

Anmeldelser

En historie om 100 millioner km³ gletscheris – omtale af en ny bog om istiden

Denton, G. H. & Hughes, T. J. (eds.) 1981: *The Last Great Ice Sheets*. Wiley & Sons: New York. 484 pp.

»The Last Great Ice Sheets« er et forsøg på at opstille en numerisk model af de store iskapper under den sidste istid, og især i tidsrummet fra 21.000 til 17.000 år før nu. Modellen viser, hvordan deres liv formede sig og hvilke kræfter, der styrede deres dannelse, blomstring og forfald. Den adskiller sig fra de tidligere ved den store mængde af data, der er brugt som input, data, der er hentet fra kvartærgeologien, glaciologien, geofysikken og ikke mindst fra havbunds-geologien, der i de senere år har givet så rige oplysninger om istidens forløb.

For at give et indtryk af bogens begrebsverden vil jeg give et kort resumé af den sidste istids historie, som den oprulles i bogens sidste kapitel, markedsført under navnet »is-shelf hypotesen«.

Iskapperne dannes

Istiden begynder med et temperaturfald, og havene ved polerne fryser til. I lavtvandede indelukkede områder, hvor isen får lov at blive liggende, vokser isen i tykkelse år for år, og i løbet af ca. 1000 år har den nået en tykkelse på 100 meter og står nu fast på bunden i det Nord-Canadiske Øhav og i områder af Barentshavet og Karahavet. Shelf-isen består endnu overvejende af frosset havvand, selvom pålejret og omdannet sne også indgår. Men på disse platforme begynder nu en dannelse af is-domer, opbygget af gletscheris. Udviklingen bevæger sig efterhånden sydpå, og snart bundfryser de to store nordamerikanske bassiner, Foxe Basin og Hudson Bugten. Herved blokeres den naturlige drænering af store områder i Nordamerika. »I begyndelsen løb sommerens smeltevand ud på is-shelf-overfladen og dannede søer, som søerne på den permanente arktiske pakis idag; frysning af dette overflade-smeltevand i kombination med snefald på overfladen kom til at danne en dome, der forhindrede vinter- eller sommer-akkumuleringen fra dele af dræneringsområdet inde i landet i at undslippe til havet.« (p. 442). (Dette og de følgende citater har jeg oversat fra engelsk). Store mængder af vand er nu bundet i isdomerne eller opfanget på kontinenterne, og vandstanden i verdenshavene er mærkbart sænket. Mens iskapper på landjorden kontrolleres af temperatur og nedbør, så styres shelf-isen overvejende af vandstanden. Den sænkede vandstand betyder nye tørlagte områder, som isen kan brede sig på. Ismasserne har nu nået en sådan udbredelse, at de ved deres tilbagestråling får indflydelse på den atmosfæriske cirkulation og derigennem på hav-

strømmenes forløb. Golf Strømmen bøjes mod syd og forsvinder fra de nordvesteuropæiske strande. Der bliver koldt hos os, og den bassin-tilfrysning-proces, der tidligere havde fundet sted i Nordamerika, begynder nu også i den Botniske Bugt og Østersø-lavningen. Med centrum over Den Botniske Bugt opbygges den Skandinaviske Iskappe – ved frysning af havvand, snepålejring og opsamling af nedbør fra et stort dræneringsområde. I den begyndende gletscheris-dannelsesproces »... spillede også udviklingen af bjerg-gletschere og iskapper i de skandinaviske fjelde og arktisk Canada en mindre rolle.« (p. 442).

Nu er alle de større iskapper dannet. Processen fandt sted i tidsrummet fra 124.000 til 115.000 år før nu, herefter svandt iskapperne atter noget ind, men de vedblev – større eller mindre – at eksistere under resten af istiden.

Iskappernes dynamik

På den nordlige halvkugle var der fire store iskapper: den Laurentiske i Nordamerika (35 mio km³ is), den Grønlandske (6 mio km³), den Skandinavisk-Britiske (8 mio km³) og endelig den hermed sammensmeltede iskappe i Barentshavet og Karahavet med centrum ved Novaya Zemlya (7 mio km³). De store iskapper havde altså alle (bortset fra Grønlands) deres centrum over lavtvandede indelukkede shelf-områder: her begyndte is-dannelsen, her opnåede de den største tykkelse, og her blev deres centre liggende igennem hele istiden. Alle iskapperne var afskåret fra det åbne hav af landmasser eller, som Barentshav-Karahav Iskappen, af øgrupper.

Dynamikken i de store iskapper var bestemt af underlagets topografi og af »underlags-koblingen«: hvis isen var frosset fast til underlaget, foregik bevægelsen langsomt; hvis der derimod var smeltevand tilstede, kunne den foregå hurtigt. Typen af underlags-kobling skiftede fra sted til sted, men der var en tendens til, at de ismasser, der bevægede sig frem over kontinenterne mødte permafrossen jord og frøs fast til underlaget, – de bevægede sig langsomt i »iskappe-flydning«, det vil sige, at bevægelsen var jævnt fordelt under isen. De ismasser, der gled frem over tørlagte shelf-områder, mødte derimod ofte et optøet underlag og kom til at bevæge sig hurtigt. Forskelle i underlagets topografi kunne her bevirke, at bevægelsen blev koncentreret i zoner, hvor der dannedes hurtigt flydende isstrømme, som drænedes store områder i iskapperne. Den Skandinaviske Iskappe havde sit hovedafløb i en isstrøm, der løb gennem Skagerak. Det var væsentligt for iskappernes beståen, at isstrømmene blev bremset op før de nåede havet.

Således forskanset bag deres land-barrierer og øgrupper kunne iskapperne føre en stabil tilværelse gennem størstedelen af istiden, men ved to lejligheder skete der måske en videre udvikling.

Den Arktiske Iskappe

To gange i løbet af istiden sank temperaturen drastisk, første gang var for 69.000 år siden, anden gang var i perioden 21.000–17.000 år før nu. Temperaturfaldet bevirkede forøget gletscheris-dannelse og yderligere vandstands-sænkning. Vanddybden over de Nord-Atlantiske tærskler var nu kun 350 meter, og de store isfjelde kunne ikke længere udsulpe til varmere himmelstrøg. De hobedes op i Nordatlanten, i Davis Strædet og i Det Arktiske Ocean. Nu frøs også disse oceaner til, og på havisen opbyggedes nye is-domer, der smeltede sammen med de tidligere. »Dette isdække udgjorde een samlet Arktisk Iskappe, hvilende såvel på land som på kontinentalsokkel og med flydende is-shelf'er; og alle delene var dynamisk forbundne, hver var afhængig af de andre.« (p. 439). Denne super-iskappe havde en kælvende front fra Skotland til Labrador.

Iskapperne forsvinder

Efter den sidste kuldeperiode begyndte temperaturen at stige og isen at smelte. I den kritiske zone, hvor iskapperne mødte havet, blev isranden løftet op fra tærsklerne, og nu kunne istrømmene få frit løb. Store mængder af is blev ført frem fra iskappernes centrale dele og flød bort som isfjelde. »Denne mekanisme bar isen afsted til de varme have og overflødiggjorde derved behovet for at bringe varme til isen.« (p. 462). Istrømmene blev til kalvningsbugter, der åd sig baglæns ind i iskappernes hjerteregion. Således forsvandt først is-shelf'ene og is-dome-centrene, mens de landbaserede ismasser lå tilbage som lokale iskapper i fjeldene i Skandinavien og Nordamerika. De kunne ikke bringes til varmen, men måtte smelte af på stedet. Men også disse forsvandt efterhånden (undtagen Grønlands Indlandsis) og for 8.000 år siden var det hele væk. Nedbrydningen havde taget 9.000 år, ligesom opbygningen – men det var de sidst dannede dele, der forsvandt sidst.

I den korte summariske gennemgang har jeg ikke medtaget forfatterens reservationer og tvivl. Endvidere har jeg sammenblandet to forskellige modeller. Der fremføres nemlig ikke een, men tre forskellige modeller. Den første, »minimums-modellen«, opererer med mindre ismasser end her angivet: Barentshav-Karahav Iskappen, samt den nordligste del af den Laurentiske Iskappe – begge to omstridte – er ikke medtaget. Modellen er ikke vellykket, og forfatterne har ikke meget til overs for den. Den anden, »maximumsmodellen«, er den, der her er omtalt, når undtages udviklingen af den Arktiske Iskappe, som udgør den tredje model. Den kaldes af dem selv for en »vanvittig hypotese«.

Is-shelf hypotesen er en udvikling af tanker, der tidligere har været fremført af den russiske geolog M. G. Grosswald. Is-shelfe har i øvrigt spillet en tilbagetrækket rolle i istidsteoriene, hvilket sikkert skyldes deres sporadiske forekomst på den nordlige halvkugle i vore

dage. Inspirationen er da også hentet fra de store is-shelfe ved Antarktis, der omtales udførligt. Hvorledes disse store is-shelfe oprindeligt blev dannet er dog uvist, og deres rolle som begyndere af de store nedsligninger forekommer mig at være en ikke overvældende sandsynlig hypotese. Men is-shelf hypotesen løser nogle af de problemer, der i de senere år har beskæftiget forskerne.

Analyse af sedimentkerner fra de dybe oceaner har givet en række oplysninger om klimaforløbet i den sidste istid, om mængden af gletscheris på forskellige tidspunkter og om ændringerne i verdenshavens vandstand, men det er ikke alle oplysningerne, der stemmer overens med, hvad man finder på landjorden.

Ud fra dybhavskernerne er det blevet postuleret, at der ved et par lejligheder skete en storstilet og meget hurtig dannelse af store iskapper. I de tidligere istids-teorier er man altid gået ud fra, at den begyndende is-dannelse fandt sted, der hvor man nu finder gletscherne – i højlandet. Den store isdannelse her hænger sammen med en koncentration af nedbør – som igen skyldes ændringer i den atmosfæriske og oceaniske cirkulation; men disse nedbørsorienterede teorier har haft vanskeligt ved at påvise mekanismer, der kunne skabe store iskapper på så kort tid, som dybhavsundersøgelserne forlanger. Is-shelf hypotesen løser problemet ved at gøre is-dannelsen mere eller mindre uafhængig af nedbør og påvise nogle store kolde platforme, hvor den kunne begynde. Ligeledes viser dybhavsundersøgelserne, at store iskapper skulle have eksisteret igennem hele istiden, men det har ikke været muligt for geologerne at påvise, hvor disse iskapper skulle have været. Tværtimod har der været en tendens til at flere og flere nordlige områder er blevet erklæret isfrie under lange perioder i sidste istid. Is-shelf hypotesen løser problemet ved at anbringe iskapperne ude i områder, der nu er havdækkede.

Is-shelfe efterlader sig meget få spor, og det vil blive vanskeligt at bevise eller modbevise deres fortidige eksistens. Spørgsmålet bliver om hypotesen passer med den udvikling, man kender fra landjorden.

Kernepunktet i is-shelf hypotesen er den numeriske model af iskapperne på det tidspunkt, da de efter forfatterens mening nåede deres største udbredelse under den sidste istid, nemlig i perioden fra 21.000 til 17.000 år siden. Det første og mest afgørende trin er en detaljeret gennemgang af iskappernes udbredelse i dette tidsrum. Bogens første 200 sider handler om det, og resultaterne findes på 24 plakatstore kort, hvor alle parametre er indlagt. Det er et ambitiøst og prisværdigt projekt. Og et, hvor man kan være sikker på at få ørerne i maskinen.

Danmark er behandlet på side syv og otte. Vi får at vide, at vi har »mange store endemoræner«. Den ældste er Hovedopholdslinjen, der i farten omdøbes til det lidt mere internationale »Mid Jutland moraine«. Den yngste er »the Møn Copenhagen moraine« – en nyskabelse inden for dansk Kvartær. Til gengæld finder man intet om det forløb af isbevægelser, der ved istidens kulmination skiftedes til at overskride vores land fra forskellige verdenshjørner. Denne udvikling, der har været et af kardinalpunkterne i flere generationers

dansk og svensk kvartærgeologisk forskning, kan efter min mening vanskeligt forklares på anden måde, end ved nogle fundamentale ændringer i iskappens form og dynamik, – som er helt uforeneligt med det simplistiske og stabile billede is-shelf hypotesen går ind for. Emnet berøres flygtigt i den afsluttende diskussion (p. 448) i forbindelse med isdelerens vandringer i Sverige, og det erkendes, at hvis den oprindelige tolkning af forholdene er rigtig, så er is-shelf hypotesen »elimineret fra seriøs overvejelse«.

Til rekonstruktionen af israndslinjer er der brugt et stort antal kulstof-14 dateringer, der på forbillig vis er citeret og markeret på de ledsagende kort. Men når det kommer til anvendelsen af dem, hører det forbillige op. Ganske vist påpeges det (p. 294), at C-14 dateringer ikke umiddelbart bør tages for deres pålydende, og der nævnes nogle fejlkilder. Men denne viden bruges på en fordomsfuld og helt urimelig måde til at bortforklare de dateringer, der ikke passer med forfatternes forudfattede meninger.

Fra den Skandinavisk-Britiske Iskappes 3000 kilometer lange sydstrand findes der knap en snes C-14 dateringer med aldre på 17.000 til 24.000 år, en del af disse må fra et dateringsmæssigt synspunkt betragtes som tvivlsomme, men der gøres ikke noget forsøg på en kritisk analyse af værdien af disse dateringer. Til gengæld bliver der gået hårdt til værks, når det drejer sig om tilsvarende dateringer fra nordranden af iskapperne – fra de arktiske områder.

Dette hænger sammen med, at modellens svageste punkt er de arktiske områder. Her er der store uenigheder om isens udbredelse i den sidste istid, – diskussionen om »stor is eller lille is«, som den har været benævnt i læserbrevs-polemikker. Existerede der en iskappe i Barentshavet, eller var der blot lokale iskapper over øgrupperne i havets nordrand? Existerede der et massivt isdække over Nord-Canada og Nordvest Grønland, eller var der blot nogle små lokale iskapper i fjeldområderne? Det er store områder, det drejer sig om, og usikkerheden kaster et stort usikkerhedsmoment ind i modelbygningen. Forfatterne går udpræget ind for den store is og gør nogle forsøg på at gendrive argumenterne for den lille, men ender dog med at opstille en alternativ »minimums-model«. Den må nærmest betragtes som en høflighedsgestus, der næppe tilfredsstiller nogen af parterne. Det er nemlig, som det også nævnes, ikke udelukkende et spørgsmål om observationer, men også om en »filosofi«. Minimumstilhængerne, som jeg selv tilhører, betragter nedbørsforhold som afgørende for isens udbredelse – i istiden som nu. De store iskapper bredte sig, hvor nedbøren var høj, og de voksede i den retning, hvorfra de nedbørsbærende luftmasser kom – det vil sige generelt mod syd. De nordlige områder kommer i nedbørsskygge, og isdannelsen svinder ind; mens iskapperne bredte sig i syd, svandt de ind i nord. Teorien indebærer, at iskapperne under istiden ustandseligt ændrede form og udbredelse; og »minimums-hypotesen« med dens krav om en ensartet og stabil is-udbredelse er derfor ud fra denne teori meningsløs.

Jeg mener, at den lange, og for modellen meget afgørende gennemgang af kvartærgeologiske data, er

præget af en usædvanlig hårdhændethed i fortolkningen og manglende indsigt i geologisk argumentationsmåde. Hug en hæl og klip en tå er det bærende princip.

Det næste trin i modeludviklingen er en rekonstruktion af isens tykkelse og iskappernes flydemønstre. Hertil anvendes oplysninger om de nuværende iskappers højdeforhold, samt topografien i iskappernes underlag og dets isostatistiske nedpresning. Flydemønstret er beregnet ud fra type-områder i Grønland og Antarktis, hvor både isens og dens underlags højdeforhold er forholdsvis velkendte. I beregningen indgår også isens friktion mod underlaget – »underlagskoblingen« –, der spiller en vis rolle for isens tykkelse. Selvom denne faktor ikke er afgørende for modellen, er den geologisk interessant, eftersom den bygger på geomorfologien i de tidligere nedisede områder. Kortlægningen af de forskellige typer af »kobling« støtter sig til de principper, der tidligere har været fremsat af den engelske geomorfolog David Sugden. Den mest intense behandling af underlaget finder sted, hvor isen bevæger sig på en hinde af smeltevand; her slides underlaget ned ved »flademæssig skuring«. Det andet yderpunkt finder man, hvor isen overalt er frosset fast til underlaget; her foregår al bevægelse oppe i ismasserne, og isen efterlader så at sige ingen spor i terrænet. Imellem disse to yderpunkter findes områder, hvor der er lokal opsmeltning ved isens bund, og det er her aflejringsprocesserne finder sted, såvel som den »selektive lineære erosion«, der fører til dannelsen af dalstrøg og fjord-bassiner. Zonerne er med en vis lovmæssighed fordelt i koncentriske ringe omkring iskappernes fastfrosne midterpunkt. Kortlægningen af de overordnede geomorfologiske træk fører således til en faciesbestemmelse af den dannende is.

Jeg har i denne omtale hæftet mig ved nogle af de geologiske aspekter af is-shelf hypotesen, som jeg mener er af betydning for en vurdering af modellen. Til gengæld har jeg forbigået de glaciologiske og model-beregnings-teoretiske afsnit, som jeg er sikker på, vil blive behandlet af andre, andre steder.

Idérigdommen og den store data-mængde gør, at »The Last Great Ice Sheets« på trods af kritik er et væsentligt og inspirerende bidrag til debatten om istidens styringsmekanismer. Is-shelf hypotesen er, skønt den efter min mening vanskeligt lader sig tilpasse til de geologiske iagttagelser, en smuk tankekonstruktion – konsekvent og med stærk indre sammenhæng. I linie ti i bogens forord forklarer forfatterne, hvorfor det er så vanskeligt, at lave den model, de sigter mod: »... fordi udbredelsen og palæoglacialogien i disse iskapper endnu ikke er velkendt, på trods af mere end hundrede års forskning siden Louis Agassiz, i sin publikation fra 1840 »Etudes sur les glaciers«, offentliggjorde tanken om store istider repræsenteret af store iskapper.« Denne sætning genfindes, med små variationer, mere end ti gange i de efterfølgende 500 sider, og kan betragtes som en form for bærende tema. Som kvartærgeolog føler man sig først lidt beskæmmet over at tilhøre en gruppe, der nu så længe har drysset rundt uden at producere nogle virkelig computeriserbare facts. Efterhånden afløses skamfølelsen dog af andre fornemmelser: det drejer sig om et kommunikations-problem. Hvis to

forskellige forskningsgrene frembringer modstridende vidnesbyrd om den samme ting, kan det ikke nytte, at skyde skylden på »modparten«: dybhavs-undersøgelserne har i de senere år frembragt mange oplysninger, der understøtter og udvider den viden, man før havde om istidernes forløb; men på nogle punkter er der uoverensstemmelser. Måden at løse disse problemer på må være, ikke – som her – at bortforklare det ene sæt oplysninger, men at undersøge forudsætningerne for begge. Den Laurentiske Iskappe adskiller sig fra den Skandinaviske på to punkter: for det første er den – i forskningsmæssig henseende – placeret inden for eet sprogområde, for det andet har den tilsyneladende haft en mere »ideel« og simpel historie. En forudsætning for en sammenligning mellem de to store iskappers historie, må være, at man prøver at analysere, hvilke forskelle, der er reelle, og hvilke, der kan være betinget af forskellig forsknings-tradition og ikke at man – som her – søger at presse mønstret fra den ene iskappe ned over den anden.

Som et alternativ til isshef hypotesen, hvad angår den Skandinaviske Iskappes sydrand, kan nævnes den

model, der fornylig er fremsat af den svenske kvartær-geolog Erik Lagerlund. Også denne model henlægger nogle væsentlige dele af procesforløbet til shelf-områderne, men hvad angår dannelses-forløbet, lokaliseringen og dateringen er modellen helt forskellig. Det skyldes blandt andet, at den er tilpasset de geologiske iagttagelser.

»The Last Great Ice Sheets« er en udløber af det amerikanske CLIMAP projekt, der allerede har afstedkommet en lang række afhandlinger om istidens klimaudvikling, især baseret på dybhavsundersøgelser. Foruden redaktørerne George H. Denton og Terence J. Hughes består forfatterstaben af Björn G. Andersen, James L. Fastook, John T. Hollin, Craig S. Lingle, Paul A. Mayewski, David H. Schilling og Minze Stuiver, som sammen med redaktørerne i forskellige kombinationer indgår som forfattere af de syv kapitler. Hvis man havde udvidet forfatterstaben til også at omfatte en person med en primær viden om geologien i de kontroversielle arktiske områder, ville bogen ikke være blevet dårligere.

Svend Funder