

## Verdensbankens rapport

### Turn Down the Heat. Why a 4°C Warmer World Must be Avoided.

A Report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics, November 2012.

Denne rapporten gir en grundig diskusjon av hvilke forandringer vi kan vente dersom den globale middeltemperaturen stiger med 4 grader eller mer over førindustriell verdi. Det konkluderes med at en slik oppvarming vil føre til hetebølger som vi ikke har sett maken til, alvorlig tørke og store flommer i mange regioner med alvorlige følger for økosystemer og den nytte vi har av dem. Mange utviklingsland er spesielt utsatt.

Hans Martin Seip

Dette er en grundig og oppdatert rapport. Den går riktignok ikke så mye inn på usikkerheter i beregninger av fremtidig temperaturstigning som har vært tema for flere nylig publiserte arbeider. Klimafølsomheten - temperaturøkningen ved en dobling av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren – er fortsatt dårlig bestemt. Andre viktige bidrag til usikkerhet kommer av manglende kunnskap om karbonkretsløpet, virkningen av partikler og naturlige temperatursvingninger. Rapporten slår imidlertid fast (fra det første avsnittet i Executive Summary):

Uten ytterligere forpliktelser og tiltak for å redusere utslipp av klimagasser, er det sannsynlig at den globale temperaturen vil stige med mer enn 3°C over førindustriell temperatur. Selv om nåværende forpliktelser og løfter skulle bli fullstendig innfridd, er det omtrent 20 prosent sannsynlighet for at stigningen vil være over 4°C i 2100. Hvis de ikke er oppfylt, kan en stigning på 4°C inntreffe allerede på 2060-tallet.

Det understrekes at det fortsatt er teknisk og økonomisk mulig å begrense oppvarmingen til to grader eller mindre i dette århundret. I forordet sier Dr. Jim Yong Kim, president i World Bank Group, at det er hans håp at denne rapporten gir et sjokk som fører til handling.

#### **Temperaturutviklingen**

I kapittel 2 påpekes det at når det korrigeres for korttidsvariasjoner i temperatur, ser en tydelig virkningen av økt drivhuseffekt også i senere år. Viktige årsaker til korttidsvariasjoner er endringer i havstrømmer (særlig skifte mellom El Niño og La Niña forhold), partikler fra vulkaner og variasjoner i solaktiviteten. Oppvarmingen siden førindustriell tid har globalt vært 0,8 grader.

Det understrekes at størstedelen av den tilleggsvarme kloden har mottatt på grunn av økt drivhuseffekt, er tatt opp av havet. Siden 1955 er andelen beregnet til 93 prosent. Mellom 1955 og 2010 har havene ned til 2000 meter i gjennomsnitt blitt 0,09 grader varmere.

#### **Havnivå**

Det gis en god oversikt over havnivåstigning i kapittel 2 og mer detaljert i kapittel 5. Bidragene til stigningen og regionale forskjeller diskuteres. Den relativt store stigningen i tropiske områder understrekes.

Det er usikkert hvor raskt innlandsisen på Grønland og i Antarktis vil smelte, og mulige mekanismer for akselerert smelting diskuteres. Rapporten nevner at nylige observasjoner tyder *ikke* på at en tidligere foreslått mekanisme, at smeltevann "smører" gliflaten mellom is og bakke, spiller en stor rolle.

Som beskrevet av Ian Joughin ved University of Washington, Seattle, USA, er det mye som tyder på at is-hav interaksjoner har spilt en betydelig rolle for den økte smeltingen av innlandsisen. En bedre diskusjon av dette ville vært nyttig.

Rapporten nevner at studier av hvordan innlandsisen på Grønland og i Antarktis har variert tidligere, viser at disse ismassene er følsomme for klimaendringer og kan kollapse.

Det understrekes at ved en oppvarming på fire grader innen 2100 vil havnivået fortsette å stige etter dette selv om temperaturen stabiliseres. Dette er også omtalt av Seip i artikkelen "Uhyre vanskelig å stanse havnivåstigningen" i KLIMA 5-2012, <http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=9564>

## **Arktis**

Modellberegninger viser entydig at oppvarmingen vil bli spesielt stor i Arktis.

Den raske reduksjonen i havisen i Arktis beskrives. Minimum i desember 2012 var det laveste som er målt siden satellittmålingene startet i 1979. En figur som viser hvordan utstrekningen av ettårig og flerårig is har avtatt, er også med. Nylig publiserte studier bekrefter at det ekstremt store tap av is i Arktis bare kan forklares ved menneskeskapte klimaendringer.

Muligheten for at mindre is i Arktis fører til større sannsynlighet for kalde vintre i deler av Europa og Asia er nevnt, men ikke at det også er vist at kalde vintre i disse områdene samvarierer med solaktiviteten (Woollings og medarbeidere, 2010).

## **Ekstremvær**

Fremskritt når det gjelder beregning av ekstrem tørke beskrives, men det understrekes også at det er en stor utfordring å klarlegge årsakene blant annet på grunn av for få observasjoner, modellenes begrensede evne til å beregne nedbør og mulig innflytelse av aerosoler.

I forbindelse med utbredelsen av tørkeområder, har en ikke fått med en ny undersøkelse av Sheffield og medarbeidere som tyder på at det ikke har vært noen økning globalt i de siste 60 år.

Rapporten nevner en rekke værrekorder etter år 2000, i stor grad de samme som er nevnt i artikkelen av Seip i KLIMA 3-2012, se <http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=9457>

Ved en økning i global temperatur på fire grader, vil ifølge rapporten, temperaturen i sommermånedene i middelhavsområdet, Nord-Afrika og Midtøsten sannsynligvis øke med seks grader; det samme gjelder USA. Den varmeste julimåned ved Middelhavet kan bli ni grader

varmere enn den varmeste julimåned i dag. Imidlertid er det nylig kommet en artikkel der det påpekes at modellberegninger gir for høy sommertemperatur i Middelhavsområdet på grunn av svakheter i modellene. (Boberg and Christensen, 2012). Forfatterne mener en slik feil også kan gjelde i andre regioner.

Kraftigere ekstremnedbør, knyttet til menneskeskapte endringer, er blitt observert over landområder på den nordlige halvkule.

Den forventede økning i intensiteten av ekstremvær vil sannsynligvis ha skadelige virkninger på tiltak beregnet på å redusere fattigdom, særlig i utviklingsland.

### **Helse**

Rapporten angir at hetebølgen i Europa i 2003 førte til rundt 70 000 dødsfall. Høy temperatur, særlig i kombinasjon med økt luftforurensning, kan forårsake lunge og hjerte-kar sykdommer. Den sterke økningen i hetebølger i en verden der middeltemperaturen har økt med 4 grader, vil stille mange samfunn overfor enorme tilpasningsvansker.

Endringer i temperatur, nedbør og luftfuktighet påvirker utbredelsen av sykdommer som spres av såkalte biologiske vektorer som malariamygg og flått. Sosioøkonomiske forhold vil imidlertid spille en stor rolle for utbredelsen av slike sykdommer. En studie som nevnes, anslo at ved en temperaturstigning på 3,5 grader i forhold til førindustriell tid, ville en befolkning på 5,2 milliarder være utsatt for malariasmite i 2050 hvis en bare tar hensyn til klimaendringer, mens tallet reduseres til 2 milliarder dersom en også tar hensyn til sosioøkonomisk utvikling.

### **Jordbruk**

Virkninger på jordbruket er diskutert både i kapittel 2 og i mer detalj i kapittel 6. I kapittel 2 nevnes en studie der det ble rapportert om globale avlingstap på grunn av klimaendringer siden 1980-tallet for mais på 3,8 prosent og for hvete på 5,5 prosent sammenliknet med modellberegninger uten klimaendringer. Det nevnes ikke at forfatterne angir at for hvete reduseres tapet betydelig, til 2,5 prosent, ved å anta en positiv virkning av høyere CO<sub>2</sub>-konsentrasjon (CO<sub>2</sub>-gjødsling). Betydningen av CO<sub>2</sub>-gjødsling er imidlertid diskutert i kapittel 6, der den store mangelen på kunnskap om dette fremheves.

Andre svakheter ved beregninger av virkninger av klimaendringer på jordbruksavlinger fører sannsynligvis til at beregnede skader blir for små. Dette omfatter manglende kunnskap om skader av mer ekstremvær og om flere eller nye typer pestangrep og plantesykdommer. Dessuten vet en lite om hvordan skadene øker ved store temperaturendringer (ikke-lineære virkninger).

Tilpassing av avlinger kan spille en viktig rolle for matsikkerheten i et klima i endring, men for å oppnå dette trengs sannsynligvis betydelig investering for å utvikle nye kultivarer (kultivarer = kultivert variant).

## Havforsurning

I overflaten har havet en pH på omtrent 8 og er derfor ikke surt. Men økning i CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen har ført til en forskyvning mot den sure siden på 0,1 pH-enheter. Scenarier som gir en oppvarming på fire grader eller mer i 2100, svarer til en CO<sub>2</sub>-konsentrasjon på over 800 ppm. Dette vil gi en ytterligere pH reduksjon på omtrent 0,3, noe som vil svare til 150 prosent økt surhet sammenliknet med førindustriell tid.

Rapporten hevder at korallrev er særlig følsomme for endringer i vanntemperatur, pH i havet og intensitet og hyppighet av tropiske sykloner. Dette er nok korrekt, men det er også kompliserende faktorer. For eksempel er det vist at noen korallarter kan regulere pH lokalt og derfor til en viss grad motvirke pH endringen i havet. Se artikkel av Seip i KLIMA 4-2012

(<http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=9540>)

## Biodiversitet

Ifølge rapporten tyder ny forskning på at stor-skala tap av biodiversitet sannsynligvis vil skje ved fire graders oppvarming. Klimaendringer og høy CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen kan føre jordens økosystemer inn i en ny og ukjent tilstand. Usikkerheter i beregninger av endringer i biodiversitet nevnes, men kanskje ikke i tilstrekkelig grad, se for eks. Seip i KLIMA 4-2010

(<http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=8253>)

Kompleksiteten illustreres av følgende utsagn i rapporten: Økt CO<sub>2</sub>-konsentrasjon kan også føre til at plantene utnytter vannet bedre noe som reduserer risikoen for plantedød med ekspansjon av vegetasjonen i mange områder som Kongobassenget, Vestafrika og Madagaskar og i noen tørre områder. Imidlertid kan denne effekten ha negativ virkning på biodiversiteten i mange økosystemer.

## Vippepunkter

Stor-skala og ødeleggende endringer i klimasystemet er generelt ikke inkludert i klimamodellene og ofte heller ikke i virkningsvurderinger. På grunn av økende sannsynlighet for å overskride terskler for vippepunkter, må slike sannsynligheter bli vurdert i en fullstendig risikoanalyse av en fire graders oppvarming. Mulige vippepunkter nevnes for:

*Regnskogen i Amazonas – storskala skogdød.*

Vippepunkt ved 3 – 5 graders oppvarming er antydnet.

*Grønlands innlandsis – nedsmelting*

Rapporten fremhever at nye overslag for terskelen for nedsmelting av innlandsisen tyder på at den kan ligge på bare 1,5 graders stigning i global temperatur i forhold til førindustriell verdi.

Vannmengden i denne ismassen vil kunne gi en havnivåstigning på 6 – 7 meter.

*Den vestantarktiske innlandsisen – nedsmelting*

Det er fortsatt hissig debatt om mulighetene for nedsmelting. Rapporten hevder imidlertid at risikoen ikke kan ignoreres. En helt fersk studie av D. H. Bromwich og medarbeidere, ikke omtalt i verdensbankrapporten, konkluderte med at det sentrale Vest-Antarktis er et av områdene på jorda som oppvarmes raskest, med en temperaturstigning på 2,4 grader mellom 1958 og 2010.

### *Økosystemer i havet*

Det nevnes at selv ved en oppvarming på så lite som 1,5 grader, kan det være fare for skader på rev noen steder.

Muligheten for at Sahara skal bli grønnere ved sammenbrudd av den vestafrikanske monsunen, som nevnes blant annet av Lenton og medarbeidere (2012), er ikke diskutert.

### **Klimaendringer og konflikter**

Rapporten hevder at langtidsendringer i klimaet sannsynligvis vil føre til mer konflikter ved å forverre knapphet på mat, vann og energi, utløse folkeforflytninger, og ved at større folkegrupper konkurrerer for mer og mer begrensede ressurser. Økt klimavariabilitet nevnes også som årsak til konflikter. Det nevnes ikke at det er også publisert studier der klimavariabilitet synes å ha liten eller ingen effekt på konfliktnivået (Benjaminsen og medarbeidere, 2012, O'Loughlin og medarbeidere).

### **Referanser**

T. A. Benjaminsen og medarbeidere, 2012. Does climate change drive land-use conflicts in the Sahel? *Journal of Peace Research* 49(1) 97–111.

F. Boberg and J. H. Christensen, 2012. Overestimation of Mediterranean summer temperature projections due to model deficiencies, *Nature Climate Change*, 2, 433-436.

D. H. Bromwich og medarbeidere, 2012. Central West Antarctica among the most rapidly warming regions on Earth. *Nature Geoscience*, Publisert online 23 desember.

I. Joughin og medarbeidere, 2012. Ice-Sheet Response to Oceanic Forcing. *Science* 338, ii72 – 1176.

T. M. Lenton & J.-C. Ciscar, 2012. Integrating tipping points into climate impact assessments. *Climatic Change*, 10.1007/s10584-012-0572-8.

J. O'Loughlin og medarbeidere, 2012. Climate variability and conflict risk in East Africa, 1990–2009. *Proc. National Acad. Sciences*, 109, 18344–18349.

J. Sheffield og medarbeidere, 2012. Little change in global drought over the past 60 years. *Nature*, 491, 435 – 438.

T. Woollings og medarbeidere, 2010. Enhanced signature of solar variability in Eurasian winter climate, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L20805, doi:10.1029/2010GL044601.