



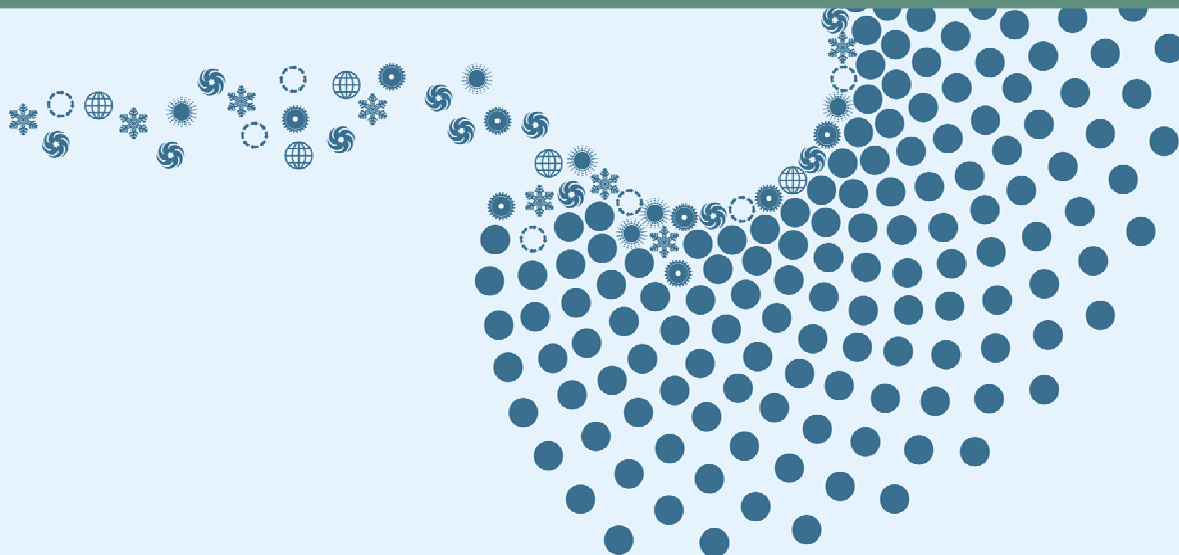
Statens forurensningstilsyn
Norwegian Pollution Control Authority

En rapport fra arbeidsgruppe I i FNs klimapanel (IPCC)

SAMMENDRAG FOR BESLUTNINGSTAKERE

2329

2008



Innhold

Innledning.....	4
Menneskelige og naturlige pådriv for klimaendringer.....	4
Direkte observasjoner av nylige klimaforandringer.....	7
Et paleoklimatisk perspektiv	11
Forståelse av og antatte årsaker til klimaforandringer	12
Fremskrivninger av klimaendringer	14
Utslippsscenariene i IPCCs spesialrapport om utslippsscenarioer	20

En rapport fra Arbeidsgruppe I i FN's klimapanel (IPCC)

Sammendrag for beslutningstakere

Hovedforfattere:

Richard Alley, Terje Berntsen, Nathaniel L. Bindoff, Zhenlin Chen, Amnat Chidthaisong, Pierre Friedlingstein, Jonathan Gregory, Gabriele Hegerl, Martin Heimann, Bruce Hewitson, Brian Hoskins, Fortunat Joos, Jean Jouzel, Vladimir Kattsov, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Mario Molina, Neville Nicholls, Jonathan Overpeck, Dahe Qin, Graciela Raga, Venkatachalam Ramaswamy, Jiawen Ren, Matilde Rusticucci, Susan Solomon, Richard Somerville, Thomas F. Stocker, Peter A. Stott, Ronald J. Stouffer, Penny Whetton, Richard A. Wood, David Wratt

Medvirkende forfattere:

J. Arblaster, G. Brasseur, J.H. Christensen, K.L. Denman, D.W. Fahey, P. Forster, E. Jansen, P.D. Jones, R. Knutti, H. Le Treut, P. Lemke, G. Meehl, D.A. Randall, D.A. Stone, K.E. Trenberth, J. Willebrand, F. Zwiers

Norsk oversettelse:

Bjerknessenteret for klimaforskning har på oppdrag fra SFT oversatt dette sammendraget til norsk. Oversettelsen er gjort av Anne Britt Sandø (Bjerknessenteret og Nansensenteret) og Sigbjørn Grønås (Bjerknessenteret og UIB).

Flere land har oversatt IPCC-rapporter til språk som ikke er offisielle FN-språk. IPCC ønsker disse initiativene velkommen, men understreker at ansvaret for disse oversatte utgavene tilhører de respektive land eller institusjoner. IPCC tar ikke ansvar for nøyaktigheten av oversettelser til språk som ikke er FN-språk.

Dette sammendrag for beslutningstagere bør siteres som:

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report for the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, and H.L. Miller (eds.)] Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA.

Innledning

Arbeidsgruppe 1 sitt bidrag til IPCCs fjerde hovedrapport (AR4) beskriver fremgang i forståelsen av de menneskelige og naturlige pådriv i klimaendringer¹, observerte klimaendringer, klimaprosesser og årsakstilskrivelse, og estimater av fremskrevde klimaendringer. Det bygger på tidligere IPCC-vurderinger og omfatter nye funn fra de siste 6 års forskning. Vitenskapelig fremgang siden den tredje hovedrapporten (TAR) er basert på store mengder nye og mer omfattende data, mer sofistikert analyse av data, forbedret forståelse av prosesser samt modellsimulering av disse, og mer utstrakt utforskning av usikkerhetsintervaller. Grunnlaget for de essensielle avsnittene i dette Sammendraget for beslutningstakere kan bli funnet i delkapitlene spesifisert i klammaparentes.

Menneskelige og naturlige pådriv for klimaendringer

Endringer i atmosfærens sammensetning av klimagasser og aerosoler, i solinnstråling og i landjordens egenskaper forandrer energibalansen i klimasystemet. Disse endringene er uttrykt som strålingspådriv², som er brukt til å sammenligne hvordan en rekke menneskelige og naturlige faktorer påvirker oppvarming eller nedkjøling på global skala. Siden TAR har nye observasjoner og relatert modellering av klimagasser, sol aktivitet, landjordens egenskaper og noen aspekter ved aerosoler ført til forbedringer i de kvantitative estimatene for strålingspådriv.

¹ Klimaendringer i IPCC-sammenheng refererer til enhver endring i klimaet over tid, enten de skyldes naturlig variasjon eller er et resultat av menneskelig aktivitet. Denne bruken er forskjellig fra den i FN klimakonvensjon, hvor klimaendringer refererer til endringer i klimaet som direkte eller indirekte skyldes menneskelig aktivitet som forandrer sammensetningen i den atmosfæren og som kommer i tillegg til naturlig klimavariasjon observert over tilsvarende tidsperioder.

² Strålingspådriv er et mål på den innflytelsen en faktor har i å endre balansen mellom innkommende og utgående energi i jord-atmosfæresystemet og er en indeks for viktigheten av faktoren som en potensiell klimaendringmekanisme. Positivt pådriv tenderer til å varme opp jordoverflaten, mens negativt pådriv tenderer til å kjøle den ned. I denne rapporten er verdier for strålingspådriv gitt for 2005 relativt førindustrielle betingelser i 1750 og er uttrykt i watt per kvadratmeter ($W m^{-2}$).

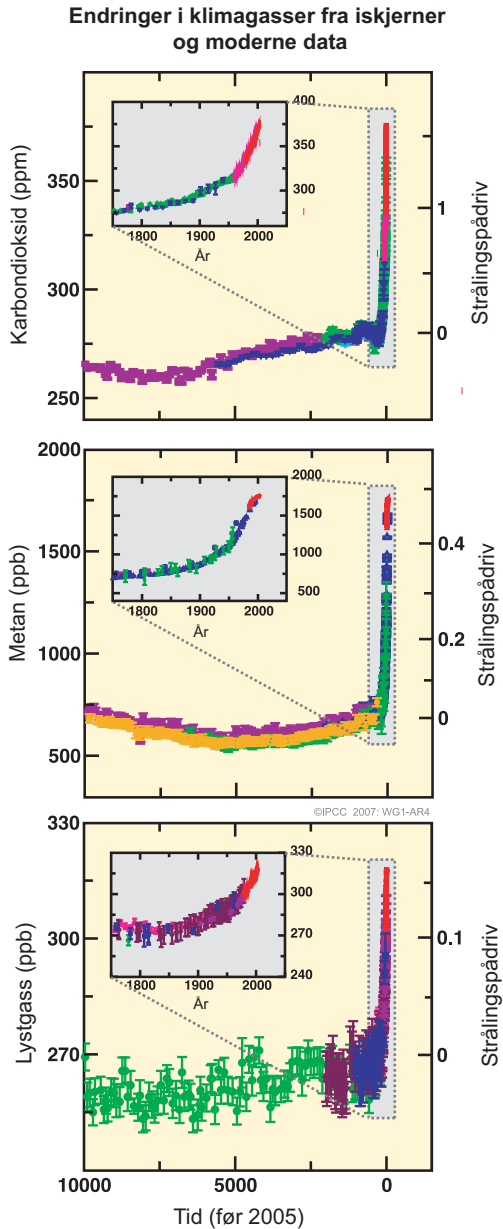
De globale atmosfæriske konsentrasjonene av karbondioksid, metan og lystgass har økt markant som et resultat av menneskelige aktiviteter siden 1750 og overstiger nå langt de førindustrielle nivåene bestemt ut fra iskjerner som spenner over mange tusen år (se figur SPM.1). Den globale økningen i karbondioksidkonsentrasjon skyldes hovedsakelig forbruk av fossilt brensel og endringer i arealbruk, mens den for metan og lystgass hovedsakelig skyldes jordbruket. {2.3, 6.4, 7.3}

- Karbondioksid er den viktigste menneskeskapt klimagassen (se figur SPM.2). Den globale atmosfæriske konsentrasjonen av karbondioksid har økt fra et førindustrielt nivå på omtrent 280 ppm til 379 ppm³ i 2005. Konsentrasjonen av karbondioksid i atmosfæren i 2005 ligger langt over den naturlige variasjonsbredden de siste 650 000 år (180 til 300 ppm) bestemt fra iskjerner. Den årlige økningsraten i konsentrasjonen av karbondioksid har vært større de siste 10 årene (gjennomsnitt 1995-2005: 1,9 ppm per år) enn den har vært siden starten på de kontinuerlige direkte atmosfæriske målingene (gjennomsnitt 1960-2005: 1,4 ppm per år), selv om vekstraten varierer fra år til år.
- Hovedkilden til den økte konsentrasjonen av karbondioksid i atmosfæren siden førindustriell tid, er bruk av fossilt brensel, med arealbruksendringer i som et annet vesentlig, men mindre bidrag. Årlige fossile karbondioksidutslipp⁴ økte fra et gjennomsnitt på 6,4 [6,0 til 6,8]⁵ GtC (23,5 [22,0 til 25,0] GtCO₂) per år i 1990-årene til 7,2 [6,9 til 7,5] GtC (26,4 [25,3 til 27,5] GtCO₂) per år i 2000-2005 (data fra

³ ppm (*parts per million*, deler per million) eller ppb (*parts per billion*, deler per milliard) er forholdet mellom antall klimagassmolekyler og totalt antall molekyler i tørr luft. For eksempel, 300 ppm betyr 300 molekyler av en klimagass per million molekyler tørr luft.

⁴ Fossile karbondioksidutslipp inkluderer de fra produksjon, distribusjon og forbruk av fossilt brensel og som et biprodukt fra sementproduksjon. Et utslipp på 1GtC svarer til 3.67 GtCO₂.

⁵ Generelt er variasjonsbredder for resultater gitt i dette Sammendrag for beslutningstakere 90 % usikkerhetsintervall med mindre noe annet er spesifisert, noe som betyr at det er en beregnet sannsynlighet på 5 % for at verdien kan være over verdien gitt i hakeparenteser og 5 % for at verdien kan være under den verdien. Beste estimat er gitt hvor de er tilgjengelige. Beregnede usikkerhetsintervall er ikke alltid symmetrisk omkring det tilsvarende beste estimatet. Merk at et antall usikkerhetsintervall i Arbeidsgruppe I TAR svarer til 2 standardavvik (95 %), ofte som en ekspertbedømmelse.



Figur SPM 1. Konsentrasjon av karbondioksid, metan og lystgass i atmosfæren over de siste 10 000 årene (helfigur) og siden 1750 (innfelte figurer). Målinger fra iskjerner (vist med symboler med forskjellige farger for forskjellige studier) og fra atmosfæren (røde linjer). De tilsvarende strålingspådrivene er vist på høyre vertikallakse i helfigurene {Figur 6.4}

2004 og 2005 er foreløpige estimat). Karbondioksidutslipp knyttet til arealbruksendring er anslått til å være 1,6 [0,5 til 2,7] GtC (5,9 [1,8 til 9,9] GtCO₂) per år i 1990-årene, selv om disse anslagene har stor usikkerhet. {7.3}

- Den globale konsentrasjonen av metan i atmosfæren har økt fra en førindustriell verdi på omtrent 715 ppb til 1732 ppb tidlig på 1990-tallet, og var 1774 ppb i 2005. Den atmosfæriske konsentrasjonen av metan i 2005 overstiger langt den naturlige variasjonsbredden de siste 650 000 år (320-790 ppb) bestemt fra iskjerner. Veksttakten har avtatt siden tidlig på 1990-tallet, i tråd med at de totale utslippene (summen av menneskeskapte og naturlige kilder) har vært nesten konstante i denne perioden. Det er *meget sannsynlig*⁶ at den observerte økningen i metankonsentrasjonen skyldes menneskeskapte aktiviteter, først og fremst jordbruk og bruk av fossilt brensel, men de ulike kilders andel er lite avklart. {2.3, 7.4}
- De globale konsentrasjonene av atmosfærisk lystgass økte fra en førindustriell verdi på omtrent 270 ppb til 319 ppb i 2005. Veksttakten har vært omtrent konstant siden 1980. Mer enn en tredjedel av alle lystgassutslipp er menneskeskapte og skyldes hovedsakelig jordbruk. {2.3,7.4}

Forståelsen av hvordan menneskeskapt oppvarming og nedkjøling påvirker klimaet er blitt bedre siden TAR. Dette har resultert i svært høy grad av sikkerhet⁷ for at den globale gjennomsnittlige nettoeffekten av menneskelige aktiviteter siden

⁶ I dette Sammendrag for beslutningstakere har følgende uttrykk blitt brukt for å indikere estimert sannsynlighet, med ekspertbedømmelse, av et resultat: *Nærmest sikkert* >99 % sannsynlighet, *svært sannsynlig* >95 % sannsynlighet, *meget sannsynlig* >90 % sannsynlighet, *sannsynlig/sannsynligvis* >66 % sannsynlighet, *mer enn 50 sannsynlig* >50 % sannsynlighet, *like sannsynlig som usannsynlig* 33 % til 66 % sannsynlighet, *usannsynlig* <33 % sannsynlighet, *meget usannsynlig* <10 % sannsynlighet, *svært usannsynlig* <5 % sannsynlighet, *eksepsjonelt usannsynlig* <1 % sannsynlighet (se boks TS.1 for flere detaljer).

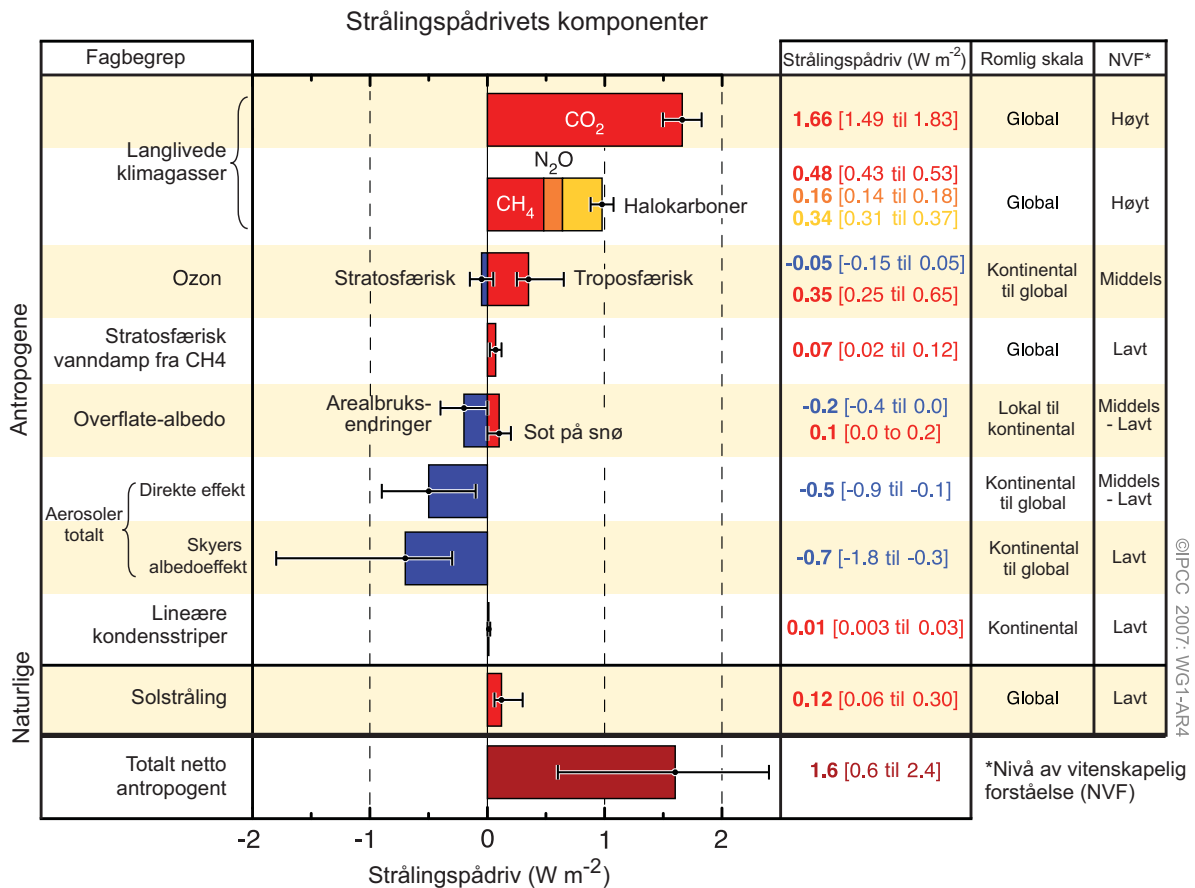
⁷ I dette Sammendrag for beslutningstakere har følgende nivå av sikkerhet blitt brukt til å uttrykke ekspertbedømmelser på riktigheten av den underliggende vitenskap: *Svært høy grad av sikkerhet* representerer minst 9 av 10 sjanse for korrekt resultat, *høy grad av sikkerhet* representerer omtrent 8 av 10 sjanse for korrekt resultat, *middels grad av pålitelighet* representerer omtrent 5 av 10 sjanse for korrekt resultat, *lav grad av pålitelighet* representerer omtrent 2 av 10 sjanse for korrekt resultat, *veldig lav grad av pålitelighet* representerer mindre enn 1 av 10 sjanse for korrekt resultat (se boks TS.1)

1750 har ført til oppvarming, med et strålingspådriv på +1,6 [+0,6 til +2,4] W m⁻² (se figur SPM.2). {2.3, 6.5, 2.9}

- Det kombinerte strålingspådrivet fra økninger i karbondioksid, metan og lystgass er +2,30 [+2,07 til +2,53] W m⁻², og veksthastigheten i den industrielle tidsepoken har *meget sannsynlig* vært uten sidestykke i mer enn 10 000 år (se figurene SPM.1 og SPM.2). Strålingspådrivet fra karbondioksid økte med 20 % fra 1995 til 2005. Dette er den største økning for noe tiår på minst 200 år. {2.3, 6.4}
- Menneskeskapte bidrag til aerosoler (primært sulfat, organisk karbon, sot (svart karbon), nitrat og støv) gir totalt en kjølingseffekt, med

et totalt strålingspådriv på -0,5 [-0,9 til -0,1] W m⁻² og et indirekte pådriv fra skyalbedo på -0,7 [-1,8 til -0,3] W m⁻². Disse pådrivene er nå bedre forstått enn da TAR ble laget, på grunn av forbedrede *in situ*, satellitt- og bakkebaserte målinger og mer omfattende modellering, men forblir den dominerende usikkerheten i strålingspådriv. Aerosoler påvirker også skyers levetid og nedbør. {2.4, 2.9, 7.5}

- Betydelige menneskeskapte bidrag til strålingspådriv kommer fra flere andre kilder. Forandringer i troposfærisk ozon som skyldes utslipp av ozondannende kjemikalier (nitrogenoksider, karbonmonoksid og hydrokarboner) bidrar med +0,35 [+0,25 til +0,65] W m⁻². Det direkte strålingspådrivet som skyldes



Figur SPM. 2 Globale gjennomsnittsanslag av strålingspådriv og deres variasjonsbredde i 2005 for menneskeskapt karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O) og andre viktige mekanismer Geografisk virkeområde av pådrivet og anslag for nivået av vitenskapelig forståelse (NVF). Netto menneskeskapt strålingspådriv og dets variasjonsbredde er også vist. Det siste bygger på integrering av asymmetriske usikkerhetsestimater for hver av komponentene og kan ikke oppnåes med enkel summering. Andre pådrivsfaktorer er ikke tatt med; disse antas å ha et meget lavt nivå av vitenskapelig forståelse. Vulkanske aerosoler bidrar som et ekstra naturlig pådriv, men er ikke med i denne figuren på grunn av deres episodiske natur. Intervallet for lineære kondensstriper inkluderer ikke andre mulige effekter av flytrafikk på skydekket. {2.9, figur 2.20}

forandringer i halokarboner⁸ er +0,34 [+0,31 til +0,37] W m⁻². Forandringer i overflatealbedo forårsaket av endringer i arealbruk og avsetning av sot på snø, utgjør pådriv på respektive -0,2 [-0,4 til 0,0] og +0,1 [0,0 til +0,2] W m⁻². Andre bidrag på mindre enn ±0,1 W m⁻² er vist i figur SPM.2 {2.3, 2.5, 7.2}

- Forandringer i solinnstråling siden 1750 har anslagsvis forårsaket et strålingspådriv på +0,12 [+0,06 til +0,30] W m⁻², som er mindre enn halvparten av verdien for anslaget gitt i TAR. {2.7}

Direkte observasjoner av nylige klimaforandringer

Siden TAR har fremgangen i forståelse av hvordan klimaet forandrer seg i rom og tid blitt gjort gjennom forbedringer og utvidelse av utallige datasett og dataanalyser, bredere geografisk dekning, bedre forståelse av usikkerheter, og et bredere utvalg av målinger. Mer omfattende observasjoner er tilgjengelige for breer og snødekke siden 1960-årene, og for havnivå og isdekker siden omtrent det forrige tiåret. Likevel er datadekningen fortsatt begrenset i noen regioner.

Oppvarming av klimasystemet er utvetydig, noe som nå er tydelig fra observasjoner av økte globale gjennomsnittstemperaturer i atmosfære og hav, omfattende smelting av snø og is, og økende globalt gjennomsnittlig havnivå (se figur SPM.3). {3.2, 4.2, 5.5}

- Elleve av de siste tolv år (1995-2006) er rangert blant de tolv varmeste årene i tiden med direkte målinger av global overflatetemperatur⁹ (siden 1850). Den oppdaterte lineære 100-årstrenden (1906-2005) på 0,74°C [0,56°C til 0,92°C] er derfor større enn den tilsvarende trenden for 1901 til 2000 i TAR på 0,6°C [0,4°C til 0,8°C]. Den lineære oppvarmingstrenden over de siste 50 år (0,13°C [0,10°C til 0,16°C] per tiår) er nesten dobbelt så stor som over de siste 100 år. Den totale temperaturøk-

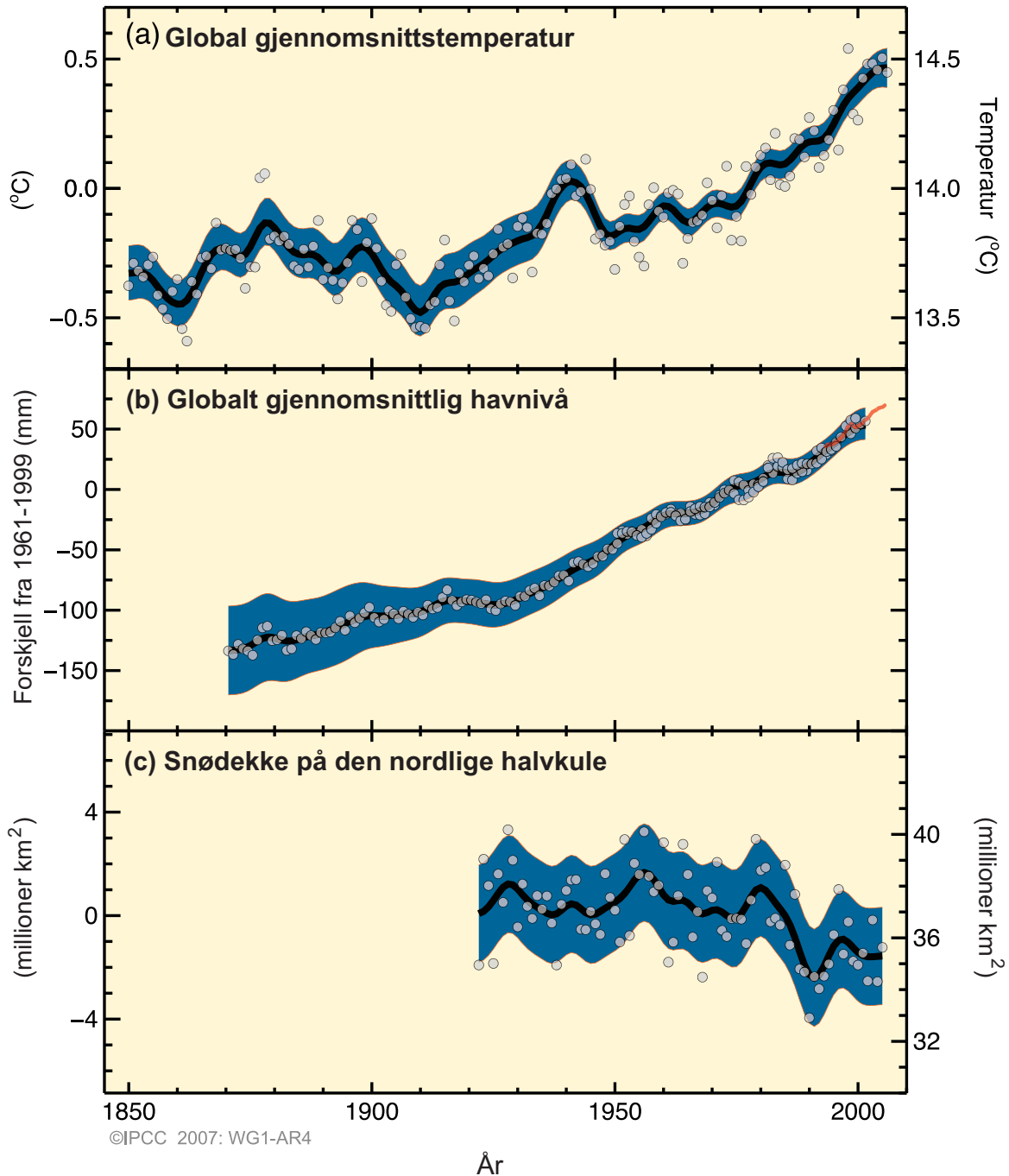
ningen fra 1850-1899 til 2001-2005 er 0,76°C [0,57°C til 0,95°C]. Effekter fra urbane varmeøy er reelle, men lokale, og har neglisjerbar innvirkning (mindre enn 0,006°C per tiår over land og null over hav) på disse verdiene. {3.2}

- Nye analyser av temperatur fra værballog- og satellittmålinger i nedre og midtre troposfære viser lignende veksttakt som overflatetemperaturen. De er også konsistente innen deres respektive usikkerheter, noe som langt på vei oppklarer uoverensstemmelsene identifisert i TAR. {3.2, 3.4}
- Det gjennomsnittlige innholdet av vanddamp i atmosfæren har økt, i hvert fall siden 1980-årene, over land og hav, samt i den øvre troposfære. Økningen er stort sett konsistent med den ekstra vanddampen varmere luft kan holde på. {3.4}
- Observasjoner siden 1961 viser at gjennomsnittstemperaturen i havet ned til 3000 m dybde globalt sett har økt, og at havet globalt har absorbert mer enn 80 % av varmen som er tilført klimasystemet. Slik oppvarming fører til at sjøvannet utvider seg, og bidrar til at havnivået stiger (se tabell SPM.1). {5.2, 5.5}
- Isbreer og snødekke har i gjennomsnitt minket på begge halvkuler. Utstrakt reduksjon av breer og iskapper har bidratt til økning i havnivået (iskapper inkluderer ikke bidrag fra isdekkene på Grønland og i Antarktis). (Se tabell SPM.1.) {4.6, 4.7, 4.8, 5.5}
- Nye data siden TAR viser nå at tap fra isdekkene på Grønland og i Antarktis *meget sannsynlig* har bidratt til å øke havnivået mellom 1993 og 2003 (se tabell SPM.1). Strømningshastigheten har økt for noen av utløpsbreene på Grønland og i Antarktis, det vil si for brearmer som drenerer is fra de indre isdekkene. Det tilsvarende økte massetapet fra isdekket har ofte kommet etter tynning, reduksjon eller tap av isbreer, eller tap av flytende bretunger. Slikt dynamisk tap av is er tilstrekkelig til å forklare mesteparten av nettotapet av ismasse i Antarktis og omtrent halvparten av Grønlands nettotap. Resten av istapet på Grønland har skjedd fordi tapet på grunn av smelting har vært større enn akkumulasjon av snø på grunn av snøfall. {4.6, 4.8, 5.5}

⁸ Strålingspådriv fra halokarboner har nylig blitt vurdert i detalj i IPCCs *Spesialrapport for sikring av ozonlaget og det globale klimasystemet* (2005).

⁹ Gjennomsnittet av lufttemperaturen like over bakken og overflatetemperaturen i havet.

Endringer i global temperatur og havnivå samt snødekket på den nordlige halvkule 1961-1990 (mm)



Figur SPM.3 Observerte forandringer i (a) global gjennomsnittlig overflatetemperatur, (b) globalt gjennomsnittlig havnivå basert på tidevannsmålinger (blå), satellittdata (rød) og (c) nordlige halvkules snødekke for mars-april. Alle forandringer er i forhold til tilsvarende gjennomsnittsverdier for perioden 1961-1990. Heltrukne linjer er tiårs-gjennomsnittsverdier, mens sirklene viser årlige verdier. Det skraverte området dekker intervallet for usikkerhet ut fra en omfattende analyse av kjente usikkerheter (a og b) og fra tidsserier (c). {FAQ 3.1, figur 1, figur 4.2, figur 5.13}

Globalt gjennomsnittlig havnivå steg gjennomsnittlig med 1,8 [1,3 til 2,3] mm per år i perioden 1961 til 2003. Stigningsraten var større i perioden fra 1993 til 2003: omtrent 3,1 [2,4 til 3,8] mm per år. Om dette skyldes tiårlig variasjon eller en økning i langtidstrenden er uklart. Det er *høy grad av sikkerhet* for at hastigheten i observert havnivåstigning økte fra det 19. til det 20. århundret. Den totale stigningen i det 20. århundret er anslått til å være 0,17 [0,12 til 0,22] m. {5.5}.

- For 1993 til 2003 er summen av klimabidrag innenfor usikkerhetsintervallene, i overensstemmelse med den totale stigning av havnivået som er observert direkte (se tabell SPM.1). Disse estimatene er basert på forbedrede satellitt- og *in situ* data som nå er tilgjengelige. For perioden 1961 til 2003 er summen av klimabidragene anslått til å være mindre enn den observerte havnivåstigningen. TAR meldte om et tilsvarende avvik for perioden 1910 til 1990. {5.5}

I kontinental-, regional- og havbassengskala har mange langtidforandringer i klimaet blitt observert. Disse omfatter blant annet forandringer i arktisk temperatur og is, vidstrakte forandringer i nedbørmengder, saltholdighet i havet, vindmønstre og aspekter ved ekstremvær som tørke, kraftig nedbør, varmebølger og intensiteten av tropiske sykloner¹⁰. {3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 5.2}

- Gjennomsnittstemperaturene i Arktis har økt nesten dobbelt så raskt som den globale gjennomsnittstemperaturen de siste 100 årene. Temperaturene i Arktis har høy variasjon mellom tiårsperiodene, og en varm periode ble også observert fra 1925 til 1945. {3.2}
- Satellittdata siden 1978 viser at årlig gjennomsnittlig arktisk sjøisutbredelse har gått ned med 2.7 [2.1 til 3.3] % per tiår, med større tap om sommeren på 7.4 [5.0 til 9.8] % per tiår. Disse verdiene er konsistente med de som ble rapportert i TAR. {4.4}
- Temperaturer i det øverste permafrostlaget i Arktis har generelt økt siden 1980-årene (med opptil 3°C). Maksimumsarealet som sesongmessig er frosset har minket med omtrent 7 % på den nordlige halvkule siden 1900, med en reduksjon på opptil 15 % om våren. {4.7}
- Langtidstrender i nedbørmengde fra 1900 til 2005 har blitt observert i mange store regioner¹¹. Betydelig økt nedbør har blitt observert i østre deler av Nord- og Sør-Amerika, nordlige Europa og nordlige og sentrale deler av Asia. Tørke har blitt observert i Sahel, Middelhavet, sørlige Afrika og deler av sørlige Asia. Nedbør er høyst variabel både i tid og rom, og mengden data er begrenset i noen regioner. Langtidstrender har ikke blitt observert i de andre store regionene som er analysert.¹¹ {3.3,3.9}

Kilde til havnivåstigning	Havnivåstigningens hastighet (millimeter per år)	
	1961-2003	1993-2003
Termisk utvidelse	0,42 +/- 0,12	1,6 +/- 0,5
Isbreer og innlandsis	0,50 +/- 0,18	0,77 +/- 0,22
Innlandsisen på Grønland	0,05 +/- 0,12	0,21 +/- 0,07
Innlandsisen i Antarktis	0,14 +/- 0,41	0,21 +/- 0,35
<i>Summen av de enkelte klimabidrag til havnivåstigning</i>	<i>1,1 +/- 0,5</i>	<i>2,8 +/- 0,7</i>
Observert havnivåstigning	1,8 +/- 0,5 ^a	3,1 +/- 0,7
Forskjell (observert minus summen av anslått klimabidrag)	0,7 +/- 0,7	0,3 +/- 1,0

Tabell SPM. 1 Stigning av havnivå og beregnede bidrag fra forskjellige kilder. {5.5, tabell 5.3}

^a Data fra før 1993 er fra tidevannsmålinger og etter 1993 fra satellittmålinger.

¹⁰ Tropiske sykloner innbefatter orkaner og tyfoner.

¹¹ De analyserte områdene er de som er betraktet i kapitlet om regionale fremskrivninger i TAR og kapittel 11 i denne rapporten.

- Lavere saltholdighet i vann på midlere og høyere breddegrader og høyere saltholdighet i vann på lavere breddegrader kan tyde på endringer i nedbør og fordamping over verdenshavene. {5.2}
- Vestlige vinder på midlere breddegrader er blitt sterkere på begge halvkuler siden 1960-årene. {3.5}
- Mer intense og lengre tørkeperioder er blitt observert over større områder siden 1970-årene, spesielt i tropene og subtropene. Økt fordampning kombinert med høyere temperaturer og mindre nedbør har bidratt til forandringer av tørkeperioder. Forandringer i overflatetemperaturer i havet, vindmønstre og mindre snødybde og snøutbredelse har også blitt koblet sammen med tørkeepisoder. {3.3}
- Frekvensen av intense nedbørsepisoder har økt over de fleste landområder, konsistent med oppvarming og observert økning i vandampinnholdet i atmosfæren {3.8, 3.9}

Fenomen ^a og trendretning	Sannsynlighet for at trenden forekommer i det 20-århundre (typisk etter 1960)	Sannsynlighet for menneskelig bidrag til observert trend ^b	Sannsynlighet for fremtidig trend basert på frem-skrivninger for det 21-århundre ved bruk av SRES-scenarier
Varmere og færre kalde dager og netter over de fleste landområder	Svært sannsynlig ^c	Sannsynlig ^d	Nærmest sikkert ^d
Varmere og hyppigere forekomst av varme dager og netter over de fleste landområder	Svært sannsynlig ^e	Sannsynlig (netter) ^d	Nærmest sikkert ^d
Varmeperioder/hetebølger. Hyppigheten øker over de fleste landområder.	Sannsynlig	Mer enn 50 prosent sannsynlig ^f	Svært sannsynlig
Kraftige nedbørstilfeller. Hyppigheten (eller andelen av total nedbør fra kraftige nedbørstilfeller) øker over de fleste områder.	Sannsynlig	Mer enn 50 prosent sannsynlig ^f	Svært sannsynlig
Områder berørt av tørke øker.	Sannsynlig i mange regioner siden 1970-tallet	Mer enn 50 prosent sannsynlig	Sannsynlig
Den intense tropiske syklonaktiviteten øker.	Sannsynlig i noen regioner siden 1970-tallet	Mer enn 50 prosent sannsynlig ^f	Sannsynlig
Økt forekomst av ekstremt høyt havnivå. (unntatt tsunamier) ^g	Sannsynlig	Mer enn 50 prosent sannsynlig ^{f, h}	Sannsynlig ⁱ

Tabell SPM.2 *Trender i senere tid, vurdering av menneskelig påvirkning av trendene og prognoser for ekstremvæershendelser hvor det er en observert trend i siste halvdel av det 20. århundret. {Tabellene 3.7, 3.8, 9.4; seksjonene 3.8, 5.5, 9.7, 11.2-11.9}*

Tabellmerknader:

^a Se tabell 3.7 for videre detaljer angående definisjoner.

^b Se tabell TS.4, boks TS.5 og tabell 9.4.

^c Lavere frekvens av kalde dager og kalde netter (kaldeste 10 %).

^d Høyere temperaturer på de mest ekstreme dagene og nettene hvert år.

^e Økt hyppighet av varme dager og netter (varmeste 10 %).

^f Størrelsen på de menneskeskapte bidrag er ikke anslått. Vurdering av disse bidrag er basert på ekspertbedømmelse mer enn formelle studier.

^g Ekstremt høyt havnivå avhenger av gjennomsnittlig havnivå og regionale værsystemer. Det er definert her som den høyeste 1 % av timeverdier for observert havnivå på en stasjon for en bestemt referanseperiode.

^h Forandringer i observert ekstremt høyt havnivå følger tett forandringene i gjennomsnittlig havnivå. {9.5}

ⁱ I alle scenariene er prognosene for det globale gjennomsnittshavnivået i 2100 høyere enn i referanseperioden. {10.6} Effekten av endringer i regionale værsystemer på havnivåendringer er ikke vurdert.

- Utstrakte forandringer i ekstreme temperaturer har blitt observert de siste 50 årene. Kalde dager, kalde netter og frost har blitt mindre vanlig, mens varme dager, varme netter og varmebølger har blitt mer vanlig (se tabell SPM.2). {3.8}
- Det er observasjonsbaserte bevis for en økning i intens tropisk syklonaktivitet i Nord-Atlanteren siden omtrent 1970, korrelert med økte temperaturer av overflatevannet i tropiske havområder. Det er også antydninger til økt intens tropisk syklonaktivitet i noen andre områder hvor det er større usikkerhet knyttet til datakvaliteten. Multidekadiske variasjoner og kvaliteten på observasjonene av tropiske sykkloner før de rutinemessige satellittobservasjonene startet omkring 1970, vanskeliggjør påvisning av langtidstrender i tropisk syklonaktivitet. Det er ingen klar trend i det årlige antallet av tropiske sykkloner. {3.8}

Noen aspekter ved klimaet har det ikke blitt observert endringer av. {3.2, 3.8, 4.4, 5.3}

- Det ble meldt om en nedgang i den daglige variasjonsbredden i temperatur (DTR) i TAR, men dataene som ble brukt den gang strakte seg kun over perioden 1950-1993. Oppdaterte observasjoner viser at DTR er uforandret fra 1979 til 2004, ettersom både dag- og nat-temperaturen har steget med omtrent samme takt. Trendene er høyst variable fra en region til en annen {3.2}
- Antarktisk sjøisutbredelse viser fortsatt variasjon mellom årene og lokale forandringer, men ingen statistisk signifikante trender. Dette er konsistent med den mangel på oppvarming som regionens gjennomsnittlige lufttemperaturer viser. {3.2, 4.4}
- Det er utilstrekkelige bevis for å avgjøre om det eksisterer trender i den meridionale omveltningssirkulasjonen (MOC) i verdenshavene eller i småskalafenomener som tornadoer, hagl, tordenvær og sandstormer. {3.8, 5.3}

Et paleoklimatisk perspektiv

Paleoklimatiske studier bruker forandringer i klimasensitive indikatorer til å påvise tidligere endringer i det globale klimaet på tidsskalaer som spenner fra tiår til millioner av år. Slike proksidata (som for eksempel tykkelsen på årringer i trær) kan bli påvirket både av lokale temperaturer og andre faktorer som nedbør, og er ofte mer representative for spesielle sesonger enn hele år. Studier etter TAR skaper større tiltro gjennom nye data som viser samstemte resultat mellom flere indikatorer i forskjellige deler av verden. Generelt øker imidlertid usikkerhetene dess lengre en går tilbake i tid på grunn av mer begrenset geografisk datadekning.

Paleoklimatisk informasjon støtter oppfatningen at oppvarmingen det siste halve århundret er uvanlig, i hvert fall for de siste 1300 år. Sist gang polområdene var betydelig varmere enn i dag over en lengre periode (for omtrent 125 000 år siden) førte reduksjoner i isvolumet på polene til en stigning av havnivået på 4-6 m. {6.4, 6.6}

- Det er *meget sannsynlig* at gjennomsnittstemperaturene på den nordlige halvkule var høyere den siste halvdel av det 20. århundre enn i noen annen 50-årsperiode de siste 500 år og *sannsynlig* at den var høyest på minst 1300 år. Noen nye studier indikerer større variasjon i temperaturer på den nordlige halvkule enn det som ble lansert i TAR, spesielt kaldere perioder i det 12., 14., 17. og 19. århundret. Varmere perioder forut for det 20. århundret er innen det samme usikkerhetsintervallet som ble gitt i TAR. {6.6}
- Det globale gjennomsnittlige havnivået i den forrige mellomtiden (for 125 000 år siden) var *sannsynligvis* 4 til 6 m høyere enn i det 20. århundret, hovedsakelig på grunn av mindre is i polare områder. Iskjerne data indikerer at de gjennomsnittlige polare temperaturene på den tiden var 3°C til 5°C høyere enn de er i dag på grunn av forskjeller i jordens bane. Isdekket på Grønland og andre arktiske områder med is bidro *sannsynligvis* ikke med mer enn 4 m til den observerte havnivåstigningen. Det kan også ha vært et bidrag fra Antarktis. {6.4}

Forståelse av og antatte årsaker til klimaforandringer

Denne rapporten betrakter lengre og forbedrede tidsserier, flere observasjoner, og forbedringer i simuleringen av mange klimaaspekter med tilhørende variasjon, basert på studier siden TAR. Den betrakter også resultatene fra nye tilskrivelsesstudier som har vurdert om de observerte endringene er kvantitativt konsistent med den forventede responsen på ytre pådriv og inkonsistent med alternative, fysisk mulige forklaringer.

Det er *meget sannsynlig* at mesteparten av økningen i globale gjennomsnittstemperaturer siden midten av det 20. århundret skyldes den observerte økningen i menneskeskapt klimagasskonsentrasjoner.¹² Dette er et fremskritt i forhold til TARs konklusjon om at "mesteparten av den observerte oppvarmingen de siste 50 år sannsynligvis skyldes økningen i klimagasskonsentrasjoner". Tydelig menneskelig innflytelse utvides nå til andre aspekter ved klimaet, inkludert varmere hav, gjennomsnittstemperaturer over kontinenter, ekstreme temperaturhendelser og vindmønstre (se figur SPM.4 og tabell SPM.2). {9.4, 9.5}

- Det er *sannsynlig* at økninger i klimagasskonsentrasjoner alene ville ha ført til mer oppvarming enn observert fordi vulkanske og menneskeskapt aerosoler har motvirket noe av oppvarmingen som ellers ville ha funnet sted. {2.9,7.5,9.4}
- Den observerte vidstrakte oppvarmingen av atmosfæren og havet, sammen med tap av ismasse, støtter konklusjonen om at det er *eksepsjonelt usannsynlig* at globale klimaforandringer de siste 50 år kan forklares uten ytre pådriv, og at det er *meget sannsynlig* at det ikke skyldes naturlige årsaker alene. {4.8,5.2, 9.4, 9.5, 9.7}
- Oppvarming av klimasystemet har blitt oppdaget i form av endringer av temperaturer ved

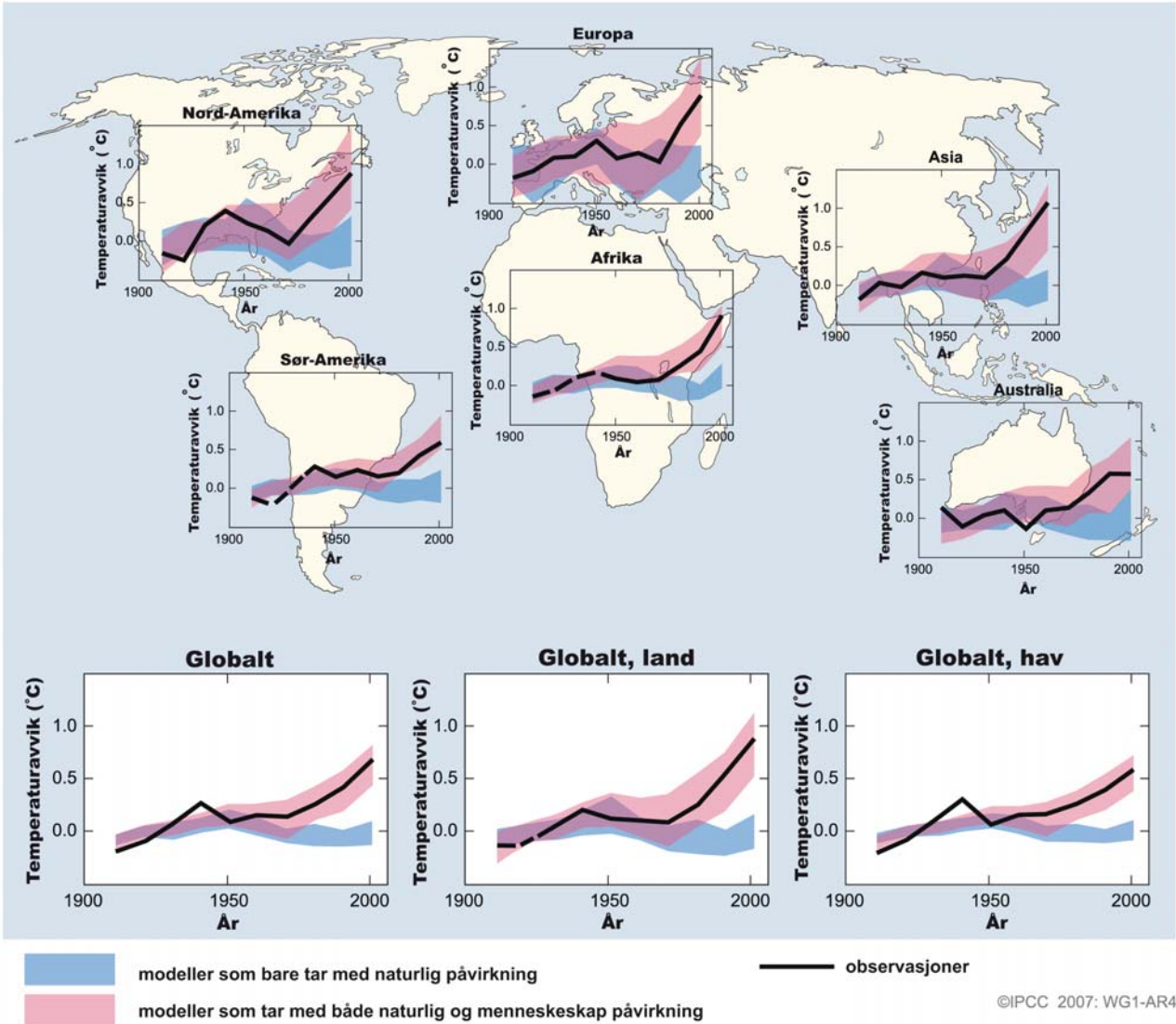
jordoverflaten og i atmosfæren, i de øverste flere hundre meterne i havet og som bidrag til havnivåstigning. Tilskrivelsesstudier har fastslått menneskeskapt bidrag til alle disse forandringene. Det observerte mønsteret for troposfærisk oppvarming og stratosfærisk nedkjøling skyldes *meget sannsynlig* kombinert påvirkning av økte klimagasser og nedbrytning av stratosfærisk ozon. {3.2, 3.4, 9.4, 9.5}

- Det er *sannsynlig* at det har vært en signifikant menneskeskapt oppvarming over alle kontinent de siste 50 årene, bortsett fra Antarktis (se figur SPM.4). De observerte mønstre av oppvarming, inkludert større oppvarming over land enn over hav, og deres forandringer over tid, blir bare simulert av modeller som inkluderer menneskeskapt pådriv. Koblede klimamodellers evne til å simulere den observerte temperaturutviklingen på seks kontinenter gir sterkere bevis for menneskelig innflytelse på klimaet enn de som var tilgjengelige i TAR. {3.2, 9.4}
- Vanskeligheter gjenstår når det gjelder pålitelig simulering og tilskrivelse av observerte temperaturendringer i mindre skalaer. I disse skalaene er naturlig klimavariasjon relativt større, noe som gjør det vanskeligere å skille ut forandringer som skyldes ytre pådriv. Usikkerheter i lokale pådriv og tilbakekoblinger gjør det også vanskelig å anslå bidraget fra økninger i klimagasser til observerte forandringer i småskalatemperatur. {8.3, 9.4}
- Menneskeskapt pådriv har *sannsynligvis* bidratt til forandringer i vindmønstre¹³ som påvirker lavtryksbanene og temperaturmønstrene på begge halvkuler. De observerte sirkulasjonsforandringene på den nordlige halvkule er imidlertid større enn simulert med pådriv fra det 20. århundret. {3.5, 3.6, 9.5, 10.3}
- Temperaturene for de mest ekstremt varme nettene, kalde nettene og kalde dagene har *sannsynligvis* økt som konsekvens av menneskeskapt pådriv. Det er *mer enn 50 % sannsynlig* at menneskeskapt pådriv har økt risikoen for varmebølger (se tabell SPM.2). {9.4}

¹² Betragtning av resterende usikkerhet er basert på gjeldende metoder.

¹³ Spesielt de sørlige og nordlige ringformede modene (SAM og NAM) og tilsvarende forandringer i den nordatlantiske svingning (NAO). {3.6, 9.5, boks TS.2}

Global og kontinental temperaturendring



Figur SPM.4 Sammenligning av observerte temperaturendringer på jordoverflaten, globalt og kontinentalt, med resultater fra klimamodeller med bare naturlig pådriv og med kombinert naturlig og menneskeskapt pådriv. Tiårs gjennomsnitt av observasjoner er vist for perioden 1906 til 2005 (svart linje) satt i midten av tiåret og i forhold til den tilsvarende verdien for perioden 1901-1950. Stiplede linjer er brukt der hvor den geografiske dekingen er mindre enn 50 %. Blått skravert område viser 5-95 % spredningen for 19 simuleringer fra fem klimamodeller som bare bruker naturlige pådriv fra solaktivitet og vulkaner. Områder som er skravert rødt viser 5-95 % spredningen for 58 simuleringer fra 14 klimamodeller som bruker både naturlige og menneskeskapt pådriv. {FAQ 9.2, figur 1}

Analyser av klimamodeller sammen med observasjoner muliggjør for første gang å anslå *sannsynlig* variasjonsbredde for klimasensitivitet og gir økt tillit til forståelsen av klimasystemets respons på strålingspådriv. {6.6, 8.6, 9.6, boks 10.2}

- Klimaets likevektsfølsomhet er et mål for klimasystemets respons på et vedvarende strålingspådriv. Det er ingen fremskriving, men er definert som den globale gjennomsnittlige oppvarmingen ved jordoverflaten som følge av en fordoblet konsentrasjon av karbondioksid. Den vil *sannsynligvis* være i intervallet 2°C til 4,5°C med et beste anslag på omtrent 3°C, og vil *meget usannsynlig* være under 1,5°C. Verdier vesentlig høyere enn 4,5°C kan ikke utelukkes, men her er det mindre samsvar mellom modeller og observasjoner. Forandringer i vandamp representerer den største tilbakekoblingen som påvirker klimasensitivitet og er nå bedre forstått enn i TAR. Tilbakekobling fra skyer forblir den største kilden til usikkerhet. {8.6, 9.6, boks 10.2}
- Det er *meget usannsynlig* at klimaforandringene i minst syv av århundrene før 1950 alene skyldtes variasjon internt i klimasystemet. En betydelig del av den rekonstruerte temperaturvariasjonen mellom tiårene for den nordlige halvkule i disse århundrene skyldes *meget sannsynlig* vulkanutbrudd og forandringer i solinnstråling. Det er *sannsynlig* at menneskeskapt pådriv har bidratt til den tidlige oppvarmingen i det 20. århundret som fremkommer i disse tidsseriene. {2.7, 2.8, 6.6, 9.3}

Fremskrivninger av klimaendringer

Et stort fremskritt i denne rapporten sammenlignet med TAR, med hensyn til fremskrivninger av klimaforandringer, er det store antallet simuleringer som er tilgjengelig fra et bredere spekter av modeller. Sammen med ytterligere informasjon fra observasjoner utgjør disse et kvantitativt grunnlag for å beregne sannsynligheter for mange aspekter av fremtidig klimaendring. Modellsimuleringene dekker et spekter av mulige fremtidsscenarier basert på bestemte forutsetninger forutslippsnivåer eller

konsentrasjoner. Disse inkluderer illustrative markørscenarier fra SRES¹⁴ for perioden 2000 til 2100 og modelleksperimenter med klimagass- og aerosolkonsentrasjoner som er holdt konstant etter år 2000 eller 2100.

For de to neste tiårene er det fremskrevet en oppvarming på omtrent 0,2°C per tiår for en rekke av SRES-utslippsscenarioene. Selv om konsentrasjonene av alle klimagasser og aerosoler ble holdt konstant på år 2000-nivå, ville en videre oppvarming på 0,1°C per tiår forventes. {10.3,10.7}

- Siden IPCCs første rapport i 1990 har fremskrivninger anslått økninger i globale gjennomsnittstemperaturer på mellom 0,15°C til 0,3°C per tiår fra 1990 til 2005. Dette kan nå sammenlignes med observerte verdier på omtrent 0,2°C per tiår, noe som styrker tiltroen til fremskrivninger for nær fremtid.. {1.2, 3.2}
- Modelleksperimenter viser at selv om alle pådrivskomponenter ble holdt konstant på år 2000-nivå, ville det fortsatt finne sted en videre oppvarmingstrend de neste to tiårene på omtrent 0,1°C per tiår, hovedsakelig på grunn av den trege responsen i havet. Omtrent dobbelt så stor oppvarming (0,2°C per tiår) er ventet hvis utslippene blir innen grensene i SRES-scenarioene. De beste fremskrivningene fra modeller indikerer at den tiårige gjennomsnittlige oppvarmingen frem til 2030 over hvert av de bebodde kontinentene er uavhengig av valg av SRES-scenarier, og at den *meget sannsynlig* er minst dobbelt så stor som den tilsvarende modellbaserte naturlige variasjonen i det 20. århundre. {9.4, 10.3, 10.5, 11.2-11.7, figur TS-29}

Videreføring av klimagassutslipp som i dag eller høyere vil føre til mange forandringer i det globale klimasystemet i det 21. århundret som *meget sannsynlig* vil være

¹⁴ SRES refererer til IPCC spesialrapport om utslipps-scenarier (2000). SRES-scenariofamiliene og illustrasjonstilkfellene, som ikke inkluderte ekstraordinære klimainitiativ, er oppsummert i en boks i slutten av dette Sammendrag for beslutningstakere. Omtrentlige konsentrasjoner av karbondioksidekvivalenter som korresponderer til det beregnede strålingspådriv fra klimagasser og aerosoler i 2100 (se side 823 i TAR) for de illustrative markørscenariene SRES B1, A1T, B2, A1B, A2 og A1FI er henholdsvis omtrent 600, 700, 800, 850, 1250 og 1550 ppm. Scenariene B1, A1B og A2 har vært fokuset i studier av modellsammenligning, og mange av de resultatene er vurdert i denne rapporten.

større enn de som er observert i det 20. århundret. {10.3}

- Fremskritt innen modellering av klimaforandringer muliggjør bestemmelse av beste estimat og *sannsynlige* usikkerhetsintervaller for fremskrevet oppvarming under forskjellige utslippsscenarioer. Resultater for forskjellige utslippsscenarioer er gitt eksplisitt i denne rapporten for å unngå tap av politisk relevant informasjon. Fremskrevet global gjennomsnittlig overflateoppvarming for slutten av det 21. århundret (2090-2099) i forhold til 1980-1999 er vist i tabell SPM.3. Disse illustrerer forskjellen mellom lavere og høyere SRES-utslippsscenarioer, og den fremskrevne usikkerheten om oppvarming forbundet med disse scenarioene. {10.5}
- Beste estimat og *sannsynlige* variasjonsbredder for global gjennomsnittlig luftoppvarming ved overflaten er gitt for seks SRES-scenarioer av utslipp i denne rapporten og er vist i tabell SPM.3. For eksempel er det beste estimatet for det lave scenariet (B1) 1,8°C (*sannsynlig* variasjonsbredde er 1,1°C til 2,9°C), og det beste estimatet for det høye scenariet (A1F1) er 4,0°C (*sannsynlig* variasjonsbredde er 2,4°C til 6,4°C). Selv om disse fremskrivningene stort sett er konsistent med spennet som ble beskrevet i TAR (1,4°C til 5,8°C), er de ikke direkte sammenlignbare (se figur SPM.5). Den

fjerde hovedrapporten er mer avansert da den gir beste estimat og et vurdert sannsynlighetsintervall for hvert av markørscenarioene. Den nye vurderingen av sannsynlighetsintervallene bygger nå på et større antall klimamodeller med økende kompleksitet og realisme, så vel som ny informasjon om tilbakekoblings-effekter fra karbonkretsløpet og grenser for klimarespons fra observasjoner. {10.5}

- Oppvarming viser en tendens til å redusere opptaket av atmosfærisk karbondioksid i havet og på land, noe som øker andelen av menneskeskapt utslipp som forblir i atmosfæren. For A2-scenariet for eksempel, øker tilbakekoblingsmekanismen i karbonsyklusen den tilsvarende globale oppvarmingen ved 2100 med mer enn 1°C. Øvre grenser for temperaturfremskrivninger er høyere enn i TAR (se tabell SPM.3), hovedsakelig fordi det bredere spekteret av modeller som nå er tilgjengelig antyder sterkere tilbakekoblinger fra karbonkretsløpet {7.3, 10.5}
- Modellbaserte fremskrivninger av global gjennomsnittlig havnivåstigning ved slutten av det 21. århundret (2090-2099) er vist i tabell SPM.3. For hvert scenario er midtpunktet i variasjonsbredden i tabell SPM.3 innen 10 % av modellgjennomsnittet fra TAR for 2090-2099. Variasjonsbreddene er smalere enn i TAR, hovedsakelig på grunn av forbedret

Forutsetning	Temperaturrendring (°C i 2090-2099 i forhold til 1980-1999) ^a		Havnivåstigning (meter i 2090-2099 i forhold til 1980-1999)
	Beste anslag	Sannsynlig intervall	Modellbasert intervall eksklusiv fremtidige raske, dynamiske endringer i isbevegelser
Konstant år 2000-konsentrasjon ^b	0,6	0,3-0,9	
B1 scenario	1,8	1,1-2,9	0,18-0,38
A1T scenario	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
B2 scenario	2,4	1,4-3,8	0,20-0,43
A1B scenario	2,8	1,7-4,4	0,21-0,48
A2 scenario	3,4	2,0-5,4	0,23-0,51
A1FI scenario	4,0	2,4-6,4	0,26-0,59

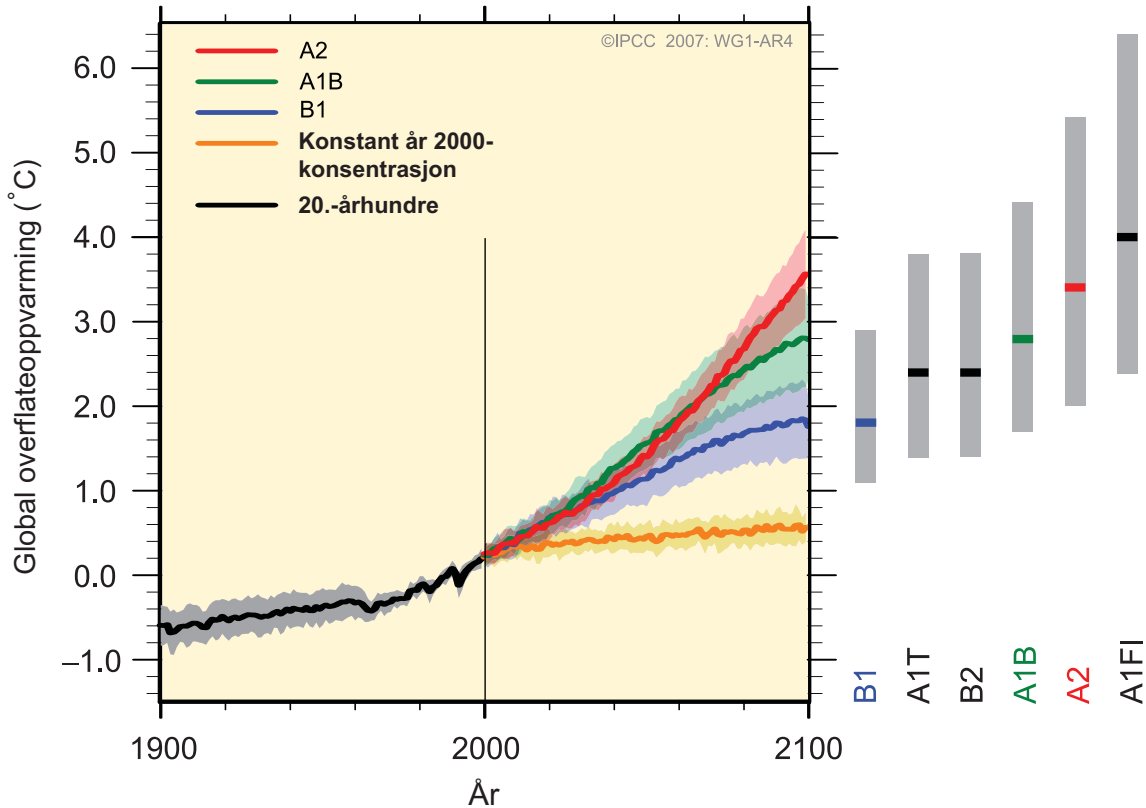
Tabell SPM.3 Fremskrivninger for gjennomsnittlig temperaturstigning på jordoverflaten og havnivåstigning i slutten av det 21. århundret. {10.5, 10.6, tabell 10.7}

Tabellmerknader:

^a Disse anslag er gjort ved hjelp av et modellhierarki som inkluderer en enkel klimamodell, mange globalsystemmodeller (ESM) av middels kompleksitet og et stort antall generelle atmosfære-havsirkulasjonsmodeller (AOGCM).

^b Verdiene for klimagasskonsentrasjoner konstant på år 2000-nivå er hentet fra bare AOGCM.

Multimodell-gjennomsnitt og intervaller for overflateoppvarming



Figur SPM.5 Heltrukne linjer viser utviklingen av globale middelværdier av overflatetemperaturen (relativt til 1980-1999) basert på multi-modeller for scenariene A2, A1B og B1, som fortsettelse av simuleringene for det 20. århundret. De fargelagte områdene viser ± 1 standardavviksintervall for de enkelte modellenes årlige avvik. Den oransje linjen representerer eksperimentet hvor konsentrasjonen av klimagassene ble holdt konstant på år 2000-nivå. De grå søylene til høyre indikerer det beste estimatet (heltrukket linje i hver stolpe) og den sannsynlige variasjonsbredden som anslått for de seks SRES-markørscenariene. Anslag av det beste estimatet og sannsynlig variasjonsbredde, vist med grå stolper omfatter AOGCMer (et stort antall generelle atmosfære-havsirkulasjonsmodeller) i den venstre delen av figuren, samt resultater fra en rekke uavhengige modeller kombinert med begrensninger gitt av observasjoner. {Figur 10.4 og 10.29}

informasjon om noen usikkerheter i de fremskrevne bidragene.¹⁵ {10.6}

- Modeller brukt til nå inkluderer verken usikkerhet forbundet med tilbakekobling i karbonkretsløpet eller fullstendige effekter av endringer i bevegelsen i isdekke, fordi det mangler grunnlag for dette i den publiserte litteraturen. Fremskrivningene inkluderer bidrag som skyldes økt bevegelse av is fra Grønland og Antarktis, med samme hastigheter som ble observert for 1993 til 2003, men disse hastighetene kan øke eller minske i

fremtiden. Hvis for eksempel dette bidraget skulle vokse lineært med økningen i global gjennomsnittstemperatur, ville de øvre grensene for havnivåstigning for SRES-scenariene vist i tabell SPM.3 øke med 0,1 til 0,2 m. Større verdier kan ikke utelukkes, men forståelsen av disse effektene er for begrenset til å fastslå deres sannsynlighet eller å gi et beste estimat eller en øvre grense for havnivåstigning. {10.6}

- Økende konsentrasjoner av karbondioksid i atmosfæren fører til økende forsuring av havet. Fremskrivninger basert på SRES-scenarier gir reduksjoner i gjennomsnittlig global pH¹⁶ i havoverflaten på mellom 0,14 og 0,35 enheter

¹⁵ Prosjeksjonene i TAR ble laget for 2100, mens projeksjonen i denne rapporten er for 2090-2099. TAR ville hatt de samme variasjonsbreddene som de i tabell SPM.3 hvis den hadde behandlet usikkerhetene på samme måte.

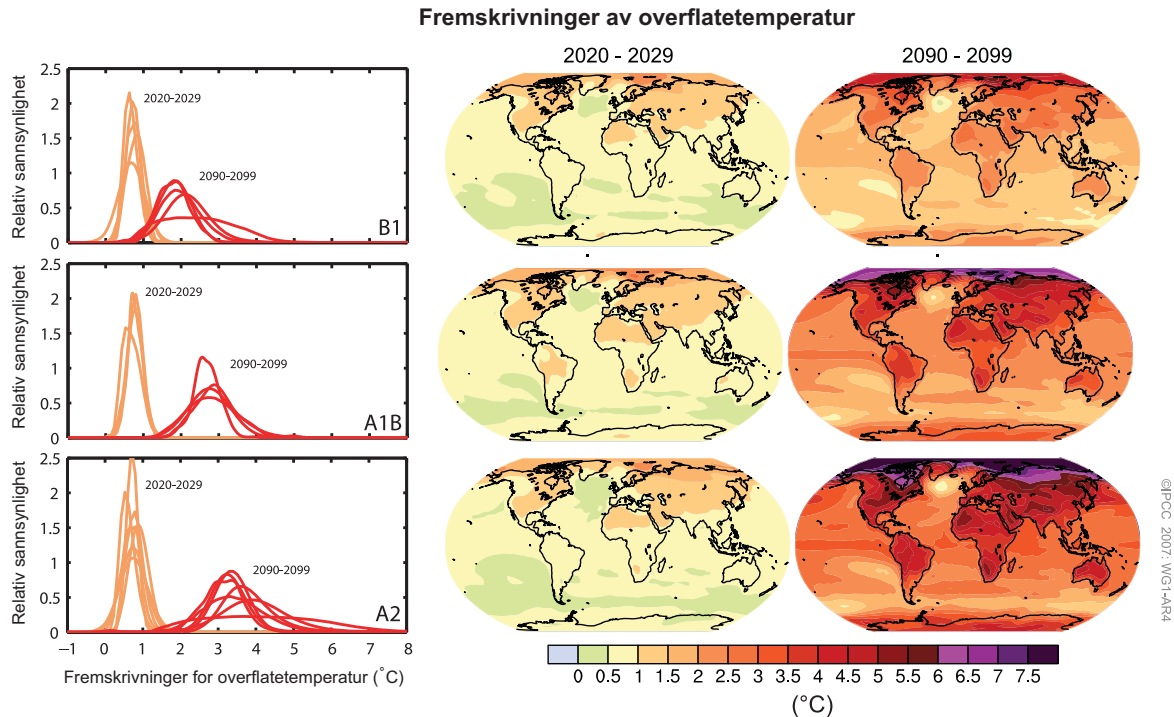
¹⁶ Nedgang i pH svarer til en økning i surhet for en løsning.

gjennom det 21. århundre, i tillegg til reduksjonen på 0,1 enheter siden førindustriell tid. {5.4, boks 7.3, 10.4}

Det er nå større tiltro til fremskrevne mønstre for oppvarming og andre karakteristiske trekk i regional skala, blant annet endringer i vindmønstre, nedbør og noen aspekter ved ekstremhendelser og is. {8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1}

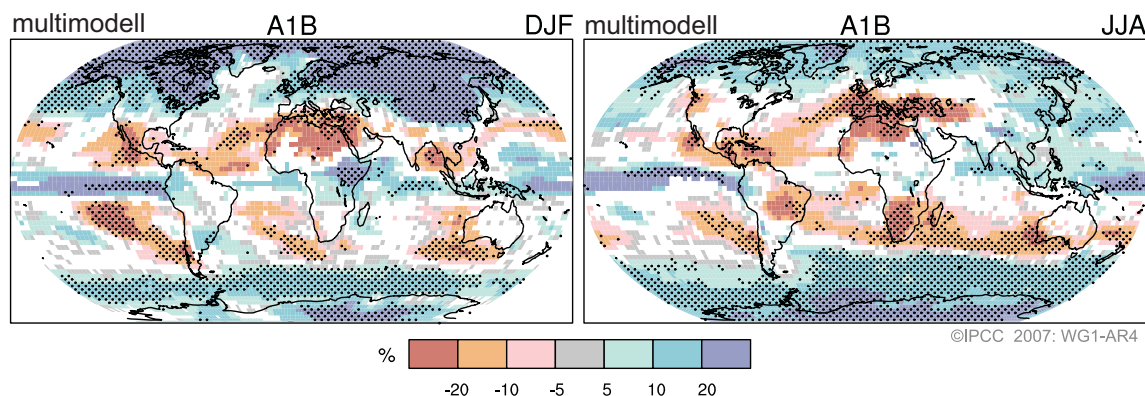
- Fremskrevet oppvarming i det 21. århundret viser geografiske mønstre lik de man har observert de siste tiårene, uavhengig av scenario. Oppvarming er ventet å bli størst over land og på de fleste høye nordlige breddegrader, og minst over Sørishavet og deler av Nord-Atlanteren (se figur SPM.6). {10.3}
- Snødekket er fremskrevet til å minke. Utstrakte økninger i tiningsdybde er fremskrevet i de fleste permafrostområdene. {10.3, 10.6}

- Sjøis er fremskrevet å minke i både Arktis og Antarktis i alle SRES-scenariene. I noen fremskrivninger forsvinner arktisk sjøis nesten helt på sensommeren innen den siste delen av det 21. århundret. {10.3}
- Det er *meget sannsynlig* at varme ekstremhendelser, varmebølger, og kraftig nedbør vil fortsette å forekomme hyppigere. {10.3}
- Basert på en rekke modeller, er det *sannsynlig* at fremtidige tropiske sykloner (tyfoner og orkaner) vil bli mer intense, med større maksimum vindhastigheter og kraftigere nedbør i sammenheng med den pågående temperaturøkningen i havoverflaten i tropene. Det er mindre sikkerhet i fremskrivningen for en global nedgang i antall tropiske sykloner. Den tilsynelatende økningen i andelen av svært intense stormer i noen områder siden 1970 er mye større enn simulert med dagens modeller for denne perioden. {9.5, 10.3, 3.8}



Figur SPM.6 Fremskrevne temperaturendringer på jordoverflaten i begynnelsen og slutten av det 21. århundret i forhold til perioden 1980-1999. Ruten i midten og til høyre viser AOGCM gjennomsnittsfremskrivninger fra multimodeller for B1- (øverst), A1B- (midten) og A2- (nederst) SRES-scenariene midlet over tiårene 2020-2029 (midten) og 2090-2099 (høyre). Rutene til venstre viser tilsvarende usikkerhet som de relative sannsynlighetene for estimert global gjennomsnittlig oppvarming fra mange forskjellige studier for de samme periodene med AOGCM og global systemmodeller (ESM) med middels kompleksitet. Noen studier gir resultater bare for et utvalg av SRES-scenariene, eller for ulike modellversjoner. Differansen i antall kurver vist i rutene til venstre skyldes derfor forskjeller i antall foreliggende resultater. {Figurene 10.8 og 10.28 }

Prognose for mønstre av nedbørsendringer



Figur SPM.7 Relative endringer i nedbørsmengden (i prosent) for perioden 2090-2099 i forhold til 1980-1999. Verdiene er gjennomsnittet fra mange modeller basert på SRES A1B-scenariet for desember til februar (venstre) og juni til august (høyre). Hvite områder er der hvor mindre enn 66 % av modellene er enige om fortegnet av endringen, og stiplede områder er der hvor mer enn 90 % av modellene er enige om fortegnet til endringen. {Figur 10.9}

- Stormbaner på midlere breddegrader er fremskrevet å bevege seg mot polene, med tilsvarende endringer i vind, nedbør og temperaturmønstre som en forlengelse av det brede mønsteret av observerte trender det siste halve århundret. {3.6,10.3 }
- Siden TAR er det en stadig forbedret forståelse av fremskrevne nedbørsmønstre. Økninger i mengden nedbør er *meget sannsynlig* på høye breddegrader, mens reduksjoner er *sannsynlig* i de fleste subtropiske landområder (med så mye som 20 % i A1B-scenariet i 2100, se figur SPM.7), noe som er en fortsettelse av observerte mønstre i nylige trender. {3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2 til 11.9}
- Basert på dagens modellsimuleringer er det *meget sannsynlig* at den meridionale omveltningssirkulasjonen (MOC) i Atlanterhavet vil svekkes i det 21. århundret. Reduksjonen, basert på et gjennomsnitt fra mange modeller for utslippsscenarioet SRES A1B, er på 25 % innen 2100 (spenner fra null til omtrent 50 %). Temperaturene i Atlanteren er fremskrevet å stige til tross for slike forandringer på grunn av mye større oppvarming forbundet med fremskrevne økninger i klimagasser. Det er *meget usannsynlig* at MOC vil gjennomgå en stor og brå endring i det 21. århundret. Langtidsforandringer i MOC kan ikke beregnes med sikkerhet. {10.3, 10.7}

Menneskeskapt oppvarming og havnivåstigning vil fortsette i århundrer på grunn av tidsskalaene forbundet med klimaprosessene og tilbakekoblinger, selv om konsentrasjonene av klimagasser skulle bli stabilisert. {10.4, 10.5, 10.7}

- Tilbakekobling innen karbonsyklusen er ventet å øke karbondioksidinnholdet i atmosfæren ettersom klimasystemet varmes opp, men størrelsen på denne tilbakekoblingen er usikker. Dette øker usikkerheten med hensyn til hvilken utviklingsbane av karbondioksidutslippene som vil være nødvendig for å oppnå et bestemt stabiliseringsnivå for konsentrasjonen av karbondioksid i atmosfæren. Basert på dagens forståelse av tilbakekobling i karbonsyklusen, indikerer modellstudier at stabilisering på 450 ppm karbondioksid, krever at akkumulerte utslipp i det 21. århundret reduseres fra et gjennomsnitt på omtrent 670 [630 til 710] GtC (2460 [2310 til 2600]) GtCO₂ til omtrent 490 [375 til 600] GtC (1800 [1370 til 2200]) GtCO₂. Tilsvarende ville en stabilisering på 1000 ppm medføre at de akkumulerte utslippene måtte reduseres fra omtrent 1415 [1340 til 1490] GtC (5190 [4910 til 5460]) GtCO₂ til omtrent 1100 [980 til 1250] GtC (4030 [3590 til 4580]) GtCO₂. {7.3,10.4}
- Hvis strålingspådrivet skulle bli stabilisert på B1 eller A1B nivå¹⁴ i 2100, ville fremdeles en videre økning i global gjennomsnittstempera-

tur på 0,5°C måtte forventes, hovedsakelig innen 2200. {10.7}

- Hvis strålingspådrivet skulle bli stabilisert på A1B nivå¹⁴ i 2100, ville termisk utvidelse alene føre til en havnivåstigning på 0,3 til 0,8 m innen 2300 (relativt til 1980-1999). Termisk utvidelse ville fortsette i mange århundrer på grunn av tiden det tar å transportere varme ned til dyphavet. {10.7}
- Minking av isdekket på Grønland er frem-skrevet til fortsatt å bidra til havnivåstigning etter 2100. Dagens modeller anslår at tap av ismasse på grunn av økende temperatur skjer hurtigere enn tilførsel av masse i form av ned-bør, og at massebalansen blir negativ ved en global gjennomsnittlig oppvarming (i forhold til førindustrielle verdier) dersom den blir større enn 1,9°C til 4,6°C. Hvis negativ masse-balanse ble opprettholdt for årtusener, ville det kunne føre til at isdekket på Grønland omtrent forsvinner fullstendig og at havnivået stiger med omtrent 7 m. De tilsvarende fremtidige temperaturene på Grønland er sammenlignbare med de som er antydnet for den siste mellom-istid for 125 000 år siden. Paleoklimatisk informasjon anslår at det da var reduksjoner i

utstrekningen av den polare landisen og økninger i havnivået på 4-6 m. {6.4, 10.7}

- Dynamiske prosesser relatert til isbevegelse som beskrevet i nylige observasjoner, men som ikke er inkludert i dagens modeller, kan øke sårbarheten av isdekket ved oppvarming, noe som igjen kan øke fremtidig havnivå. Forståelsen av disse prosessene er begrenset, og det er ikke enighet om deres omfang. {4.6, 10.7}
- Pågående globale modellstudier fremskriver at isdekket i Antarktis vil forbli for kaldt for en omfattende overflatesmelting, og er forventet å øke i volum på grunn av økt snøfall. Imidlertid kan et nettotap i volum skje dersom det dynamiske tapet dominerer massebalansen i isdekket. {10.7}
- Både tidligere og fremtidige utslipp av karbondioksid vil fortsette å bidra til oppvarming og havnivåstigning i mer enn tusen år på grunn av tiden det tar å fjerne denne gassen fra atmosfæren. {7.3, 10.3}

Utslippsscenarioene i IPCCs spesialrapport om utslippsscenarioer (SRES)¹⁷

A1. Scenariofamilien A1 beskriver en fremtidig verden med meget hurtig økonomisk vekst, en befolkning som er størst ved midten av århundret for deretter å avta, og hurtig introduksjon av ny og mer effektiv teknologi. Store underliggende trekk er konvergens mellom områder, kapasitetsbygging og økt kulturelt og sosialt samkvem, med en stor nedgang i regionale forskjeller i inntekt per innbygger. Scenariofamilien A1 er utviklet videre i tre grupper som beskriver alternative retninger av teknologisk forandring i energisystemet. De tre A1-gruppene er holdt fra hverandre ved deres teknologiske vektlegging: fossilintensive (A1FI), ikke-fossile energikilder (A1T) eller en balanse mellom alle kilder (A1B) (hvor balansert er definert ved at man ikke er for mye avhengig av en bestemt energikilde, og av forutsetningen at samme forbedringstakt gjelder for all teknologi for energitforsyning og energibruk).

A2. Scenariofamilien A2 beskriver en meget heterogen verden. De underliggende trekk er selvstendighet og bevaring av lokale identiteter. Fruktbarhetsmønstre på tvers av regioner konvergerer meget sakte, noe som resulterer i en kontinuerlig økende befolkning. Økonomisk vekst er primært regionalt orientert, og økonomisk vekst per innbygger samt teknologisk endring er mer fragmentert og langsommere enn i andre scenariofamilier.

B1. Scenariofamilien B1 beskriver en konvergerende verden med en befolkning som er størst ved midten av århundret for deretter å avta, akkurat som i A1, men med en hurtig endring i økonomiske strukturer mot en mer sørvis- og informasjonsbasert økonomi, med nedgang i materialintensitet og innføring av rene og resurseffektive teknologier. Satsingen er på globale løsninger for økonomisk, sosial og miljømessig bærekraft, inkludert økt rettferdighet, men uten andre klimainitiativ.

B2. Scenariofamilien B2 beskriver en verden der det satses på lokale løsninger for økonomisk, sosial og miljømessig bærekraft. Det er en verden med en kontinuerlig økende befolkning, men i et lavere tempo enn A2, intermedieære nivåer på økonomisk utvikling, og mindre hurtig og mer variertteknologisk forandring enn i B1- og A1-scenariene. Samtidig som scenariet er rettet inn på miljøvern og sosial rettferdighet, fokuseres det på lokale og regionale nivåer.

Et illustrativt scenario ble valgt for hvert av de seks scenariogruppene A1B, A1FI, A1T, A2, B1 og B2. Alle bør oppfattes som like reelle.

SRES-scenarioene inkluderer ikke ytterligere klimainitiativ. Dette innebærer at ingen scenarier som eksplisitt forutsetter implementering av FNs rammeverkskonvensjoner for klimaforandring eller Kyoto-protokollens utslippsmål er tatt med.

¹⁷ Utslippsscenarioer er ikke vurdert i denne delrapporten fra Arbeidsgruppe I i IPCC. Denne boksen som oppsummerer SRES-scenarioene er tatt fra TAR og har tidligere blitt gjort til gjenstand for godkjenning punkt for punkt.



Statens forurensningstilsyn (SFT)
 Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
 Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
 Telefaks: 22 67 67 06
 E-post: postmottak@sft.no
 Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Bjerknessenteret for klimaforskning	Kontaktperson SFT Audun Garberg	ISBN-nummer 978-82-7655-526-4	
	Avdeling i SFT Næringslivsavdelingen	TA-nummer 2329	
Oppdragstakers prosjektansvarlig Jill Johannessen	År 2007	Sidetall 24	SFTs kontraktnummer Prosjnr. 6007053
Utgiver SFT	Prosjektet er finansiert av SFT		
Forfattere Anne Britt Sandø (Bjerknessenteret og Nansensenteret) og Sigbjørn Grønås (Bjerknessenteret og UIB)			
En rapport fra Arbeidsgruppe I i FNs klimapanel (IPCC) Sammendrag for beslutningstakere A report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change – Summary for Policymakers			
Sammendrag – summary En ikke-autorisert oversettelse av Sammendraget for beslutningstakere fra IPCCs arbeidsgruppe I.			
4 emneord Klimaendringer, FNs klimapanel (IPCC), klimagasser, paleoklima,	4 subject words Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), greenhouse gases, paleoclimate		

Statens forurensningstilsyn

Postboks 8100 Dep,

0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@sft.no

www.sft.no

Statens forurensningstilsyn (SFT) ble opprettet i 1974 som et direktorat under miljøverndepartementet.

SFT skal bidra til å skape en bærekraftig utvikling. Vi arbeider for at forurensning, skadelige produkter og avfall ikke skal føre til helseskade, gå ut over trivselen eller skade naturens evne til produksjon og selvfornyelse.

TA-2329/2008

ISBN 978-82-7655-533-2