

Forståelsen af klimaforandringer styrkes når supercomputere og iskerner snakker sammen

Anne-Katrine Faber

Iskerner fra Grønlands Indlandsis giver os et enestående indblik i fortidens klima. Den viden bidrager til at styrke vores grundforståelse om klimaforandringer både i fortidens, nutidens og fremtidens klima. I mit ph.d. projekt har jeg forbedret redskaber til at lære om klimaforandringer ved at bygge bro mellem iskerner og klimamodeller.

Jeg befinder mig i luften over Grønland i et militært Hercules-fly. Omkring mig sidder mine klimaforskerkolleger alle iført tunge støvler, dunjakke og tykke vatterede bukser. Vi er på vej mod den dansk-ledede iskerneboringslejr midt inde på Indlandsisen. Her borer man iskerner for at lære mere om fortidens klimaforandringer. Observationer af klimaet eksisterer kun for de sidste 150 år. Det repræsenterer dog kun en brøkdel af Jordens samlede klimahistorie. Derfor er det utroligt værdifuldt for klimaforskningen, at iskerner gør det muligt at studere tidligere tiders klimaforandringer – helt op til 130.000 år tilbage i tiden.

Forskning i iskerner bidrager til en solid fundamental forståelse af de mekanismer der styrer fortidens og nutidens klimaforandringer. Udfordringen er imidlertid at oversætte viden om klimaforandringer, til en forståelse af de processer der forårsagede klimaforandringerne. Det er derfor vigtigt både at forstå *hvad* der er sket med klimaet, og *hvordan* disse klimaforandringer er foregået. Klimamodeller er værdifulde til at understøtte den eksisterende viden fra iskernerne til at skabe en forbedret forståelse af fortidens klima. Disse klimamodeller er computermodeller, der ved brug af matematik og fysik kan beregne Jordens klima. Ved at bygge bro mellem iskerner og klimamodeller, har jeg i mit ph.d. projekt bidraget til at forbedre redskaberne til at fortolke informationen fra iskernerne. Dette bidrager til at styrke vores forståelse af *hvordan* klimaforandringer sker.

Iskerner fortæller om fortidens klima

Efter en vellykket landing på indlandsisen, afslører et kig på min GPS, at vi befinder os langt mod nord. Her er både midnatssol og panoramaudsigt over Indlandsisen, men også så skarpt sollys, at solbriller er en absolut nødvendighed. Samtidig er der så koldt, at sneen aldrig smelter. Hver gang det sner, bliver det gamle lag af snefald på overfladen begravet. Med tiden er der blevet opbygget tusindvis af lag af sne oven på hinanden som gradvist masses sammen og omdannes til is.

Iskernerne fungerer som naturens eget termometer. Derfor får man gennem analyser af en iskerne, adgang til en vertikal tidslinie af fortidens klimaforandringer. Det skyldes at det frosne vand som isen består af, ikke bare er vand. I naturen findes der flere forskellige versioner af vandmolekylet H₂O. Molekylets byggesten, grundstofferne hydrogen (H) og oxygen (O), eksisterer i flere forskellige udgaver. Disse kaldes isotoper, og de udgør nøglen til at forstå hvorfor iskerner kan fortælle om fortidens klima.

Fysikeren Willi Dansgaard opdagede i 1960'erne, at forholdet mellem de forskellige typer af vandisotoper i sneen afhænger af temperaturen da sneen faldt. Sne fra de relativt varmere sommermåneder, har derfor et anderledes isotopforhold end sne fra vintermånederne. Ligeså ser man tydeligt forskel i iskernemålingerne på sne faldet under vores nuværende klimaforhold og sidste istid. Denne erkendelse repræsenterer en af de største gennembrud i nyere dansk forskningshistorie, og Dansgaard har skabt dengang grundlaget for at iskerner fra både Grønland og Antarktis i dag spiller en afgørende rolle i international klimaforskning.

Sneens rejse mod Grønland

Forståelsen af skyernes og sneens rejse nordpå mod Grønland udgør grundstammen i Dansgaards opdagelse. Den sne som falder på Grønland stammer fra skyer, dannet langt væk fra Grønland. Skyerne dannes oftest som en del af store lavtryk i Atlanterhavet og bevæger sig nord på mod Grønland. Vandets rejse mod Grønland starter når der fordamper havvand et sted i Atlanterhavet. Det bliver til vanddamp, som bevæger sig nord på. Samtidig udsættes vandet for en afkøling, og når vanddampen er tilstrækkelig kold kondenserer den og bliver til vanddråber. Langt mod nord afkøles vanddråberne så meget at de bliver til snekrystaller.

Undervejs i vandets rejse mod Grønland opfører vandisotoperne sig forskelligt. Nogle vandisotoper kan bedst lide at være på vanddampsform og andre foretrækker at være på vanddråbeform. Afhængigt af hvor stor en afkøling, som vandet oplever undervejs mod nord er der derfor forskel i forholdet mellem typerne af vandisotoper i sneen. Årsagen til at vandisotoper i sneen indeholder information om klimaet er altså at når klimaet er koldt, så gennemgår skyen en større afkøling end når det er varmt og det vil afspejles i isotoperne.. undervejs på dets rejse mod Grønland end når det er varmt.

Forskningen indenfor vandisotoper er i de seneste år blevet revolutioneret af nye laser-baserede målemetoder. Dansgaards grundteori om at iskernerne fungerer som naturens termometer er fortsat uændret. Ikke desto mindre har udviklingen i målemetoder medført et skift i vores forståelse af hvordan isotoperne i iskernerne kan fungere, som et fortidstermometer. I dag ved man at forholdet mellem vandisotoperne i Grønlandsk sne er et komplekst integreret signal af de faktorer som kan påvirke vandet i skyerne på rejsen mod Grønland. Særlige klimamodeller, kaldet isotopmodeller, kan udregne den kombinerede effekt af alle disse faktorer og derfor isotopmodeller utroligt værdifulde til at fortolke vores iskernesignal.

Computere som værktøj til at lave klimaeksperimenter

Den sommer i 2012, hvor jeg befinder mig på Indlandsisen er et rekord varmt år. Det er meget varmere på Grønland end det nogensinde er blevet målt før. Vi oplever helt ekstraordinært plusgrader på termometret og at vandet falder fra skyerne som regn i stedet for sne. Samme sommer accelererer smeltningen af havisen i Arktis og det areal omkring Nordpolen, som normalt er dækket af havis, er mindre end nogensinde før i moderne tid. Hjemvendt fra Indlandsisen bryder jeg hjernen med at forstå hvilken rollen havisen spiller for de Grønlandske iskerner. Det kræver, at man holder tungen lige i munden, for ændringer i havisen kan indirekte påvirke vandets vej mod Grønland, på vidt forskellige måder. For at studere dette nærmere vælger jeg at anvende klimamodeller som et redskab til at forstå om havisændringer i det Arktiske Ocean nord for Grønland spiller nogen rolle for vandisotoperne i skyerne nær Grønland.

Klimamodeller er computermodeller der ved hjælp af matematik og fysik kan beregne alle de processer der påvirker klimaforholdene for hele Jorden i 3D. En isotopmodeller er en særlig form for klimamodel også kan beregne de forskellige typer vandisotoper. En isotopmodel er en særlig klimamodel der desuden kan beregne de forskellige typer vandisotoper på hele kloden. Disse klimamodeller giver mig muligheden for at studere nogle processer der påvirker isotoper i langt større geografisk skala end jeg ellers kunne hvis jeg kun havde brugt måleinstrumenter. Ved hjælp af disse virtuelle eksperimenter kan jeg studere havisens betydning for vandisotoperne. Mine resultater viser at havisændringer spiller en vigtig rolle for isotopforholdene i sne og regn over alt i Arktis. Men overraskende viser det sig også at den geografiske udbredelse af havisen er afgørende. Det er altså ikke underordnet for fortolkningen af iskernerne om havisen er smeltet tæt på det område hvor iskernen er fra eller ikke.

Kan vi bruge supercomputere til at forstå iskernerne bedre?

Langt fra Grønland, i et stort serverrum i USA står en stor supercomputer, der er blandt de kraftigste i verden. I samarbejde med kolleger fra University of Colorado får jeg adgang til at bruge denne supercomputer. En ny isotop-model, ved navn "isoCAM5" er i gang med at blive udviklet og jeg er med i udviklingsprocessen. Her jonglerer jeg med masser gigabytes af data og koder programmer så jeg kan oversætte computerfilerne med modelresultater til tal og grafer.

Når man arbejder med virtuelle eksperimenter med klimaet, så er det afgørende, at modellen er i stand til at simulere klimaet og isotopforholdene i sneen realistisk. Derfor er det vigtigt at sammenligne isotopmodellen med iskernemålinger. Derfor laver jeg en database over de sne- og isprøver som mine kolleger gennem de sidste 60 år har indsamlet på flere hundrede forskellige lokationer på Grønland. For at gøre sammenligningen mellem iskerner og klimamodeller bedre oversætter jeg iskernemålinger til landkort over isotopforholdene på Grønland. Derudover designer jeg en række test, som undersøger hvordan en ideel isotopmodel skal kunne simulere klimaet og isotopforholdene i sneen på Grønland. Et eksempel på en sådan test er at på Grønland ændres isotopforholdet med højden, præcis ligesom vi kender det fra skiferie og vandreferier hvor temperaturen falder når vi bevæger os opad bjerget. En god isotopmodel skal derfor være i stand til at simulere dette.

Disse værktøjer danner til sammen udgangspunktet for mit bidrag til at udvikle og forbedre isotop-modellen "isoCAM5". Mit specifikke fokus på at skabe bedre sammenhæng mellem iskerner og klimamodeller, har medført forbedringer i hvor god modellen er til at simulere realistiske isotopforhold under klimaforandringer. Dette har medvirket til at forbedre rammerne for at anvende isotop-modeller til at fortolke resultater fra iskernemålinger.

Fortidens, nutidens og fremtidens klimaforandringer

I en tid hvor vi bombarderes med nyheder om rekordhøje temperaturer på kloden og andre tegn på, at jordens klima er i forandring, kan man undres over, hvorfor det er interessant at studere fortidens klimaforandringer fremfor de klimaforandringer vi allerede står på kanten af. Men netop forståelsen af fremtidens klimaforandringer er stærkt koblet til vores forståelse af fortidens klimaforandringer. Mit ph.d. projekt udgør en lille, men vigtig, brik i forståelsen af

fortidens klimaforandringer. Denne forskning bidrager derfor til at styrke vores grundforståelse af klimaet.

Fremtidens klima byder på store udfordringer for vores samfund. Øgede forekomster af oversvømmelser, tørke og hungersnød kan have vidtrækkende økonomiske, samfundsmæssige og menneskelige konsekvenser. En robust forståelse af klimaforandringer er derfor af afgørende nødvendighed. Kun derigennem skaber vi de bedste rammer for at politikere og andre beslutningstagere har et solidt videns grundlag om konsekvenserne af klimaforandringer, som rustet dem til at træffe beslutninger om klimaets fremtid.