

ZACKENBERG – ET LANGTIDS-MONITERINGSPROGRAM



En flok moskusokser går og græsser i dalen under fjeldet Zackenberg i det øde højarktiske Nordøstgrønland. Stilheden brydes af motorlarm og få minutter efter lander et fly af typen DeHaviland DHC-6 Twin Otter på et lille grusplateau umiddelbart neden for moskusokserne. Årstallet er 1995. Da motorerne er slukkede, stiger fem forskere og logistikere ud i ødemarken. Det er begyndelsen på et langtidsprogram der skal studere effekterne på de følsomme højarktiske økosystemer af de forventede menneskeskabte kli-

Af Morten Rasch
& Hans Meltofte

maændringer som i løbet af få år er blevet et "varmt" diskussionsemne i forskerverdenen og i medierne.

Tolv år efter er scenariet ved Zackenberg et helt andet. På grusplateauet hvor Twin Otteren landede, ses nu en mindre "landsby" med ti huse

som benævnes Forskningsstation Zackenberg. Moskusokserne græsser stadig i dalen og synes ikke synderligt påvirkede af de mange travle forskere med deres måleinstrumenter (fig. 1). De menneskeskabte klimaændringer er ikke længere blot et emne i forskerverdenens kaffeklubber og i medierne, men højt placeret på den internationale politiske dagsorden med blandt andet de observerede effekter i Grønland som en af de væsentligste øjeåbnere.

Med denne artikel indledes en serie på i alt 11 artikler om resultaterne af de sidste 13 års arbejde ved Zackenberg. I denne første artikel vil hovedvægten ligge på historien samt på formålet med og organiseringen af arbejdet ved Zackenberg.

FORMÅLET MED MONITERINGEN

Alt hvad man vidste om det fysiske miljø og om floraen (fig. 2) og faunaen i højarktisk Grønland (fig. 3 & boks 1) frem til 1990'erne var baseret på nogle få forskningsekspeditioners undersøgelser – det ene år her, det andet år der. Der fandtes hverken en samlet kortlægning eller langtids-dataserier som kunne belyse år-til-år-variaationer endelige mere langsigtede ændringer i naturen i relation til kli-



1. Græssende moskusokser ved Zackenberg. (N.N. Schmidt)

mavariationer og andre faktorer. Dette, i kombination med den spirende interesse for konsekvenserne af de forventede klimaændringer i særligt det arktiske område, var baggrunden for at der blandt en gruppe forskere på Zoologisk Museum ved Københavns Universitet i 1986 opstod en idé om etablering af et længerevarende tværvideenskabeligt undersøgelsesprojekt i Nordøstgrønland. Her skulle man ved en såkaldt økosystemmonitoring indsamle lange tidsserier vedrørende det fysiske og det biologiske miljø i et nordøstgrønlandsk naturområde.

I 1991 havde ideen vundet så meget opbakning at en gruppe på seks naturvidenskabsfolk og en logistiker kunne rejse til Nordøstgrønland og undersøge en række lokaliteter med henblik på at etablere en forskningsstation (fig. 4). Valget faldt på Zackenberg som bød på næsten alle de naturforhold som findes i højarktisk Grønland, samt muligheden for at etablere en landingsbane centralt i dalen (boks 2). Området ligger nær nordgrænsen for sammenhængende vegetation i Nordøstgrønland, og det ligger midt mellem den kølige og nedbørsrige yderkyst og det tørre og solrige indland nær Indlandsisen ca. 70 km mod vest. Økosystemerne i Zackenberg har således mulighed for at "bevæge" sig både i retning af mere marint og mere kontinentalt præget klima.

FRA IDÉ TIL VIRKELIGHED

Det nyetablerede Dansk Polarcenter gjorde projektet til en af sine hovedindsatser, og med opbakning fra Kommissionen for Videnskabelige Undersøgelser i Grønland, Miljø-



Arktis har navn efter det græske ord for stjernebilledet Store Bjørn – Arktikós – nær Nordstjernen. Det er landet nord for trægrænsen hvor der er tundra. Tundra kommer af finsk – *tunturi* – som betyder land uden træer. Her er gennemsnitstemperaturen for den varmeste måned under 10-12 °C.

Arktis opdeles yderligere i en højarktisk og en lavarktisk zone. I den lavarktiske zone er der ofte frodigt med buske og andre planter i knæhøjde, mens der i den højarktiske zone kun er planter i ankelhøjde, og her når middeltemperaturen for den varmeste måned normalt ikke over 6 °C. Yderligere falder der langt mindre sne i Højarktis. På sydspidsen af Grønland falder der således 100

gange så meget sne som i det nordligste Grønland, hvor der nærmest er ørkenklima med kun 25 mm nedbør pr. år.

Vestgrønland er lavarktisk, mens Nord- og Nordøstgrønland og dermed hele nationalparken er højarktisk. Grunden til at Nordøstgrønland er højarktisk, er at Storisen ofte ligger i et flere hundrede kilometer bredt bælte ud for kysten. I perioder med meget Storis er der tørt kontinentalt klima i Nordøstgrønland, mens der i perioder med mindre Storis er maritimt klima med meget sne om vinteren og meget tåge om sommeren. Mængden af Storis der driver ned langs Østgrønlands kyst er således helt afgørende for klimaet i Nordøstgrønland.

BOKS 1: ARKTISKE ZONER



2. Purpurstenbræk i Zackenbergdalen. (E. Thomsen)

styrelsen og Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd blev der sat gang i arbejdet med at etablere en forskningsstation på stedet.

Allerede fra begyndelsen var konceptet for Zackenberg-arbejdet at logistik, monitoring og forskning skulle spille effektivt sammen (*fig. 5*), og data fra monitoringen skulle være tilgængelig for såvel forskningsprojekterne på stationen som for andre interesserede forskere i ind- og udland. Et af hovedproblemerne i den hidtidige forskning i højarktisk Grønland var nemlig at man aldrig vidste, om det år man var i gang med at undersøge, var et "normalt" år, et særlig koldt eller varmt år, eller et år som på anden måde afveg fra gennemsnittet. Det ville de lange dataserier afhjælpe, så

forskningsprojekter ved Zackenberg fremover ville kunne tage udgangspunkt i mange års observationer. Samtidig giver et tæt samarbejde med forskningen mulighed for løbende at udvikle monitoringen, så man udover den faste måling af basisparametre også kan udvikle programmet i takt med at nye forskningsemner opstår.

Fra den første ekspedition til Zackenberg i 1991 skulle der gå seks år, før den danske og den grønlandske forskningsminister officielt kunne åbne stationen. Herefter er det gået meget stærkt, og den løbende drift af stationen og monitoringen foretages i dag i et stort tværfagligt samarbejde imellem fire danske og to grønlandske institutioner og med et samlet årligt budget på ca. 9 mio. kr. (*boks 3*).

Sideløbende hermed har forskningsstationen udviklet sig fra en samling avancerede villatelte, til et effektivt, men lidt primitivt feltobservatorium og videre til en topmoderne international forskningsstation med gode laboratoriefaciliteter og behagelig indkvartering (*boks 4*).

DE VIGTIGE SPØRGSMÅL

I Zackenbergs faste miljøovervågning, Zackenberg Basic, fokuseres der på to hovedspørgsmål:

Hvordan vil de forventede fremtidige klimaændringer påvirke det højarktiske økosystem?

Hvordan vil de højarktiske økosystemer påvirke Jordens klima?

Zackenbergdalen er en ca. 20 km² relativt flad dal på nordsiden af Young Sund. Dalen er omgivet af 1.000-1.300 meter høje fjelde, herunder det 1.372 meter høje Zackenberg, som fik sit navn efter et lignende takket bjerg i Tyrol, da den tysk-østrigske Koldeway-ekspedition som de første europæere besøgte stedet i 1870. På det tidspunkt var de sidste inuitter i Nordøstgrønland givetvis uddøde, idet den engelske kaptajn Clavering havde mødt en lille gruppe som både de første og de sidste umiddelbart syd for Zackenberg i 1823.

Klimaet ved Zackenberg er højarktisk. Årsmiddeltemperaturen er ca. -10 °C, og den månedlige middeltemperatur kommer kun over 0 °C i juni, juli og august som også er de tre måneder hvor Forskningsstation Zackenberg har sin normale åbningstid. Det meste af sneen samt isen på damme og lavvandede søer smelter i løbet af juni, og i juli bryder isen på de store søer og fjordene op. Mindre søer fryser til i september, fulgt af de store søer og fjordene i oktober, og isen når en tykkelse på omkring 1,5 m i løbet af vinteren hvor temperaturen ofte når -30 °C.

Zackenbergdalens bund og de omkringliggende fjeldskråninger har en meget stor variation af terræn- og vegetationstyper med udbredte kantlyngheder, frodige kær, græsland, polarpil-snelejer og mere tørre fjeldsimmeheder samt mere eller mindre nøgne grusbanker og blokmarker. Adskillige lavvandede damme og søer findes spe-



cielt i et stort område med morænebakker som også udgør den nordvestlige afgrænsning af dalen. Dalen drænes af Zackenbergelven som løber ud i Young Sund umiddelbart syd for forskningsstationen (S).

Faunaen omfatter dels pattedyr som moskusokse, lemming, polarræv, snehare, lækat og mere sjældent polarulv og isbjørn, dels fugle som rødstrubet lom, bramgås, havlit, fjeldrype, stor præstekrave, islandsk ryle, sandløber, almindelig ryle, stenvender, lille kjoje, ravn og snespurv og dels flere hundrede forskellige insekter og andre leddyr. Hertil kommer store mængder fjeldørreder i Zackenbergelven og de store søer hvor de overvintrer under isen.

BOKS 2: STUDIEOMRÅDET

Det første spørgsmål omhandler de direkte konsekvenser af klimaændringerne på økosystemet. Et underspørgsmål til dette kunne fx være "Hvilke konsekvenser vil de fremtidige klimaændringer have på størrelsen af moskusoksebestanden ved Zackenberg?" Det andet spørgsmål omhandler de såkaldte feedback-mekanismer der er processer som styres af klimaet, men som i sig selv også påvirker klimaet, fx den såkaldte sne-albedo feedback-mekanisme.

Store dele af Højarktisk er dækket af et relativt tyndt snedække. Hvis temperaturen stiger ganske få grader, er der derfor risiko for at denne sne vil smelte bort. Da en snedækket overflade reflekterer ca. 80% af Solens lys, mens en overflade uden sne kun reflekterer ca. 20% af Solens lys (*albedo* angiver en overflades refleksionsevne), vil en sådan smeltning af sneen føre til en yderligere opvarmning af overfladen. Der er altså tale om en "positiv" feed-

back-mekanisme, idet den oprindelige temperaturstigning forårsaget af klimaændringen fører til en yderligere temperaturstigning forårsaget af øget varmetilførsel som følge af sneens afsmeltning og terrænoverfladens ændrede karakter.

Der er i arktiske økosystemer identificeret en lang række af sådanne feedback-mekanismer i såvel det fysiske som det biologiske miljø. Det er relativt enkelt at måle effekten af

enkeltstående feedback-mekanismer, men for at forstå den samlede effekt af de direkte klimaændringer og de hermed forbundne feedback-processer er der behov for relativt komplicerede modeller.

Hvis fx – som forventet – snedækket i højarktisk Grønland forøges i fremtiden, og der samtidig vil opstå flere situationer med tøvejr om vinteren, så vil dette isoleret set formentlig have en negativ indvirkning på moskusoksebestanden, dels fordi moskusokserne vil have sværere ved at finde føde under det tykkere snedække og dels fordi der efter tøvejr vil dannes ishorisonter i sneen som det kan være svært for moskusokserne at gennem-bryde. Samlet vil effekten formentlig være en reduceret græsning af tundraen som vil påvirke områdets kulstofbalance (herunder om tundraens vegetation samlet optager eller afgiver kul-dioxid, CO₂) som selv igen vil påvirke drivhuseffekten og dermed klimaet.

For at kunne svare på disse spørgsmål er det derfor nødvendigt at have mange meget forskellige følere (detektorer) placeret rigtig mange steder i økosystemet, og ved Zackenberg måler man hvert år mere end 1.500 forskellige variable. Dette gør Zackenbergs monitoring til den mest omfattende i Arktis. Med den stigende opmærksomhed på klimaændringer i specielt det arktiske område er der imidlertid internationalt i blandt andet Arktisk Råd taget initiativ til etablering af et koordineret arktisk klimaeffekt-monitoringsprogram (Sustaining Arctic Observing Network) med deltagelse af alle de arktiske lande. I denne sammenhæng er netop undersøgelserne ved Zackenberg en model for hvordan arbejdet med øko-



3. Grønland med klimazoner, pakisens udstrækning i april og september samt placeringen af Zackenberg og en række byer.

systemmonitoring fremover kan organiseres på de enkelte observatorier i de deltagende lande.

ORGANISERING AF SAMARBEJDET

Zackenbergs monitoring er et tværfagligt samarbejde fordelt på i alt seks forskellige institutioner i Danmark og Grønland. Fagligt er arbejdet opdelt i fem underprogrammer:

KlimaBasis drives af Asiaq, Grønlands Forundersøgelser, og står for klimamålingerne samt måling af områdets vandbalance.

GeoBasis drives i et samarbejde mellem Københavns Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser ved Aarhus Universitet og står for målingerne af de fysiske landskabsprocesser, herunder blandt andet snedække, kulstofbalance og omsætning af næringsstoffer. *BioBasis* drives af Danmarks Miljøundersøgelser ved Aarhus Universitet og står for de biologiske målinger på land.

MarinBasis drives af Grønlands Naturinstitut i samarbejde med Danmarks Miljøundersøgelser ved Aarhus Universitet og står for måling af de fysiske og biologiske processer i havet.

GlacioBasis er først etableret i 2008. Programmet drives af De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland og står for målinger på områdets gletschere.

Endelig står Dansk Polarcenter ved Forsknings- og Innovationsstyrelsen for den faglige koordinering af samarbejdet, for udgivelse af årsrapporter, for vedligeholdelse af hjemmeside, for en del af det internationale samarbejde samt for den praktiske drift af stationen.

RESULTATERNE AF 13 ÅRS ARBEJDE

Nu har man så, efter 13 års arbejde, endelig samlet så mange data, at det giver mening at foretage mere detaljerede analyser af hvad der styrer de mange år-til-år-variationer som der er målt. Hvad styrer fx mængden af sne, planternes blomstring, insekternes kulmination, fuglenes æglægning, lemmingernes bestandssvingninger, moskusoksernes fordeling i terrænet og udvekslingen af drivhus-

1870: Deltagere fra den tysk-østrigste Koldewey-ekspedition besøger Zackenberg med trækslæde og navngiver fjeldet efter et tilsvarende takket bjerg i Tyrol.

1930: Danske fangstmænd etablerer en lille hytte ved udmundingen af Zackenbergelven, bl.a. for at høste af de tusinder af fjeldørreder, som hvert år passerer op gennem elven.

1945: Danske fangstfolk bygger en fangststation ved kysten vest for udmundingen af Zackenbergelven, hvorfra 2-3 fangstmænd driver fangst på især polarræve.

1947-50: Dansk Pearyland Ekspedition har base ved Zackenberg, hvorfra man med Catalina vandflyvere forsyner ekspeditionen i Peary Land.

1952-54: British North Greenland Expedition til Dronning Louise Land bruger tilsvarende Zackenberg som sydbase for deres flyvninger med Sutherland vandflyvere til Britannia Sø.

1959-60: Den sidste danske fangstmand overvintrer i Zackenberg, hvorefter kun folk fra Slædepatruljen Sirius og vejrstationen i Daneborg driver jagt og fiskeri på stedet.

1974: Hele Nord- og Nordøstgrønland udlægges som verdens største nationalpark, hvor kun meget begrænset jagt og fiskeri er tilladt.

1991: Et forundersøgelshold ankommer til Zackenberg og anbefaler, at en forskningsstation etableres på stedet.

1992 og 1994: Mindre pionerhold undersøger forskellige elementer i Zackenbergs økosystemer.

1995: Efter flere års arbejde med til-



Hendes Majestæt Dronning Margrethe II og Hans Kongelige Højhed Prins Henrik besøgte Forskningsstation Zackenberg i sommeren 2004. Regentparret fik ved denne lejlighed en grundig introduktion til arbejdet ved stationen. (K. Albert)

vejebringelse af den nødvendige finansiering etableres der en forskningsstation bestående af store telte, såkaldte Weatherhaven Shelters.

1996: Fem huse bygges af håndværkere fra firmaet Venslev Hytter.

1997: Forskningsstation Zackenberg åbnes officielt af Forskningsminister Jytte Hilden og Landsstyremedlem for Sundhed, Miljø og Forskning, Marianne Jensen.

1998: Der etableres en mere permanent struktur for arbejdet ved Zackenberg med Asiaq, Danmarks Miljøundersøgelser, Københavns Universitet og Dansk Polarcenter som partnere.

2002: Den landbaserede miljøovervågningsprogram udvides med et marint miljøovervågningsprogram med base i Daneborg, 20 km sydøst for Zackenberg.

2004: Hendes Majestæt Dronning Margrethe II og Hans Kongelige

Højhed Prins Henrik besøger Forskningsstation Zackenberg.

2006: Stationen udvides med tre nye huse, herunder et beboelseshus med plads til 18 forskere. Ejerforholdet til stationen overføres til Grønlands Hjemmestyre. Arbejdet ved Zackenberg får en meget flot international evaluering.

2007: Stationen udvides yderligere med blandt andet en moderniseret kantine. Ved Nuuk/Godthåb i den lavarktiske del af Grønland etableres et nyt monitoringsprogram med samme koncept som det ved Zackenberg.

2008: Bogen 'High-Arctic Ecosystem Dynamics in a Changing Climate' om de første 10 års arbejde ved Zackenberg udgives på forlaget Academic Press i New York. Miljøovervågningen udvides yderligere ved etableringen af et gletscherovervågningsprogram.





Zackenberg blev via fondsmidler fra Aage V. Jensens Fonde i årene 2007 og 2008 udvidet med et beboelseshus på 175 m², en tilbygning til messen på 50 m² og et elværk med garage og værksted på 75 m². (H. Philipsen)

Forskningsstation Zackenberg ligger i Nationalparken for Nord- og Nordøstgrønland, ca. 450 km nord for den nærmeste by, Scoresbysund. Stationen består af 10 huse ved Zackenberg med et samlet areal på ca. 600 m² under tag samt tre huse ved Daneborg med et samlet areal på ca. 350 m². Stationens hovedbygninger er et beboelseshus på 175 m² og en kantinebygning på 100 m². Stationens øvrige bygning-

er indeholder laboratorier, kontorer, lagerrum, garage, elværk, værksted, supplerende beboelsesfaciliteter og bådhus. Stationens el-værk har en samlet maksimal ydelse på 135 kW, og stationens vandværk kan producere rigeligt med brugsvand fra enten sedimentholdigt flodvand (om sommeren) eller sne (om vinteren). Stationen har kapacitet til 24 personer, hvoraf de fire er ansat til at stå for den praktiske

drift. Stationen har egne landingsbaner, hvortil der i det meste af felt-sæsonen (juni – august) er ugentlige flyforbindelser til Island. Brændstof, reservedele og langtidsholdbar proviant leveres ved det årlige skibsanløb i august. Frisk proviant leveres med de ugentlige fly. Antallet af overnatninger ved Forskningsstation Zackenberg har i de sidste år ligget på ca. 1.800 pr. sæson.

BOKS 4: FORSKNINGSSTATION ZACKENBERG

gasserne CO₂, metan og vanddamp mellem tundraen og atmosfæren? Og hvad kan der tænkes at ville ske i fremtiden? Det er det den kommende artikelserie om Zackenberg vil handle om. På basis af resultaterne

fra den engelsksprogede bog om økosystemerne ved Zackenberg (udkommer i 2008 på forlaget Academic Press) vil vi præsentere de vigtigste resultater fra både monitoringen og forskningen ved Zackenberg. Ved

Zackenberg forskes der ikke i hvorfor klimaet ændrer sig. Der forskes i effekterne af klimaændringerne som i Arktis altid har været og også fremover vil være langt større end andre steder på Jorden.



5. Samarbejdet om undersøgelserne ved Zackenberg benævnes Zackenberg Ecological Research Operations (ZERO) og omfatter forskningen, monitoringen og logistikken. Henning Thing fra Dansk Polarcenter var arkitekten bag akronymet ZERO, og i logoet symboliseres dette "nulpunkt" af en ret linie som efterfulgt af et stiliseret udsnit af Zackenbergfjeldets takkede profil symboliserer fremtidens klimasvingninger.

4. I 1991 besøgte en ekspedition Zackenberg med det formål at undersøge mulighederne for etablering af en forskningsstation på stedet. Ekspeditionen anvendte en gammel hytte, Zackenberg Fangststation, fra fangstmandsperioden som base under opholdet. Fra venstre ses: T.I.H. Andersson, B. Muus, H. Meltofte, B.H. Jakobsen, J. Böcher, B. Fredskild og G.S. Mogensen. (G.S. Mogensen)

LITTERATUR

Meltofte, H., T.R. Christensen, B. Elberling, M.C. Forchhammer & M. Rasch (red.), 2008: *High-Arctic Ecosystem Dynamics in a Changing Climate. Ten years of monitoring and research at Zackenberg Research Station, Northeast Greenland. Advances in Ecological Research 40*, Academic Press.

Meltofte, H. (red.), 2002: *Sne, is og 35 graders kulde. Hvad er effekterne af klimaændringer i Nordøstgrønland? TEMA-rapport fra DMU 41*, 90 sider.

Rasch, M. (red.), 2000: *Zackenberg Station – en platform for højarktisk økologisk forskning i Nordøstgrønland. Kaskelot 127*, 31 sider.

Thing, H. & M. Rasch, 2000: *Forskningsstation Zackenberg. Side 186-189 i B.H. Jakobsen m.fl. (red.): Topografisk Atlas Grønland. Det Kongelige Geografiske Selskab & Kort og Matrikelstyrelsen, C.A. Reitzels Forlag.*

www.zackenberg.dk Under menupunktet Publications findes populærvidenskabelige artikler og bøger. Under menupunktet News kan forskernes arbejde ved Zackenberg siden 1998 følges i ugentlige feltberetninger på dansk.

