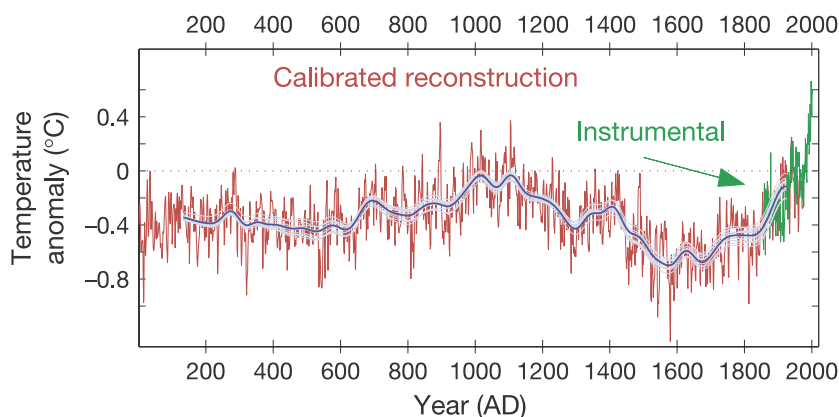


fra innsjøer og hav) for å rekonstruere temperaturvariasjoner for siste tusen år. De benytter en såkalt waveletanalyse, som er spesielt egnet til ikke-stasjonære tids-serier der amplitude og fase endres raskt i tid eller rom. Metoden bidrar til at de ulike prokxydata vektlegges mest på de tidskalaer de er best egnet for. Resultatene til Moberg og hans kollegaer viser en varm middelalderperiode rundt år 1000, en kald periode - den lille istid - rundt år 1600, og så stigende temperatur igjen fra ut på 1800-tallet, se figur 1. I den lille istid var temperaturen ca 0,7 °C under gjennom-snittet for 1961-90, mens i den varme perioden i middelalderen var tempera-turen omtrent som i gjennomsnittet for 1961-1990. 1990-årene hadde de høyeste temperatu-rene i hele perioden.



Figur 1. Temperatur (fratrukket middeltemperatur for 1961-1990) rekonstruert fra i) høy- og lavoppløselige tidsserier (rød) ii) kun lavoppløselige tidsserier (blå) og iii) observasjoner (grønn). Det lyseblå området viser at effekten av å se bort fra enkeltvise lavoppløselige kurver (jack-knifed estimat) er ganske liten. Fra Moberg m fl 2005.

Store variasjoner

Gjennom perioden varierer temperaturen omtrent like mye som rekonstruksjoner av temperatur fra borehull viser, 0,8-1 grad. Dette er nesten dobbelt så stor variasjon som treringer viser alene. De store variasjonene støttes av modellsimuleringer, som viser enda større variasjon.

Mobergs resultater gjelder for den nordlige halvkule, og kanskje vil vi snart få se tilsvarende kurver for sørlige halvkule. Når tilgjengeligheten av tidsserier blir stor nok, kan en etter hvert begynne å studere regionale temperaturvariasjoner på samme

måte. Analyse av historiske tidsserier basert på ulike prokxydata er komplisert. Tilsvarende tidligere arbeid har nå blitt grundig gjennomgått av forskere med ulik fagbakgrunn. Diskusjonene om hvilken statistisk metode som er best egnet til å få frem variasjonene, er til tider høylytte, både i og utenfor fagtidsskrift.

Referanse

- Moberg, A. m fl 2005. *Nature*, vol 433, 613-617.

Solfrid Sætre Hjøllo

(Solfrid.Hjollo@gfi.uib.no) er forsker ved Bjerknessenteret for klimaforskning, og arbeider som prosjektkoordinator i NoClim og ProClim.

Sigbjørn Grønås

(sigbjorn@gfi.uib.no) er professor i meteorologi ved Geofysisk institutt, UiB, og med i styringsgruppen for RegClim.

Nye anslag for global oppvarming

Nye amerikanske beregninger av framtidig økning i global temperatur og havnivå samsvarer med tidligere beregninger fra de antatt beste klimamodellene.

Sigbjørn Grønås, RegClim

Mange av de store klimasentrene i verden er nå ferdige med nye beregninger for framtidige klimaendringer. Resultatene vil inngå i FNs klimapanel IPCCs fjerde hovedrapport, som trolig kommer i 2007. I *Science* 18. mars ble noen av resultatene

fra National Center for Atmospheric Research (NCAR), USA, publisert av Meehl med flere (2005). I samsvar med IPCCs krav til nye beregninger, har NCAR utført ensembler av kjøring 200 år fram i tid etter bestemte scenarier for utslipp av klimagasser.

NCAR har benyttet to forskjellige klimamodeller: PCM (Parallel Climate Model) og CCSM3 (Community Climate model ver-

sion 3). Av disse to er CCSM3 den mest avanserte og den med best romlig oppløsning. Begge modellene har tidligere vist en moderat temperaturøkning i kjøring der konsentrasjonene av CO₂ er blitt økt med en prosent i året til en dobling etter 70 år (CMIP-kjøring, se artikkel av Sorteberg og Grønås i *Cicerone* 4-2004). Temperaturøkningen for perioden 60 til 80 år i slike eksperimenter kalles *den transiente klima-*



Foto: Audiovisual Library European Commission

USIKKERHET. Større sikkerhet om hvor sensitivt klimaet er for våre utslipp vil gi mindre usikkerhet om framtidens klima.

responsen (transient climate response, TCR). Men klimasystemet er ikke i balanse etter 80 år. Derfor vil temperaturen øke ytterligere om en kjører modellene videre med konstant CO₂ mot et stabilt klima for doblet CO₂. Temperaturøkningen ved et slikt stabilt klima uttrykker klimasystemets *sensitivitet* for doblet CO₂. Ulike arbeider – observasjonsstudier, enkle og kompliserte modellberegninger - tyder på at sensitiviteten er omkring 3,0 °C (*Science*, 13. august 2004). NCARs modeller viser en sensitivitet på 2,1 °C for PCM og 2,8 °C for CCSM3. TCR er 1,3 og 1,5 °C. Til sammenligning hadde modellene brukt i forrige IPCC-rapport en gjennomsnittlig TCR på 1,8 °C. Bergen Climate Model har TCR på 1,7 °C (se artikkel i *Cicerone* 4/2004 av Sorteberg og Grønås).

De ulike scenariene for klimautslipp - spesifisert av IPCC - brukt av Meehl m fl (2005), er som følger (figur 1 A): Stabilisering på dagens nivå (år 2000) av konsentrasjonene av alle antropogene klimagasser. Et scenario uten restriksjoner på utslipp (A2), karakterisert som "Business as usual". Et grønt alternativ (B1) som stabiliserer utslippene på en dobling av CO₂ (560 ppm) ved år 2100, og en mellom-

ting mellom A2 og B1, kalt A1B, som stabiliserer ved nesten 700 ppm. Det er verdt å merke seg at både B1 og A1B vil kreve store reduksjoner i utslippene til langt under nivået i 1990. Dette må skje innenfor de neste få tiårene for B1 og innenfor neste hundre år for A1B.

Resultatene for endringene av global temperatur og havnivå for de ulike utslippsscenarioene er gitt i figur 1 B og C for de to modellene. Det er verdt å merke seg at begge modellversjonene gir gode anslag for observert oppvarming de siste hundre år. I samsvar med sensitivitetene gir CCSM3 høyere anslag for klimaendringene enn PCM. Spredningen i resultatene mellom de ulike medlemmene i ensemblene er liten. En frysing av utslippene på dagens nivå gir en global oppvarming på mellom 0,4 og 0,6 °C for de to modellene ved år 2100. Med det grønne

scenariet B1 stabiliserer global temperatur seg fra begynnelsen av neste århundre. Temperaturøkningen er på henholdsvis 1,1 og 1,5 °C ved år 2100. Med A2 er oppvarmingen ved år 2100 mellom 2,2 og 3,5 °C. Med mellomscenariet A1B fortsetter den globale oppvarmingen litt gjennom det neste århundret og stabiliserer seg mot år 2200. Ved år 2100 er oppvarmingen henholdsvis 1,9 og 2,6 °C.

På grunn av havets store varmekapasitet stabiliseres ikke økningen i havnivået - på grunn av ekspansjon ved oppvarming - innen år 2200. En frysing av utslippene på dagens nivå gir en økning i underkant av 10 cm til år 2100, mens A2 gir en økning på henholdsvis 19 og 30 cm for de to modellene ved år 2100. Det grønneste scenariet B1 og mellomscenariet A1B ligger mellom disse to. Her er beregninger gjort til år 2200 da økningen er 28 og 32 cm for B1 og 36 og 48 cm for A1B for de to modellene. Siden smelting av isbreer ikke er med, er disse anslagene for økt havnivå å betrakte som minimumsanslag.

Resultatene fra NCAR bekrefter tidligere resultater, men gir trolig mindre klimaendringer enn i de fleste andre modeller det senere vil komme lignende

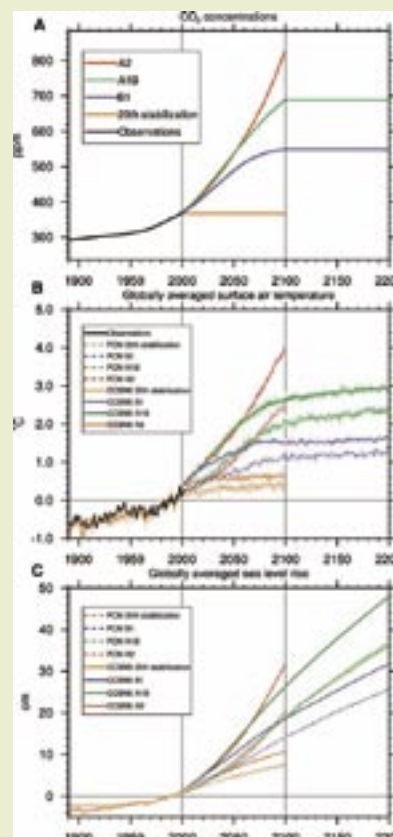
resultater fra. Modellene som ble benyttet i forrige rapport fra IPCC hadde store sprang i sensitiviteten. Jeg vil tro at modellene som blir med i neste rapport vil ha en sensitivitet som ligger tettere opp mot NCARs modell CCSM3. I så fall vil sprikene mellom modellene for framtidig global oppvarming bli mindre enn i resultatene som ble publisert i forrige rapport fra IPCC. Mindre sprik ville bety mindre usikkerhet om hvor stor den globale oppvarmingen vil bli.

Referanser

Meehl G.A. med flere 2005. How much more global warming and sea level rise? *Science*, **307**, 1769-1772.

Sigbjørn Grønås

(sigbjorn@gfi.uib.no) er professor i meteorologi ved Geofysisk institutt, UiB, og med i styringsgruppen for RegClim.



Figur 1. A: Utslippsscenarioer for CO₂. B: Avvik i global temperatur (°C) fra et gjennomsnitt for 1980-1999 for disse scenariene for ensembler beregnet med de to modellene PCM og CCSM3. C: Tilsvarende beregninger i økning av havnivået (cm) i forhold til det i 1999. Fra Meehl m fl (2005).