

RegClim Fase III:

Fokuserer på risiko når klimaet endres

Med RegClim er norsk kompetanse på klima-modellering blitt bygget opp. Resultatene forbereder for studier av virkninger av klimaendringer i Norge, men det er i de neste fire årene at fruktene av kompetanseoppbyggingen virkelig kan høstes.

Trond Iversen, *RegClim*

Fra begynnelsen i 1997 har RegClim studert mulighetene for klimaendringer i Nord-Europa og tilgrensende havområder, i tråd med intensjonene i tildelingene fra Miljøverndepartementet til Norges Forskningsråd. Det daværende programstyret for studier av endringer i klima og ozonlag ønsket en koordinert utvidelse av eksisterende aktiviteter og kompetanse, i overensstemmelse med anbefalingene fra en internasjonal evaluering av programmets 10 første år.

RegClim har hittil gitt norske myndigheter og allmennhet de første svarene på hvordan en menneskeskapt global oppvarming *kan* slå ut regionalt hos oss. Betydelig kompetanse er bygget opp

innen klimamodellering, regionalisering av klimascenarier og forståelse av prosesser i klimasystemet. Mye av kompetansen er svært ung og fordelt på få personer, og det skal lite til for å miste mye. Samtidig som det skal høstes viktige direkte anvendbare resultater, prioriteres også dedikerte forskningstema.

Fase III av RegClim vil i betydelig høyere grad enn i tidligere faser høste fruktene av at prosjektet koordinerer aktiviteter ved flere institusjoner. Hovedfokus er beregninger av forandret risiko når klimaet endres. Dette gjøres ved å tallfeste ulike kilder til usikkerheter i beregninger i vår region. Av kilder til usikkerhet studeres tilfeldige variasjoner i regionale luft- og havstrømmer, variasjoner i den vertikale omveltning i Atlanterhavet, og den direkte og indirekte usikkerhet knyttet til de storstilte strømmene i Atlanterhavet og

til direkte og indirekte påvirkning av partikkelforurensning. Endelig beregnes hvilke endringer i pådrivene på atmosfæren som mest effektivt utløser klimaendringer i vår region.

I årene som kommer vil mye klima-modellering også foregå utenfor RegClim. Nye doktorgrader vil hovedsakelig bli rekruttert utenfor RegClim, men for det meste omkring de modellene som RegClim benytter.

Redusert usikkerhet om regionale klimaforandringer

RegClims sluttprodukt skal være beregnede scenarier for Norges klima som egner seg til bruk for virkningsforskning og konsekvensvurderinger. Man vet at det vil koste mye å redusere utslippene av klimagasser slik at påvirkningen av klimaet reduseres så det monner. Til sammenlikning vet vi lite om de kost-

KlimaProg-Forskningsprogram om klima og klimaendringer (2002-2011) dekker naturvitenskapelig forskning som sikter på å øke forståelsen av klimasystemet og klimaendringer. Programmet hører inn under Norges forskningsråd og finansierer blant annet de store, koordinerte forskningsprosjektene AerOzClim, NOCLim, NORPAST og RegClim.

KlimaProg har sin egen redaksjon for å informere om forskningen i samarbeid med CICERO Senter for klimaforskning, og har egne sider i hvert nummer av tidsskriftet *Cicerone*.



Figur 1. Klimascenarienes spiral: En samfunnsstruktur forårsaker utslipp som påvirker atmosfærens strålingsbudsjett. Dette "strålingspådrivet" kan gi klimaendringer som virker inn på miljøet med konsekvenser for ressurser og mennesker, og som påvirker den samfunnsstrukturen som forårsaker utslippene, osv. osv. RegClim bidrar mest med resultater til de blå boksene.

nadene en menneskeskapt klimaendring kan føre med seg.

Det er derfor en betydelig fare for at det kan bli tatt politiske avgjørelser som gir utilsiktede konsekvenser. Illustrasjonen av klimascenarienes spiral understreker dette (figur 1). Ufullstendig viten om konsekvensene kan presse fram samfunnsendringer som kan forsterke konsekvensene. Figuren viser også at mens virkninger og konsekvenser av klimaendringer vil merkes regionalt, skaper de samfunnsmessige forholdene globale klimapådriv. Kostnadene ved å redusere klimagassutslipp vil ventelig belaste andre regioner enn dem som skånes mest ved reduserte klimaendringer. Dette kan sette internasjonalt diplomati på en utfordrende prøve.

RegClims fokus er Nord-Europa, tilgrensende havområder og deler av Arktis. Klimaet i denne regionen skiller seg ut fra andre regioner på samme breddegrad ved at det er relativt mildt og lite havis. Særlig basert på indirekte data for jordas klima i prehistorisk tid (paleoklimatologi), fryktes det at store endringer i denne situasjon kan oppstå i et perspektiv på 50 til 100 år. Å undersøke om menneskets påvirkning av drivhuseffekten kan utløse en svekkelse av de varme havstrømmene i Norskehavet og Barentshavet er betimelig. RegClims beregninger hittil tyder ikke på at slike drastiske konsekvenser er sannsynlig det nærmeste århundret.

For regionale klimaendringer er det viktig å undersøke bidrag til strålingsbalansen som har sterke regionale kontraster. Mens drivhusgassene blandes

jevnt i atmosfæren er partikkelforurensning kortlivet og varierer sterkt regionalt. Partikkelens relative bidrag til absorpsjon og spredning av solstråling varierer også med underlagets refleksjonsevne (albedo), som er svært kontrastrik. De indirekte virkningene via skyer og nedbør ser ut til å være større enn den direkte, men er knyttet til prosesser i skyer som tradisjonelt er mangelfullt beskrevet i klimamodeller.

Både forholdene i våre nære havområder og aerosolpartikkelens påvirkning er blant de mest usikre komponentene i dagens klimamodeller (se for eksempel siste IPCC-rapport fra 2001). I tillegg til å beregne regionale nedskaleringer av globale klimascenarier fra kjente internasjonale forskningssentre, planlegger derfor RegClim å fortsette arbeidet med å snevre inn usikkerhetene på disse fagfeltene.

Endret risiko for ekstremt vær

Når vi snakker om klimaendringer, tenker vi ofte på endringer i jordas gjennomsnittlige temperatur. Regionalt vil imidlertid endringer i nedbør og vind ofte være viktigere. Særlig interessant er en eventuell økt risiko for ekstremt vær. Hittil har RegClim kunnet tallfeste tendenser mot økt variasjonsbredde i vår regions vær. Dette gir seg uttrykk i økt hyppighet av det som i dagens klima er årets sterkeste døgn- og uke-nedbør eller maksimale vindstyrke.

Dette er bare et første skritt på veien mot å anslå endringer i "ekstreme ekstremer", eller i ekstreme nedbørmengder

Fakta om RegClim Fase III

En videreføring av RegClim som startet høsten 1997, for perioden 1. januar 2003 – 31. desember 2006.

Finansiert av Norges Forskningsråd med 5,25 millioner kroner per år. Betydelige IT-ressurser som CPU-tid og datalagring på nasjonale tungregneanlegg, vil komme i tillegg.

Prosjektet har en faglig rådgivingsgruppe bestående av:

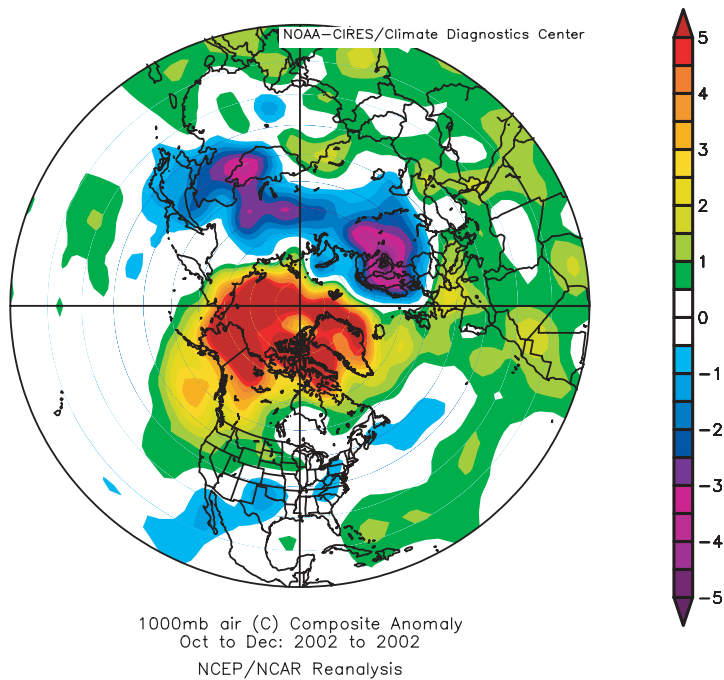
- Professor Erland Källén, Universitetet i Stockholm, og
- Professor Ulrich Cubasch, Freie Universität, Berlin.

5 institutter er med:

- Meteorologisk Institutt (koordinator)
- Institutt for geofysikk, Universitetet i Oslo
- Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen
- Havforskningsinstituttet
- Nansensenteret for miljø og fjernmåling

akkumulert over lengre perioder (måned, sesong). Ved å bruke data fra de 19 globale klimamodellene som refereres i IPCC, viste Palmer og Räisänen (*Nature*, 2002, Vol. 415, s. 512) en mer enn fire-doblet fare for store nedbørmengder over vintersesongen i Nord-Europa etter en dobling av atmosfærens CO₂-innhold.

Ekstremstatistikken til Palmer og Räisänen er ikke basert på nedskalerte data og mangler detaljer for å skille ut landsdeler i Norge. Hittil har RegClim publisert ett scenario med dynamisk nedskalerte beregninger fra Max-Planck-instituttet i Hamburg (MPI). (Dynamisk nedskalering tar utgangspunkt i beregninger fra en global klimamodell og beregner regionale utslag ved hjelp av en regional klimamodell med mer nøyaktig beskrivelse av prosessene i det aktuelle området; se Benestad i *Cicerone* 3-2001). Dette scenariet anslår endringer i 20-års værstatistikk over en periode på 50 år. 20 år er ikke nok til å si noe om



Figur 2. Klimavariasjonene er sterkt regionale: Denne analysen av gjennomsnittlig temperatur i lufta like over bakken for perioden oktober-desember 2002 (vist som avviket i grader Celsius fra normalperioden 1961-1990) viser at i Norden og det nordlige Eurasia var det betydelig kaldere enn normalt. Dette var ikke representativt for den nordlige halvkule. Spesielt kan man merke seg at store deler av Arktis var betydelig varmere enn normalt. Globalt var 2002 det nest varmeste året siden målingene med termometer startet, kun forbigått av 1998 da vi hadde El Niño.

ekstrem sesongnedbør. Da trengs flere nedskaleringer av globale beregninger, og dette blir viktig i RegClims nye fase.

Naturlige regionale variasjoner

En annen grunn for å øke bredden i datagrunnlaget er å sikre at mest mulig av de naturlige regionale variasjonene er omfattet. Vår regions klima påvirkes sterkt av regionale strømningsmønstre i atmosfæren, som på en tidsskala fra år til tiår påvirkes betydelig av forholdene i havet. Norges topografi og nærhet til Nord-Atlanteren og Arktis gjør at landsdelenes klima er spesielt følsomme for

hvilke regionale strømningsmønstre som er framherskende.

Værsituasjonen her til lands siste høst og vinter er et eksempel på at det er betydelig større regionale enn globale klimavariasjoner (figur 2). Vi har hatt en "god gammeldags vinter", kanskje med unntak av kystområder på Vestlandet og nordover der det har vært mildere. Dette kalde været er ikke globalt representativt.

Menneskeskapt endringer av drivhuseffekten vil neppe gi oss totalt nye strømningsmønstre, men snarere at noen av strømningsstypene vil opptre

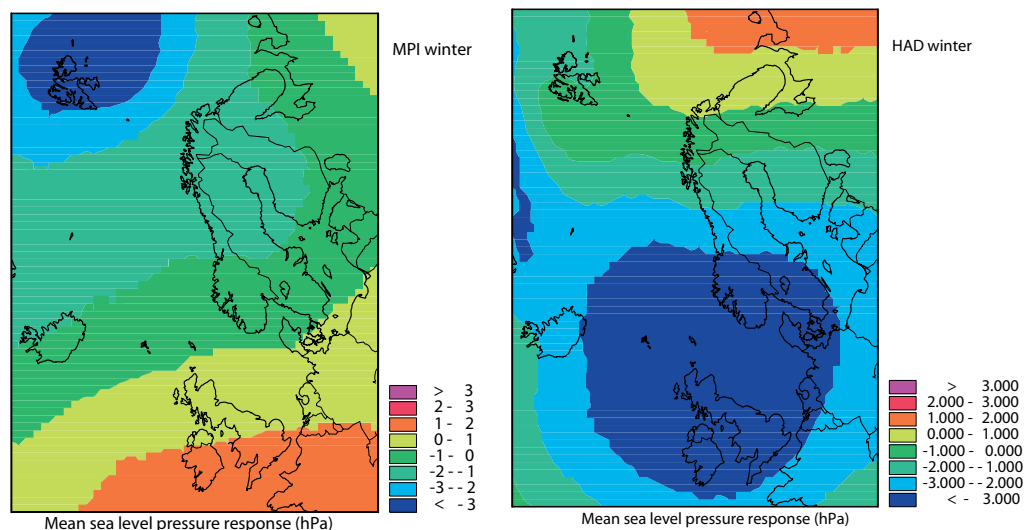
oftere og andre sjeldnere. For Norge kan dette bety sterke kontraster mellom landsdelenes klimaforandringer. Tatt i betraktning at det er betydelige naturlige variasjoner i regionale strømningsmønstre over perioder på 10 år og lenger, kan vi ikke forvente at 20-års-statistikken i RegClims dynamisk nedskalerte MPI-scenario dekker opp hele variasjonsbredden i landsdelenes klima.

Ser vi for eksempel på et annet globalt klimascenario fra Hadley-senteret, viser dette en mulighet for et annet fremherskende strømningsmønster enn det MPI-scenariet ga (figur 3). Dette betyr ikke at det ene scenariet nødvendigvis er riktigere enn det andre, men at kun ett scenario alene gir et fullstendig bilde.

Planlagte beregninger

RegClim bruker også empiriske metoder for nedskalering som et alternativ. Empirisk nedskalering tar utgangspunkt

Figur 3. Ulike klimamodeller beregner forskjellige endringer i regionale mønstre for luftstrømmene som følge av menneskeskapt økning av drivhuseffekten. Forskjellene kan skyldes tilfeldige "kaotiske" variasjoner og at prosesser beregnes ulikt uten at det automatisk kan antas at en modell er bedre enn andre. Her vises en beregnet endring i vinterens gjennomsnittlig bakketrykk over en 50-års periode til venstre (fra Max-Planck-instituttet) og over en 100-års periode til høyre (fra Hadley-senteret). Situasjonen til venstre er symptomatisk for de milde vintrene de siste 10-15 år, mens den til høyre likner på forholdene høsten 2000. (Laget av Jan Erik Haugen, met.no).



i statistiske sammenhenger mellom storstilte klimamønstre og regionalt/lokalt vær. Slik nedskalering av et større sett av globale scenarier har understreket nødvendigheten av å inkludere et bredt utvalg (ensemble) av klimascenarier for å dekke bredden i de naturlige regionale klimavariasjonene. Både dynamiske og empiriske metoder skal brukes og kombineres i den nye fasen av RegClim. Usikkerheten i vår kunnskap vil tallfestes ved å nedskalere beregninger fra ulike globale modeller.

Ensemblet av nedskalerte scenarier skal kompletteres ytterligere med globale studier der 1) havstrømmene i Nord-Atlanteren og 2) aerosolpartiklers påvirkning settes i fokus. På disse områdene har RegClim spesiell

kompetanse, og det kan forventes at RegClims resultater vil være bedre på disse feltene enn de fleste andres. Ved også å nedskalere disse vil vår viten om klimaendringer i vår region bli vesentlig styrket.

Nyutvikling

Helt nytt i RegClim vil bli nedskalering i de øverste vannlagene i våre nære havområder. Dette har som mål å forberede for virkningsstudier for livet i havet, og inkluderer mulige endringer i forholdene for våre fiskerier. Mye av de samme typer nedskaleringer som planlegges i atmosfæren vil også bli gjort for disse havområdene.

RegClim har begynt å utvikle en regional klimamodell som kobler

atmosfæren, havis og de øverste lagene i havet. Formålet er å bedre de globale scenariene med særlig vekt på Arktis. Klimaendringer i og nær Arktis er nært knyttet til endringer i isdekket. I de aller fleste globale klimamodeller er havis modellert med store feil. Dette skyldes ikke nødvendigvis modellering av is i seg selv, men hvordan de koplede modellene oppfører seg som en enhet. Dårlig romlig oppløsning, særlig i havet, er trolig en medvirkende årsak, som en koplet regional klimamodell kan forbedre.

Trond Iversen

er professor i meteorologi ved Institutt for Geofysikk, UiO og prosjektleder for RegClim (trond.iversen@geofysikk.uio.no).

Risiko for bråe klimaendringer

Kan en global oppvarming destabilisere klimasystemet på en lignende måte som ved slutten av siste istid? Bråe klimaendringer er antakelig mulige i årene som kommer, men utslagene kan neppe bli så store som den gangen.

Sigbjørn Grønås,
RegClim

Klimaet under siste istid var ustabil og gjennomgikk store variasjoner, kalt *Dansgaard-Oeschgersvingninger* (DO-svingninger), med perioder på ca 1000 – 1500 år (se artikkel av Grønås og Nesje i *Cicerone* 2/2001). Mesteparten av variasjonene skjedde som plutselige klimaendringer (8 til 16 °C på Grønland) over kanskje bare et tiår eller to. Til sammenligning har klimaet i vår mellomistid *holosen* (siste 10 000 år) vært mye mer stabilt, men med mindre klimavariasjoner som f.eks. *den lille istid* (ca 1400 – 1850 AD) og ørkendannelsen i Sahara (ca 5000 år siden). Forholdene er illustrert i figur 1 (og figur 1 side 26), som blant annet viser temperaturvariasjoner basert på oksygenisotoper i iskjerner

fra Grønlands innlandsis. Vi merker oss spesielt den siste DO-svingningen under *ynge dryas*, ved utgangen av istiden.

Klimamekanismer

I våre dager er som kjent en menneskeskapt global oppvarming på gang, forårsaket av økt drivhuseffekt. Betydelige klimaendringer er ventet for kommende hundre år med store mulige konsekvenser for natur og samfunnsliv. Et stort spørsmål er om den globale oppvarmingen kan gjøre klimaet mer ustabil med raskere endringer enn vi har hatt i holosen inntil nå. I så fall har vi mye større grunn til bekymring for framtidens klima enn med en stabil og jevn endring.

En tenker seg at bråe klimaendringer skjer når klimasystemet tvinges til å overstige visse terskler. Utløsningen skjer gjerne ved en ytre påvirkning av klimasystemet, slik som endring i solak-

tiviteten eller økt drivhuseffekt. Overstigning av en terskel starter en overgang til en ny klimatilstand med en hastighet bestemt av klimasystemets indre prosesser. Overgangen skjer hurtigere enn endringene i de ytre pådriv som forårsaket utløsningen. Selv et svakt pådriv over lang tid forårsaket av endringer i jordas baneparametre (se artikkel i *Cicerone* 2/2003 av Mangerud), kan for eksempel utløse bråe endringer. Når terskler overskrides og endringer settes i gang, settes mekanismer i gang som kan forsterke disse endringene. Et eksempel er klimaendringen i Sahara, som hadde sin årsak i at solstrålingen om sommeren langsomt ble svakere, noe som svekket den afrikanske monsunen. Tørken førte til at vegetasjonen døde. Det førte til redusert fordampning - noe som igjen forsterket tørken. Andre klimaprosesser bidrar til å spre endringene globalt. Forutsigbarheten for endringer når kli-