

Afslørende kemi i Grønlands og Antarktis' iskerner

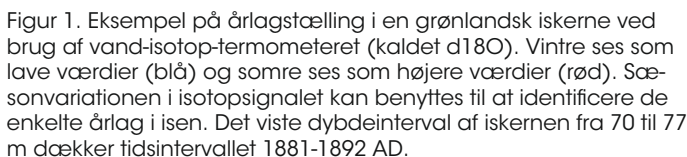
Kontinuerte metoder til måling af kemiske urenheder i iskerner fra Grønland og Antarktis benyttes til en detaljeret kortlægning af klimahistorien mange årtusinder tilbage i tiden. I iskernerne ses fortidens istider, store vulkanudbrud, skovbrande, støvstorme og ændringer i udbredelsen af havis. I nyere tid ses menneskelig aktivitet i form af stærkt forhøjede koncentrationer af urenheder.



Af Anders Svensson og Helle Astrid Kjær,
Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

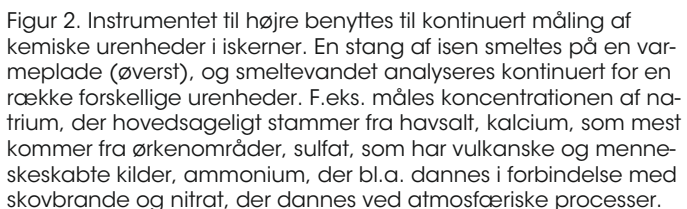
To til fire kilometer lange iskerner fra de store iskapper på Antarktis og Grønland gemmer på detaljerede oplysninger om klimaet langt tilbage i tiden. I Antarktis rækker iskernerne ca.

800 tusinde år tilbage i tiden, hvor de afslører otte istiders kommen og gåen. Det meste af denne periode har Jorden befundet sig i istider, hvor store iskapper har dækket Nordamerika og Skandinavien. Med cirka 100.000 års mellemrum har der været mellemistider, i stil med den nuværende mellemistid, Holocæn, som Jorden har befundet sig i gennem de sidste 11.700 år. I



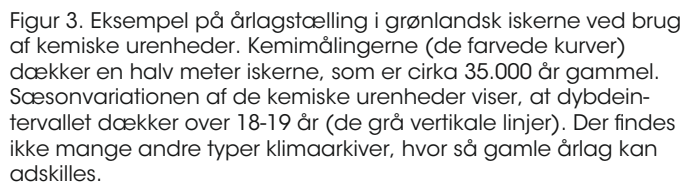
Den klassiske måling på en iskerne er målingen af isens isotopiske sammensætning, som benyttes til at rekonstruere fortidens temperaturer. På et massespektrometer måler man mængden af tungt vand i isen, dvs. vand med et ilt-18 eller et brint-2 atom i stedet for de mere almindelige ilt-16 og brint-1 atomer. Den relative mængde af tungt vand i isen fungerer som en temperaturindikator. Det virker sådan, at jo koldere klimaet er, desto mindre tungt vand vil isen indeholde. Dette isotop-termometer viser både klimavariationer på langtidsskala, som f.eks. istider og mellemistider, men også hurtige temperaturvariationer som årtiderne, figur 1. Således kan det meste af den Holocæne periode dateres år for år ved at tælle sæsonvariationen i isens isotopiske sammensætning, lidt på samme måde som man tæller årringe i et træ.

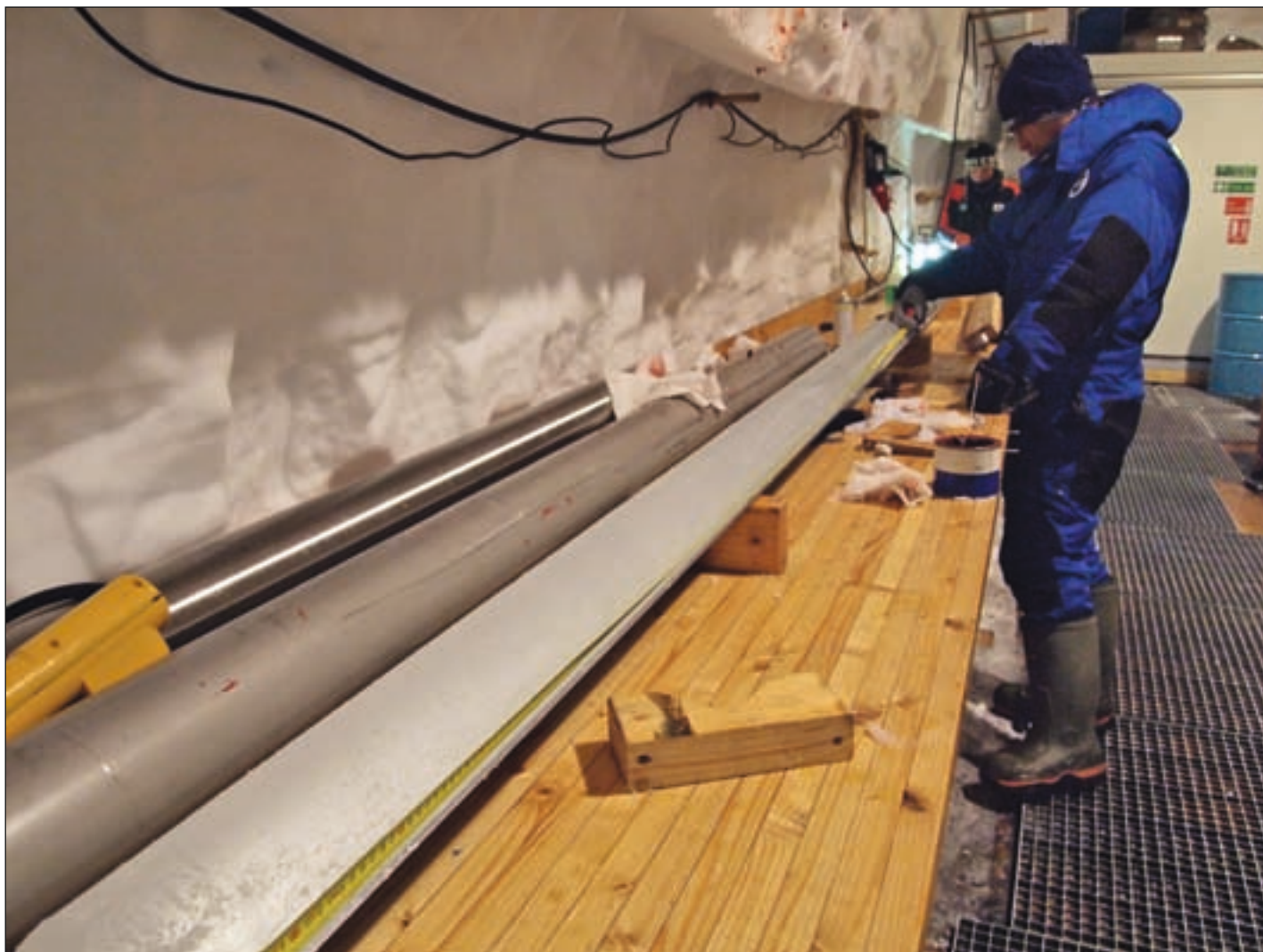
Ud over isens isotopiske sammensætning måler man i dag også indholdet af en lang række urenheder i isen, så som indholdet



Årlag i tusindvis

Noget helt særligt ved iskernerne er deres høje tidlige opløsning, som gør det muligt at følge klimaet tilbage i tiden år for år. I det centrale Grønland falder der i dag typisk en halv meter sne om året, som presses sammen til ca. 20 cm is i omkring 100 meters dybde. Årlagene ligger pænt stablet ovenpå hinanden, men på grund af iskappens flydning ud mod isranden, udtynnes årlagene, efterhånden som de synker ned i isen. Tilbage i den sidste istid vil årlagene således typisk være af et par centimeters tykkelse. Som nævnt ovenfor kan det meste af den Holocæne periode dateres ved brug af isotop-termometeret. Går man længere tilbage i tiden, udglattes isotop-signalet så meget af diffusion, at årlagene ikke kan adskilles. Til gengæld kan årlagene stadigvæk ses i de kontinuerte profiler af kemiske urenheder og støvpartiker i isen. Mange af urenhederne har nemlig også en sæsonvariation, der gør, at årene kan identificeres, og typisk diffunderer urenhederne langt mindre end vandmolekylerne. Således er det muligt at tælle de enkelte årlag i grønlandske iskerner mindst 75.000 år tilbage i tiden med en tælleusikkerhed på ca. 5%, figur 3. I de centrale dele af Antarktis er det ekstremt koldt, og der falder så lidt sne, at årlagene er meget tynde og ikke kan adskilles. Til gengæld er der plads til mange årlag i iskappen, hvilket er grunden til, at iskernerne fra det centrale Antarktis rækker så langt tilbage i tiden. Længere ude mod Antarktis' kyst falder der mere sne og her kan årlagene tælles ligesom i Grønland.





Havsalt, støvstorme og skovbrande

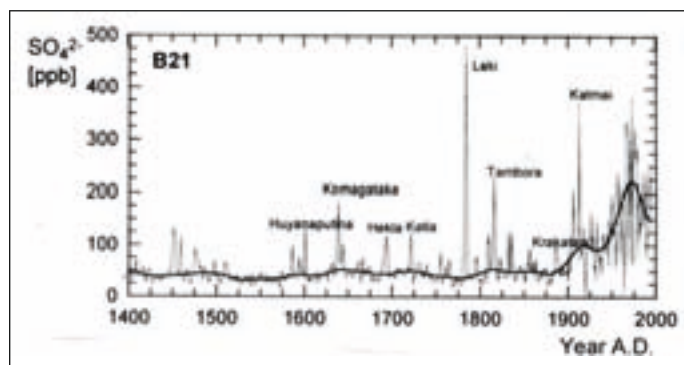
Urenhederne i isen kan give mange informationer om fortidens klimaforhold på Jorden. F.eks. stammer opløseligt natrium hovedsageligt fra havsalt, som bliver løftet fra havoverfladen i forbindelse med stormvejr. Natriumkoncentrationen i isen er således en indikator for stormaktivitet, selvom den også påvirkes af andre faktorer, som f.eks. udbredelsen af havis og afstanden til kildeområderne for nedbøren. Både opløseligt kalcium og uopløselige støvpartikler stammer hovedsageligt fra ørkenområder.

I det centrale Grønland viser sammensætningen af støvet, at størstedelen af det stammer fra det østlige Asien både under sidste istid, men også i dag, hvor støvstormene i Asien hvert forår kan ses på satellitbilleder. Støvet transporteres højt i atmosfæren med vestenvindsbæltet, og en lille del af det ender i Grønland. Kun en mindre del af støvet i Grønland ser ud til at stamme fra Sahara, som ellers er den største atmosfæriske støvkilde på Jorden i dag. Tilsvarende kan det meste støv i isen i Antarktis spores tilbage til tørre ørkener i Sydamerika.

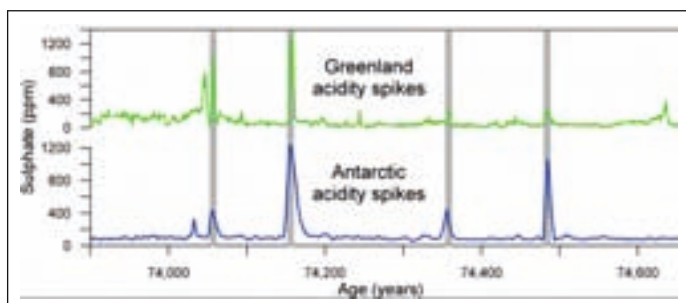
Ammonium dannes ved skovbrande og af bakterier i jorden. Ammoniumsignalet i isen menes derfor at være sammensat af et relativt konstant baggrundsniveau fra bakterierne samt et mere sporadisk sæt af karakteristiske toppe, som dannes ved skovbrande. Mange af urenhederne har ændret sig gennem Holocæn, men særligt under istiderne ses bratte klimaændringer i urenhederne. Det stemmer godt overens med, at det kolde klima under istiden var langt mindre stabilt end det klima, vi kender fra historisk tid.

Vulkaner og fossil afbrænding

Et andet karakteristisk signal i iskernerne er syresignalet, som hovedsageligt skyldes forekomsten af svovlsyre. Syreindholdet i isen har et lavt baggrundsniveau, som lejlighedsvist afbrydes af karakteristiske toppe af et-to års varighed, figur 4. Disse toppe skyldes vulkanudbrud, der sender store mængder af svovlsyre højt op i atmosfæren, hvor den spredes over et stort område, inden den falder ud af atmosfæren og en del af den, ender på iskapperne. I Grønland er det især de islandske vulkaner, der slår hårdt igennem, mens det er lokale vulkaner på Antarktis, der giver anledning til de største syretoppe dér. Er udbruddene store nok, dækker syresignalet hele Jorden, og der ses en syretop fra



Figur 4. Svovlsyreindholdet i en grønlandsk iskerne over de sidste 600 år. Toppene skyldes vulkaner, mens det forhøjede baggrundsniveau i det sidste århundrede skyldes fossil afbrænding.



Figur 5. En eller flere af disse syretoppe, som ses både i Grønland og på Antarktis, stammer sandsynligvis fra et af de største vulkanudbrud på Jorden gennem de sidste par millioner år: Toba-udbruddet på Sumatra i Indonesien, som skete for cirka 74.000 år siden. Der er fundet askepartikler fra udbruddet så langt væk som i Afrika, men ved polerne er det kun svovlsyren, der er nået frem.

det samme udbrud både i Grønland og Antarktis. F.eks. ses der tydelige syretoppe fra Toba-udbruddet, et af de største kendte vulkanudbrud, som skete for 74 tusinde år siden i Indonesien, figur 5. Det sker også, at der lander aske fra vulkanerne på iskapperne, men typisk når asken ikke så langt som syren. I Grønland er der således fundet askepartikler fra en lang række vulkanudbrud på den nordlige halvkugle, sågar helt fra Kina og Japan, men der er endnu ikke fundet aske fra en tropisk vulkan i Grønland.

Industrialiseringen ses også i sulfatsignalet som markant stigning i baggrunds niveauet fra omkring år 1900, figur 4. Ved afbrænding af fossile brændstoffer dannes der svovlsyre, som

spredes sig over et større areal. Syren fra fossil afbrænding spredes dog ikke så langt som det vulkanske signal, da syren ikke sendes så højt op i atmosfæren, men til gengæld kan den have store lokale konsekvenser. I løbet af de sidste årtier er man derfor blevet bedre til at rense røgen fra kul- og oliefyrede kraftværker, hvilket har medført et fald i syreindholdet af isen.

Konklusion

Gennem de sidste årtier er teknikker til detaljeret analyse af iskerner blevet udviklet til dels at måle en række nye parametre, dels at analysere kernerne i højst mulig dybdeopløsning. En af anvendelserne af de nye højtopløste datasæt er, at iskernerne nu kan dateres ret præcist langt ind i sidste istid, hvilket gør det muligt at følge fortidens klimaændringer år for år for en række forskellige parametre. Dette giver en indsigt i "anatomien" af fortidens ofte voldsomme og hurtige klimaændringer og en bedre forståelse af Jordens klimasystem generelt. Mange af de målte dataserier bruges enten som input til klimamodeller, eller de bruges til at evaluere resultaterne af klimamodelkørsler. På den måde medvirker iskernekemien til at forbedre klimamodellerne, som skal fortælle os, hvordan fremtidens klima vil arte sig.

Læs mere:

Is og Klima: <http://www.isogklima.nbi.ku.dk/forskning/>

E-mail:

Anders Svensson: as@nbi.ku.dk

