

Bedre samsvar mellom temperaturen ved jordoverflaten og i troposfæren

Langt mindre oppvarming av troposfæren enn jordoverflaten siden 1979 har vært et av klimaskeptikers sterkeste kort mot IPCCs konklusjoner om global oppvarming. Ny forskning viser mindre uoverensstemmelse, men debatten forsetter.

Sigbjørn Grønås,
RegClim

FNs klimapanel (IPCC) baserer sine anslag om global oppvarming først og fremst på meteorologiske målinger av lufttemperatur ved jordoverflaten og målinger av sjøtemperaturen i havoverflaten. Oppvarmingen bekreftes av en rekke uavhengige målinger og klimaindikasjoner: isbreer smelter, sjøisen i Arktis trekker seg tilbake og vekstsesongen blir lengre (Houghton m fl, IPCC 2001).

Temperatortrender siden 1979 har spesiell interesse siden satellitter fra dette året har overvåket temperaturen i den frie atmosfære med MSU-instrumenter (se boks). Fra disse dataene har en beregnet temperatortrender for troposfæren som viser langt mindre oppvarming enn for overflaten (se artikkel av Grønås, *Cicerone* 2-1999). Samtidig viser klimamodellene like stor og større oppvarming for troposfæren enn for overflaten (f. eks. Douglass m fl 2004 a). Mindre oppvarming av troposfæren setter spørsmålsteget ved bakkeobservasjonenes egnethet til



En TIROS-N satellitt.

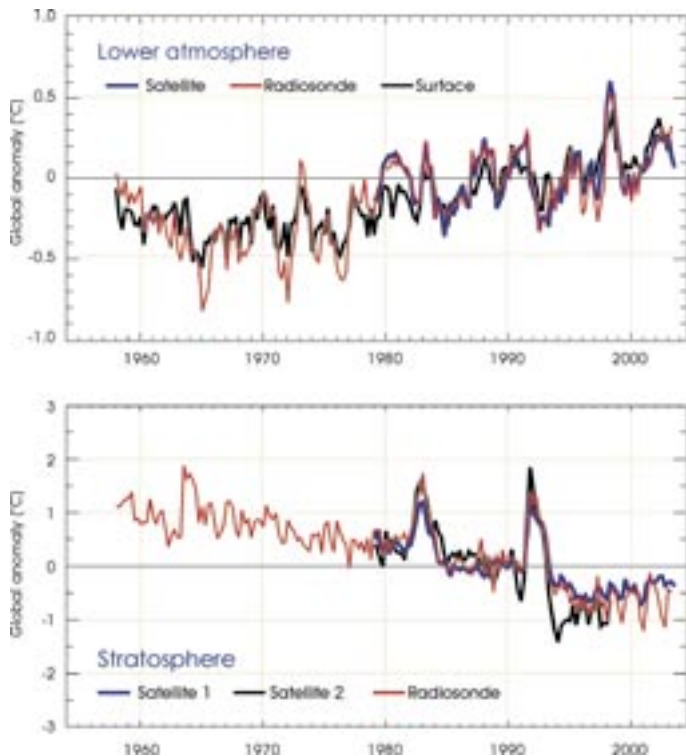
Foto: NOAA.

å påvise global oppvarming og klimamodellenes evne til å forutsi klimaendringer. Slik er denne uoverensstemmelsen et

viktig tema i klimadebatten.

Klimaskeptikere har hele tiden hevdet at forskjellen er et bevis for at oppvarmingen ved

overflaten ikke er reell, og at den tilsynelatende oppvarmingen ved overflaten skyldes for stor vekt på målinger i byer og



Avvik i global temperatur siden slutten av 1950-årene. Øverst: troposfæren og jordoverflaten, nederst: stratosfæren. Figuren er hentet fra en brosjyre fra Hadleysenteret, UK (www.metoffice.com/research/hadleycentre/pubs/brochures/2003/global.pdf). Deres beregninger viser ingen uoverensstemmelse mellom endringer ved bakken og endringer i troposfæren.

industriområder som danner varmeøyer i landskapet. Det fins mange nettsider som formidler slik skeptisisme, særlig i USA (f. eks. www.co2science.org). I Norge videreformidles disse tankene først og fremst av *forskning.no*. Det er vel kjent at storbyer og store industrianlegg er varmeøyer i landskapet, blant annet på grunn av lite vegetasjon og fordamping. Men forskningsgrupper som beregner global temperatur ved bakken, mener de tar hensyn til varmeøyer i beregninger av trender for global temperatur (IPCC 2001).

Trender 1979-1998

De første resultatene for troposfæren basert på MSU-data viste faktisk negative temperaturtrender (Spencer og Christy 1990). Etter hvert ble det funnet flere feilkilder i dataene. Etter en del korreksjoner og kalibreringer (se boks) fant en positive trender også for troposfæren, men betydelig mindre enn ved overflaten. Debatten var spesielt livlig etter at trendene 1979-1998 ble offentliggjort. MSU-dataene viste da en positiv økning på 0,045 °C per tiår, mens observasjonene ved bakken viste 0,15 °C per tiår, altså mer enn tre ganger så stor oppvarming.

Mange forskere forsøkte å gi forklaringer på forskjellen. Siden det har vist seg nødvendig å gjøre en rekke korreksjoner med satellittdataene, har en fryktet at det fremdeles kan være feil i dem. Den viktigste anken har vært at måleperioden har vært for kort for å få fram sikre trender (Hurrell og Trenberth 1998). Videre er det

blitt pekt på at de to dataseriene, for overflaten og troposfæren, har forskjellig global dekning og ikke er helt sammenlignbare (Santer m fl 2000).

Like varmt?

Det har også blitt reist spørsmål om lufta i troposfæren virkelig skal oppvarmes like mye som ved overflaten (Hurrell og Trenberth 1998; Gaffen m fl 2000). Spesielt er det pekt på at troposfæren er dekoplet fra luftlaget nær bakken ved inversjoner (områder der temperaturen stiger med høyden over havet). Vi finner inversjoner over store deler av kloden, slik som over subtropiske høytrykk med passatvindene i tropene, og over land og is i polare strøk om vinteren. Vi vet også at inversjoner generelt er svært hyppige over land om natta. Dataene ved overflaten viser også størst oppvarming om natta. En mener derfor at inversjonene kan ha hindret utveksling til troposfæren (Hurrell og Trenberth 1998).

Vurderinger fra USAs forskningsråd

Det nasjonale forskningsrådet i USA opprettet et ekspertpanel som vurderte de observerte temperaturtrendene (NRC 2000). Panelet konkluderte med at oppvarmingen ved overflaten de siste 20 årene har vært reell og at uoverensstemmelsen med troposfæren ikke endrer på denne konklusjonen. Panelet mente at forskjellen mellom trendene ved bakken og i troposfæren også har vært reell, og fant bevis som antyder at troposfæren har blitt langsommere oppvarmet både av naturlige

MSU-data

TIROS-N satellittene i polare baner rundt jorda har gitt data for værvarslingsmodeller siden desember 1978. Et av instrumentene om bord har vært de såkalte Microwave Sounding Units (MSU) som er passive radiometre som måler stråling fra atmosfæren som kan omregnes til temperatur. Instrumentene ble i 1998 erstattet med et mer avansert instrument, AMSU. Strålingen mottas i visse frekvensbånd som representerer temperaturen i visse sjikt av atmosfæren med vekter som har et maksimum i et visst nivå. Et av disse båndene, kanal 2, representerer temperatur fra bakken, gjennom troposfæren og opp i den lavere stratosfære med maksimum vekt ca 3,5 km over havet. Et annet bånd, kanal 4, representerer stratosfæren.

Korreksjon av MSU-data

Det har vist seg at dataene ikke kan brukes direkte til klimaovervåking, men må gjennomgå kompliserte kalibreringer og korreksjoner for ulike feil. Korreksjonene kan deles i to hovedtyper: *Korreksjon for påvirkning fra stratosfæren*: Temperaturen i stratosfæren påvirker dataene (ca 15 prosent av signalet). Dette er uheldig fordi stratosfæren avkjøles på grunn av mindre ozon og økt konsentrasjon av drivhusgasser. Korreksjoner er utført av Spencer og Christy (1992) og Wentz og Schabel (1998). *Kalibrering for bruk av forskjellige satellitter*: Data fra i alt 12 satellitter må kalibreres sammen for å få fram homogene data siden 1979. Dette er ingen enkel oppgave fordi hver satellitt har sine særegenheter. Kalibreringene omfatter temperaturfeil knyttet til døgnetlig variasjon og lokal samplingstid, satellittenes endringer over tid, kalibrering av MSU og feil som skyldes endringer i satellittbanene (Christy og Spencer 1995; Christy og Spencer 1998; Wentz og Schabel 2000). Korreksjonene har ført til dataserien MSU2LT. Andre feil en prøver å korrigere er refleksjon med overflaten og skydråper.

Reanalyser

I tillegg til radiosondedata som måler temperaturen kontinuerlig med høyden over havet, er det blitt utført såkalte reanalyser av atmosfæren hver 6. time fra 1950-årene. Dette er analyser av atmosfærens tilstand basert på alle tilgjengelige observasjoner, inkludert radiosondedata og satellittdata. Metodene er slik at analysene utføres som en vektning av observasjonene ved de aktuelle tidspunktene og den informasjonen som en værvarslingsmodell bringer med seg fra forrige tidspunkt. Reanalyser gir temperaturen overalt og i alle høyder. Det fins to serier, en fra NCEP, USA som går tilbake til 1948, og en med bedre romlig oppløsning fra ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts) som går tilbake til 1958 (ERA40).

og antropogene årsaker. Panelet la spesielt vekt på at trender er usikre på så kort sikt som 20 år. For eksempel viste de til effekten av hendelser som El Niño i 1982 og 1998 og vulkanutbruddet fra Pinatubo i 1991.

Nye forskningsresultater

Analysene av MSU-dataene er inntil nylig bare blitt utført av en gruppe knyttet til Universitetet i Alabama under ledelse av John R. Christy og Roy W. Spencer. De samme dataene har nå blitt analysert av en uavhengig gruppe i California (Mears m fl 2003; Santer m fl 2003; Vinnikov og Grody 2003). Begge grupper har gitt anslag for global temperatur for troposfæren og stratosfæren. Analysene viser samsvarende avkjøling for stratosfæren, som avkjøles ved økte drivhusgasser og mindre ozon, og resultatene er funnet i overensstemmelse med modellberegninger. For troposfæren viste det nye anslaget en positiv trend i global temperatur på 0,1 °C per tiår for perioden 1979 - 2001. Santer m fl fant denne trenden i samsvar med modellberegninger som tar med både naturlige og antropogene pådriv på klimasystemet. De konkluderte at den inkonsistensen som fortsatt synes å stå igjen, er godt innenfor usikkerheten i anslagene.

Gruppen til Christy og Spencer har ikke god tatt resultatene og viser til sine beregninger som gir langt mindre trend for samme periode (Christy og Spencer 2003). Deres beste kort er at deres resultater stemmer overens med uavhengige data, først og fremst målinger fra radiosonderinger. Om en beregner trender basert på radiosonderinger fra 1950-årene, stemmer de bra med trender for overflaten (Gaffen m fl 2000). Trolig demonstrerer dette hvor stor unøyaktighet det kan være i korte trender. Temperaturdataene fra sonderingene viser en interessant endring i temperatursvariasjon med høyden over havet. Etter 1978 har temperaturen avtatt mer med høyden enn i perioden før 1978. Dette betyr at trendene fra satellittdata er blitt beregnet i en periode da temperaturen har variert mindre i troposfæren enn ved jordoverflaten. Altså indikerer sonde-dataene at oppvarmingen skal være mindre i troposfæren enn for overflaten i den siste perioden.

Fu m fl (2004) viste at temperaturtrendene fra MSU-dataene er små for troposfæren fordi dataene ikke er tilstrekkelig korrigert for innflytelser fra stratosfæren, som har vist en markant avkjøling. Disse forskerne brukte data fra MSU-kanal 4, som bare registrerer temperatur i stratosfæren, til å korrigere dataene fra kanal 2, som brukes for troposfæren, men som også i noen grad representerer stratosfæren. Resultatet gir korrigerte trender for perioden 1979 - 2001 som stemmer overens med trender en finner for overflaten. For tropene finner de en oppvarming for troposfæren som er 1,6 ganger oppvarmingen ved overflaten, noe som stemmer med teoretiske betraktninger og modellresultater.

Gruppen til Christy og Spencer har ikke god tatt resultatene til Fu m fl., blant annet fordi reanalyser i tillegg til radiosonderinger (se boks) stemmer bedre med deres resultater (se nedenfor). Et nytt arbeid gir nye indikasjoner på at forskjellen er reell (Douglass m fl 2004 b).

IPCC mener temperaturøkningen skyldes økt drivhuseffekt. To arbeider indikerer at noe av trendene også kan skyldes endringer i bruk av jordoverflaten, slik som industrialisering (Kalnay og Cai 2004; de Laat og Maurellis 2004). Et arbeid finner at reduksjon i antall målestasjoner ved overflaten kan forklare noe av de høye temperaturene i 1990-årene (McKittrick og Michaels 2004).

Trender 1979-2002

Til slutt presenteres trender fram til 2002, tatt fra et foredrag av Christy, Spence og Norris (www.ncdc.noaa.gov/oa/jrc.ppt). Deres trender basert på MSU-data er selvsagt uten de spesielle korreksjonene Fu m fl anvendte.

“Trolig er det ennå slik at troposfæren viser mindre oppvarming enn overflaten for de siste tiårene, men at forskjellen kan forklares.”

Når det gjelder overflaten, gir en gruppe i Storbritannia (HadCRU) og to grupper i USA (NCDC og GISS) trender siden 1979 på henholdsvis 0,17, 0,16 og 0,15 °C per tiår. For troposfæren gir MSU-data og reanalyser (se boks) fra NCEP og ECMWF en oppvarming på henholdsvis 0,07, 0,08 og 0,10 °C per tiår (den siste trenden er fram til 2001). Trendene for troposfæren er altså omtrent 50 prosent av trendene ved overflaten. Disse resultatene tyder på at det fortsatt er en uoverensstemmelse, men at den er blitt mindre ettersom trendene er beregnet over et lengre tidsrom.

Større klarhet

Å beregne globale temperaturer for troposfæren og jordoverflaten er ingen enkel oppgave. Spesielt er det vanskelig å kalibrere satellittmålinger. Det er viktig at det fins uavhengige grupper som arbeider med datasettene. Det er også fint at datasettene er tilgjengelige for alle slik at beregninger kan overprøves av andre. Forskningen har slik vært mangfoldig når det gjelder global temperatur og trender. Større klarhet er oppnådd siden Spencer og Christy kom med sine alarmerende negative trender for troposfæren i 1990. Trolig er det ennå slik at troposfæren viser mindre oppvarming enn overflaten for de siste tiårene, men at forskjellen kan forklares. Trendene fra MSU-data kan derfor ikke lenger brukes

som bevis mot global oppvarming. Etter alt å dømme er økt drivhuseffekt den viktigste årsaken til oppvarmingen.

Dagens klimamodeller klarer ikke å beskrive forskjellen mellom temperaturtrender i troposfæren og ved jordoverflaten. Dersom dette har sin årsak i at inversjoner hindrer spredning av signalet fra overflaten til troposfæren, er det viktig at klimamodellene forbedres når det gjelder inversjoner.

Referanser

- Christy, J. R., Spencer, R. W. & McNider, R. T. 1995. *J. Clim.* **8**, 888–896.
- Christy, J. R., Spencer, R. W. & Lobl, E. S. 1998. *J. Clim.* **11**, 2016–2041.
- Christy, J. R. med flere. 2003. *J. Atmos. Ocean. Technol.* **20**, 613–629.
- Douglass, D.H. med flere 2004 a. *Geoph. Res. Lett.* Juli 2004.
- Douglass, D.H. med flere 2004 b. *Geoph. Res. Lett.* Juli 2004.
- Gaffen, D. J., Sargent, M. A., Habermann, R. E. & Lanzante, J. R. 2000. *J. Clim.* **13**, 1776–1796.
- Houghton, J. T. med flere. in *Climate Change 2001: The Scientific Basis* (Cambridge Univ. Press, London), 881 s.
- Hurrell, J.W. & Trenberth, K. E. 1998. *J. Clim.* **11**, 945–967.
- Kalnay E., Cai M. 2003. *Nature*, **423**, 528–531.
- de Laat A.T., Maurellis A.N. 2004. *Geophysical Research Letters*, Vol. **31**, L05204, doi: 10.1029/2003GL19024.
- McKittrick R., Michaels P.J. 2004. *Climate Research*, Vol. **26** Nr. 2, 25.
- Mears, C. A., Schabel, M. C. & Wentz, F. J. 2003. *J. Clim.* **16**, 3650–3664.
- NRC - National Research Council 2000. *Reconciling observations of global temperature change*. National Academy Press, Washington DC.
- Santer, B.D. med flere. 2000. *Science* **287**, 1227–1232.
- Santer, B. D. med flere. 2003. *Science* **300**, 1280–1284.
- Spencer, R.W. & Christy, J. R. 1990. *Science* **247**, 1558–1662.
- Spencer, R.W. & Christy, J. R. 1992. *J. Clim.* **5**, 858–866.
- Vinnikov, K. Y. & Grody, N. C. 2003. *Science* **302**, 269–272.
- Wentz, F. J. & Schabel, M. 1998. *Nature* **394**, 661–664.
- Wentz, F. J. & Schabel, M. 2000. *Nature* **403**, 414–416.

Sigbjørn Grønås

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