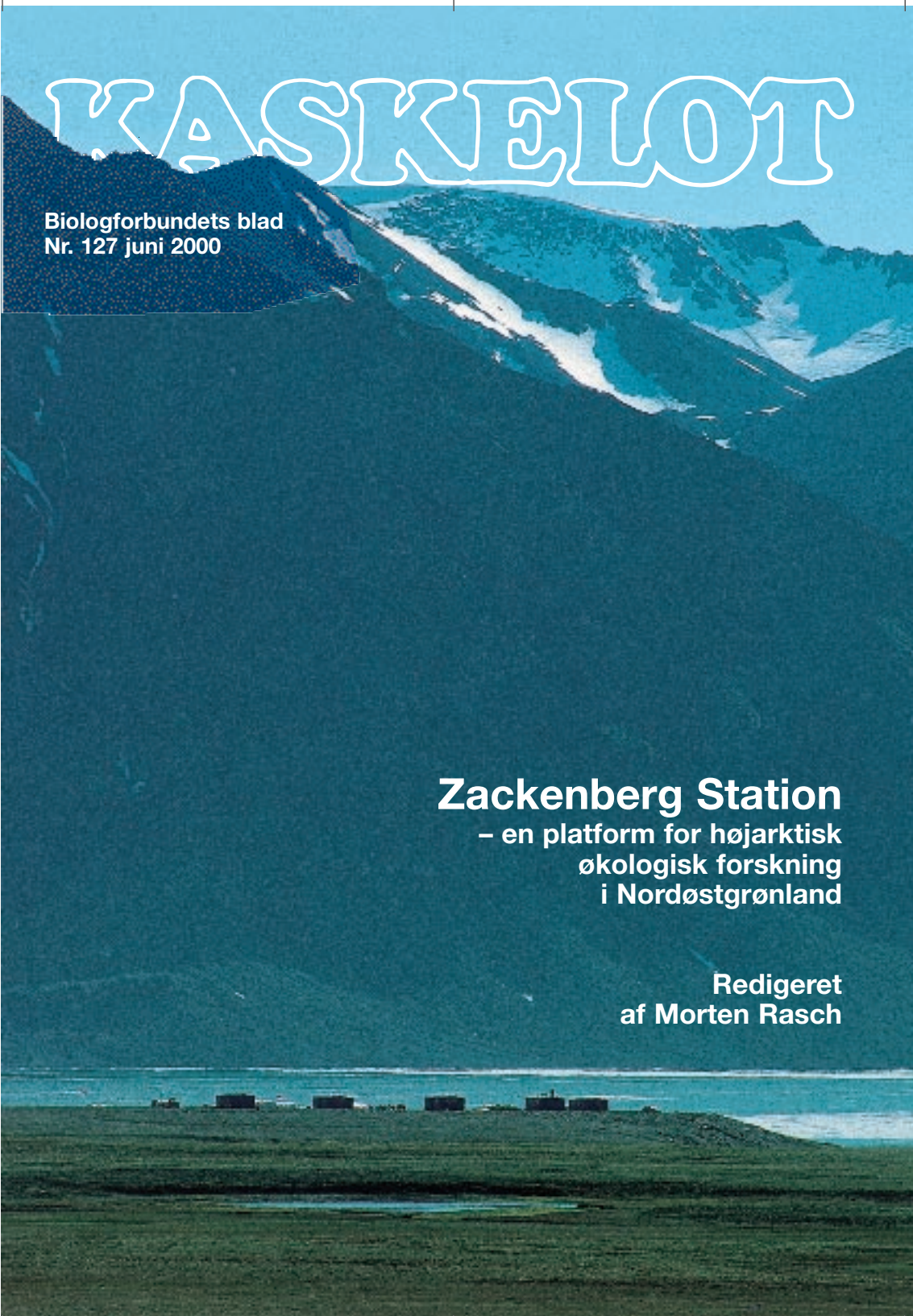


# KASKELOT

Biologforbundets blad  
Nr. 127 juni 2000

**Zackenbergs Station**  
– en platform for højarktisk  
økologisk forskning  
i Nordøstgrønland

Redigeret  
af Morten Rasch





# Zackenbergs Station

– fra en plet på landkort  
til en højteknologisk forskningsfacilitet

Af Morten Rasch

Klokken er 7:00. Det er fredag den 20. august 1999. Den arktiske stilhed brydes pludselig af en urytmisk, metallisk hosten, som går over i den stabile brummen, der er karakteristisk for italienske Zordan generatorer og for det daglige lydbillede på Zackenberg Station. Zackenbergs eneste vækkeur har ringet. Inden for den næste time skal

25 forskere have deres morgenbad, kokken skal have færdiggjort et solidt morgenmåltid, der skal tændes op i alle stationens kaminer, omverdenen skal via HF-radio have at vide, at vi stadig lever, der skal tjekkes e-mail via satellittelefonen, og der skal tages vandprøver fra elven. Et lille samfund vågner op og får en kvart kvadratkilo-



Fig. 1. Zackenberg Station ligger i Nordøstgrønland i verdens største nationalpark.

meter af Nationalparkens ca. 1 million til at minde om børsen i Tokyo på en travl dag. Feltsæsonen ved Zackenberg Station varer 3 måneder, og på denne korte sæson er Zackenberg Station uden sammenligning det travleste sted på den ca. 2.500 kilometer lange kyststrækning fra Qaanaaq til Ittoqqortoormiit. Efter 1999-sæsonen kunne regnskabet gøres op til ca. 2.100 overnatninger, hvilket målt i arbejdstid svarer til ca. 11 årsværk.

Fig. 2. Zackenbergområdet er valgt som lokalitet p.g.a. den varierede natur – ikke p.g.a. områdets skønhed. Foto: Henning Thing, Polar Photos ©.





Kigger vi bare 5 år tilbage i tiden, var det et helt andet sceneri, man kunne opleve en tilfældig augustmorgen. To moskusoksetyre banker hovedet sammen, vender sig om, går ti skridt tilbage, kigger olmt på hinanden og løber så i fuld fart mod hinanden for igen at banke hovederne sammen. Zackenbergelven løber stille og roligt med ca. 10 m<sup>3</sup>/s og bringer på denne vis orden i vandbalancens regnskab, og en lille kjove er på jagt efter sin morgenmad, ser en lemming, som er kommet lidt

for langt fra sit hul, dykker og griber byttet med sine kløer. Alt dette kan man stadig opleve i Zackenberg, men nu er der altså også forskerne, deres syv huse og den italienske generator (Fig. 3).

Det hele startede i 1974, hvor Nationalparken for Nord- og Nordøstgrønland blev etableret. I 1977 overgik Nationalparken til **Man and Biosphere (MaB) Reserve** under UNESCO. Det er en forpligtelse for værtslandet til et MaB Reserve at sikre mulig-

heden for forskning inden for reservatet. En gruppe naturvidenskabsfolk satte sig sammen og udtænkte planen om en forskningsfacilitet i Nationalparken. Den skulle ligge i et uforstyrret område med et varieret landskab og stor mangfoldighed i flora og fauna. Disse krav er opfyldt ved Zackenberg (Fig. 2 side 2). Området ligger endvidere tæt på Daneborg, Siriuspatruljens hjemsted, hvilket af sikkerhedsmæssige årsager var vigtigt. I 1991 drog en ekspedition til området med det for-

mål at undersøge mulighederne for at bygge en forskningsstation. Flere lokaliteter blev besøgt, men valget faldt på Zackenberg p.g.a. områdets meget varierede natur og de gode landingsforhold. Efter den første rekognoscering fulgte en lang proces med finansiering af stationens etablering. I årene 1992 og 1994 afgik små,

*Fig. 3. Stationen består af syv huse og en landingsbane. Indkvartering foregår i store telte med opvarmning. Foto: Henning Thing, Polar Photos ©.*







Fig. 4. Undersøgelingsområdet omkring Zackenberg Station udgøres af nedbørsområdet til Zackenbergelven – et område på 514 km<sup>2</sup>.

videnskabelige ekspeditioner til området, man fik etableret et digitalt kortmateriale, og der blev foretaget en første landskabsmæssig kortlægning. Det var imidlertid først i 1995, at der blev fundet midler til etablering af en egentlig station. Dette år blev stationsaktiviteten opretholdt i telte. Stationen

blev bygget i 1996, og den officielle åbning blev foretaget af Danmarks og Grønlands forskningsministre i 1997. Siden har Zackenberg Station med årligt stigende aktivitet været en væsentlig platform for forskning og indsamling af data (monitering) i højarkt (Fig. 4).

### Zackenberg statistik, 1999:

Afstand til nærmeste by:	ca. 450 km
Første fly:	29. maj
Overnatninger:	ca. 2400
Middeltemperatur i juli:	5,8°C
Moskusokser observeret:	149
Yoghurtforbrug:	107 liter
Nedbør i August:	< 2 mm
Chokoladeforbrug:	125 kg
Anmeldte arbejdsskader:	1
Forbrug af vand:	ca. 75.000 liter
Nationaliteter på stationen:	8
Vandprøver fra Zackenbergelven:	77
Første æg fra stor præstekrave:	13. juni
Helikopterlandinger:	2
Lukning af station for vinteren:	9. september
Samlet vandføring i Zackenbergelven:	185.000.000 m <sup>3</sup>
Gæster på stationen:	89
Lemninger observeret:	11 (305 reder)
Afstand til Ækvator:	8.264 km
Døgn med midnatssol:	77
Kopper kaffe drukket:	ca. 7.500
Isbjørneobservationer:	4
Maksimal tykkelse af aktivlaget:	84 cm
Forbrug af toiletpapir:	230 ruller
Første blomstrende purpur stenbræk:	3. juni
Telefonopkald:	525
Kartoffelforbrug:	250 kg
Landinger med fastvinget fly:	32

### Breve fra Zackenberg

De forskere, som besøger Zackenberg i løbet af sommeren, deltager i den løbende orientering om stationen ved på skift hver uge at skrive breve om aktiviteterne ved Zackenberg. Brevene offentliggøres på Zackenbergs hjemmeside ([www.zackenberg.dk](http://www.zackenberg.dk)). De efterfølgende uddrag af breve stammer alle fra sæsonen 1999 (se side 11, 15, 19, 23, 27).



## ZERO (Zackenberg Ecological Research Operations)

– et koncept, som samler forskning, monitoring og logistik.

### Af Morten Rasch

Zackenberg Station er Zackenberg-arbejdets hardware. Det er alle huse, teltene, køretøjerne, generatoren, klimamasten og gryderne i køkkenet. ZERO er Zackenbergs software. Det er forskernes og monitoringsprogrammernes arbejde med dataindsamling og -bearbejdning. Det er logistikens arbejde med at få alt det praktiske ved stationen til at fungere, og det er arbejdet med afrapportering og opbevaring af de mange data.

Ved etableringen af Zackenberg Station var visionen, at forskning, monitoring og logistik skulle arbejde tæt sammen og være til gavn for hinanden. Dette samarbejde betegnes ZERO, som betyder **Z**ackenberg **E**cological **R**esearch **O**perations (Fig. 5).

Monitoringen er indsamling af data, som først om mange år med statistisk troværdighed kan sige noget generelt om processerne i det højarktiske økosystem. På kort sigt kan data fra monite-

ringen understøtte forskningen. Tidligere foregik forskning i disse øde egne typisk ved, at en ekspedition etablerede lejr på et sted, hvor ingen andre havde været før. Her oplevede de så stedets virkelighed i en meget kort periode. Hvis de var heldige, var perioden gennemsnitlig, hvis de var uheldige, var den ekstrem. Med et alsidigt monitoringsprogram er det sikret, at de mere specialiserede forskningsprojekter kan relatere deres målinger til det normale.

Forskningen kan understøtte miljøovervågningen med aktuel ekspertviden om særlig relevante parametre, som bør måles, nye måle- og analysemetoder samt naturligvis ved at bruge monitorings data.

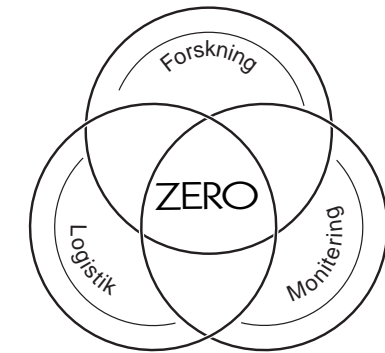


Fig. 5. ZERO – udnytter vekselvirkningen mellem forskning, monitoring og logistik.

Fig. 6: Driften af en feltstation i højarktisk kræver meget logistik. Foto: Henning Thing, Polar Photos ©.





Logistikken er den nødvendige forudsætning for forskning og miljøovervågning (Fig. 6). Der bliver ikke lavet nogen forskning og miljøovervågning, med mindre der er mad på bordet, demineraliseret vand i hanerne, strøm til måleinstrumenterne, god kommunikation med omverdenen og en velplejet landingsbane, hvor fly kan lande uden fare for passagererne (Fig. 7). Logistikken er samtidig den mest miljøbelastende aktivitet på en forskningsstation midt i ødemarken. Tungt udstyr skal køres fra det ene sted til det andet gennem den sårbare tundra, og store mængder brændstof skal opbevares. Ved et tæt samarbejde mellem

forskningen, miljøovervågningen og logistikken sikres det, at de logistiske aktiviteter foregår på den mest skånsomme vis. Ved Zackenberg er brændstofdepoterne eksempelvis sikret med en uigennemtrængelig dug, og der er etableret en transportkorridor til kørsel af tungt udstyr ud i terrænet.

ZERO-konceptet har vist sig at være en ideel organisering af arbejdet ved en feltstation, og konceptet er derfor blevet en dansk eksportvare. I dag skeler udenlandske feltstationer til konceptet ved Zackenberg, når de skal tilrettelægge deres langtidsobservationer i øde egne.

Fig. 7. Al transport til og fra Zackenberg Station foregår med Twin Otter fly.  
Foto: Thomas Berg, Aurora Photo ©.



Zackenberg, den 6. juni 1999

”Der er tåge over landet. Vi er på vej til Nansenblokken, som befinder sig i 450 meters højde på Zackenbergfjeldet. Vi er alle lige ankommet fra Danmark, så hver højdemeter er en overvindelse. Der er prusten og stønnen, våde pander og dråber under næsen. Pludselig ser vi et lille hul med blåt over hovedet. Herefter går det stærkt. I løbet af få minutter er al tåge væk. Så eksploderer det hele. Der kommer dybde i landskabet, sneen glimter fra tusindvis af små iskrystaller, og landet omkring os vågner op og viser sig fra sin bedste side. Der er havisen, de flade snedækkede dalbunde, de sorte fjeldsider og de flade fjeldtoppe. Det er en scenografi, der får Pink Floyds ’The Wall’ koncert i Berlin til at minde om en diletantkomedie i Ganløse Forsamlingshus. Der er ingen store armbevægelser. Det er blot Nordøstgrønland, som viser sig fra sin smukkeste side. Enkelt og lige til, koldt, hvidt og ufattelig smukt. Man bliver godt tilpas af at være her.

Forskningsstation Zackenberg åbnede for en uge siden. Sæsonens start var planlagt til mindste detalje. Alle vidste, hvad deres job var, time for time. Men Nordøstgrønland synes ikke om planlægning, så det, der skulle have været en operation med militærisk præcision, endte som en lang kæde af ad hoc løsninger. Første problem var dårligt vejr på kysten, så der gik fem dage, før vi nåede til Zackenberg. Herefter var problemet, at det ikke var muligt at lande ved Zackenberg p.g.a. for meget sne. Vi måtte derfor ned i Daneborg og sende to personer på ski ind som pionerer til åbning af station og start af køretøj. Herefter var det planen at køre folk til Zackenberg over havisen, men efter den første tur frem og tilbage med en passager og bunker af udstyr gik køretøjet i stykker. Reparation var ikke mulig, og folkene gik i gang med at rydde landingsbane. Efter tre dage var landingsbanen 180 meter lang, det var muligt at lande, og vi ankom alle til Zackenberg.”

Morten Rasch

# KlimaBasis og GeoBasis

## – overvågning af den fysiske natur ved Zackenberg

### Af Morten Rasch

Der er to miljøovervågningsprogrammer, KlimaBasis og GeoBasis, som overvåger den fysiske natur ved Zackenberg. De to programmer arbejder tæt sammen.

KlimaBasis programmet tager sig først og fremmest af den klimatologiske monitoring, som omfatter almindelige meteorologiske parametre som temperatur, nedbør, lufttryk o.lign. samt mere specielle klima-parametre som nettostråling, snedebør, ultraviolet stråling og albedo (Fig. 8). (Albedo: Den procentdel af solstrålingen, som reflekteres af jorden. Størrelsen varierer afhængigt af overfladens karakter.) Programmet finan-

sieres af Grønlands Hjemmestyre og gennemføres af den grønlandske sektor-forskningsinstitution ASIAQ, Grønlands Forundersøgelser. Data fra dette program er af stor betydning for forskningsprojekterne og de øvrige miljøovervågnings-programmer ved Zackenberg. Hurtig adgang til klimadata sikres i felten ved tapning af klimastationerne en gang om ugen. Umiddelbart efter tapning kan data anvendes af forskningsprojekterne.

GeoBasis-programmet tager sig af den geomorfologiske monitoring (overvågningen af de landskabsdannende processer) samt overvågningen af det hydrologiske kredsløb (vandets vej fra

regn til afstrømning). GeoBasis-programmet drives i samarbejde mellem Dansk Polarcenter og Geografisk Institut ved Københavns Universitet. Monitoring af de landskabsdannende processer omfatter en lang række landskabsformer, som er karakteristiske for områder med permafrost. Monitoring af det hydrologiske kredsløb foregår i samarbejde med KlimaBasis-programmet. Nedbøren i Zackenbergområdet måles dels med almindelige regnmålere og dels med snedybdesensorer. Berigelsen af vandet med næringsioner registreres ved måling af vandkemien i den optøede del af jorden. Afstrømningen måles med en automatisk målestation, som måler vandstanden i elven – data som via få manuelle feltmålinger kan omsættes til vandføring (Fig. 9). Måling af vandkemien og sedimenttransporten i elven foretages ved analyse af vandprøver.

Langtidsobservationer af afstrøm-

ning og vandkemi er ikke foretaget i NØ-Grønland, før Zackenberg Station blev grundlagt. Disse observationer er væsentlige for forståelsen af de processer, som skaber klimaet i det nordlige Europa. En forøgelse af saltindholdet i Nordatlantens havvand som følge af en fordampning, som størrelsesmæssigt ikke modsvares af tilstrømningen af ferskvand fra kontinenterne, regnes som en væsentlig mekanisme i opretholdelsen af de havstrømme, som udjævner jordens klimaforskelle. Der findes omfattende data, som beskriver tilstrømningen af og vandkemien i det ferskvand, som strømmer til Nordatlanten fra Skandinavien, men feltdata mangler helt fra Nordøstgrønland.

Sneens dybde og udbredelse er to meget væsentlige parametre for forståelsen af arktiske økosystemer. Sneens dybde bestemmer temperaturforholdene ved snepakkens bund – en faktor som har betydning for de dyr

Fig. 8. Zackenbergs klimastation består af to store og en lille mast samt en nedbørsmåler. Foto: Henning Thing, Polar Photos ©.



Fig. 9. I Zackenbergelven måles vandføringen automatisk én gang hvert kvarter, mens vandkemien i elven måles manuelt én gang pr. døgn. Foto: Henning Thing, Polar Photos ©.







Fig. 10.  
Ved opretning af billeder optaget med digitalt kamera er det muligt at foretage en kortlægning af sne-dækket.

Fotos:  
Steen B. Pedersen  
og Kim Have.

og planter, som lever i eller under sneen. Sneens udbredelse eller fordeling i terrænet har stor betydning for områdets energibalance og dermed for planternes og dyrenes udvikling og overlevelse. Et snedækket område reflekterer ca. 80 % af solstrålingen, mens et område uden sne typisk reflekterer ca. 20 %. Når sneen smelter bort fra et område, vil området altså blive udsat for en væsentligt forøget energitilførsel, som vil føre til en temperaturstigning og efterfølgende forøget smeltning i omkringliggende områder. Snedækkets udbredelse registreres normalt v.h.a. satellitbilleder.



Hvis der ønskes en god areal- og tidsmæssig opløsning, er dette en meget dyr teknik. Ved Zackenberg har vi derfor udviklet en ny metode. Et digitalt kamera placeret i 500 meters højde på Zackenbergfjeldet tager dagligt billeder af undersøgelsesområdet. Ved hjælp af et nyudviklet computerprogram laves disse skrå optagelser om til billeder, som kan lægges ovenpå vores digitale kort (Fig. 10). Ved hjælp af et andet computerprogram kan vi herefter automatisk kortlægge sneens udbredelse. De tilvebragte data er væsentlige for såvel den biologiske monitoring som for forskningsprojekterne ved Zackenberg.



Zackenberg, den 12. juli 1999

”Der er meget grønnere på den anden side af elven, synes en flok moskusokser at mene. De befinder sig på vestsiden af Zackenbergelven og er jævnlige nede på bredden for at kigge længselsfuldt over på den anden side. Men vandstanden i elven har hidtil været for afskrækkende. En flok forskere fra østsiden synes derimod, at der er grønnere på vestsiden, og de lader hverken strømforhold eller chancen for vandgang afskrække dem fra at forcere elven i en lille gummibåd. Sommeren går sin gang. Der ligger stadig en del sne, men skiene er nu stillet væk, for man kan klare sig med vandrestøvler eller gummistøvler. Kærulden er ved at springe ud, og der er mange blomster overalt: Fjeldvalmuer, grønlandsk fjeldsimmer, arktisk alperose, kantlyng, storblomstret gederams og ikke mindst polarjakobsstige, som i Grønland kun findes her i nordøst mellem 73° 42' N og 74° 50' N. Bram-

gæssene i deltaet har fået gæstinger, og i lørdags blev det første kuld præstekraveunger set i en rede ved elven – 3 unger og en på vej ud af ægget.

Sæsonens første isbjørn viste sig i lørdags. Den blev set af to Zackenbergere ved foden af Oksebakkerne, heldigvis på sikker afstand. Da nyheden nåede stationen skulle alle op på taget af hus 5 for at følge bamsen i kikkert. Den tog sig en middagslur i en snedrive, og havde det åbenbart vældig rart – den blev liggende i mindst 7 timer. Næste morgen var den væk, og så var spørgsmålet, hvor den var gået hen. Lysten til at bevæge sig alene væk fra stationen var ikke stor. Bjørnebanden blev derfor sendt afsted, og de kunne lidt op ad formiddagen rapportere, at bjørnen var på vej ud over fjordisen i retning mod Daneborg.”

Vibeke Sloth Jakobsen



## BioBasis

Hvordan reagerer Nordøstgrønlands planter, lededyr, fugle og pattedyr på klimaændringer?

Af Hans Meltofte



Fig. 11. Vadefuglene (her stenvender) er den dominerende fuglegruppe på den højarktiske tundra, hvor de lever højt på sommerens masseforekomster af insekter og edderkopper. Foto: Hans Meltofte, Polar Photos ©.

Vejrdata fra de sidste 20-30 år viser, at der er sket en opvarmning på op til 2-3 grader i det meste af Østgrønland. Samtidig er udbredelsen af polaris udfor Østgrønland indskrænket, hvilket har medført et mere maritimt klima med større nedbørsmængder. Udbredelsen og tætheden af polaris, der driver ned langs Østgrønlands kyst, er nemlig bestemmende for klimaet især i Nordøstgrønland, hvor der er højarktisk kontinentalt klima i perioder med udbredt og tæt isdække flere hundrede kilometer til havs, mens der er mere maritimt klima i perioder, hvor isen er mindre udbredt.

Disse ændringer kan sættes i forbindelse med den såkaldte nordatlantiske svingning (oscillation), der er en parallel til den mere kendte El Niño i den tropiske del af Stillehavet. I perioder med stabilt højtryk over Azorerne presses lavtrykkene over Nordatlanten mod nord, så klimaet i Østgrønland og Nordeuropa bliver mildt, blæsende og nedbørsrigt. Omvendt

bliver klimaet koldere, samt mindre fugtigt og blæsende i perioder, hvor højtrykket over Azorerne er svækket.

### Hvad sker der i Nordøstgrønland?

Sydøstgrønland er stærkt præget af nærheden til Atlanterhavet. Klimaet er generelt ustabilt, og såvel vintre som somre er nedbørsrige. Derfor er der mange dalgletschere, der er kun meget lidt isfrit lavland, og et tykt snedække og ustabile vejrforhold betyder, at kun få landdyr kan leve her.

I Nordøstgrønland er forholdene helt anderledes. Her er der takket være polarisen meget mere kontinentalt højarktisk klima med relativt lille nedbør og stabile vintre uden de tøjvejsperioder, som slår dyrelivet ud (p.g.a. efterfølgende overisning). Resultatet er, at dyrelivet er langt rigere med moskusokser, lemminger, ulve og et fugleliv, der domineres af vadefugle og gæs. Perioder med mere atlantisk påvirkning kan imidlertid vende radi-



Fig. 12. Habitaterne i Zackenbergdalen er meget varierede, og stort set alle Grønlands højarktiske naturtyper, fra vegetationsløse afblæsningsflader (A) til frodige kær (B), er repræsenteret. Fotos: Hans Meltofte (A) og Henning Thing (B), Polar Photos ©.

kalt op og ned på disse forhold, så f.eks. moskusokserne dør i massevis over store strækninger.

Vi havde kun ringe mulighed for at studere, hvordan disse processer foreløber i relation til de naturlige og menneskeskabte klimasvingninger, indtil Zackenberg Station blev bygget. På trods af at klimasvingninger havde været kendt i årtier (uden at man dog havde nogen tilfredsstillende forklaring på deres årsager), fandtes der nemlig ingen tidsserier af data, der kunne belyse deres effekt. Selv tilfælde af massedød blandt moskusokserne fandtes der kun sporadiske oplysninger om.

### BioBasis-programmet i Zackenberg

Hvor der i Danmark og i de fleste andre lande findes et finmasket netværk af feltstationer og monitoringsprogrammer, foregår der kun meget lidt naturovervågning i de arktiske

områder, på trods af at det netop er her, den største effekt af de forventede klimaændringer kan forudsiges. Hvad økologisk monitoring angår, så findes der ikke andre stationer med en så omfattende og tværfaglig monitoring som ved Zackenberg.

Formålet med BioBasis-programmet ved Zackenberg er at få indblik i de vekselvirkninger (vejr-klima-landskabsprocesser-kemi-planter-dyr), der styrer trivsel og i sidste ende bestandsudviklingen hos planter og dyr i højarktisk, samt at dokumentere de ændringer, der er et resultat af såvel de naturlige som de menneskeskabte klimaændringer. Klimaændringerne selv og ikke mindst deres årsager overlader vi derimod trygt til klimatologerne. De råder over et helt anderledes omfattende netværk af vejrstationer og satellitmålinger over hele Jorden.

BioBasis-programmet foretager en





Fig. 13. Ved Zackenberg er fjeldsimmer (*Dryas*) en af karakterplanterne, hvis blomstringsfænologi og blomstersætning følges nøje. Foto: Hans Meltofte, Polar Photos ©.

løbende monitorering af mere end 1200 variabler blandt planter, leddyr, fugle og pattedyr (Fig. 11-14). Vægten er lagt på bestandsændringer, udbredelse, fænologi, prædation og reproduktiv succes. Blandt de 150 højere planter, der er fundet i området, er de væsentligste elementer, vi følger, udbredelsen og artssammensætningen af 128 »plantezoner« langs en 8,8 km lang linie fra havniveau til toppen af et fjeld i 1.040 m's højde og forløbet af snesmeltning, mikroklimatemperaturer, primærproduktion, blomstersætning (tidsforløb og antal) samt frømodning hos ni plantearter i 36 studiefelter. Hvert år fanges og indsamles i størrelsesordenen 50.000 insekter, edderkopper og andre leddyr i 50 fælder fordelt på syv stationer i forskellige plantesamfund. De talrigeste grupper er mider, springhaler, fluer, svampemyg, dansemøg og jagtedderkopper. Ynglefuglene optælles og kort-

lægges inden for et 19 km<sup>2</sup> område med fjeldhede, tundra, fjeldskrånninger og afblæsningsflader, og blandt udvalgte arter såsom sandløber, alm. ryle, stenvender, lille kjove og bramgås registreres yngleindsats, æglægningsstidspunkt, kuldstørrelser, klækningssucces, prædation og produktion af flyvedygtige unger. Blandt pattedyrene overvåges forekomst, habitatvalg og demografi hos de op til 160 moskusokser, bestandssvingninger, habitatvalg og yngleindsats hos lemninger, samt forekomst, farvefaser og yngel i seks polarrævegrave. Endelig monitoreres vandkemi samt plante- og dyreplankton i to søer. Fra år 2000 er det tillige planen, at vi skal påbegynde monitorering af udveksling af kultvelte og vanddamp mellem tundraen og atmosfæren som led i udredningen af klimaændringernes selvforstærkende effekt ved frigivelse af store kulstofreserver i de polare egne.

Fig. 14. Tidspunkt for æglægning kan blandt andet bestemmes ved at sænke ægget ned i vand. Foto: Inger Meltofte, Polar Photos ©.



### Et interessant år

Vi har nu fem års data fra Zackenberg. Ikke mindst 1999-sæsonen var interessant, fordi vi for første gang oplevede et lidt ekstremt år med næsten to meter tykt snedække i størstedelen af undersøgelsesområdet og to ugers forsinket snesmeltning. Planter og dyrs meget forskelligartede reaktion herpå gav for første gang et indblik i de ændringer i økosystemerne, som forventes som følge af "Climate Change" (primært øgede snemængder og senere snesmeltning). En lang række plantearter blomstrede stærkt forsinket, og i enkelte studiefelter nåede ikke engang halvdelen af knopperne at springe ud, inden vinterens komme omkring 1. september. Også fuglene ynglede op til 12 dage senere, hvilket er meget i betragtning af, at deres potentielle æglægningsperiode kun er

3-4 uger fra snesmeltningen begynder omkring 1. juni, og til det er for sent at yngle. Hos enkelte arter, såsom stenvender og lille kjove, undlod mindst halvdelen af bestanden at yngle, og alle arter havde reducerede æg- og ungekuld. Vores formodning om en negativ sammenhæng mellem snedække og forekomst af moskusokser blev bekræftet. Lemmingbestanden var reduceret til det halve efter et maksimum året før, men lemningerne svinger jo altid kraftigt, så reduktionen ville måske have været endnu større uden det tykke snedække.

Zackenberg, den 12. juni 1999

"Det forsinkede forår tegner til at påvirke flora og fauna ganske meget. Blomsterfelter, der de andre år har været snefri og fulde af knopper og blomster, ligger stadig under 1/2-1 m sne. Mange af fuglene, der ellers var ankommet i pæne tal allerede først i juni, er forsvundet igen. Hvor vi andre år havde store og stabile bestande af de fleste arter, kan vi i år måske se frem til stærkt reducerede bestande, der tillige må vente 1-2 uger i forhold til 'det normale' med at yngle. Når jeg sætter 'det normale' i anførselstegn, skyldes det, at

man næppe kan tale om noget normalt heroppe. Vi ved, at variationen er meget stor, men den har aldrig været undersøgt. Det er netop formålet med meget af forskningen og monitoreringen her i Zackenberg: Ved at følge de samme studieområder år ud og år ind kan vi for første gang få indblik i variationen i en lang række naturgeografiske og biologiske elementer og på længere sigt registrere effekterne af klimatiske ændringer, hvad enten de er naturlige eller et resultat af drivhuseffekten."

Hans Meltofte





## Halsbåndlemmingen i Nordøstgrønland

Af Thomas Bjørnboe Gomes Berg

Fig. 15. Halsbåndlemminger (*Dicrostonyx groenlandicus*) ved sommerbo.  
Foto: Thomas Berg, Aurora Photo ©.

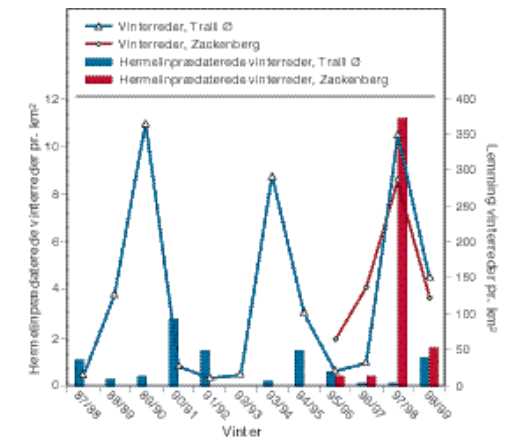
Lemmingen er en lille gnaver med cirkumpolar udbredelse. Der findes ti arter, hvoraf kun de tre *Dicrostonyx*-arter er specialiserede til højarktiske forhold. Halsbåndlemmingen (Fig. 15) er eneste art på de nordligste canadiske øer og i Grønland. Den er aktiv og yngler året rundt, og den indtager en central rolle i det arktiske økosystem. Et stabilt tykt vintersnedække er altafgørende for halsbåndlemmingens overlevelse, idet den om vinteren (8-9 måneder af året) bor i et hulrum mellem jorden og sneen, hvor temperaturen er stabil og sjældent lavere end  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ . Med års mellemrum eksploderer populationens størrelse, og i sådanne år kan der være op til tyve gange flere lemminger end i lemmingfattige år. Massevandring, som dem man kender fra Skandinavien, kendes ikke hos halsbåndlemmingen i Grønland.

### Sommer- og vinterbolig

Om vinteren bygger lemmingen en

rede af græs. Rederne anlægges nedlejret i vegetationen bag lægivende sten, i fordybninger eller på skrånninger efter første snefald. Har aktiviteten i og omkring reden været stor, evt. med yngel, anlægges en ny rede i umiddelbar nærhed af den første. Så snart snesmeltningen tager fart i juni, tvinges lemmingerne til at forlade den trygge tilværelse under sneen og flytte til sommerboligen. Sommerboligen er underjordiske bo anlagt i tør jordbund typisk på snebare flader med rypelyng. Ofte er der tale om tidligere anvendte sommerbo. Modsat om vinteren foregår al fødeindtagelse om sommeren frit eksponeret for rovdyr. Omkring sommerboligen findes derfor mange flugthuller, som blot er blinde underjordiske gange på omkring en meters længde. Flugthullerne yder beskyttelse mod angreb fra kjover, sneugler og polarræve, men hermelinen kan p.g.a. sin slanke kropsbygning forfølge lemmingen ned i gangsystemet.

Fig. 16. Populationssvingninger hos halsbåndlemming og hermelin ved Zackenberg og på Traill Ø, 220 km syd for Zackenberg.



### Lemmingens betydning for økosystemet

Lemminger påvirker vegetationen omkring deres bo kraftigt og har samtidig afgørende betydning for andre arters ynglesucces. Jo mere specialiseret et rovdyr er, des mere afhængigt er det af byttedyrets succes. Den lille kjove og sneuglen er som hermelinen helt afhængig af lemmingbestandens størrelse. Er lemmingbestanden lav, vil sneuglen i de fleste tilfælde ikke slå sig ned i det pågældende område, mens kjoverne bliver i området, hvor de hurtigt opgiver at yngle og herefter overlever på insekter, frø, bær og fugleunger. Polarræven har langt flere fødekilder, omend lemmingen er et vigtigt byttedyr. Polarræven kan derfor have en stor hvalpeproduktion i år med lav lemmingtæthed, hvis blot der har været rigeligt føde i vinterperioden. Dog vil hvalpedødeligheden i sådanne år oftest være høj (>75%).

### Bestandssvingninger

Bestandssvingninger er vidt udbredt i dyreriget, hvorimod cykliske svingninger er begrænset til polnære arter. For halsbåndlemmingens vedkommende er der tale om 3-5-årige cykliske svingninger (Fig. 16). Cykliske svingninger har været genstand for forskning siden 1920'erne, og antallet af artikler i fagtidsskrifter opgøres lettest i hyldemeter. Trods den intense indsats er vi i dag kun kommet få skridt nærmere en dækkende forklaring på lemmingernes gåde. Hypote-

serne har omhandlet faktorer som adfærdændringer, fødekvalitet, planteforsvarsstoffer, prædation, klimaforhold og genetik. Det er givetvis en blanding af mange faktorer, der driver svingerne og deres amplitude. En afgørende grund til, at man ikke har fundet én almen gyldig forklaring på »lemminggæden«, er formentlig, at forskellige faktorer gør sig gældende på forskellige lokaliteter, samt at vores viden om den vigtige vinterperiode er meget begrænset.

### Lemminger i Nationalparken

I Nordøstgrønlands Nationalpark har der været fokus på lemminger siden 1988. Et fransk forskningsprojekt har på Traill Ø fulgt vinterbestanden af halsbåndlemminger ved optælling af vinterreder den efterfølgende sommer. Samme metode anvendes ved Zackenberg som del af BioBasis og et tilkøbt forskningsprojekt. Projektet fokuserer på halsbåndlemmingens populationssvingninger i relation til fødekvalitet og -kvantitet. Der er ved Zackenberg udlagt et 2,5 km<sup>2</sup> studieområde, hvori alle vinterreder og aktive som-



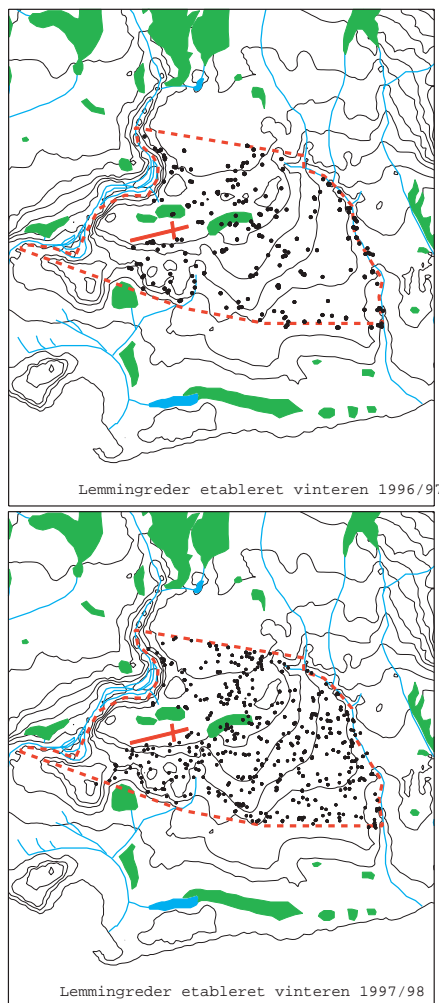


Fig. 17. Prikkort over vinterreder i 1997 og 1998 i det 2,5 km<sup>2</sup> store studieområde.

merbo registreres én gang årligt. De årlige prikkort (fig. 17) bruges til analyser af lemmingernes fordeling og habitatvalg.

Antallet af vinterreder og sommerbo er indekstal for sæsonpopulationerne. Ved brug af radiotelemetri indsamles sommerdata om territorie og popu-

lationsdemografi i et 2,5 km<sup>2</sup> stort område. Disse data bruges til at estimere lemmingbestanden i hele undersøgelsesområdet. Data er endnu ikke bearbejdet, og vi mangler stadig et år med en entydig lav lemmingbestand, men det kan forsigtigt skønnes, at der i lemmingrige vintre ved Zackenberg kan være 300-500 lemminger pr. km<sup>2</sup>, mens tallene for lemmingfattige vintre ligger mellem 50 og 100 pr. km<sup>2</sup>.

Undersøgelser af reder giver information om redemateriale, redens udnyttelsesgrad og evt. prædation af hermelin. I mange tilfælde består rederne af græs på trods af mangel på græs i umiddelbar nærhed. Dette indikerer, at det ikke er plantesamfundet, der er afgørende for valg af vinterhabitaten, men derimod snedækkets beskaffenhed. Et stabilt tykt snedække er afgørende for, om lemmingen etablerer sig i området.

Fødeplanterne består primært af arktisk pil, rypelyng og forskellige enkimbladede. Den årlige primærproduktion svinger både kvantitativt og kvalitativt. Med udgangspunkt i BioBasis vil forskningsprojektet undersøge relationen mellem lemmingers bestandsvingninger og fødens kvantitet og kvalitet, gennem fæcesanalyser, fodringsforsøg og planteanalyser. Planter producerer forsvarsstoffer, som gør dem dårligere egnede til føde. Forsvarsstofferne overføres til lemmingen ved græsningen og kan således tvinge lemmingen til at bruge mere tid på at dække sit fødebehov og dermed udsætte sig for øget risiko for at blive spist.

Prædation af lemminger er flere gange foreslået som afgørende for de cykliske svingninger. Projektet indsamler derfor data om prædationstryk-

ket fra hermelin (vinterdata) og lille kjove (sommerdata). Prædation af hermelin ses oftest ved, at vinterreden er fuldt foret med lemminghår. Hermelinen har efter indtagelse af redens beboere pelset dem, foret reden med hårene og er selv flyttet ind for vinteren. Om sommeren er hermelindata

sværere at indsamle, hvorimod kjovers gylp gør det muligt at kvantificere deres prædation. Rovfuglegylp har den fordel, at knoglerne ligger ufordøjede tilbage og derfor tillader en morfologisk analyse af byttet (i modsætning til de knuste og fordøjede rester man finder i fæces fra rovdyr).

Zackenberg, den 5. September 1999

"Vi har hørt, at man i Danmark p.t. oplever en 'Indian Summer', og at vejrudsigten melder om sky clear, ubegrænset sigt, vindstille og 25°C. Her har vi 2°C, 8/8 lave skyer, 10 km sigt, 25 knob fra nord og snevejr. Det er ved at være lukketid ved Zackenberg. Frem til onsdag lover flyvejrtjenesten i Kangerlussuaq lavtryk på lavtryk i Danmarksstrædet. Kigger vi bagud, havde vi sidst godt vejr den 27. august, og det er altså en ren jammer, når ens væsentligste formål med at være her er at færdes i terrænet. Vi holder skruen i vandet og får arbejdet udført, men når folk vender hjem til stationen efter et par timer i felten, trænger de virkelig til en kop varm kaka og lidt moralsk opbakning. Årets næstsidste fly afgik den 3. september, og da vi lukkede døren til flyet i dette gudsjammerlige vejr, kunne man godt overveje, om det ikke var helt galt, at man befandt sig uden for flyet. Nu er vi otte tilbage på stationen. Ifølge vores kilder i Danmark, skulde Voldborg have omtalt vejret i NØ Grønland som noget værre møg efterfulgt af en bemærkning om, at dette jo ikke gjorde alverden, da der ikke var nogen mennesker på de kanter. Det blev vi lidt stødt over at høre.

Logistikken har travlt med nedlukning af stationen. Husene skal rengøres og lukkes forsvarligt, elvforbindelsen skal pilles ned, der skal etableres midlertidig vandforsyning til starten af næste sæson, generatorerne skal have det sidste tjek, og der skal gøres status over brændstof og proviantdepoter. Claus er i færd med at pille sin klimamast ned. Han har hele sommeren målt kuldioxidudveksling i et kær ca. 3 km nord for stationen. Birgit og Ron indsamler årets sidste vandprøver fra bifloder til Zackenbergelven. Hanne måler tykkelsen af aktivlaget i flere forskellige felter rundt omkring i terrænet. Efter sigende er optøningen stoppet for ca. fjorten dage siden, og nu bliver aktivlaget igen tyndere og tyndere. Jeg selv er startet med at tappe de fjerneste dataloggere. Miljøovervågningen ved Zackenberg har ca. 100 dataloggere spredt rundt omkring i terrænet. Vi vil selvfølgelig have så mange data som muligt med hjem. Derfor venter vi til sidste øjeblik med at tappe dataloggerne. Det er nu, og så er det bare ærgerligt, at vejrguderne ikke er med os."

Morten Rasch





## Jordbundsudviklingen

Af Bo Elberling og Bjarne Holm Jakobsen

Fig. 18. Jordvand indsamles ved snefane i våd engtundrajord. Foto: Bo Elberling.

Jordbunden er en vigtig del af det samlede økosystem ved Zackenberg. Jorden er lager for næringsstoffer og vand, der er afgørende for planter. Næringsstofferne frigives primært i jordens øverste lag ved nedbrydning af jordens mineraler og organisk stof. Mængden er derfor bestemt af bl.a. udgangsmaterialets sammensætning, vegetationsudviklingen og klimaet. Ovennævnte forhold vekselvirker. F.eks. bidrager en øget nedbør til øget udvaskning af næringsstoffer fra jorden og ændrer dermed vækstbetingelser for plantesamfundet og dermed stofkredsløbet. Ved detaljerede jordbundsundersøgelser er det muligt dels at beskrive jordens stofkredsløb og dels at opnå viden om markante ændringer i f.eks. klimaforhold og plantesamfund siden sidste istid for mere end 10.000 år siden.

### Jordbundsforurening – en aktuel proces

Udvaskningen af ioner ved Zackenberg er begrænset i forhold til en typisk dansk jord, men alligevel ses en gradvis forurening af de øverste jordlag med pH-værdier i jordvandet på 4,5-6,0. Dette skyldes, at kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ) frigives i jorden ved omsætning af organisk stof samt ved planterøddernes ånding.  $\text{CO}_2$  opløses i jordvandet og danner kulsyre, som angriber jordens mineraler, som derved går delvis i opløsning (forvitrer). Der findes ikke meget kalk i jorden omkring Zackenberg, som kan neutralisere denne naturlige forurening (lavere pH-værdier), så det er den noget langsommere forvitring af jordens øvrige mineraler, bl.a. silikater, samt ombytning af ioner adsorberet på partikeloverflader, som er de vigtigste processer i jorden



Fig. 19. Jordluft fra forskellige dybder pumpes op til overfladen og analyseres for bl.a. luftens indhold af ilt og kuldioxid. Foto: Bo Elberling.



Fig. 20. Forholdet mellem hvor meget kuldioxid, der henholdsvis frigives og optages i jorden, måles som en ændring  $\text{CO}_2$ -koncentrationen i et kammer. Foto: Bo Elberling.

til at modvirke forurening. Denne omsætning af organisk stof og efterfølgende forurening undersøges nærmere ved Zackenberg som en del af GeoBasis-programmet. De aktuelle processer i jorden afspejles i jordvandets sammensætning af ioner. Derfor indsamles der ved Zackenberg jordvand ved hjælp af sugeceller – små cigarformede celler, der via en slange til overfladen gør det muligt at suge vand ud af jorden og indsamle vandet i flasker på jordoverfladen (Fig. 18).

Der er ved Zackenberg oprettet to undersøgelseslokaliteter, der repræsenterer de to mest udbredte jordbundstyper. Den arktiske brunjord findes på de flade og veldrænedede områder, hvor kantlyng, pil og dryshede dominerer (Fig. 19). Øverst består en sådan jordbund af en 2-5 cm tyk horisont, hvor der er sket en ophobning af delvist omsatte blade og andet organisk materiale. Under dette lag er jorden mere brunlig p.g.a. forekomsten af

jernforbindelser, der er dannet ved forvitring af jordens mineraler. Da forvittringsintensiteten aftager nedefter, aftager farven hurtigt med dybden i denne horisont. Under denne zone, typisk i en dybde af 40-50 cm, findes det oprindelige udgangsmateriale. I lavninger og neden for større snefane findes den anden karakteristiske jordbundstype, den våde engtundrajord (Fig. 18). De større vandmængder sommeren igennem sikrer en mere frodig kær-vegetation domineret af græsser og kæruld. Den øverste organiske horisont er tykkere end i brunjorden, fordi det højere vandindhold begrænser ilttilgangen og dermed omsætningen af organisk stof.

### Drivhuseffekten

Omsætningen af organisk stof i jorden medfører, at jordens indhold af kuldioxid og metan ( $\text{CH}_4$ ) er mange gange større end atmosfærens. Hvis det meget store lager af kulstof, der er





Fig. 21. Kraftig jorderosion ved termokarst som resultat af pludselig optøning af jorden.  
Foto: Bo Elberling.

bundet i dødt plantemateriale i de arktiske områders kolde og frosne jorde, omsættes, vil det medføre en væsentlig frigivelse af både CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> og dermed forstærke drivhuseffekten. Udveksling af drivhusgasser mellem atmosfæren og jordbunden måles på forskellig måde ved Zackenberg. En af måderne er at måle koncentrationen af CO<sub>2</sub> i jordprofiler (Fig. 19 side 25), en anden er at måle nettotransporten af CO<sub>2</sub> ved hjælp af et kammer (Fig. 20 side 25). Ved kammermålingerne måles ændringer i CO<sub>2</sub>-koncentrationen over et kort tidsrum i et kammer placeret på overfladen. Denne form for data giver indblik i, hvor meget CO<sub>2</sub> der forbruges ved planternes fotosyntese sammenlignet med frigivelsen af CO<sub>2</sub> ved planternes ånding og ved omdannelse af organisk stof. Kulstofbalancen er meget afhængig af

vegetationstype, jordbundstype og jordens indhold af vand: Kammermålinger fra sommeren 1999 viste, at CO<sub>2</sub>-optaget på heden som resultat af fotosyntese var væsentlig mindre end i de våde kærområder, og at CO<sub>2</sub>-frigivelsen på heden det meste af sommeren oversteg optaget. De tørre hedeområder ved Zackenberg virkede denne sommer altså som en kulstofkilde til atmosfæren.

### Erosion

Fjernelse af jordbunden ved erosion kan opleves flere steder nær kystskrænter og større floder. En specielt dramatisk form for erosion ses i forbindelse med termokarst (Fig. 21). En termokarst dannes typisk i områder med isrig permafrost og/eller iskiler, hvor energitilførslen af en eller anden grund forøges, f.eks. når et vandløb

skifter leje. Resultatet er en pludselig optøning, jorden kollapser, og store mængder jord og organisk stof, som før var nedfrosset, fritlægges pludselig og indgår i det aktuelle næringsstofkredsløb.

### Fossile jorde

I Zackenberg-området findes "begravede" jordbundstyper, såkaldte fossile jorde, der er begravet under f.eks. vind- eller vandaflejrede sedimente. Sådanne fossile jorde vidner om tidligere tiders klima- og vegetationsforhold. Begravet under mere end 30 cm flyvesand findes enkelte steder resterne af en gammel og stærkt udvasket og næringsfattig jordtype (en podzol). I Figur 22 ses et mørkebrunt/røddigt lag, som er den gamle udfældningshorizont i podzolen. I den zone er organisk stof samt jern- og aluminiumforbindelser udfældet. En sådan transport af organisk stof og metaller fra overliggende lag har forudsat dannelse af stærke organiske syrer under omsætning af organisk stof ved overfladen. Disse syrer har medvirket til forsurening og en opløsning af jern og aluminium, som med nedrivningsvandet har bevæget sig ned og er blevet udfældet dybere i jorden. En tilsvarende, men aktuel jordbundsudvikling kendes i dag fra sydligere breddegrader, f.eks. Sydgrønland. Det er derfor sandsynligt, at der ved Zackenberg har været både en del varmere og mere fugtigt, end der er i dag. Det organiske indhold, som findes i de begravede horisonter, er blevet <sup>14</sup>C-dateret, og det viser sig, at denne varmere og fugtigere periode i Zackenberg optrådte for mere end 4.000 år siden. Dette stemmer overens med bl.a. ilt-isotopundersøgelser fra iskerneboringer fra indlandsisen.

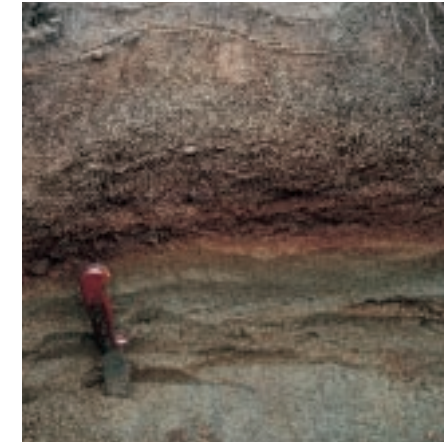


Fig. 22. En begravet jordbund, som er dannet for mere end 4000 år siden, vidner om fortidens klima- og vegetationsforhold.  
Foto: Bo Elberling.

Zackenberg, den 31. juli 1999

"I hele den forløbne uge har det været bragende flot vejr med sol fra en skyfri himmel og let vind. Det har været herligt, bortset fra myggene, som har været mere plagsomme end nogensinde. I dag er det så 'heldigvis' slået om til overskyet og hård vind fra nordøst.

Ugen der gik blev også den periode, hvor hovedparten af fuglene forsvandt. Nu kan man gå flere kilometer uden at se eller høre en eneste fugl. Til gengæld kan der tælles op mod 100 vade-fugle nede i Zackenbergdalens delta. De er ved at æde sig fede inden nonstop flyvningen til overvintringsstederne i Vesteuropa."

Hans Meltofte





## Klimaforandringer og arktiske marine økosystemer

Af Søren Rysgaard og Peter Bondo Christensen

Fig. 23. Hvalrosser på isflage i Young Sund. Foto: Morten Rasch, Polar Photos ©.

Gennem de sidste fem år er der foretaget flere studier af primærproduktion, græsning og omsætning af næringsstoffer i fjorden Young Sund i Nordøstgrønland. Fjorden er kun isfri i to sommermåneder fra midt i juli til midt i september og repræsenterer et område, der først og mest markant vil blive påvirket af mulige klimaforandringer.

De marine studier er samlet i projektet **Changes in Arctic Marine Production (CAMP)**. Projektet undersøger, hvad der sker i det arktiske havområde, hvis udbredelsen af havisen ændrer sig som følge af klimaforandringer. Projektet har to hovedopgaver:

1. At undersøge ændringer i produktionsforhold og fødekæder ved ændrede isforhold.
2. At undersøge, hvordan ændringer i biologien påvirker oceanets evne til at optage kulddioxid fra atmosfæren og

dermed modvirke den globale temperaturstigning.

### Mindre havis

Det er blevet varmere på Jorden. I gennemsnit er den globale temperatur steget 0,3-0,6°C gennem de sidste 100 år. Nogle steder er det blevet lidt koldere og andre steder lidt varmere, men betragtet som et hele er det blevet varmere.

En temperaturstigning på 0,3-0,6°C lyder ikke af ret meget, og vi kan næppe mærke den i dagligdagen i Danmark. Men i Arktis kan det få dramatiske konsekvenser. Selv en lille temperaturstigning har stor indflydelse på isdækket. Havis begynder at smelte ved temperaturer over minus 1,8°C, og selv små temperaturstigninger i Arktis vil medføre, at enorme isdækkede arealer begynder at smelte.

Siden slutningen af 70'erne har man observeret havisens udbredelse fra satellit. I gennemsnit er der blevet mindre havis i Arktis. Dette gælder specielt for Barentshavet, det russiske hav Okhotsk og havet ud for Grønlands østkyst.

### Havstrømmene påvirkes

Modeller, der kobler atmosfære og ocean, viser, at temperaturændringerne kan få alvorlige konsekvenser for havstrømmene i verdenshavene. De arktiske områder virker i dag som en pumpe for de globale havstrømme. Varmt vand strømmer fra den sydlige halvkugle mod Arktis. Her afkøles det og bliver tungere. Det kolde vand synker til bunds og strømmer langs havbunden til den sydlige halvkugle. Denne havstrøm presser samtidig varmere overfladevand tilbage mod nord, hvor det bliver afkølet og synker ned.

Koldt vand kan indeholde mere kulddioxid end varmt vand. Når det kolde vand synker mod bunden i Arktis, trækker det derfor samtidig kulddioxid ud af atmosfæren og tager det med ned i dybhavet. Havet virker derfor som et depot for kulddioxid og kan til en vis grad modvirke drivhuseffekten.

### Temperaturstigning og primærproduktion

Stiger temperaturen, bliver den isfrie periode længere, og havisen bliver tyndere. Samtidig forventer man, at nedbørsmængden i form af sne vil stige. Vi ved meget lidt om, hvad det betyder for primærproduktionen og de næste led i fødekæden i havet. Et mindre isdække får lyset til at trænge længere ned i vandet. Det vil formentlig øge produktionen af planktonalger i vandfasen samt af mikroalger og store



Fig. 24. Målesonde under havisen i Young Sund. Foto: Göran Ehlme.

alger (tang) på havbunden. Omvendt vil isalgernes produktion formentlig aftage, da de isdækkede områder bliver mindre, og da mere sne giver dårligere lysforhold i selve havisen.

En ændring i algernes sammensætning og deres produktion får betydning for de næste led i fødekæden. Der vil ske en forskydning i forekomsten af zooplankton, og mængden og sammensætningen af det organiske materiale, der synker ned på havbunden, vil forandres. I sidste ende har det betydning for fødemængden til bunddyr og fisk og dermed for større pattedyr som hvalrosser, sæler og isbjørne (Fig. 23).

### Nyt måleudstyr

Forskningsprojektet i Young Sund har blandt andet deltaget i udviklingen af en ny målesonde, der kan måle isalger-



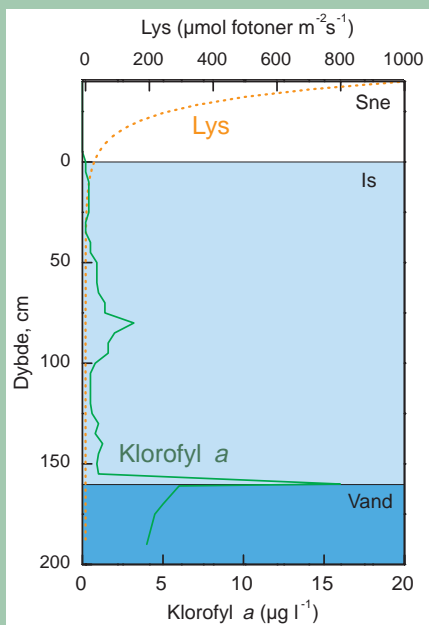


Fig. 25. Lysets nedtrængning i isen og videre til det underliggende hav er bl.a. bestemt af sne og istykkelsen. Isalgerne er ofte koncentreret i den nederste del af havisen, hvor de udnytter lyset fra oven og næringssaltene fra neden.

## Isalger

Isalger er mikroskopiske alger, der lever i og på undersiden af havisen. Isalger er en af flere primærproducenter i marine arktiske økosystemer, og deres produktion og udbredelse bliver bl.a. studeret i CAMP-projektet.

Kimen til isalgerne's produktion opstår allerede, mens havisen bygges op i efteråret. Når frosten sætter ind, fanger isen primært store kiselalger fra vandet. Her ligger de så i dvale og venter på foråret. I Young Sund bliver havisen omkring 1,5 meter tyk.

I modsætning til ferskvandsis opstår der en mængde kanaler og hulrum i havis. Om foråret samler isalgerne sig på undersiden af havisen. Her har de tilpasset sig livet under helt ekstreme forhold. De lever i små saltfyldte hulrum i isen, hvor temperaturen sjældent kommer over 0°C og hvor saltholdigheden kan variere fra ganske få promille til værdier, der er væsentlig større end i det underliggende havvand. Isalgerne udnytter optimalt det sparsomme lys fra oven og drager samtidig fordel af de mange næringsstoffer, der er i havvandet under isen (Fig. 25). En kolossal vækst i forårs-

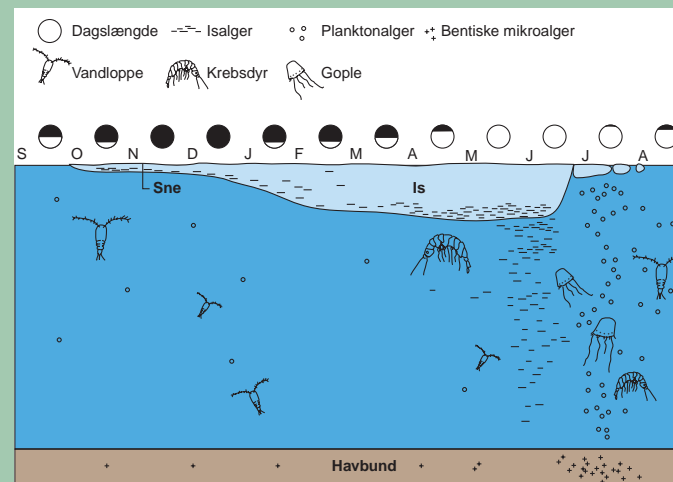


Fig. 26. Skematisk præsentation af den årlige cyklus af isalger, planktonalger og bentiske mikroalger i Young Sund.

månederne farver undersiden af isen lysegrøn, og produktionen kan blive så stor, at algerne hænger som bølgende gardiner ned fra isen. Når væksten af isalgerne og planktonalgerne tager til, eksploderer livet i vandsøjlen. Små krebsdyr, vingesnegle og meget andet myldrer frem og tager for sig af retter-

ne. I Young Sund smelter havisen i juli. Saltindholdet i den nederste del af havisen falder da, og isen bliver næsten fersk. Isalgerne tåler ikke de helt lave saltholdigheder. De dør, falder ud i vandet og synker til bunden, hvor bunddyr og bakterier æder og omsætter resterne af algerne (Fig. 26).

nes produktion. Hjertet af sonden er en mikrosensor, der placeres på et omvendt treben på undersiden af isen. En lille computer styrer en motor, der i meget små trin borer sensoren op i havisen. Målesonden blev anvendt i 1999 (Fig. 24 side 29). Data opsamles automatisk og fortæller, hvor mange isalger der er, hvor meget de producerer, og dermed hvor vigtige de er som fødekilde for de næste led i fødekæden. Desuden kan udstyret udsende varierende mængder lys på undersiden af isen og dermed måle isalgerne's primærproduktion ved forskellige lysintensiteter.

## Beskrivende modeller

Målet med CAMP-projektet er at etablere sammenhænge mellem de forskellige aktører i det arktiske fødenet. Gennem eksperimenter manipulerer vi eksempelvis med væksten af planktonalger ved forskellige lysforhold for at simulere forskellige grader af havisens udbredelse og tykkelse. Resultaterne giver os mulighed for at beregne, hvordan primærproduktionen ændrer sig, hvis havisen ændres som følge af temperaturstigningen. På tilsvarende vis undersøger vi, hvordan næringssalte, zooplankton og filtre-

rende dyr regulerer algerne's produktion under forskellige forhold.

Stort set alle aspekter af fjordens økosystem er dækket ind i CAMP-projektet, der har mere end 20 forskere tilknyttet. Hver af forskerne dækker et specielt område i det komplekse system.

Når alle sammenhænge er belyst, kan vi opstille dynamiske modeller, der beskriver effekten af ændrede havisforhold på den marine produktion og stofomsætning. Forhåbentlig bliver vi dermed i stand til at besvare spørgsmål som: Kommer der flere

eller færre fisk og pattedyr, hvis isdækket ændrer sig?

De mange målinger og eksperimenter vil også give os en langt bedre indsigt i den biologiske transport af kuldioxid fra atmosfæren til dybhavet og havbunden. Det vil blive et uundværligt input til de koblede atmosfæreoceanmodeller, der på nuværende tidspunkt ikke kan vurdere, hvor meget biologien betyder for transporten af kuldioxid fra atmosfæren til oceanet og derved for begrænsningen af den menneskeskabte temperaturstigning.



## KASKELOT

Nr. 127 juni 2000  
Ekspedition/Abonnement:  
Biologforbundets sekretariat  
Østergade 9, 8450 Hammel  
Tlf. 86 96 36 35  
Fax 86 96 36 76  
Kontortid 10-12  
Sekretær: Christiane Møller  
Giro 5 43 78 22  
Kontingent 240 kr. pr. år  
Studerende 180 kr. pr. år  
Institutioner 360 kr. pr. år

Pris for dette nummer 40 kr.  
Udgives af Biologforbundet  
Formand:  
Leif Schack-Nielsen  
C.F. Richs Vej 132, 2.th.,  
2000 Frederiksberg  
Tlf./Fax 38 86 38 02

Kasserer: Mogens Riis,  
Egersundvej 2  
8600 Silkeborg  
Tlf. 86 81 38 34

Redaktionsadresse:  
Musvitvej 2, 8450 Hammel  
Tlf. 86 96 33 84  
Fax 86 96 29 20  
Redaktør:  
Jens Ole Ravn-Nielsen (ansv.)

Redaktion:  
Allan Beck  
Henrik Lund  
Svend Tougaard  
Margit Sørensen  
Susanne Jeppesen  
Jens Ole Ravn-Nielsen

Produktion:  
Rosendahls Bogtrykkeri  
Miljøcertificeret DS/EN ISO  
14001

Forsidefoto: Thomas Bjørnboe  
Gomes Berg, Aurora Photo ©.

Artikler i Kaskelot giver  
ikke nødvendigvis udtryk for  
foreningens holdning.



ISSN 0106-0023

**Morten Rasch** (Ph.D., Cand.scient.) er videnskabelig leder ved Zackenberg Station og leder af det geomorfologiske/hydrologiske monitoringsprogram GeoBasis. Han er ansat ved Dansk Polarcenter. Morten Rasch er geograf med speciale i arktisk geomorfologi.

**Hans Meltofte** (Dr.scient.) er leder af det biologiske monitoringsprogram BioBasis. Han er ansat ved Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Arktisk Miljø. Hans Meltofte er ornitolog med speciale i arktiske fugle.

**Thomas Bjørnboe Gomes Berg** (Cand.scient.) er assistent på det biologiske monitoringsprogram BioBasis. Han er ansat ved Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Arktisk Miljø. Thomas Berg er biolog med speciale i arktiske pattedyr.

**Bo Elberling** (Ph.D., Cand.scient.) er adjunkt ved Geografisk Institut, Københavns Universitet. Han er uddannet som geolog. Bo Elberlings speciale ligger indenfor miljøkemi og jordbundsgeografi i Arktis.

**Bjarne Holm Jakobsen** (Ph.D., Cand.scient.) er lektor ved Geografisk Institut, Københavns Universitet. Han er uddannet som geograf og arbejder med jordbunds- og klimaudvikling i Arktis.

**Søren Rysgaard** (Ph.D., Cand.scient.) er seniorforsker ved Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Sø- og Fjordøkologi. Han er uddannet som biolog med speciale i marin økologi.

**Peter Bondo Christensen** (Ph.D., Cand.scient.) er seniorforsker ved Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Sø- og Fjordøkologi. Han er uddannet som biolog med speciale i marin økologi.