den mod rovdyr.

Den kritiske udflyvning

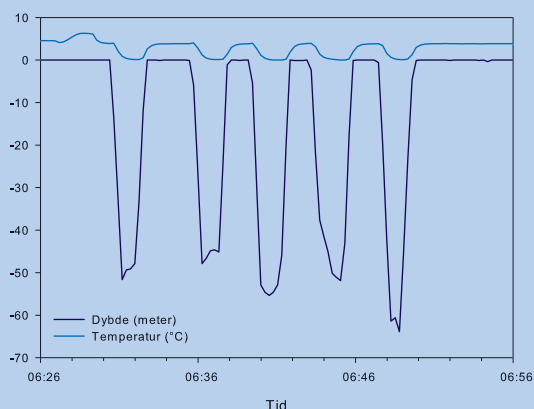
Hermed er vi tilbage ved det spørgsmål, vi startede med: Hvorfor forlader lomviens unger redehylden så tidligt? Vores resultater viser, at hannen er i stand til at fodre ungen omtrent dobbelt så meget på havet, som de to foræl-

Lidt om vores dataloggere

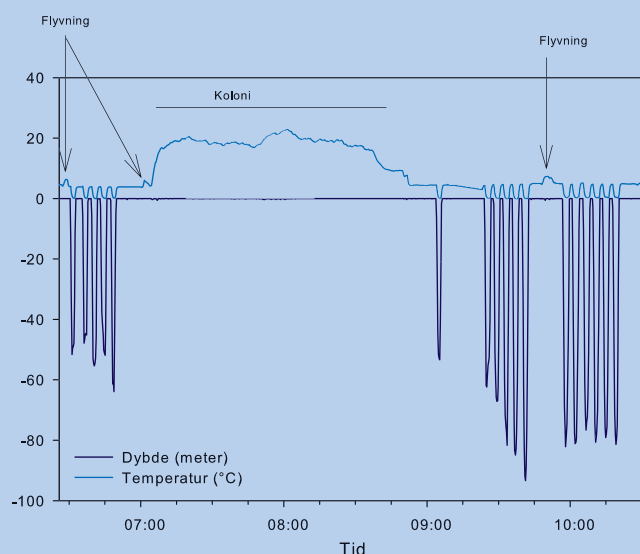
De dataloggere, vi bruger til at indsamle information om polarlomviernes dykkeadfærd, vejer 3-6 g og er monteret på fuglens ene ben. De registrerer tryk, temperatur, lys, og våd/tør-tilstand. Ud fra de oplysninger kan man rekonstruere fuglens adfærd. Nogle modeller har hukommelse nok til at registrere disse data hvert 10. sekund gennem et helt år. For at få fat på data skal vi genfange fuglen året efter, men det er heldigvis ikke det store problem. Polarlomvier har en meget høj chance for at overleve fra år til år, og de yngler næsten altid præcist samme sted året efter. Så længe man noterer sig, hvor hver enkelt fugl er fanget, er det altså ikke den store sag at finde den igen.



To eksempler på målinger



En sekvens på fem dyk indenfor en periode på cirka 20 minutter. Man kan se, at fuglen dykker til stort set samme dybde (50 m) hver gang, og at den tilbringer 1-2 minutter ved denne dybde. Der er nok en koncentration af småfisk, som fuglen jager.



Et eksempel på målinger af temperatur og dybde fra en datalogger monteret på en polarlomvie. Figuren viser en periode på cirka 4 timer, og man kan tydeligt se sekvenser af dyk afbrudt af perioder, hvor fuglen ligger på vandet, kortere perioder, hvor den flyver, og et ophold i kolonien, hvor loggeren bliver varmet op, fordi fuglen sidder på den.

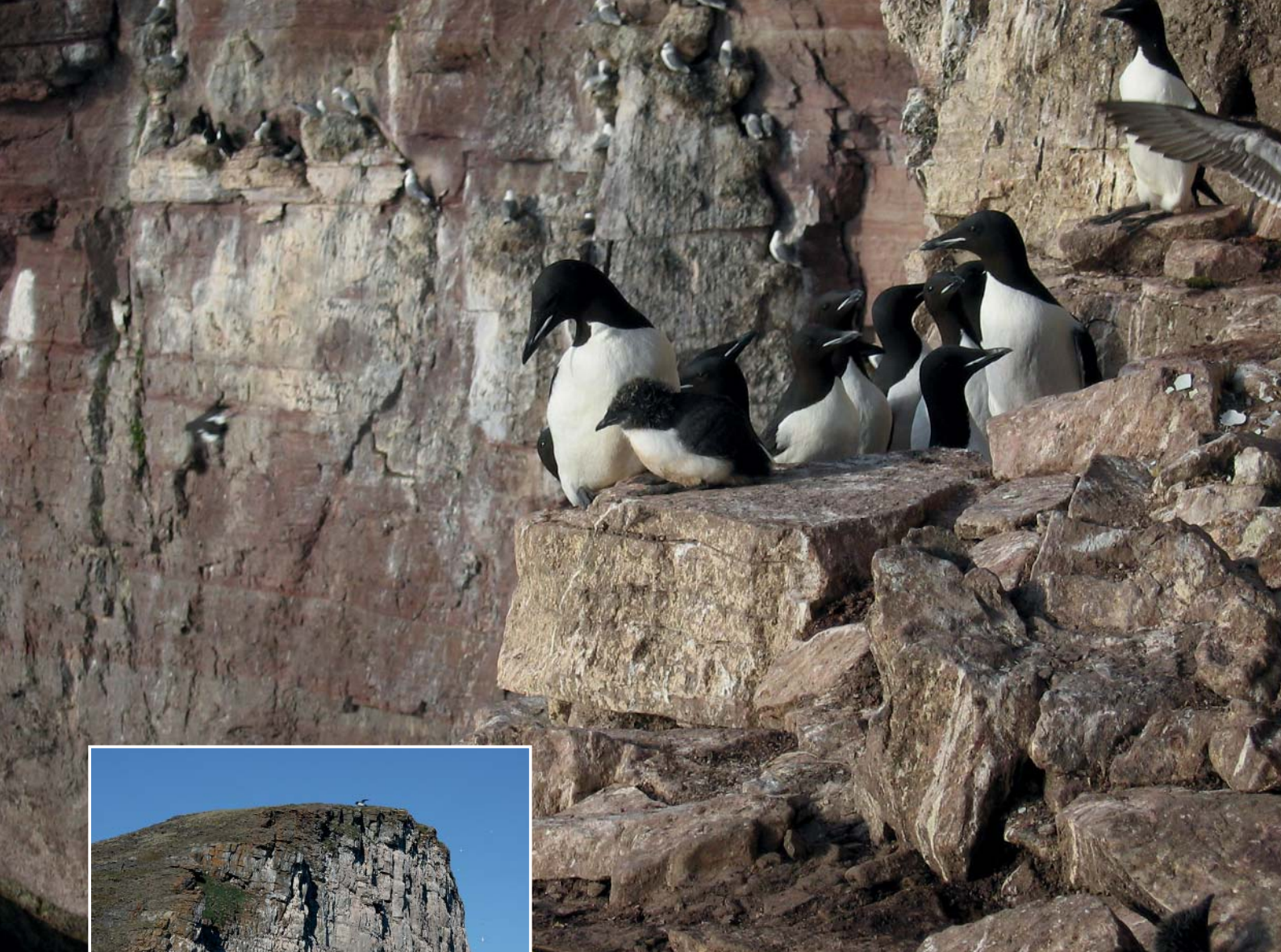
dre til sammen kan klare i kolonien. Det er ganske enkelt fordi, den ikke skal spille tid og energi på at flyve frem og tilbage med fisk, men bare kan levere dem direkte til ungen, som den følges med. Så kunne man spørge sig selv, hvorfor ungerne venter så længe og ikke bare hopper med det samme? Det er formentligt fordi, "udflyvningen" er den mest kritiske episode i en lomvies liv. Der er mange rovdyr, som gerne vil snuppe sådan en mundfuld, og hvis ungens vinger ikke er store nok til at give en

vis bæreevne, er der stor risiko for, at den rammer en klippe på vejen ned. Sammenstødet skal den nok klare, men der er langt større risiko for at blive snuppet af for eksempel en måge, hvis man lander på en klippe eller på stranden, end hvis man svæver direkte ned på vandoverfladen.

Hvorfor går bestanden tilbage?

Polarlomviens livsform har været en succes igennem titusindvis af år, men for øjeblikket er arten i rivende tilbagegang i det meste af

sit udbredelsesområde i Nordatlanten. For årtier tilbage var overdrevet jagt i Grønland den vigtigste årsag til tilbagegangen dér, men siden år 2000 er jagtlovgivningen strammet meget op, og jagtudbyttet er faldet meget. Ikke desto mindre fortsætter tilbagegangen i det meste af Grønland, og ynglebestandene på Svalbard og i Island går også stærkt tilbage. En ny teori foreslår, at den seneste tilbagegang til dels kan skyldes klimabetingede ændringer i fødegrundlaget om vinteren. Mange af



En lomvieunge sidder sammen med sin far og overvejer det store spring. Foto Knud Falk

På øen Kippaku nord for Upernavik i Vestgrønland findes en mellemstor lomviekoloni på 12-14.000 par. En stor del af de data, som artiklen bygger på, er indsamlet her. Foto Flemming Merkel.

Yderligere læsning:

Læs mere om polarlomviens træk på <http://niki.gl/artikler-om-vandrende-dyr/havfugle/lomvier-i-groenland-aaret-rundt/>

Meget af denne artikel er baseret på Elliott KH., Linnebjerg JF, Burke C, Gaston AJ, Mosbech A, Frederiksen M & Merkel F (2017). Variation in growth drives the duration of parental care: a test of Ydenberg's model. *American Naturalist* 189 (5), 526-538.

Læs mere om døgnrytmer i Huffeldt NP & Merkel FR (2016). Sex-specific, inverted rhythms of breeding-site attendance in an Arctic seabird. *Biology Letters* 12: DOI: 10.1098/rsbl.2016.0289.

Læs om hvordan man identificerer adfærd ud fra dykkedata i Linnebjerg JF, Huffeldt NP, Falk K, Merkel FR, Mosbech A & Frederiksen M (2014). Inferring seabird activity budgets from leg-mounted time-depth recorders. *Journal of Ornithology* 155: 301-306.

de bestande, som er i tilbagegang, tilbringer nemlig vinteren i det samme område i Labradorhavet syd for Grønland, et område hvor der er konstateret store ændringer i økosystemet i de seneste 10-15 år. Denne teori kræver dog stadig yderligere undersøgelser. I de kommende år vil vi med støtte fra Aage V Jensen Charity Foundation samt Grønlands Selvstyre forsøge at klarlægge årsagerne til bestandsnedgangen og fremme udviklingen af en international forvaltningsplan for arten.



Lomvieungen og dens far følges tæt ad i deres tid sammen på havet. Ungen svømmer og dykker udmærket, men kan ikke selv finde sin føde. Foto: Lars Maltha Rasmussen/Tidal Consult

FREMTIDENS PLANTEFORÆDLING

– hvordan CRISPR bringer os
tættere på nye afgrøder

Studier af moderne landbrugsafgrøders forædlingshistorie samt den nye CRISPR-teknologi kan måske gøre det muligt at udnytte mange flere planter i landbruget, end vi gør i dag.

Forfatterne



Lene Irene Olsen er postdoc, ljo@plen.ku.dk



Jeppe Thulin Østerberg er ph.d.-studerende, jethu@plen.ku.dk

Begge ved Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Københavns Universitet

V erdens fødevarerproduktion står overfor store udfordringer. Både klimaændringer og befolkningsudviklingen stiller store krav til fremtidens fødevarerproduktion. Samtidig vokser fokus på, at landbruget skal være skånsomt for den omkringliggende natur, og interessen for sunde fødevarer og nye råvarer dikterer udvalget i adskillige supermarkeds kæder. Hvis landbruget skal følge med, må vi tænke anderledes – og måske kan svaret findes i fortiden.

Studiet af, hvordan oprindelige planter blev til de afgrøder, vi har i dag, afslører de ændringer, der har fundet sted i planternes DNA undervejs. Og de ændringer kan nye

teknikker som CRISPR muligvis genskabe i andre planter. På den måde kan vi potentielt få adgang til at dyrke mange flere forskellige planter som afgrøder, end vi gør i dag.

Potentialet i nye afgrøder

Der findes over trehundrede tusinde plantearter på jorden. Disse planter har mestret at tilpasse sig og trives i økosystemer, der spænder fra ørken til arktiske regioner. Over denne skala af økosystemer er der en enorm diversitet, men vi udnytter en forsvindende lille del af denne diversitet i vores landbrug. Færre end to hundrede plantearter er i dag af økonomisk relevans, og tre plantearter, hvede, ris og majs står for langt størstedelen af vores plantebaserede fødeindtag. Samtidig

med at der stadigt forædles på de kommercielle plantearter, begynder planteavlere i stigende grad at se mod uudnyttede plantearter for at imødekomme nogle af de udfordringer, landbruget står foran.

Klimaændringer giver en øget interesse for plantearter, der kan klare disse nye betingelser. Således er mange vilde planter allerede tilpasset udfordrende klimaforhold og er fx langt mere tørke- eller salttolerante end vores nuværende afgrøder. Der findes også flere vilde planter, der, hvis de blev dyrket, kunne give et landbrug, der samlet ville være mindre belastende for miljøet end nutidens intensive landbrug. Nogle planter er, i symbiose med bakterier, i stand til at fikserer og bruge nitro-



↑ Hvede, majs og ris udgør langt størstedelen af menneskets daglige fødeindtag, hvilket betyder, at disse tre planter dominerer landbrugsproduktionen til menneskeføde.

Fotos: Shutterstock

← Quinoa har været dyrket gennem de sidste 6.000 år i Andesbjergenes højlandsområder. Quinoaplantens frø indeholder ikke blot mange essentielle aminosyrer og har et meget højt proteinindhold, men har også et indhold af sunde fedtsyrer. Foto: Shutterstock

gen fra atmosfæren. Andre planter er, i modsætning til vores nuværende afgrøder, flerårige, og har derfor et mere veludviklet rodnet, der i højere grad forhindrer erosion af jorden og udvaskning af næringsalte. Det gælder for eksempel flere græsarter. Dermed kan disse planter klare sig med langt mindre gødning og vanding. Problemet med alle disse vilde planter er bare, at de ikke er domesticerede, dvs. har gennemgået en lang forædlingsproces, der har tilpasset dem til at indgå i en effektiv landbrugsproduktion.

Domesticering er drevet af mutationer

Nutidens afgrøder ligner langt fra de vilde varianter, som de stammer fra. De er blevet tilpasset til men-

neskets behov, og resultatet kan blandt andet ses i en række fælles tendenser blandt vores afgrøder. Domesticerede planter er blevet mere kompakte, har fået flere eller større spiselige dele og er blevet lettere at høste. For eksempel er en af de vigtigste egenskaber ved vores kornafgrøder, at man kan høste kornene. Men det er slet ikke naturligt for planten. De vilde varianter taber nemlig deres korn for på den måde at få spredt deres afkom.

At det er muligt at domesticere planter skyldes mutationer – dvs. varige ændringer i organismens arvmasse. Mutationer opstår spontant og hele tiden i naturen, hvor de for eksempel kan skyldes solens stråling eller fejl i cellens replikation af DNA.

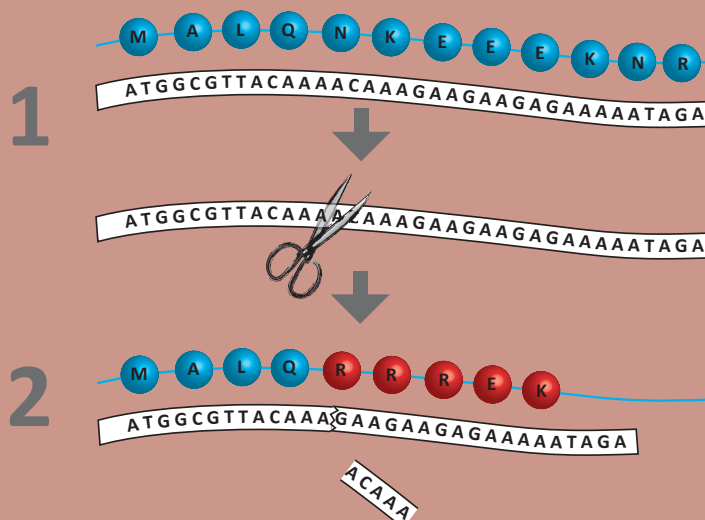
Nogle gange resulterer mutationerne i ændrede egenskaber i den muterede organisme, ændringer som i nogle tilfælde kan være brugbare for mennesker. Domesticering af planter er foregået ved, at man hele tiden har udvalgt de planter af en bestemt afgrøde, der havde de bedste egenskaber og forædlet videre på dem. På den måde er de gavnlige mutationer blevet videreført og er akkumuleret gennem generationerne i de enkelte afgrøder.

De afgrøder, vi dyrker på markerne i dag, er resultatet af en mange tusind år lang domesticeringsproces. Gennem det tyvende århundrede er planteforædling og domesticering dog blevet en langt hurtigere proces. Øget viden om genomer og

CRISPR i planter

CRISPR-teknikker er baseret på et immunsystem, der findes i prokaryote organismer, hvor det tjener som forsvar mod angribende virus. Systemet består af en gruppe proteiner (Cas), der guidet af særlige RNA-strenger er i stand til at genkende virus-DNA og klippe det i stykker. Det er denne funktion, man benytter i CRISPR-teknikker. Ved at designe RNA-guide-strengene præcist, kan man guide en Cas-saks til specifikke DNA-sekvenser. Selvom der dukker flere og flere versioner af systemet op, er det system, der stadig oftest bruges, modificeret fra bakterien *Streptococcus pyogenes*, og det Cas-protein, der bruges, kaldes Cas9.

På trods af en hastig udvikling af CRISPR-metoder til brug i planter, er den teknik, der oftest bruges, en teknik der benytter sig af tilbøjeligheden til fejl i det DNA reparationssystem, der hedder Non-Homologous End Joining (NHEJ). Den går ud på at slå et gen ud, altså at slukke for det. Ved at designe en guide-RNA-streng, der sigter på et specifikt sted i en plantes arvemasse, får man Cas9 til at klippe det over. Dette brud på plantens DNA bliver omgående repareret af organismen selv ved brug af NHEJ. Denne proces laver dog ofte fejl i reparationen, og ekstra bidder af DNA bliver indsat eller fjernet. Når DNA indsættes eller fjernes i et gen,



der koder for et protein, skifter den læseramme, der bruges af planternes celler til at oversætte fra DNA til protein. Resultatet er, at denne oversættelse stopper, og proteinet dermed ikke længere laves af cellen. Genet er således slået ud.

Funktionsdygtigheden af NHEJ er demonstreret i et væld af forskellige planter, blandt andet hvede, byg, ris, kål, majs, salat, tomat og appelsin. Teknikken er for eksempel brugt i almindelig hvede til at slukke for såkaldte MLO-gener, der for svampen meldug er nødvendige for, at den kan inficere planten.

Princippet bag NHEJ gen-knockout:

1. Normalt skrives proteinets aminosyresekvens ud fra RNA, der er

kopieret fra plantens arvemasse. Tre på hinanden følgende DNA/RNA-basepar kaldes et codon og udgør koden for en aminosyre. Ønsker man at slukke for produktionen af et protein ved hjælp af CRISPR-NHEJ, designer man CRISPR til at klippe i proteinets tilsvarende genomiske DNA-sekvens.

2. Når der ved CRISPR-NHEJ fjernes eller indsættes ekstra DNA-kode, bliver aminosyresekvensen ændret, fordi læserammen af det genomiske DNA er blevet rykket. Det resulterer i, at forkerte aminosyrer bliver sat på proteinet (røde) og vil ofte føre til et tidligt stopcodon, der lukker ned for udskrivningen. Hermed er genet blevet slukket.

gener, evnen til at følge mutationer på det molekylære niveau samt brugen af kunstige mutagener har gjort, at domesticering og forædling i dag kan ske over årtier. Med den type moderne planteavl forsøger man at optimere eksisterende afgrøder, men man er også begyndt at fokusere på domesticering af vilde planter eller yderligere forædling af semidomesticerede planter som quinoa eller amaranth.

Præcise mutationer med CRISPR

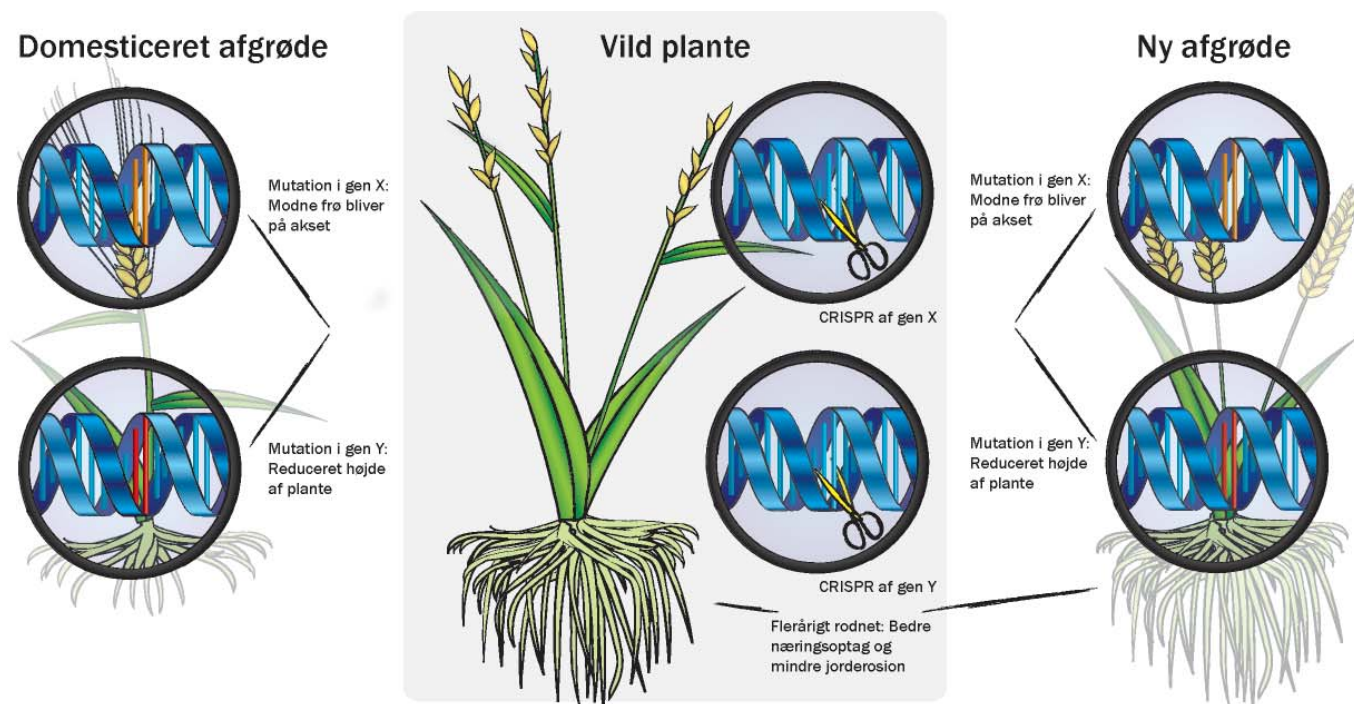
CRISPR-teknikken ser ud til at have et stort potentiale for at redigere planters genom på forskellige måder,

og det er lige nu et forskningsfelt i rivende udvikling. Med CRISPR-teknikken, som vi kender i dag, kan man "slukke" for specifikke gener i en organisme. Det har man udnyttet i en lang række forskningsstudier i planter (se boks). Konkret foregår det ved, at man designer CRISPR til at klippe et meget præcist sted i plantens DNA. Når DNA'et er klippet over, vil cellens reparationsmekanismer klistre DNA'et sammen igen. Der sker dog ofte fejl i reparationen, og der skabes herved en mutation. Denne mutation vil med stor sandsynlighed betyde, at man har ødelagt det gen, som man har klippet i med CRISPR. Man kan altså ikke tilføje

planten nye egenskaber på denne måde, men man kan lave mutationer i specifikke gener og dermed ødelægge specifikke egenskaber.

Kan man accelerere domesticeringen af planter med CRISPR?

Når man studerer planters domesticering og de bagvedliggende genetiske ændringer, viser der sig et interessant mønster. De gavnlige mutationer, man forbinder med domesticering, har ofte netop resulteret i, at et gen er blevet ødelagt, hvorved planten har mistet en egenskab. For eksempel er plantens evne til at tabe sine korn, når de er



Princippet i accelereret domesticering med CRISPR. Mutationer, der er relateret til domesticeringstræk, studeres i nuværende domesticerede afgrøder. Disse mutationer genskabes i vilde planter, der har andre brugbare egenskaber for landbruget, i dette tilfælde et flerårigt rodnet. Den vilde plante, der nu er muteret vha. CRISPR, vil have tilegnet sig de ønskede domesticeringstræk.

modne, en sådan egenskab, der er blevet tabt. Undervejs i domesticeringsprocessen er der opstået mutationer i de gener, der er nødvendige for, at planten kan tabe sine korn. Det har betydet, at kornene nu bliver siddende på planten til, de bliver høstet. Der er derfor et potentiale for, at man kan kopiere sådanne gavnlige mutationer ved brug af CRISPR-teknikken, og det endda relativt præcist og hurtigt.

At slukke for et enkelt gen er dog langt fra nok til at gå fra en vilde plante til en domesticeret afgrøde. Det kræver mange ændringer, og ikke alle er forbundet med at slukke for gener. Men i det domesticeringsarbejde på nye afgrøder, der allerede er ved at begynde, kan CRISPR blive et uvurderligt nyt værktøj. Et værktøj, der kun vil stige i værdi, efterhånden som vores viden om domesticeringens genetiske historie vokser.

Er der andre muligheder for at slukke for gener?

Den moderne planteforædling benytter sig allerede i stor grad af vores viden om mutationer og effekten af at slukke bestemte gener. I dag bruges induceret mutagenese (vha. stråling eller kemikalier) til

at skabe hundreder eller tusindvis af tilfældige mutationer i plantens DNA. Med så mange tilfældige mutationer vil man på et tidspunkt også få en mutation i det ønskede gen. Dog vil man også få mange andre mutationer, der ikke altid er gavnlige for planten eller for dens brug som fødekilde. Man står derfor med en plante, der nok er kommet tættere på at være domesticeret, men som er blevet gjort dårligere på mange andre områder. Det betyder, at der med denne metode kræves lang tids arbejde med at avle de uønskede mutationer ud af planten igen. Men denne metode kan bruges og bliver allerede brugt til domesticering af nye afgrøder. Det, CRISPR kan tilbyde, er at accelerere forædlingen yderligere ved at skabe mutationer et specifikt sted i plantens DNA og samtidig undgå de utilsigtede mutationer.

Hvad siger lovgivningen?

Selvom det er lovende at accelerere domesticeringen af nye afgrøder ved hjælp af CRISPR, er lovgivningen på området stadig meget uklar. CRISPR er en teknik, der kræver brug af gensplejsning i processen. Det vil sige, at der undervejs faktisk findes en plante, der har fået indsat

gener fra fremmede organismer. Når CRISPR-generne har gjort deres arbejde, og den ønskede mutation er opnået, vil man dog skulle sig af med disse fremmede gener igen. Det betyder, at man står med en ny plante, der kun er forskellig fra den oprindelige, ved at den har den ønskede mutation. I Europa er brugen af gensplejsning i processen tilstrækkelig til, at den nye plante bliver klassificeret som GMO. At få lovgivningen på plads er essentielt for at sikre den fremtidige brug af CRISPR. For hvis afgrøder fremavlet ved hjælp af CRISPR bliver klassificeret som GMO, vil det afspejle sig i forbrugernes holdning til de nydomesticerede planter.

Domesticeringen af vilde eller semidomesticerede planter er en proces, der allerede er i gang for at skaffe nye afgrøder, der er mindre miljøbelastende og som lever op til forbrugernes stigende efterspørgsel på nye og sunde fødevarer. Ved at lære af fortidens domesticeringstendenser og ved hjælp af nye teknikker som CRISPR, kan man accelerere domesticeringsprocessen, så vi hurtigere kan få disse nye afgrøder på markerne og i indkøbskurven. ■

Forslag til videre læsning:

Accelerating the Domestication of New Crops: Feasibility and Approaches: Østerberg et al., *TIPS*, Cell press, 2017, 5:373-384.

Forsker: Genteknologien CRISPR kan gøre landbruget bæredygtigt <http://videnskab.dk/naturvidenskab/forsker-genteknologien-crispr-kan-goere-landbruget-baeredygtigt>

Applying CRISPR/Cas for genome engineering in plants: the best is yet to come. Puchta 2016, *Current Opinion in Plant Biology* 2017, 36:1-8

Bakteriers immunsystem åbner døren til en ny æra for biologien. *Aktuel naturvidenskab* nr. 1/2016

SKO AF HAJSKIND FÅR ROBOTTER TIL AT STÅ FAST

Gående robotter har problemer med at stå fast. Når de går på ujævne overflader, glider de. Men nu har forskere fra SDU løst problemet. Robotterne står fast med hajskind under fødderne.

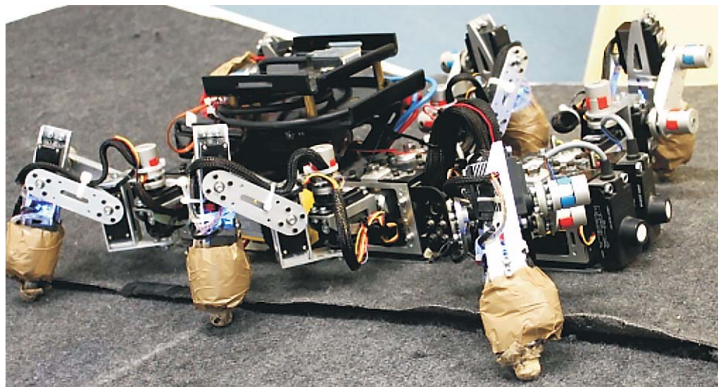
Af Birgitte Dalgaard,
bird@tek.sdu.dk

Den seksbenede kakerlak-inspirerede robot forsøger at kravle op ad en stejl sliske. Den svinger sine ben frem, men benene glider tilbage uden at få afsæt. Efter flere forsøg giver robotten op.

»Det er meget svært for robotter at stå ordentligt fast på ujævne overflader. På glatte overflader udstyrer man robotfødderne med mikroskopiske sugeskopper, som er inspireret af gekkoen. Men robotterne får problemer, når de skal gå på overflader som gulvtæpper eller vinyl,« siger lektor Poramate Manoonpong fra SDU Embodied Systems for Robotics and Learning.

Robotforskerne har ledt videre i dyreriget for at finde et materiale, som kan hjælpe robotterne med at stå fast. Og de er endt ved sildehajerne. Hajskind blev tidligere brugt af fiskere for at stå bedre fast på et glat dæk og som beklædning på et sværds skæfte for at sikre et fast greb om sværdet.

»Vi undersøgte forskellige typer af materiale, men det mest effektive er hajskind. Under mikroskop kan man se, at hajskind er dækket af skrå rækker af små kroge eller tænder kaldet dermale denticles. Fordelen ved skindet er, at det er



Robotten AMOSII iført hajskindssko på alle sine seks ben.

Alle fotos: Poramate Manoonpong,
ESRL-MMMI, SDU.

glat, når man stryger hånden med tænderne, men føles som sandpapir, når man stryger mod,« forklarer Poramate Manoonpong.

Seks robotsko af hajskind

Glatheden gør, at robotten kan løfte og svinge sine fødder frem uden modstand, mens hajskindets små tænder får robotten til at stå fast og få afsæt.

Biologer fra Kiel Universitet blødte det stive hajskind op i vand og formede seks små sko. Robotforskerne gav kakerlak-robotten skoen på, og med de nye sko kunne robotten uden problemer kravle op ad den stejle sliske.

»I vores forsøg kan vi derudover

konstatere, at hajskind gør robotten væsentligt mere energieffektiv. Alt efter hvilket underlag robotten kravler op ad, bruger den op til 50 procent mindre energi, når den har hajskind på fødderne,« forklarer Poramate Manoonpong og understreger:

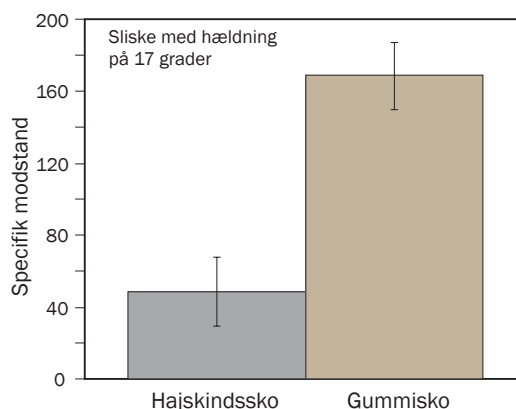
»Det er en meget billig og effektiv løsning på et stort problem for gående robotter.«

Hajskind går nemt i stykker

Men hajskindet har den skavank, at det går i stykker efter få gange op ad slisken. Derfor forsøger forskerne at fremstille et robust kunstigt materiale, som har hajskindets unikke kombination af at være glat den ene vej, men ru den anden.



Nærbillede af en sko, der antyder hajskindets nubrede overflade.



Grafen viser en sammenligning af den specifikke modstand, når robotten går op ad en tæppebelagt sliske iført henholdsvis "gummisko" og hajskindssko. Hældningen på 17 grader er den største hældning, som robotten kan gå op ad med gummisko.

»I samarbejde med forskergrupper fra Kiel Universitet og Nanjing Universitet i Kina har vi allerede fremstillet de første prototyper af et kunstigt materiale. Men modstanden fra hajskindets unikke små kroge er ikke genskabt effektivt i det nye materiale, så det arbejder vi videre på,« siger Poramate Manoonpong.

Han understreger, at når forskerne

først får udviklet et robust kunstigt materiale, som har hajskindets gode egenskaber, er det ikke kun robotter, som får fordel af de nye sko.

»Man kan forestille sig, at materialet med fordel kan bruges til sko til mennesker med dropfod og til de mange ældre, som har problemer med at løfte foden, men tøffer

afsted. Når personen går frem, hjælper materialets glathed bevægelsen. De små kroge gør omvendt, at personen står fast og kan skubbe foden frem,« forklarer Poramate Manoonpong.

Originalafhandling: Scientific Reports 6, Article number: 39455 (2016)

LAD INGENIØRSTUDERENDE FRA SDU GIVE FAGLIGE INSPARK TIL MATEMATIK- OG NATURFAGSUNDERVISNINGEN

Book en ingeniørstuderende og lad dine elever opleve matematik og naturvidenskab i anvendelse. Både oplæg og workshops tager udgangspunkt i fag og projekter fra de ingeniørstuderendes egne uddannelser. Prøv fx:

VILD MED VIND

En workshop om, hvilken rolle vindenergi kan spille i kampen for at nå målet om et fossilfrit samfund i 2050. Lær om de grundlæggende fysiske og tekniske teorier bag teknologien, der omdanner blæsten i træerne til strøm i stikkontakten.

MATEMATIK I ROBOTTER

En workshop, der giver eleverne indsigt i den matematik, der ligger bag styringen af en robotarm. De studerende medbringer små, 3D-hjemmeprintede, programmerbare robotarme, som kan demonstrere, hvordan styringen fungerer i praksis.

SOLCELLE-WORKSHOP

Lær om solenergi og solceller, både teoretisk og praktisk. De studerende gennemgår de teoretiske og teknologiske principper bag udnyttelsen af solenergi, hvorefter eleverne selv foretager målinger på et solpanel og efterbehandler de indsamlede data.

Se og book alle vores oplæg og workshops på WWW.SDU.DK/TEK/BROBYGNING



ÅLE-JOHANNES OG DE GIFTIGE ALGER

Problemer med opblomstringer af den giftige alge
Ostreopsis rundt om i verden de senere år har sat fokus
på et hidtil upåagtet arbejde af "åleforskeren"
Johannes Schmidt.

Biologen Johannes Schmidt (1877-1933) er i den vide verden kendt som manden, der studerede ålens vandringer og afslørede, at dens gydepladser fandtes i Sargassohavet. Til gengæld er der ikke mange, der kender til Johannes Schmidts arbejde med alger – heller ikke blandt fagfolk inden for marin botanik. Men det bliver der i disse år lavet om på, idet Johannes Schmidts arbejde med giftige dinoflagellater er blevet yderst aktuel de senere år.

Rejsen til Thailand

Johannes Schmidts allerførste ekspedition gik til Thailand. Schmidt var i 1898 blevet færdig med sin magisterkonferens (om alger), og han må have gjort indtryk på sine lærere (bl.a. professor Warming), for det lykkedes at skaffe de nødvendige

midler til Thailand-ekspeditionen fra Carlsbergfondet suppleret med statsmidler. Unge Schmidt kunne herefter sammen med en anden biolog, zoologen Theodor Mortensen fra Zoologisk Museum, stige ombord på ØK's dampskib Siam på den godt tre måneder lange rejse fra København via Antwerpen, Southampton, Suezkanalen og Singapore til Siam, vore dages Thailand. ØK støttede ekspeditionen ved kun at kræve halv betaling for rejse og ophold. Ved ankomsten til Thailand slog de to biologer sig ned på øen Koh Chang, som er beliggende i den østlige del af Siambugten. Her fandtes en militær forlægning, som admiral Richelieu havde kontakten for at arrangere indkvartering for de to, og som kunne fungere som base under opholdet.

Schmidt havde i sin ansøgning til Carlsbergfondet skrevet, at han ville arbejde med tre problemstillinger, alle botaniske: en undersøgelse af planteplankton (også planktonprøver samlet undervejs fra Danmark blev undersøgt), plantevegetationen på øen Koh Chang, samt de marine makroalger omkring øen. De to biologer returnerede til Danmark i sommeren 1900, og Schmidt brugte tre år senere sit materiale til at forsvare en doktordisputats om mangroveplanter. Men det er det første af de tre projekter, som interesserer os her.

Algen med form som en østers

I en artikel i Botanisk Tidsskrift, udgivet af den botaniske forening i København i november 1901 med titlen *Flora of Koh Chang, contributions to the knowledge of the vege-*

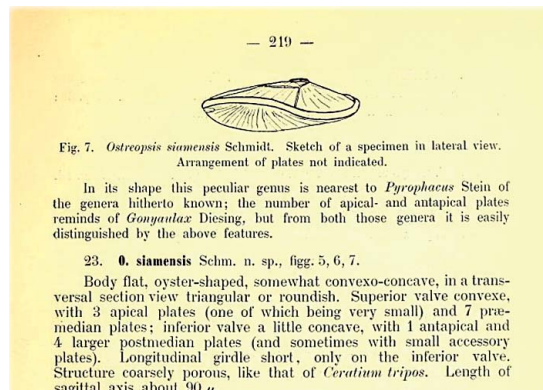
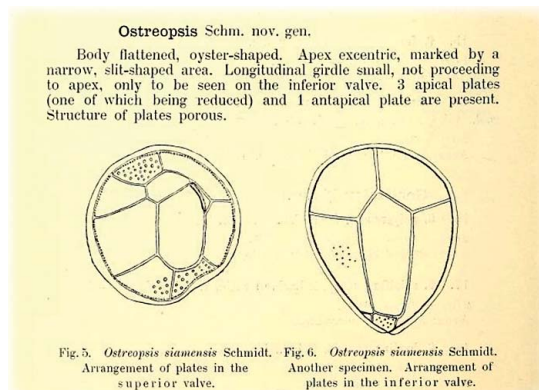
Forfatterne



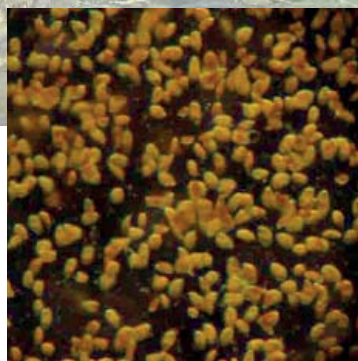
Øjvind Moestrup er professor emeritus. Han har i mange år forsket i encellede alger og deres slægtskabsforhold. Marine Biological Section, Københavns Universitet. moestrup@bio.ku.dk



Jacob Larsen er seniorforsker på IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission of Unesco) Science and Communication Centre on Harmful Algae ved Biologisk Institut, Københavns Universitet. jacobl@bio.ku.dk



Schmidts originale illustrationer og beskrivelse af *Ostreopsis* (fra Botanisk Tidsskrift 24, side 218-19).



En typisk lokalitet for benthiske dinoflagellater. De mørkere områder i vandet er bebovninger af makroalger som *Sargassum* sp. (lille foto t.v.), og disse er substrat for en stor artsrigdom af benthiske mikroalger, deriblandt *Ostreopsis* (lille foto, t.h.).

tation in the Gulf of Siam, beskriver en række forfattere algerne i ferskvand og i havet. Johannes Schmidt beskriver de marine dinoflagellater, kaldet Peridinales. De omfattede, hvad vi nu betragter som almindelige arter af en række kendte slægter, men derudover beskrev han en ny slægt, som han kaldte *Ostreopsis* med arten *Ostreopsis siamensis*.

Ostreopsis betyder østerslignende, og cellerne af den nye slægt ligner da også en mini-østers ved at være næsten helt flade. Schmidt konserverede sit materiale i formalin og beskrev kun den tykke cellevæg af celluloseplader, cellens indre kunne han ikke se. Denne meget karakteristiske dinoflagellat blev herefter nævnt i bøger om alger i trekvart

århundrede, uden at noget nyt blev rapporteret. Først 80 år efter blev de næste *Ostreopsis*-arter fundet på Ny Kaledonien, Gambier Islands, Tonga, samt Ryukyo-øerne syd for de japanske hovedøer.

Ostreopsis findes sjældent i plankton, hvilket er en hovedårsag til, at den blev sparsomt rapporteret i perioden 1901-1981, hvor to nye arter blev beskrevet fra koralrevslokaliteter i Stillehavet. Arterne vokser typisk fastsiddende på større alger og koraller, og måden, vi nu finder dem på, er at samle større alger og/eller stumper af koraller og ryste det hele meget kraftigt i en beholder med havvand. Herved frigøres *Ostreopsis* og andre benthiske (dvs. bundlevende i sediment eller på andre substrater som makroalger eller

havgræsser) mikroalger fra substratet og kan så findes i vandet. I vore kulturer sidder cellerne i bunden af dyrkningsglasset og danner en slimlignende struktur. Johannes Schmidt betegnede sin nye art som sjælden (1 lokalitet) eller meget sjælden med kun få celler set (2 lokaliteter), hvilket formentlig hænger sammen med at han undersøgte planktonprøver og ikke prøver af koraller og større alger. Benthiske mikroalger forekommer dog undertiden fåtalligt i planktonprøver på grund af naturlige vandbevægelser.

En giftig sag

Syv af de kendte 11 arter kan producere toksiner, som kemisk set er en række forskellige ethere, kaldet palytoksin og palytoksin-analoger (ostreociner), og som

Dinoflagellater

Dinoflagellater er primært encellede organismer (protister) fra såvel fersk- vand som i havet. De bevæger sig ved hjælp af to svingtråde (flageller), som gør den i stand til at bevæge sig rundt i vandsøjlen og opsøge optimale forhold. Enkelte arter er parasitter eller lever i symbiose med andre organismer, blandt andet som de såkaldte zooxantheller i koraller.

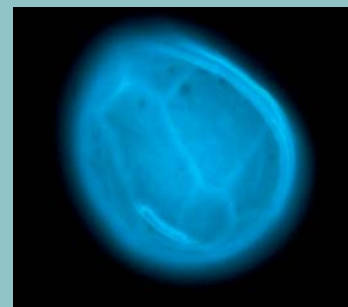
Dinoflagellater er beslægtet med ciliater, en gruppe af hovedsageligt fritlevende protister, samt med de såkaldte sporozoeer, som er parasitter, den kendteste malariaparasitten *Plasmodium*.

Mest kendt i offentligheden er visse dinoflagellaters evne til at danne opblomstringer, som misfarver vandet – de såkaldte “red tides”. Disse opblomstringer kan forårsage iltsvind under deres henfald/nedbrydning eller, endnu værre, visse arter producerer giftstoffer, som er farlige for mennesker og fisk.

Når der findes en ny slægt af dyr, svampe og planter (inklusive alger), udnævnes en af slægtens arter til den såkaldte typeart for slægten. Det er oftest den først beskrevne art, og dens formål er at definere slægten. Den beholder slægtsnavnet, hvis slægten senere splittes op, og det er derfor den i systematisk henseende vigtigste art i en slægt.

Når typearten (og andre nye arter) beskrives, vælges et karakteristisk eksemplar af arten, som derefter opbevares på et museum som det såkaldte typeeksemplar. Der er en enkelt undtagelse, som man ikke har taget sig sammen til at gøre noget ved: Man har aldrig fået udnævnt et typeeksemplar af *Homo sapiens*.

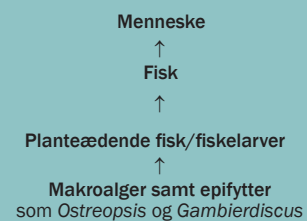
De to billeder øverst viser den samme celle (*Ostreopsis*) i lysmikroskop i almindelig belysning og i epi-fluorescence, hvor cellens plader kan ses tydeligt. Billedet nederst viser cellens flade form.



Fiskeforgiftning - ciguatera

Fiskeforgiftningen (CFP = ciguateric fish poisoning) er særligt udbredt i den tropiske del af Stillehavet, den vestlige del af Det indiske Ocean og i Caribien. Vi ved nu, at CFP skyldes toksiner produceret af forskellige bentiske dinoflagellater, som akkumuleres i fødekæden. Toksiner fra *Ostreopsis* er medvirkende til forekomsten af CFP, omend den væsentligste årsag antages at være toksiner produceret af arter af en anden slægt af dinoflagellater kaldet *Gambierdiscus*.

Fødekæde:



kan akkumuleres i fødekæden. Det har været kendt i århundreder af søfarerne, at særligt store rovfisk nær koralrev kunne være meget giftige at spise for mennesker. Fiskeforgiftningen er vidt udbredt i troperne og subtropierne. Den optræder nu også i vores del af verden ved import af friskfangede tropiske fisk (en lang række tilfælde i Tyskland)..

Hvorfor så pludselig den megen opmærksomhed om *Ostreopsis* efter så mange års relativ ubemærkethed? Der er dels en stigende erkendelse af, at fiskeforgiftning har indflydelse på folkesundheden i de berørte områder, og derfor ses en stigende videnskabelig interesse for årsagerne; og dels en helt uventet opblomstring af *Ostreopsis* i Middelhavet i 2005. Ved denne opblomstring blev flere hundrede personer

i Genovabugten forgiftet af giftige aerosoler i luften, og 20 måtte på hospitalet med symptomer som åndenød, hoste, feber og i enkelte tilfælde øjenhindebetændelse.

Tilsvarende problemer blev rapporteret fra Sicilien 2005 og 2006, og i 2008 var det galt ved Toscanas kyst. Muslinger, søpindsvin og blæksprutter indeholdt giftstoffer af palytoksintypen og var uspiselige.

Telefona e Risparmia numero telefonico SMS Cerca nel sito con Yahoo! Search

la Repubblica.it

Repubblica come homepage | Leggi il giornale | RSS
Ultimo aggiornamento lunedì 04.01.2010 ore 11.59

Homepage Sport Economia Tecnologia & Scienze Spettacoli & Cultura Scuola & Giovani Radio Multimedia
Politica Cronaca Esteri Persone Foto Lavoro Cronologia Arte Meteo Motori Week-in Viaggi XL

REPUBBLICA.IT
Redazione
Scriveteci
Servizio Clienti
Pubblicità

MOBILE
via SMS
i-mode
Umts
Gprs

SERVIZI
L'archivio di Repubblica
Repubblica Voice
Repubblica Voice
English version
FreeInternet
Pagine Bianche
Pagine Gialle

PERIODICI
L'Espresso

CRONACA
Stampa questo articolo

Tutti hanno presentato difficoltà respiratorie e febbre alta dopo esser stati nella zona al mare tra Corso Italia e Nervi

Genova, 80 intossicati sulla spiaggia colpa di un'alga tropicale velenosa

Le analisi dell'Arpal indicano una massiccia "fioritura" della "ostreopsis ovata" Scatta il divieto di balneazione nella zona per tre giorni

GENOVA - Intossicati dall'*Ostreopsis ovata*. E' un'alga tropicale fiorita in gran quantità nel mar Ligure, la causa dei malesseri avvertiti da circa 80 persone, (compreso un bambino), che avevano trascorso la domenica sul litorale nella zona di levante della città. E' quanto emerso dalle analisi effettuate dall'Arpal - l'agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure - sulle acque prelevate a Quinto Bagnara, alla spiaggia del Bai di Quarto e ai Bagni San Nazaro (in corso Italia). In attesa che la fioritura dell'alga si esaurisca, il Comune ha disposto il divieto di balneazione nella zona per 3 giorni.



Una spiaggia di Corso Italia

Uddrag af italiensk avis i forbindelse med opblomstringen af *Ostreopsis* i 2005.

ge. Det viste sig, at *Ostreopsis* var fundet i Middelhavet helt tilbage til begyndelsen af 1970'erne, men uden at forårsage problemer. I det nordlige Adriaterhav konstateredes herefter effekt af *Ostreopsis* på såvel mennesker som bundlevende dyr, værst i 2013, hvor der rapporteredes 32 tilfælde af personer med åndedrætsproblemer, hvoraf de 10 krævede lægebehandling.

Tilbage til åstedet

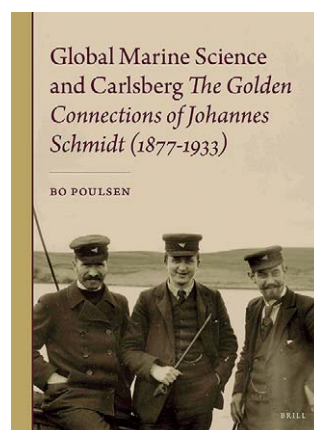
Ostreopsis er fundet mange steder uden for Europa: Florida, Réunion, Mascarenerne, Madagaskar, Libanon, Kina, Japan, Rusland, Malaysia, New Zealand, Fransk Polynesien, Vietnam samt naturligvis Schmidts beskrivelse fra Thailand, og foruden i Middelhavet har det været problemer i Brasilien i 1998, angiveligt med dødelig udgang.

Vi har ikke set *Ostreopsis* endnu i danske farvande, der formentlig er for kolde, men globalt må vi nok regne med, at *Ostreopsis*-problemerne er kommet for blive, formentlig især i lidt varmere farvande. Forgiftninger og åndedrætsproblemer kan forventes, når *Ostreopsis* optræder i større koncentrationer.

Hvorfor kommer Johannes Schmidt pludselig ind i forskningen igen efter så mange år? Fordi der

nu er beskrevet en række nye arter af *Ostreopsis*, som imidlertid ligner hinanden. Det er derfor blevet relevant at forsøge at finde *Ostreopsis* på Johannes Schmidts oprindelige lokalitet i Thailand og studere den nøjere, såvel i elektronmikroskop som molekylært og toksikologisk. Vi er bekendt med, at flere forskere har forsøgt sig, heriblandt japanske kolleger, men øjensynligt endnu uden held. Indtil da må identiteten af *Ostreopsis siamensis* forblive usikker. Johannes Schmidt beskrev i sin tid *Ostreopsis siamensis* temmelig detaljeret, tiden taget i betragtning, men altså ikke tilstrækkeligt til, at vi er fuldstændigt sikre på, hvordan den adskiller sig fra de senere beskrevne arter. Da *Ostreopsis* er den først beskrevne og dermed typearten af *Ostreopsis*, er det afgørende, at den genfindes. Forhåbentlig er lokaliteterne omkring Koh Chang ikke ødelagt. Vi har imidlertid fundet en art af *Ostreopsis*, som formentlig er *O. siamensis*, ved Vietnams østkyst, og denne art er nu i kultur og bliver undersøgt nærmere sammen med vietnamesiske og italienske kolleger.

Mon ikke Johannes Schmidt ville have arbejdet videre med *Ostreopsis*, hvis han havde vidst, hvad den gemte? Nu stod der i stedet ål på menuen i resten af hans liv. ■



Bo Poulsen har netop udgivet bogen *Global marine Science and Carlsberg The Golden Connections of Johannes Schmidt (1877-1933)*, til forsvaret for den naturvidenskabelige doktorgrad ved Aalborg Universitet. Bogen beskriver i detaljer Johannes Schmidts videnskabelige liv, og vores artikel er tænkt som et supplement til den meget smukke bog, da Schmidts pludselige prominens som giftalgeforsker er undsluppet Bo Poulsens opmærksomhed, hvad han foreslog os at råde bod på.

Videre læsning

GEOHAB 2012. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms, GEOHAB Core Research Project: HABs in Benthic Systems. E. Berdalet, P. Tester, A. Zingone (Eds.) IOC of UNESCO and SCOR, Paris and Newark, 64 pp.

Kudela R.M. et al. 2015. Harmful Algal Blooms. A Scientific Summary for Policy Makers.

Lassus P., Chomérat, N., Hess, p. & Nézan, E. 2016. Toxic and Harmful Microalgae of the World Ocean. IOC Manuals and Guides, 68. International Society of Harmful Algae/ UNESCO, 523 pp.

Poulsen B. 2016. Global Marine Science and Carlsberg The Golden Connections of Johannes Schmidt (1877-1933). Brill, Leiden, 524 pp.

Schmidt J. 1901. Flora of Koh Chang. Contributions to the knowledge of the vegetation in the Gulf of Siam. Peridoniales. Botanisk Tidsskrift 24, 212-221.

Specifikt om CFP: www.ciguatera-online.com/index.php/en/



KUNSTEN AT BALANCERE OG UNDGÅ TAB

Kvælstoffet i høst-
udbyttet er en vigtig
strøm i landbrugets
kvælstofbalance.

Foto: Colourbox

I miljøsager gælder det om at have styr på strømme og beholdninger, ikke bare af kvælstof, men også andre bevarede størrelser. Det får vi kun ved at balancere dem. Hans Schrøder viser her, at det er overraskende enkelt, og at fordelene er meget store.

Forfatteren



Hans Schrøder er civilingeniør og miljøforsker. I 1980'erne arbejdede han på DHI og det daværende VKI – bl.a. med en stor redegørelse for tabet af kvælstof fra landbruget og konsekvenserne for vandmiljøet. Der havde han brug for at opstille kvælstofbalancer. Det var første skridt på en lang vandring, der er endt med den metode og det system, denne artikel handler om. hans@schroder.dk

Journalister mener, at sagen om kvælstof i landbruget og vandmiljøet er indviklet, og politikere siger, at forskerne er uenige. Det bunder i det postfaktuelle, det politiserende samfund, der komplicerer alt, også det der er enkelt, og sætter alt til diskussion, også det der ikke kan diskuteres. Det er en hån imod naturvidenskaberne, hvis genstand jo er det, der ikke er til diskussion.

For af komme af med politiseringen og fremme naturvidenskaberne, må vi stå på et fast, et arkimedisk

punkt, noget vi alle er enige om. Og det er, hvad vi lærte i skolen, nemlig at naturlovene gælder, og at matematikken ikke lyver. Problemet i sagen om kvælstof i landbruget og vandmiljøet (og andre miljøsa-ger) er, at vi synes at have glemt det. Vi benytter ikke balancer. Det gør sagen mere indviklet, end den i virkeligheden er, får forskerne til at fremstå som mere uenige, end de er, og koster mere, end det havde behovet.

Historien viser, at vi siden tidernes morgen har været enige om, at det

er nyttigt at holde regnskab, eller at balancere, som det kaldes her.

Matematikken i det dobbelte bogholderi

For ca. 10.000 år siden, da mennesker begyndte at dyrke landbrug, fik de brug for at holde regnskab med, hvad de ejede. Det var før, nogen kunne skrive og regne, så man udformede 1-3 cm store figurer i ler. En cylinder kunne fx repræsentere en skæppe korn og en kugle en ged. Figurerne lå i forseglede lerkrukker. Når en landmand afhændede tre skæpper korn til en anden i bytte for en

ged, brød de forseglingen på deres krukker og førte tre cylindre fra den ene krukke til den anden, en kugle den anden vej – og forseglede igen.

Sådan gik der tusinder af år, mens man i stigende grad blev træt af besværet med forseglingen og med tiden bedre til at skrive og regne. Man indså, at det var lettere på krukkenes ene side at anføre, hvad der blev lagt ind, og, på den anden, hvad der blev taget ud. Lerfigurer og krukker blev således med tiden overflødige, og for omkring 5.000 år siden brugte man lertavler med en linje ned gennem midten. Man anførte input til venstre for linjen og output til højre. Den dobbelte talkolonne, rygraden i det dobbelte bogholderi, var dermed etableret.

I 1494 udgav franciskanermunken og matematikeren Luca Pacioli (1445 – 1517) en bog om den matematik, man kendte på hans tid. Et af kapitlerne handlede om det dobbelte bogholderi og beskrev metoden for første gang. Pacioli, der underviste købmænd i Venedig, understregede, at det er nødvendigt at bruge det dobbelte bogholderis metode, hvis man vil undgå tab.

Hvad Pacioli ikke vidste – og hvad de fleste mennesker i dag stadig ikke véd – er, at det dobbelte



Maleri af Luca Pacioli i færd med at undervise i matematik.

bogholderis metode er en sag om sammenhørende, lineære ligninger. Opgaven er at skaffe balance på alle konti samtidigt. For enhver tænkelig kontrolkasse gælder, at beholdningsændringen, D , i en nærmere fastsat periode, fx et år, er lig med input minus output i perioden:

$$D = \text{input} - \text{output}$$

Det dobbelte bogholderi kan forstås som en gentagen anvendelse af denne enkle ligning.

Når vi er helt sikre på, at det dobbelte bogholderi er en ufejlbarlig metode, og at aktiver *altid* er lig med passiver, skyldes det, at penge er, hvad fysikerne kalder en "bevaret størrelse". Penge strømmer fra den ene konto til den anden, men de hverken forsvinder eller opstår undervejs.

Fra penge til stof

I 1789 grundlagde den franske adelsmand Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) kemien som naturvidenskab med loven om grund-

Lineær algebra for begyndere

Hvad vil det sige at opstille og løse sammenhørende lineære ligninger? Her er et eksempel, der er meget enkelt, men som alligevel volder mange mennesker problemer:

En flaske og en prop koster i alt 12 kr. Flasken koster 10 kr. mere end proppen. Hvad koster proppen? De fleste gætter og siger 2 kr., men det er forkert. Alt er vås og forvirring, indtil man siger: Vi har to ligninger med to ubekendte:

$$F + P = 12$$

$$F - P = 10$$

der har løsningen $(F, P) = (11, 1)$.

Flasken koster således 11 kr. og proppen 1, hvilket er let at kontrollere ved at indsætte i ligningerne.

Det er således ikke så vanskeligt at opstille og løse to ligninger med to ubekendte, men går vi videre til tre ligninger med tre ubekendte, bliver det straks noget vanskeligere. Går

vi endnu videre, bliver det uoverkommeligt for et menneske, men for computeren er det ikke noget problem.

Den kan programmeres til at opstille n ligninger med n ubekendte, hvor n kan være et endog meget stort tal. Det sker lige så hurtigt, som vi kan tegne et netværk med n kasser. Derefter løser den ligningerne på et øjeblik. Computeren er en revolutionerende udvidelse af de muligheder, matematikken giver os.

stoffernes bevarelse. Som bekendt betyder den, at hvad der gælder for penge, gælder også for grundstoffer, for lige som penge, strømmer de fra et sted til et andet. De kan undervejs indgå i forskellige forbindelser, men atomerne bevares.

Uanset om vi taler om penge eller grundstoffer, kan vi tegne balancerne som netværk af kasser og pile. Kasserne er konti, eller kontrolkasser, med beholdningsændringer, og pilene er strømme. Netværk balanceres ved at løse n

balanceligninger med n ubekendte, hvor n er antallet af kasser i netværket.

Kasserne minder om krukkerne og dengang, man flyttede lerfigurer fra den ene til den anden i

Balance og overvågning

Computerspillet's første regel er: *Loven om grundstoffernes bevarelse*. Lad os bruge den på kvælstoffet i landbruget. Balanceligningen for enhver tænkelig kontrolkasse, er:

$$D = \text{input} - \text{output}$$

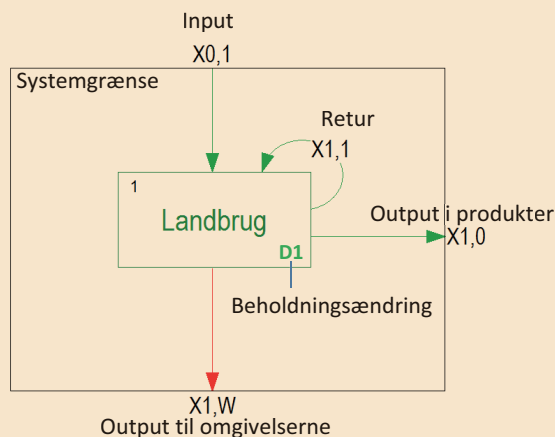
Anvendes den på kontrolkasse 1, har vi:

$$D1 = X0,1 + X1,1 - (X1,1 + X1,0 + X1,W)$$

Da returstrømmen, $X1,1$, går ud, har vi tilbage:

$$D1 = X0,1 - (X1,0 + X1,W)$$

Der er fire variable. Én af dem kan bestemmes af balancen, når vi kender de tre andre. Her er det valgt at bestemme $X1,W$, output til omgivelserne, fordi den i praksis er umulig at måle. Den er rød, fordi den er dataoutput. De grønne er datainput.



Computeren opstiller automatisk ligningen og løser den, så snart vi har bestemt os for hvilken af de variable, der skal være den ubekendte. Når det er på plads, er det let at gå videre til sammenhørende ligninger og netværk med lige så mange kasser, det skal være.

Konsekvensberegning og styring

Computerspillet's anden regel er: *Der skal være lige så mange (gyldige) ligninger som ubekendte*. Men den siger ikke noget om hvilke ligninger og ubekendte. I nærværende eksempel kan vi til den allerede etablerede balanceligning føje to ligninger, der definerer dimensionsløse nøgletal, der udgør systemets struktur:

$$\text{Effektiviteten } e = \frac{X1,0 + X1,1}{X0,1 + X1,1}$$

$$\text{Returgraden } r = \frac{X1,1}{X1,0 + X1,1}$$

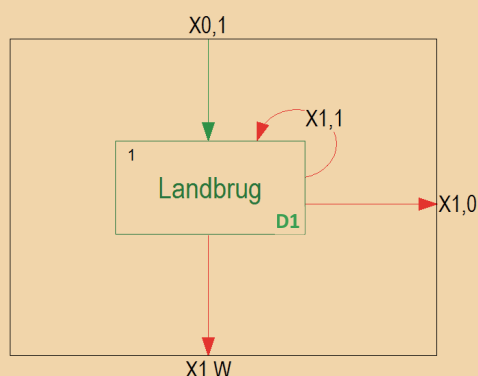
Vi har nu tre sammenhørende ligninger med balanceligningen først:

$$X1,0 + X1,W = X0,1 - D1$$

$$X1,0 - (1 - e)X1,1 = eX0,1$$

$$rX1,0 - (1 - r)X1,1 = 0$$

De tre røde strømme, $X1,0$, $X1,W$ og $X1,1$ er de ubekendte. De er funktioner af de grønne: $X0,1$, $D1$, e , og r , dvs. input og struktur. Dermed kan vi konsekvensberegne, dvs. besvare "hvad-hvis" spørgsmål: *Hvad sker*



der med balancen, hvis vi ændrer input og struktur?

Jeg har her gjort tre tilføjelser til den klassiske input-output analyse (Leontief 1986): For det første tegner jeg input-output tabeller som netværk af kasser og pile. For det andet bruger jeg (dimensionsløse) output-koefficienter i stedet for input-koefficienter. For det tredje regner jeg ikke på økonomiske goder (varer og tjenester), men på de strømme af vand, stof og energi, der er medgået til at frembringe dem.

netværk af krukker. I dag foregår det elektronisk i netværk af konti, men tankegangen, metoden er den samme.

To regler og en computer

Tænk ikke i "debet-kredit", kolonner og sammentællinger. Tænk "input-output", netværk og ligninger. På den måde er det forholdvis enkelt at frembringe et computersystem, der både opstiller og løser ligningerne ud fra de oplysninger, der ligger i netværket, der er den forklarede gengivelse af, hvad sagen drejer sig om.

Man kan sige, at der er tale om et meget enkelt "computerspil", fordi der kun er to regler:

1) Loven om grundstofferne bevarelse

2) *Der skal være lige så mange (gyldige) ligninger som ubekendte*

Man tegner et system, fx landbruget i oplandet til en fjord, som et netværk af kasser med beholdningsændringer forbundet med pile (strømme) med hinanden og med omgivelserne og indtaster efterspurgte tal. Computeren klarer resten, sådan da.

Det er let at forstå, det er let at bruge, og ikke mindst let at kontrollere. Det er komplekst nok til at være realistisk – og dog så enkelt, at man tror, det er løgn. Til dem, der alligevel mener, at det er indviklet, er der kun at sige: Det gør ikke noget, for du kan let kontrollere, at balancerne stemmer.

Det er således ingen kunst at balancere ikke bare kvælstof, men enhver bevaret størrelse, og dem er der mange af. Den eneste ikke-bevarede størrelse, jeg lige kan komme i tanke om, er entropien. Ellers består den fysiske verden af lutter bevarede størrelser, der strømmer, akkurat som var de løsninger til sammenhørende ligninger, der sørger for, at loven om grundstofferens bevarelse altid er opfyldt.

På den måde lader det sig gøre at overvåge strømme og beholdninger af enhver bevaret størrelse i menneskeskabte og naturlige systemer, fx kvælstof i landbruget.

Hvad-hvis spørgsmål og styring

Hertil har det kun handlet om overvågning, men ikke om styring med konsekvensberegninger, dvs. beregninger, der fortæller, hvordan balancen kommer til at se ud, hvis vi foretager os det ene eller det andet for at nedbringe udledningen. Løsningen til den opgave ligger snublende nær, for computerspillets anden regel er, at der skal være lige så mange (gyldige) ligninger som ubekendte, men den siger ikke noget om *hvilke* ligninger og ubekendte.

Det betyder, at vi til sættet af sammenhørende balanceligninger, der altid er med, kan tilføje ligninger, der definerer dimensionsløse nøgletal, der er systemets struktur. En effektivitet er et typisk nøgletal. Hermed er balancen en funktion af input og af systemets struktur. Der er blot tale om en variation over temaet: sammenhørende, lineære ligninger

På den måde kommer vi fra overvågning til styring, for nu sikrer ligningerne ikke bare at stoffet, men også at systemets struktur bevares – *med mindre* vi vælger at ændre den. Dermed kan vi besvare "hvad-hvis" spørgsmål: *Hvad* sker der med balancen, *hvis* vi nedsætter input eller hæver effektiviteten (eller begge dele) for at nedsætte kvælstofudledningen? At kunne besvare den slags spørgsmål er en nødvendig forudsætning for at kunne optimere, dvs. undgå tab.

På den måde kan vi ikke blot overvåge strømme og beholdninger, fx af kvælstof i landbruget, men også styre dem optimalt. Og det er netop opgaven i sagen om kvælstof i landbruget og vandmiljøet. Kvælstof er som bekendt et næringsstof for planter på landjorden, men også i havet, hvor

planktonproduktionen er så stor, at den er et problem.

Hvis vi vil det problem til livs, er der ingen vej uden om at nedbringe udledningen af kvælstof til vore farvande i hovedsagen fra landbrug her i landet og i udlandet. Det er da også det, vi har gjort i snart 30 år. Det har bestemt ikke været forgæves, men problemet er, at det er foregået uden brug af balancer og uden optimering. Resultatet er betydelige økonomiske tab og en forvirret debat.

Opgaven er at undgå tab

Opgaven er at nedbringe udledningen, hvor det koster mindst, få mest miljø for pengene. Uden konsekvensberegninger investerer vi i blinde, hvilket uvægerligt medfører, at vi kommer til at betale mere, end vi havde behovet.

Vi rammes af tab, fx hvis vi af uvidenhed eller mangel på rettidig omhu køber en vare, hvor prisen er højere end nødvendigt. Den slags tab kan undgås, for det er muligt at beregne hvad der sker med fx landbrugets kvælstofbalance og derved bestemme ikke de bare miljømæssige, men også de økonomiske konsekvenser af at gøre dette eller hint med henblik på at nedsætte kvælstofudledningen.

Hvis vi vil undgå tab, er det nødvendigt at balancere og optimere. Før var det vanskeligt, men nu er det oldgamle dobbelte bogholderi (og en tilføjelse til den klassiske input-output analyse) visualiseret og computeriseret, så det ikke er nogen kunst. Det kan gøres af de fleste, der kan bruge en computer. Spørgsmålet er ikke, om systemet kan anvendes i miljøforvaltningen til gavn for miljøet, økonomien og debatten. Spørgsmålet er, om det vil blive anvendt.

Sagen er ikke så indviklet, som journalister og politikere tror. Og når det kommer til det arkimediske punkt, er enigheden fuldstændig urokkelig. ■

Videre læsning

På Aktuel Naturvidenskabss hjemmeside kan du finde baggrundsmateriale, hvor Hans Schrøder opstiller detaljerede kvælstofbalancer for landbruget med metoden beskrevet i denne artikel. Se <http://aktuelnaturvidenskab.dk/find-artikel/nyeste-numre/2-2017/>

Devlin, Keith, 1998. The Language of Mathematics. Holt Paperbacks. W.H. Freeman Henry Holt and company, New York.

Kyllingsbæk, Arne, 2008. Landbrugets husholdning med næringsstoffer 1900-2005. Kvælstof, fosfor, kalium. DJF Markbrug. Nr. 18.

Leontief, Wassily, 1986. Input-Output Economics. Second Edition. Oxford University Press.

Schrøder, Hans, 2016. Udledningen af kvælstof fra Danmark. Facebook-siden for gruppen Vandmiljø – hvad forskerne er enige om.

Der er baggrundsmateriale med kvælstofbalancer for landbruget på siden: aktuelnaturvidenskab.dk/find-artikel/nyeste-numre/2-2017

UDVIKLING KAN IKKE PLANLÆGGES

Ordene er Bjarne Nielsens. Han er kemiingeniør og arbejder med at udvikle tilsætningsstoffer til plast i den internationale fødevareingrediensvirksomhed Palsgaard.

Aktuel Naturvidenskab har besøgt ham for at undersøge, hvad der gemmer sig bag det at være opfinder eller udvikler i en privat virksomhed.

Hvornår har du sidst tænkt over, hvor stor en faglighed der gemmer sig i indpakning af mad?

De fleste af os tænker nok, at emballage bare er plast eller papir. Men bag enhver plastbakke, dåse eller papirpose, maden i supermarkedet er pakket ind i, ligger en masse produktudvikling – og ikke mindst viden om kemi. Det kan Bjarne Nielsen tale med om. For det er det, han arbejder med i fødevareingrediensvirksomheden Palsgaard.

Opgaven kan fx være at holde plastemballage rene. Plast bliver statisk elektrisk og tiltrækker derved støv og snavs. Det problem kan løses ved at tilføje plasten et antistatisk tilsætningsstof, så det holder sig rent og pænt.

Når madvarer emballeres, opstår der dug, som kan ende med at ligge



Markedet for convenience-food er i voldsom vækst. »Det stiller hele tiden nye krav til udvikling af fødevarer og til emballager, hvor man forsvarligt kan opbevare maden, så det er sundhedsmæssigt forsvarligt og maden præsenterer sig godt,« fortæller Bjarne Nielsen.

Nysgerrighed som drivkraft

At Bjarne Nielsen i dag arbejder som forretningsudvikler i en fødevareingrediensvirksomhed er med hans egne ord et resultat af en medfødt nysgerrighed. Han har en baggrund som kemiingeniør tilbage i 1989. Efter sine studier forsøgte han sig kortvarigt med først at være ph.d. studerende og dernæst konsulent i rådgiverbranchen. Her kunne han ikke se



i bunden af emballagen, så der er risiko for bakterievækst. Derfor skal der tilsættes et stof til plasten, der forhindrer, at der dannes dug. Dermed kommer der styr på fugten, så fødevarer ikke sopper i vand.

sig selv i længden, så han besluttede sig for at gå en anden vej og udnytte sin evne til at undre sig i det private erhvervsliv. Han tog de første skridt i sin karriere som udvikler i virksomheden Grindsted Products

Forfatteren



Marianne Henriksen,
henriksdatter.dk
Fotos: Palsgaard ©

Plastadditiver fra planter

Bjarne Nielsen og hans afd. arbejder med en serie af plantebaserede additiver til forskellige plasmaterialer, primært polypropylen og polyethylen. Serien Einar® er opkaldt efter Palsgaards grundlægger Einar V. Schou.

Additiverne er bi-polære stoffer, og når den slags produkter anvendes i fødevarer kaldes de emulgatorer. Typisk anvendes de til at gøre det muligt at blande vand og olie, som jo ellers vil lægge sig som to adskilte faser, hvis man blot hælder dem sammen. Tænk fx på margarine og lavkalorie-produkter, hvis du vil vide, hvor man ofte anvender emulgatorer. Når de samme tilsætningsstoffer anvendes i plast, kalder man dem overfladeaktive stof-



fer. Deres funktionalitet kommer af, at man i samme molekyle har to forskellige egenskaber – den ene ende består af glycerin, som er polær, og den anden ende er en fedtsyre, som er det modsatte – upolær. Lige præcis den egenskab i molekylet får dem til at bevæge sig til en plastoverflade, hvor de

kan interagere med fugt og kondenseret vand og derved undgå, at der opbygges statisk elektricitet og dug på plastoverfladerne. Derved fremstår en plastemballage ren og pæn eller helt fri for vanddråber og bidrager til, at forbrugere synes, at de emballerede fødevarer fremstår friske og attraktive.

(som siden blev til Danisco og siden igen købt af den amerikanske virksomhed DuPont).

Her stod han som relativt nyuddannet i laboratoriet og skulle i gang med at udvikle og opfinde plastadditiver. Fra sit studie besad han en rigtig god og generel forståelse for kemi, og han gav sig nu nysgerrigt i kast med fedtkemi og udvikling af plastadditiver – for det var det, man arbejdede med her. »Så må man jo bare sætte sig ned og forstå det område, som man har fået ansvar for,« fortæller Bjarne Nielsen.

Bjarne Nielsen har brugt en årrække på at lytte til kunders behov, planlægge udviklingsforløb, teste stoffers opførsel, fejle, lære gennem forsøg, rejse rundt i verden for at tale med kunder og ikke mindst blive ved med at være nysgerrig. Den erfaring bragte ham til sit nuværende job som forretningsudvikler hos Palsgaard.

Hos Palsgaard er hovedparten af medarbejderne beskæftiget med at udvikle og fremstille diverse

emulgatorer og stabilisatorer til fødevarer. Det er Bjarne Niensens og afdelingens opgave at finde nye anvendelsesområder for de fødevarereadditiver, som Palsgaard allerede har udviklet. Da det er en lang proces at få additiver godkendt til fødevarer, er det rigtig smart at udnytte allerede godkendte additiver til



andre anvendelser, fx emballering af fødevarer, og ad den vej skabe nye forretningsområder.

At være udvikler

»Min opgave er at finde svar på noget, der ikke allerede findes et svar på. Hvis der var et svar, så var jeg ikke ansat,« siger Bjarne Nielsen

og fortsætter med at fortælle, hvad der efter hans mening skal til for at blive en god udvikler eller opfinder: »Hvis man skal være udvikler, skal man først og fremmest have en ballast i form af en faglig baggrund. Men lige så vigtigt er det, at man er nysgerrig og ikke er bange for at give sig i kast med området og dykke ned i detaljerne. Man skal i høj grad besidde en evne til at forestille sig mulige udfald, og så skal man blive ved med at stille spørgsmål og turde prøve noget nyt.«

»Jeg har fundet ud af, at det for de fleste faktisk er ret svært at forestille sig, at ting kan være anderledes samt at holde fast i viljen til at forsøge at forstå og fortsætte med at reflektere,« forklarer Bjarne Nielsen. Han fortæller, at han selv har lært en masse ved at begå fejl, så det lader han også sine mindre erfarne kolleger gøre ved, at de laver egne forsøg. Bjarne Nielsen pointerer, at det er afgørende for en udviklingsafdeling, at man skaber et miljø, hvor det er tilladt at lave fejl, ellers sker der aldrig udvikling.



Bjarne Nielsen viser rundt i Palsgaards laboratoriefaciliteter. Det er her han og kollegerne finder nye anvendelsesområder for de fødevareadditiver, som Palsgaard allerede har udviklet.

Nu kan det lyde som om, der slet ikke er tale om en struktureret tilgang – det er der naturligvis, for al udvikling hviler jo på tidligere udviklinger. Men du er nødt til tillade det ikke-planlagte, for hvis du allerede ved, hvad der skal ske, er der jo ikke tale om en ny opfindelse.

»Hvis jeg ikke havde haft en uddannelse i kemi og al den viden

om kemi, der var blevet proppet ind i mit hoved på studiet, så ville

»Kemi er jo egentlig meget simpelt at forstå, der skal bare ikke ret meget til, før det pludselig er meget komplekst«.

min nysgerrighed og fantasi selvfølgelig ikke være nok til, at der kom fornuftige produkter ud af det. Uddannelsen giver noget viden, en grundsubstans der klæder

en på til at kunne bearbejde og forstå sammenhænge samt modet til at gå i gang med at eksperimentere. Når du skal udvikle nye ting, er du nødt til at tro på, at det, der sker i hovedet på dig, er det rigtige.

Du kan ikke planlægge en opfindelse, men du kan have evnen til at forestille dig noget. Og så skal du have evnen til at stille spørgsmål, indtil løsningen er fundet.«

Opdagelse ved et tilfælde

Et godt eksempel på, at udvikling ikke kan planlægges, er udviklingen af superblødgøren SOFT-N-SAFE® (patenteret 1999).

I 1993 fik Bjarne Nielsen en idé om, at hvis man byggede et molekyle med en helt bestemt struktur, ville plast opføre sig på en bestemt måde. Laboratoriet udviklede molekylet og med 1 kg af stoffet gik man i gang med at teste, om det opførte sig, som man havde tænkt. Det gjorde det overhovedet ikke – ligesom 4 andre lignende stoffer heller ikke

gjorde. Forsøget fejlede og blev som mange andre forsøg rapporteret og henlagt. Det overskydende stof blev anbragt i et køleskab.

Nogle år senere kiggede Bjarne Nielsen tilfældigvis i køleskabet og stødte på beholderne fra det tidligere forsøg. Indholdet i den ene var flydende – ikke i fast form, som man ellers kunne forvente pga. temperaturen. Det vakte straks Bjarne Nielsens nysgerrighed: For hvorfor opførte stoffet sig sådan, og kunne det mon bruges som den erstatning

for phthalater (blødgørere til pvc-plast), som man har ledt efter så længe?

Efter mere udviklingsarbejde og test viste stoffet sig faktisk at være en fantastisk blødgører, som oven i købet også kunne klare miljøkravene.

Ved et tilfælde så en supererstatning for phthalater på denne måde dagens lys. Da stoffet imidlertid er dyrt at fremstille, bruges det i dag kun som blødgører i udvalgte produkter, fx vinylgulve.

Danmark er et lille land

Jobbet byder på rigtig mange rejse- dage – ca. 80 om året. Bjarne Nielsen har besøgt mere end 40 lande. Hans erfaring er, at vil man internationalt samarbejde, udvikling og forretning, er høj faglighed ikke nok – man skal have respekt for andre landes forskellige kulturer. Det nytter ikke noget at afslå en invitation til en middag og foreslå en tur på Burger King i stedet, for så er der stor sandsynlighed for, at man taber opgaven på gulvet. Han bruger derfor tid på at sætte sig ind i andre landes religion, madvaner og opførsel. Bl.a. følger han forløb på Folkeuniversitetet for at forstå andre kulturer. Hans råd til andre, der vil agere internationalt er at forstå, at Danmark ikke er centrum i verden, og at dansk kultur netop er vores – den er ikke international. Hvis man vil noget internationalt, skal man vide, hvornår det er klogest at holde mund, og så skal man huske, at Danmark er et meget lille land, som er ekstremt afhængig af, at andre lande kan lide os.

Da Aktuell Naturvidenskab besøgte Palsgaard har Bjarne Nielsen

Om Palsgaard

Palsgaard er en fondsdrevet, international virksomhed med ca. 500 ansatte. Virksomheden har hovedsæde i Palsgaard ved Juelsminde. Virksomhedens rødder går tilbage til 1908, hvor iværksætteren Einar V. Schou etablerede sig på Palsgaard godset, som er fra det 12. århundrede.

De historiske bygninger danner rammen om en topmoderne, international produktionsvirksomhed, der fremstiller ingredienser til føde- vareindustrien. Virksomheden har produktionsfaciliteter i Danmark, Malaysia, Kina, Holland og Mexico, samt udviklingscentre i Danmark, Singapore, Kina og Mexico.

Læs mere: www.palsgaard.com

lige været en uge i Iran. De fleste danskere har en række fordomme og forestillinger om iranere og den iranske kultur. Bjarne Nielsen fortæller, at vi skal pakke fordommene væk og bare forstå, at her er 80 mio. mennesker, der er velud- dannede og købedygtige, og gerne vil det samme som os, nemlig at leve godt og have mulighed for udvikling. De er gået fra at have en lukket økonomi til nu at have mulighed for mere forbrug og nye produkter.

Iran har en omfattende petrokemisk industri, så det oplagt, at de har brug for additiver til de plastmateri- aler, der udvikles.

I det hele taget åbner der sig nye markeder: Mellemøsten, Indien og Afrika. For 20 år siden var det Kina, der var et nyt marked – i dag er Kina ved at blive markedsledende.

De kommende måneder tilbringer Bjarne Nielsen i Singapore, USA og Belgien. ■

Matematikvejleder

"Man kan se sansen for matematik blomstre frem"

Videreuddannelse

Vi kender dem alle. Arbejdsomme gymnasieelever der alligevel snubler over de matematiske problemer.

Matematikvejlederprogrammet giver redskaber til at fjerne snublestenene for elever med læringsvanskeligheder.

Hvad lærer du?

Du lærer, hvordan du med simple tests kan identificere og diagnosticere de elever, der har problemer. Undervisningen er praksisnær og gennem arbejde med miniprojekter kan du fra første semester hjælpe dine elever til en ny forståelse af matematikfaget.

"Uddannelsen gav indsigt i mange forskellige, såvel almene som emne- specifikke læringsvanskeligheder i matematikforståelse.

Med disse potentielle vanskeligheder i baghovedet bliver min undervisning helt automatisk forebyggende og/eller undersøgende i forhold til elevernes 'snublesten'."

Aino Karniala, cand. scient.
Gefion Gymnasium



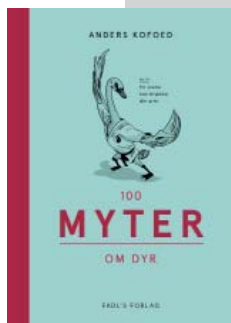
Roskilde Universitet

Læs mere på ruc.dk/matematikvejleder

RUC

SERVICE

FAKTA



*Anders Koefoed:
100 myter
om dyr.
FADL's
forlag 2017.
250 sider,
229,95 kr.*

100 myter om dyr

Piratfisk kan spise en hest på 5 minutter, bjørne kan godt lide honning og en svane kan brække din arm. Det er nogle få udvalgte eksempler på en række af de myter, de fleste af os kender, men som vi sjældent er helt sikre på, om har hold i virkeligheden. Der findes utallige myter om dyr, og i denne bog tager biolog Anders Koefoed fat på at be- eller afkræfte 100 af de mest udbredte.

Bogen er udgivet på FADL's forlag og er den tredje bog i en serie under titlen 100 myter. De første to bøger i serien er 100 myter om sundhed og sygdom og 100 myter om motion og vægttab..

FAKTA

Se mere på projekter.au.dk/havet/



Hovedet i havet

Den 2. maj blev et nyt undervisningstiltag rettet mod skoleelever på 7.- 9. klassetrin bogstavelig talt søsat fra GI. Havn i Middelfart. *Hovedet i havet* er et formidlingsprojekt, der gennem en række tværfaglige undervisningsforløb giver børn og unge mulighed for at møde og opleve havets natur på en ganske unik måde. Danmarks nyeste og topmoderne forskningsskib, Aurora, er et af kerneelementerne i formidlingsindsatsen. Om bord på Aurora og gennem aktiviteter på havnefronten oplever eleverne, hvordan forskerne arbejder og får selv mulighed for at undersøge problemstillinger, de har forberedt på forhånd som led i den tværfaglige undervisning.

Hovedet i havet er et samarbejdsprojekt mellem den danske grundskole, akvarier i Danmark og Aarhus Universitet. Når Aurora ikke er optaget af skolebørn og forskningstogter, bliver der arrangementer for den øvrige del af befolkningen, der kan zoome ind på havets biologi og opleve det fascinerende liv under havets overflade.

Nordea-fonden støtter det nye projekt med 3,7 millioner kroner.

FAKTA

Theresa Schilhab:



*Læringens
DNA.
Aarhus
Universi-
tetsforlag
2017.
72 sider,
129,95
kr. (bog +
e-bog).*

Læringens DNA

Klasseværelset er fuld af biologi. Også når dansk og matematik er på skemaet. For elever lærer ikke kun med næsen i en bog. Tværtimod. Når de klipper bogstaver i karton eller tegner hvalarter i sand, sætter de alle sanser i spil. Det er et biologisk kneb til at styrke deres læring. Især når koncentrationen svigter. Så er det godt at kende til læringens DNA.

Tilbud til dit gymnasium

Vælg imellem tre pakkestørrelser:

Gymnasieabonnement:

Antal blade i pakken:	20	40	60	eksemplarer
Pris eksklusiv moms:	475	725	975	kr.

(omfatter 6 numre/udgivelser pr. år.)

Den lave pris er mulig i en periode* i forbindelse med et udviklingsprojekt, som VILLUM FONDEN støtter.

Nye undervisningsmaterialer

På hjemmesiden aktuelnaturvidenskab.dk finder du nye undervisningsmaterialer.

Undervisningsforløb om sorte huller, mørkt stof og mørk energi

Forløbet er tænkt som et forløb, der kan bruges på fysik A. Selve undervisningsforløbet indledes med den del af kernstoffet på fysik A, som omfatter Newtons gravitationslov og jævn cirkelbevægelse. Resten af forløbet tager udgangspunkt i artikler fra Aktuel Naturvidenskab:

Kunsten af veje et sort hul, fra Aktuel Naturvidenskab nr. 5/2016;

Jagten på det mørke stof, fra nr. 5/2007 samt På sporet af det mørke stof, fra nr. 2/2016

Til sidst peges på nogle perspektiver, som kan dækkes ved at læse artikler fra Aktuel Naturvidenskab eller andet lærebogsmateriale. Perspektiverne lægger op til et samarbejde med matematik. Nogle afsnit/ideer kan også bruges som udgangspunkt for et studieretningsprojekt.

Arbejdsspørgsmål til artiklen: Kemi mellem stjernerne fra nr. 4/2015

Artiklen handler om, hvilken rolle polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH'ere) spiller for den kemi, der foregår i rummet mellem stjernerne, det interstellare rum. Sandsynligvis spiller disse molekyler en vigtig rolle som katalysatorer for kemiske reaktioner, og kan derfor være en vigtig brik i at forklare, hvordan de mere end 150 forskellige molekyler, man hidtil har observeret i det interstellare rum er blevet dannet.

Quizzer

Har du prøvet vores naturvidenskabelige quizzer om for eksempel chili eller mobilantenner?

Tjek quizzerne ud på vores hjemmeside og test, om du er en rigtig science nørd.

Materialerne og quiz-app er lavet som led i projektet Aktuel Naturvidenskab i gymnasiet finansieret af VILLUM FONDEN.

OM AKTUEL NATURVIDENSKAB

Styregruppe

- **Mette Christina Møller Andersen**, specialkonsulent, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Thomas Johansen**, konstitueret 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
- **Sanne Holm Nielsen**, kommunikationsmedarbejder, Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet

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

Layout: Jørgen Dahlgaard
Tryk: Jørn Thomsen Elbo A/S
ISSN: 1399-2309 (papirudgaven),
1602-3544 (web)
Oplag: 7.000



Redaktionsgruppe

- **Birgitte Dalggaard**, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Peter Arnborg Videsen**, Viborg Gymnasium og HF
- **Jørgen Dahlgaard**, Aktuel Naturvidenskab
- **Carsten Rabæk Kjaer**, Aktuel Naturvidenskab
- **Sanne Holm Nielsen**, Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet
- **Lene Pedersen**, Roskilde Universitet
- **Birgitte Svennevig**, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- **Svend Thaning**, Københavns Universitet

Redaktionen: Tlf.: 87 15 20 94

E-mail: red@aktuelnaturvidenskab.dk

Hjemmeside: aktuelnaturvidenskab.dk

Facebook.com/aktuelnaturvidenskab

Postadresse: Aktuel Naturvidenskab, Ny Munkegade 120, Bygning 1520, 8000 Aarhus C

Omslagsfoto:

Diamantkrystal i kimberlit fra Sydafrika.
Foto: Shutterstock.



ABONNEMENTS-SERVICE

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.

Tilbud:

Bestil en intropakke med otte helt nye numre plus abonnement i et år (6 numre) for kun 354,- kr. inkl. porto & ekspedition.

Livet i glasset

Af Carsten R. Kjaer, Aktuel Naturvidenskab

Hans Ramløv fra Roskilde Universitet forsker i de mekanismer, der gør kuldetolerante, vekselvarme dyr i stand til at overleve perioder i nedfrosset tilstand. Derfor ringer journalister gerne til Hans for at spørge om, hvordan man kan nedfryse mennesker og tø dem op igen – altså så de stadig er i live. Selvom journalisten ikke altid helt forstår, hvad Hans forklarer, kan den slags samtaler heldigvis give inspiration til nye forskningsprojekter.

Frosset eller "glaseret"

Perspektivet i at nedfryse mennesker er fx at give uhelbredeligt syge mennesker en mulighed for at stå "stand by" indtil lægevidenskaben har udviklet en behandling mod deres lidelse. Allerede i dag kan man købe sig til nedfrysning hos foretagender som Alcor Life Extension Foundation. Dog kan man først blive frosset ned, når man er klinisk død (ellers får firmaet ballade med myndighederne, som sjældent ser mildt på aktiv dødshjælp). Men det forhindrer ikke – ifølge Alcor – at man med passende teknologiske fremskridt kan genoplives en gang i fremtiden, hvis kroppen fryses ned straks efter dødens indtræden.

I sagens natur er der tale om et felt med mange tekniske udfordringer. »I virkeligheden er nedfrysning ikke den optimale måde at bevare vævet uskadt på,« fortæller Hans Ramløv. »En mere "skånsom" metode er at bringe vævet i en såkaldt glastilstand, hvor materialet stivner i en uordnet struktur fremfor i en velordnet krystallinsk struktur som is. Og den tilstand kan man fremprovokere ved en kombination af forskellige kemikalier og hurtig nedkøling.« Et problem er, at de anvendte kemikalier er giftige, så derfor skal



Fotos: Thorbjørn Ramløv

optøningen efterfølgende foregå meget hurtigt for at undgå, at vævet har kontakt med det giftige stads i længere tid. For få år siden annoncerede forskere fra 21st Century Medicine, USA, at det var lykkedes dem at bringe en nyre fra en kanin i glastilstand, varme den op igen og sætte den tilbage i kaninen. Herefter levede kaninen i 9 dage, hvilket jo lover godt for metoden.

Yes we can!

I bestræbelserne på at forklare metodikken i almindelighed og glasdannelse i særdeleshed overfor journalister, kom Hans Ramløv til at undre sig over, hvordan forskerne med kaninnyren egentlig kunne afgøre, at nyren havde været i en glastilstand og ikke bare var frosset. »For mig bekendt fandtes der ikke nogen enkel måde at måle, om en glastilstand er indtrådt i så store stykker væv.«

Men så hørte Hans tilfældigvis et foredrag med Thomas Schrøder, som er professor i fysik på RUC, der havde medvirket til udviklingen en metode, der lød til at kunne gøre tricket. I praksis var metoden et program, der matematisk kunne analysere en kurve over målinger af varmekapaciteten over tid og derudfra afgøre, hvornår glasfasen indtraf. De havde – som fysikere jo har for vane – eksperimenteret med standardiserede væsker. Hans fik dem derfor med på et tværfagligt studenterprojekt, der skulle undersøge, om metoden også kunne bruges på biologisk materiale. Bevæbnet med svinelever fra den nærliggende slagteriskole kastede de studerende sig over opgaven i laboratoriet. Og minsandten: Man kan faktisk med denne metode afgøre, hvornår svineleveren kommer i en glastilstand.

På den måde fik Hans Ramløv tilfredsstillet sin nysgerrighed og måske lagt grunden til nye forskningsprojekter: »Vi vil gerne studere glasdannelse i biologisk væv, for muligvis inducerer visse dyr glasdannelse i vævene i naturen. Det er interessant, uanset om man kan bruge denne viden til at fryse mennesker ned eller ej,« siger Hans. ■