

# FN:s klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden

Sammanfattning för beslutsfattare

Bidraget från arbetsgrupp I (WG I) till den fjärde utvärderingsrapporten  
från Intergovernmental Panel on Climate Change

RAPPORT 5677 • FEBRUARI 2007



#### **Beställningar**

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: natur@cm.se

Postadress: CM-Gruppen, Box 110 93, 161 11 Bromma  
Internet: [www.naturvardsverket.se/bokhandeln](http://www.naturvardsverket.se/bokhandeln)

#### **Naturvårdsverket**

Tel: 08-698 10 00, fax: 08-20 29 25

E-post: natur@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm  
Internet: [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

ISBN 91-620-5677-8

ISSN 0282-7298

Reviderad upplaga sidan 18, 2007-02-12

© Naturvårdsverket 2007

Tryck: CM-Gruppen  
Upplaga: 1800 ex.  
Form: Engström med flera



# Innehåll

<b>Förord</b>	<b>4</b>
<b>Huvuddragen i ”Sammanfattning för beslutsfattare IPCCs rapport WG1 2007”</b>	<b>5</b>
<b>FNs klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden</b>	<b>9</b>
<b>Inledning</b>	<b>11</b>
<b>Mänskliga och naturliga drivkrafter bakom klimatförändringar</b>	<b>12</b>
<b>Direkta observationer av klimatförändring på senare tid</b>	<b>16</b>
<b>Ett paleoklimatiskt perspektiv</b>	<b>22</b>
<b>Att förstå klimatförändringars bakomliggande orsaker</b>	<b>23</b>
<b>Projektioner över framtida klimatändringar</b>	<b>26</b>
<b>Kommentarer till avsnitt i sammanfattningsrapporten</b>	<b>35</b>

# Förord

Naturvårdsverket har låtit sammanställa denna översättning med kommentarer av slutsatserna från IPCC:s (Intergovernmental Panel on Climate Change) fjärde utvärderingsrapport. Denna rapport behandlar den fysiska grunden för förståelsen av klimatsystemet (WG 1, Fourth Assessment Report). Rapporten är avsedd att sprida klimatrapportens slutsatser till en svenskspråkig publik.

IPCC har etablerats av Världsmeteorologiska Organisationen (WMO) och FN:s miljöorgan (UNEP). Naturvårdsverket representerar Sverige i IPCC, och ett flertal svenska forskare har aktivt deltagit i arbetet med att ta fram den senaste rapporten, den fjärde i ordningen av IPCC:s sammanfattningsrapporter.

IPCC:s utvärderingar av forskningsläget baseras på kvalitetsgranskade underlag som genomgått ”peer-review” och publicerats i internationella, vetenskapliga tidskrifter.

IPCC kommer under 2007 att presentera ytterligare tre rapporter. I april kommer sammanfattningen av forskningsläget när det gäller att beskriva effekter av klimatförändringarna och i maj presenteras slutsatserna om möjliga åtgärder för att begränsa klimatförändringarna. Slutligen kommer en syntesrapport som sammanfattar de övriga rapporterna att presenteras i november 2007.

Denna rapport offentliggjordes i Paris fredagen den 2 februari 2007. Rapporten sammanfattar kunskapsläget inom området fysisk klimatforskning, dels vad vi vet om observerade klimatändringar, dels vad vi kan säga om framtida klimatändringar. Rapporten består av en tjugosidig sammanfattning (Summary for Policymakers) baserad på en underlagsrapport på ca 1000 sidor.

Det officiella dokumentet från IPCC:s arbetsgrupp 1 är den engelska versionen som presenterades i Paris och är tillgänglig på [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).

Här presenteras en svensk översättning av sammanfattningsdokumentet, samt kommentarer till rapporten som har skrivits av professor Erland Källén Stockholms universitet. Översättningen har gjorts med benäget bistånd från Interverbum AB. Värdefulla bidrag har lämnats av Marianne Lilliesköld, Focal Point för IPCC, Mattias Lundblad och Jessica Cederberg Wodmar, Naturvårdsverket.

Författaren är ensam ansvarig för kommentarerna.

Stockholm i februari 2007  
Naturvårdsverket

# Huvuddragen i ”Sammanfattning för beslutsfattare IPCCs rapport WG1 2007”

Sammanfattning av Erland Källén, 2 februari 2007

Det finns en ökad säkerhet kring bestämningen av den observerade globala uppvärmningen och dess orsaker.

Den globala medeltemperaturen har ökat med i genomsnitt 0,74 grader Celsius de senaste 100 åren (1906–2005). Under de tolv senaste åren har elva av de varmaste åren sedan 1850 inträffat.

**Huvuddelen av den uppvärmning som skett sedan år 1950 är mycket sannolikt orsakad av ökande halter av växthusgaser i atmosfären.**

Den viktigaste växthusgasen skapad genom mänskliga aktiviteter är koldioxid. Den skapas i samband med förbränning av fossila bränslen, främst kol och olja.

Koldioxidhalten i atmosfären har ökat med drygt 35% sedan mitten av 1800-talet (från runt 280 ppm år 1850 till 379 ppm år 2005). Samtidigt har också andra växthusgashalter (metan och dikväveoxid) ökat som ett resultat av människans aktiviteter.

Halterna av partiklar i atmosfären har också ökat som ett resultat av mänskliga aktiviteter. Exempel på detta är svavelpartiklar som skapas vid kol- och oljeförbränning. Den ökande partikelhalten verkar främst avkylande på jordytans temperatur. Det finns en ökad säkerhet kring bestämningen av aerosolernas klimatinflytande, men det kvarstår fortfarande betydande osäkerheter.

Den samlade påverkan av ökande växthusgas- och partikelhalter från 1750 fram till 2005 ger en uppvärmning vid markytan. Denna kan uttryckas som en ökad strålningsdrivning vid markytan vilken uppgår till 1,6 Wm<sup>-2</sup>. Detta kan jämföras med ökningen i solstrålningen vid markytan under samma period vilken uppgår till 0,12 Wm<sup>-2</sup>, vilken alltså är drygt tio gånger mindre.

Under perioden 1961–2003 har världshavens nivå stigit med knappt åtta centimeter. Denna stigning kan dels förklaras med en expansion av havsvattnet i samband med uppvärmningen av världshaven (ner till 3000 meters djup) och

dels avsmältningen av glaciärer. Under perioden 1993–2003 har stigningen accelererats, den är cirka dubbelt så snabb under denna period som den varit under de senaste fyrtio åren. Ökningen av stigningshastigheten beror främst på en ökande expansion av havsvattnet som en följd av uppvärmningen.

Extrema väderhändelser har blivit både vanligare och ovanligare. Exempel är ett minskat antal kalla vinternätter och frostdagar över landområden samt ett ökat antal mycket varma sommardagar och varma sommarnätter. Båda dessa trender beror sannolikt på en ökad växthuseffekt. Antalet intensiva tropiska cykloner har ökat de senaste 35 åren, särskilt över Atlanten, och det är ganska troligt att detta kan förknippas med den globala uppvärmningen.

Uppvärmningen vid markytan överensstämmer med uppvärmningen i troposfären (nedersta 10 km av atmosfären). Denna samstämmighet var inte tydlig i den föregående IPCC rapporten (Third Assessment Report, TAR). Atmosfärens innehåll av vattenånga har ökat, helt i linje med uppvärmningen i atmosfären och förutsagt av klimatmodeller.

**Ökande halter av koldioxid och andra växthusgaser i atmosfären kommer att leda till en fortsatt uppvärmning.**

I de scenarier för växthusgasutsläpp som IPCC använt sedan länge antas både kraftiga ökningar av växthusgaskoncentrationer (scenario A1FI), begränsade ökningar (scenario B1) och mellanliggande scenarier. I scenario A1FI antas en fortsatt ökande användning av fossila bränslen och därmed en fortsatt snabbt ökande koldioxidhalt. Runt år 2100 ligger koldioxidkoncentrationen nära tre gånger högre än den förindustriella nivån. I scenario B1, å andra sidan, antas en teknologi- och samhällsutveckling som möjliggör ett minskat utnyttjande av fossila bränslen. I detta fall beräknas koldioxidhalten fortsätta att öka,

men stabiliseras på en nivå som är ungefär dubbelt så hög som den förindustriella nivån. Inget av IPCCs scenarier innehåller några antaganden om internationella överenskommelser för att begränsa utsläppen.

En rad olika klimatmodeller från forskningsinstitut runt hela världen har använts för att beräkna de klimatändringar som ökande halter av växthusgaser kan medföra. Jämfört med den senaste IPCC utvärderingen (TAR) har betydligt fler simuleringar genomförts med ett större antal modeller. Därför finns nu ett mycket bredare modellunderlag att basera bedömningarna på.

Klimatsimuleringar har gjorts för tidsperioden år 1990–2095. För det lägre utsläppsscenariet (B1) fås en ökning av den globala medeltemperaturen med 1,8 grader Celsius med ett osäkerhetsintervall mellan 1,1 och 2,9 grader Celsius. Det högre utsläppsscenarioet (A1FI) ger en temperaturökning på 4,0 grader Celsius med ett osäkerhetsintervall mellan 2,4 och 6,4 grader Celsius. Det sammanlagda osäkerhetsintervallet är inte direkt jämförbart med det som angavs i TAR eftersom en annan metodik använts för att beräkna osäkerheten. Den nya metodiken kan användas framförallt därför att så många olika simuleringar funnits tillgängliga.

De nya scenarieresultaten är i god överensstämmelse med de resultat som presenterades i TAR. Detta ger en stor säkerhet i slutsatsen att:

**Fortsatta utsläpp av växthusgaser med stor sannolikhet leder till en fortsatt uppvärmning under 2000-talet som är större än den vi upplevt under 1900-talet.**

En nyhet som införts i en del modeller är återkopplingar mellan kolets naturliga kretslopp och de fysiska klimatändringarna. Ökande temperaturer kan leda till ett extra tillskott av koldioxid till atmosfären vilket förstärker uppvärmningen med runt en grad Celsius. Detta är en huvudorsak till att flera scenarier ger en högre övre gräns för osäkerheten jämfört med TAR.

Även havsytans nivå kommer att fortsätta höjas. Det lägsta utsläppsscenarioet (B1) ger en höjning mellan 0,18 och 0,38 meter medan det högre scenarioet (A1FI) ger mellan 0,26 och 0,58 meter. I dessa beräkningar har inte inkluderats möjligheten att isavsmältningssprocesser på Grönland och i Antarktis kan accelerera som en följd av den fortsatta uppvärmningen. Sådana processer skulle kunna ge en ytterliggare höjning av havsytans nivå mellan 0,1 och 0,2 meter.

Uppvärmningen är inte jämt fördelad över världen. Över Arktis och landområden på norra halvklotet är uppvärmningen betydligt större, över Arktis cirka dubbelt så kraftig som det globala medelvärdet. Över södra halvklotets havsområden och i norra Atlanten är uppvärmningen mindre än det globala medelvärdet. Det senare är förknippat med en minskning av Golfströmmens styrka, vilket resulterar i en minskad värmetransport till havsområdena runt Island och södra Grönland. Det är emellertid mycket osannolikt att uppvärmningen leder till en plötslig kollaps av Golfströmmen.

Det är mycket sannolikt att värmeböljor, kraftiga regn och snöfattiga vintrar blir vanligare i ett varmare klimat. I det Arktiska området kan havsisen helt försvinna under sommarmånaderna i slutet av detta århundrade.

Det är sannolikt att antalet intensiva tropiska cykloner kommer att öka i ett varmare klimat. Storskaliga cirkulationsmönster såsom västvindbältet på våra breddgrader kommer också att påverkas. Det finns en tendens att västvindbältet förskjuts norrut och därmed att lågtrycksbanor och nederbördsmonster förskjuts norrut. Denna tendens är i överensstämmelse med vad som har observerats under de senaste 50 åren.

En fortsatt uppvärmning och höjning av havsytans nivå efter år 2100 är trolig även om växthusgaskoncentrationerna i atmosfären stabiliseras. Detta innebär bland annat att avsmältningen av Grönlandsisen fortsätter. En uppvärmning mellan 1,9 och 4,6 grader Celsius jämfört med den förin-

dustriella temperaturnivån (runt 1850) kan leda till att hela Grönlandsisen smälter inom några tusen år. Detta leder till en höjning av havsytans nivå med 7 meter.

Antarktis istäcke kommer troligen att växa i ett varmare klimat eftersom en stor del av istäcket fortfarande är kallare än noll grader. Det är emellertid möjligt att det blir vanligare att stora istungor lossnar i ett varmare klimat. Detta leder till plötsliga isförluster och höjningar av havsytans nivå.

Fortsatta utsläpp av koldioxid under det kommande århundradet kommer att stanna kvar i atmosfären under mer än tusen år och bidra till en fortsatt uppvärmning och höjning av havsytans nivå.





## **Denna sammanfattning för beslutsfattare antogs formellt vid det tionde sammanträdet i IPCC:s arbetsgrupp I, som hölls i Paris i februari 2007.**

### **Anmärkning**

Text, tabeller och figurer i detta dokument är slutgiltiga, men föremål för kontroll, redigering och redaktionell justering av siffror.

### **Författare till detta utkast**

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 Stott, Ronald J. Stouffer, Penny Whetton, Richard A. Wood, David Wratt

### **Bidragande författare till utkastet**

Julie Arblaster, Guy Brasseur, Jens Hesselbjerg Christensen, Kenneth Denman, David W. Fahey, Piers Forster, Eystein Jansen, Philip D. Jones, Reto Knutti, Hervé Le Treut, Peter Lemke, Gerald Meehl, Philip Mote, David Randall, Daíthí A. Stone, Kevin E. Trenberth, Jürgen Willebrand, Francis Zwiers.

# Inledning

I detta bidrag till IPCC:s fjärde utvärderingsrapport redogör arbetsgrupp I (WG I) för framstegen när det gäller kunskaperna om mänskliga och naturliga drivkrafter bakom klimatförändringar<sup>1</sup>, observerade klimatförändringar, klimatprocesser och orsakerna bakom dem, samt uppskattningar av framtida klimatförändringar. Rapporten bygger vidare på IPCC:s tidigare utvärderingar och innefattar nya rön från de senaste sex årens forskning. De vetenskapliga framsteg som gjorts sedan TAR grundas på stora mängder nya och mer omfattande modell- och observationsdata, mer sofistikerade dataanalyser, en bättre förståelse för processer och hur de simuleras i modeller samt en mer omfattande undersökning av osäkerhetsgränser.

Den text som ligger till grund för denna sammanfattning återfinns i de kapitelavsnitt som anges inom klammerparenteser.

---

<sup>1</sup> IPCC använder begreppet klimatförändringar i betydelsen alla variationer i klimatet över tiden, oavsett om förändringarna beror på naturliga variationer eller är en följd av mänsklig aktivitet. Denna användning av begreppet skiljer sig från den i FN:s ramkonvention om klimatförändringar, där klimatförändring avser en förändring av klimatet som är direkt eller indirekt hänförlig till mänsklig verksamhet, som ändrar sammansättningen av den globala atmosfären, och som går utöver naturliga klimatvariationer som observerats under jämförbara tidsperioder.

# Mänskliga och naturliga drivkrafter bakom klimatförändringar

Förändringar av koncentrationen av växthusgaser och aerosoler i atmosfären, av solstrålning och av markytans egenskaper ändrar klimatsystemets energibalans. Dessa förändringar uttrycks i termer av strålningsdrivning<sup>1</sup>, som används för att jämföra vilken värmande eller kylande effekt olika mänskliga och naturliga faktorer har på det globala klimatet. Sedan den tredje utvärderingsrapporten (TAR) har nya observationer och därmed sammanhängande modelleringar av växthusgaser, solaktivitet, markytans egenskaper och vissa aspekter av aerosoler lett till förbättrade kvantitativa uppskattningar av strålningsdrivningen.

**Den globala koncentrationen i atmosfären av koldioxid, metan och dikväveoxid har ökat markant till följd av mänsklig aktivitet sedan 1750 och överstiger nu vida alla förindustriella värden som har kunnat fastställas med hjälp av borrhärdar av is som spänner över flera tusen år tillbaka i tiden (se figur SPM-1). Den globala ökningen av koldioxidhalten beror i första hand på utnyttjandet av fossila bränslen och ändrad markanvändning, medan ökningen av metan och dikväveoxid främst beror på jordbruket. {2.3, 6.4, 7.3}**

- Koldioxid är den viktigaste antropogena växthusgasen (se figur SPM-2). Den globala koncentrationen av koldioxid i atmosfären har ökat från en förindustriell nivå på omkring 280 ppm till att 2005 ligga på 379 ppm.<sup>2</sup> Koldioxidhalten i atmosfären 2005 översteg vida den naturliga variationen under de senaste 650 000 åren

<sup>1</sup> Strålningsdrivningen är ett mått på i vilken grad en faktor kan ändra balansen mellan in- och utstrålning i jord-atmosfärsystemet och visar vilken betydelse just den faktorn har som en potentiell klimatförändringsmekanism. Positiv strålningsdrivning innebär att jordytan värms, medan negativ drivning innebär att den kyls ner. I denna rapport anges strålningsdrivningen för 2005 i förhållande till förindustriella betingelser som fastställdes för 1750 och den uttrycks i Watt per kvadratmeter ( $W m^{-2}$ ). Se ordlista och avsnitt 2.2 för mer detaljer.

<sup>2</sup> ppm (parts per million, miljondel) eller ppb (parts per billion, miljarddel) är andelen växthusgasmolekyler av det totala antalet molekyler i torr luft. Exempel: 300 ppm betyder 300 molekyler av en växthusgas i en miljon molekyler torr luft.

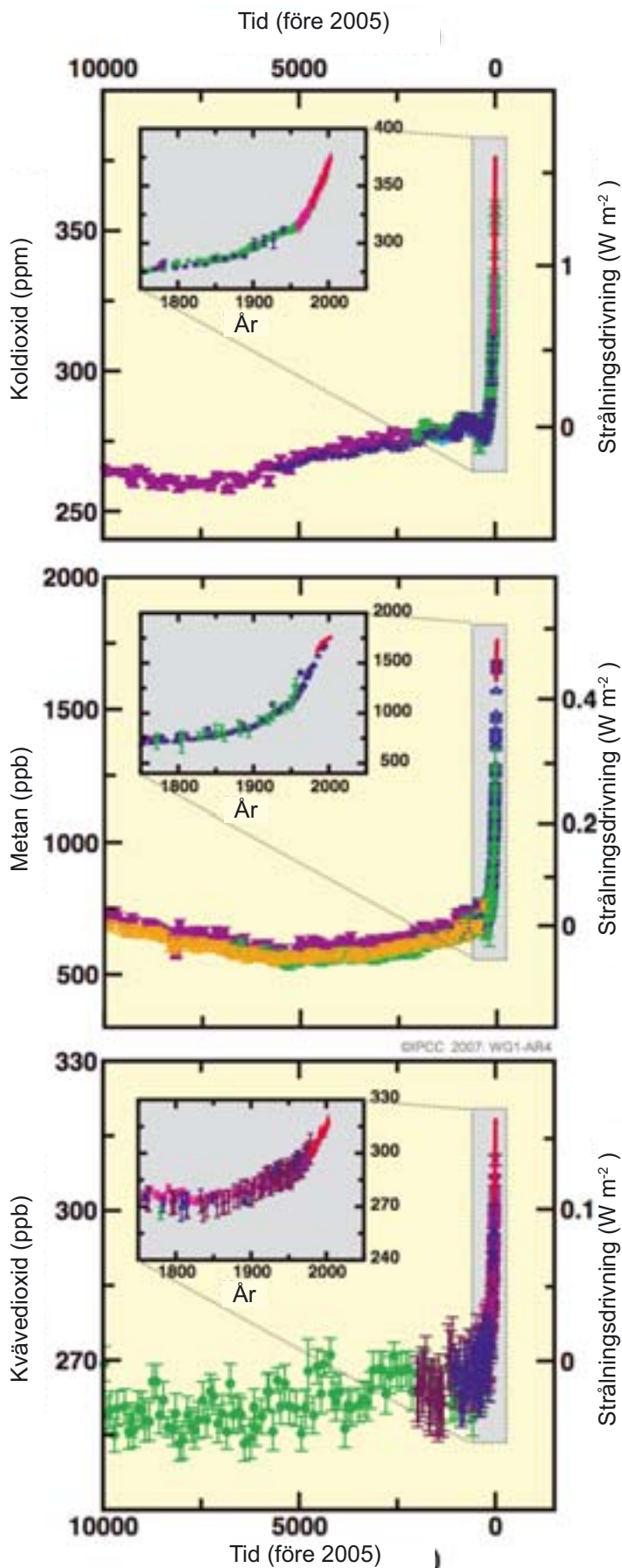
(180–300 ppm) enligt vad man kunnat fastställa från iskärnor. Koncentrationen av koldioxid har under de senaste 10 åren ökat snabbare (genomsnitt för 1995–2005: 1,9 ppm per år) än den har gjort sedan man började med kontinuerliga mätningar direkt i atmosfären (genomsnitt för 1960–2005: 1,4 ppm per år), även om öknings-takten varierar från år till år.

- Den främsta källan till ökningen av koncentrationen av koldioxid i atmosfären sedan förindustriell tid är användandet av fossila bränslen. Förändrad markanvändning bidrar också i betydande, om än mindre, grad. De årliga utsläppen av fossil koldioxid<sup>3</sup> ökade från ett genomsnitt på 6,4 [6,0 till 6,8]<sup>4</sup> GtC (23,5 [22,0 till 25,0] GtCO<sub>2</sub>) per år under 1990-talet till 7,2 [6,9 till 7,5] GtC (26,4 [25,3 till 27,5] GtCO<sub>2</sub>) per år under 2000–2005 (uppgifterna för 2004 och 2005 är preliminära uppskattningar). Koldioxidutsläppen som kan hänföras till ändrad markanvändning uppskattas till 1,6 [0,5 till 2,7] GtC (5,9 [1,8 till 9,9] GtCO<sub>2</sub>) per år under 1990-talet, men dessa uppskattningar är mycket osäkra. {2.3, 7.3}
- Den globala koncentrationen av metan i atmosfären har ökat från en förindustriell nivå på omkring 715 ppb till 1732 ppb i början av 1990-talet och 1774 ppb år 2005. Koncentrationen av metan i atmosfären 2005 översteg vida den naturliga variationen under de senaste 650 000

<sup>3</sup> Fossila koldioxidutsläpp omfattar utsläpp från produktion, distribution och konsumtion av fossila bränslen och utsläpp av koldioxid som biprodukt vid cementproduktion. Ett utsläpp på 1 GtC (miljard ton kol) motsvarar 3,67 GtCO<sub>2</sub>.

<sup>4</sup> Generellt sett ligger osäkerhetsgränserna för de resultat som redovisas i denna sammanfattning för beslutsfattare inom ett osäkerhetsintervall på 90 % om inte annat anges, d.v.s. det finns en uppskattad sannolikhet på 5 % att värdet kan ligga över den marginal som anges inom hakparenteser och 5 % sannolikhet att värdet kan ligga under denna marginal. Troligaste värden anges i förekommande fall. De uppskattade osäkerhetsintervallen är inte alltid symmetriska kring motsvarande troligaste värde. Observera att flera osäkerhetsintervall i WG I TAR motsvarade 2 sigma (95 %), ofta bestämda med hjälp av expertbedömningar.

## Förändringar av växthusgashalter enligt iskärnor och moderna uppgifter



**FIGUR SPM-1.** Koncentration i atmosfären av koldioxid, metan och dikväveoxid under de senaste 10 000 åren (stora diagram) och sedan 1750 (infällt). Halterna har påvisats med iskärnor (olika färger symboliserar olika studier) och provtagning i atmosfären (röda linjer). Den motsvarande strålningsdrivningen framgår av den högra lodräta axeln på de stora diagrammen. {Figur 6.4}

åren (320 till 790 ppb) enligt vad man kunnat fastställa från iskärnor. Ökningen har saktat ner sedan början av 1990-talet, vilket stämmer överens med att de totala utsläppen (summan av antropogena och naturliga utsläpp) har varit närapå konstanta under denna period. Det är mycket sannolikt<sup>5</sup> att den observerade ökningen av metankoncentrationen beror på mänsklig aktivitet, särskilt jordbruk och utnyttjande av fossila bränslen, men det är inte ordentligt kartlagt hur stor andel respektive typ av utsläppskälla bidrar med. {2.3, 7.4}

- Den globala koncentrationen av dikväveoxid i atmosfären har ökat från en förindustriell nivå på omkring 270 ppb till 319 ppb 2005. Ökningen har varit någorlunda konstant sedan 1980. Mer än en tredjedel av alla utsläpp av dikväveoxid är antropogena och kommer i huvudsak från jordbruket. {2.3, 7.4}

**Kunskaperna om antropogen uppvärmning och nerkylning av klimatet har ökat sedan den tredje utvärderingsrapporten (TAR) kom ut, och det är högst troligt<sup>6</sup> att den genomsnittliga globala nettoeffekten av mänsklig aktivitet på klimatet sedan 1750 har varit uppvärmning, med en strålningsdrivning på +1,6 [+0,6 till +2,4] W m<sup>-2</sup>. (SE FIGUR SPM-2). {2.3, 6.5, 2.9}**

- Den kombinerade strålningsdrivningen som orsakas av ökningen av koldioxid, metan och dikväveoxid är +2,30 [+2,07 till +2,53] W m<sup>-2</sup>, och det är mycket sannolikt att ökningstakten sedan industrialismens början är högre än den har

<sup>5</sup> I denna sammanfattning för beslutfattare används följande termer för att ange den uppskattade sannolikheten, enligt expertbedömningar, för ett utfall eller ett resultat: *Praktiskt taget säkert* > 99 % sannolikhet, *ytterst sannolikt* > 95 %, *mycket sannolikt* > 90 %, *sannolikt* > 66 %, *mer sannolikt än inte* >50 %, *osannolikt* < 33 %, *mycket osannolikt* < 10 %, *ytterst osannolikt* < 5 %. (Se ruta TS 1.1 för mer detaljerade uppgifter)

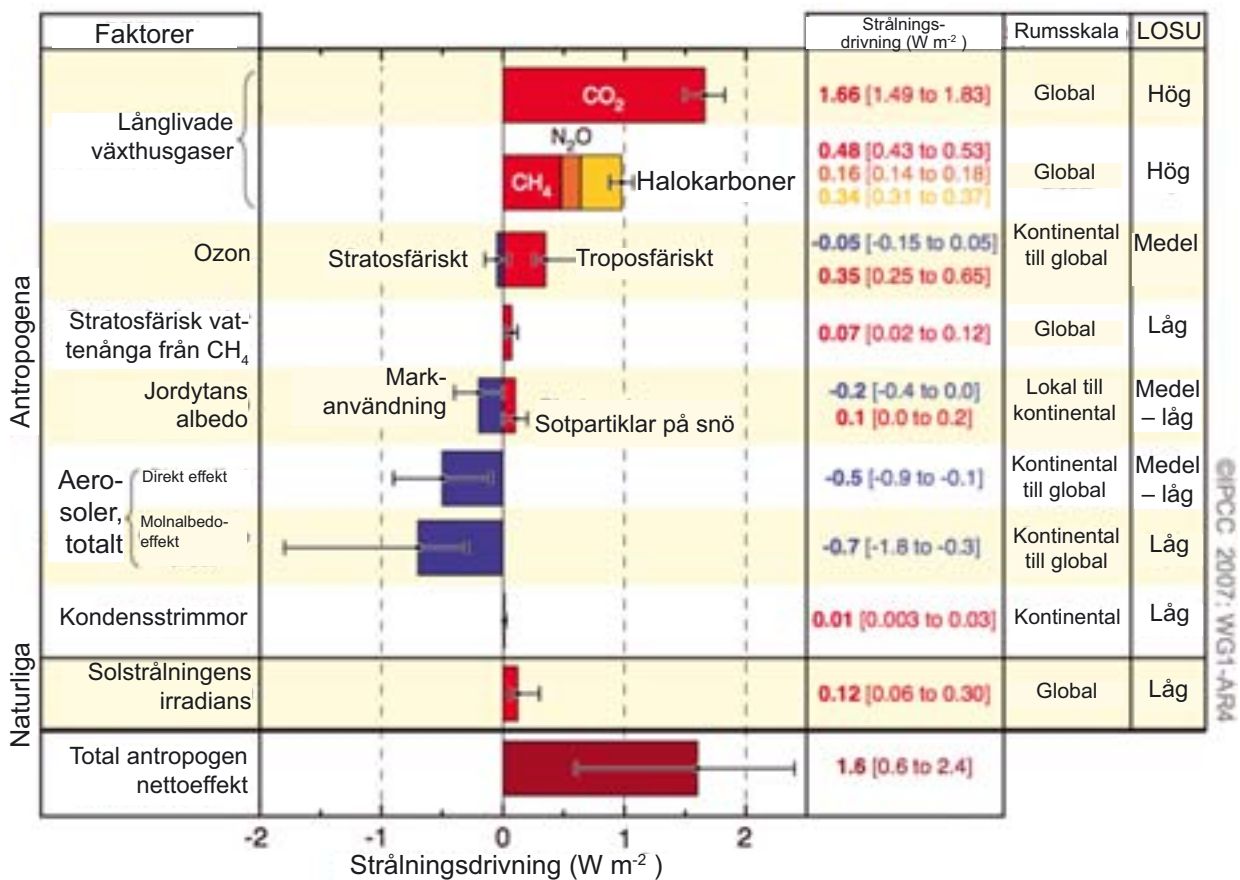
<sup>6</sup> I denna sammanfattning för beslutfattare har följande nivåer av trolighet (konfidensintervall) använts för att uttrycka expertbedömningar av de underliggande forskningsresultaten: *högst troligt* minst 9/10 chans att det är riktigt; *mycket troligt* omkring 8/10 chans att det är riktigt. (Se ruta TS-1.1)

varit på över 10 000 år (se figur SPM-1 och SPM-2). Koldioxidens strålningsdrivning ökade med 20 % mellan 1995 och 2005, vilket är den största förändringen under något årtionde på åtminstone de senaste 200 åren. {2.3, 6.4}

- Den antropogena tillförseln av aerosoler (främst sulfat, organiskt kol, sot, nitrat och stoft) ger sammantaget en kylande effekt, med en sammanlagd direkt strålningsdrivning på -0,5 [-0,9 till -0,1] W m<sup>-2</sup> och en indirekt strålningsdrivning av molnalbedot på -0,7 [-1,8 till -0,3] W m<sup>-2</sup>. Kunskaperna om strålningsdrivningen är nu bättre än när TAR kom ut, men aerosolernas inverkan är fortfarande den mest osäkra delen av strålningsdrivningen. Aerosoler påverkar också molnens livstid och nederbörden. {2.4, 2.9, 7.5}
- Det finns flera andra källor som i betydande omfattning bidrar till den antropogena strålningsdrivningen. Förändringar i troposfärens ozonlager på grund av utsläpp av ozonbildande kemikalier (dikväveoxider, koloxid och kolväten) bidrar med +0,35 [+0,25 till +0,65] W m<sup>-2</sup>. Den direkta strålningsdrivningen som beror på förändrade halokarbonhalter<sup>7</sup> är +0,34 [+0,31 till +0,37] W m<sup>-2</sup>. Förändringar av markytans albedo, som beror på ändrad markanvändning och sotpartiklar på snö ger en strålningsdrivning på -0,2 [-0,4 till 0,0] respektive +0,1 [0,0 till +0,2] W m<sup>-2</sup>. Ytterligare faktorer som orsakar mindre än +0,1 W m<sup>-2</sup> visas i figur SPM-2. {2.3, 2.5, 7.2}
- Förändringar i solinstrålningen sedan 1750 beräknas orsaka en strålningsdrivning på +0,12 [+0,06 till +0,30] W m<sup>-2</sup>, vilket är mindre än hälften av vad den beräknades till i TAR. {2.7}

<sup>7</sup> Strålningsdrivning på grund av halokarboner har nyligen utvärderats i IPCC:s specialrapport "Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System" (2005).

## Strålningsdrivningskomponenter



**FIGUR SPM-2.** Uppskattning av den globalt genomsnittliga strålningsdrivningen (radiative forcing) under 2005 från antropogena utsläpp av koldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), dikväveoxid (N<sub>2</sub>O) och andra viktiga faktorer och mekanismer, tillsammans med strålningsdrivningens typiska geografiska omfattning (rumsskala) och den uppskattade graden av vetenskaplig förståelse (level of scientific understanding, LOSU). Vidare visas nettoeffekten av antropogen strålningsdrivning och inom vilket intervall den ligger. Detta kräver att man lägger samman asym-

metriska osäkerhetsmarginaler från de olika komponenterna, och man kan inte få fram siffrorna med en enkel addition. Ytterligare strålningsdrivningsfaktorer som inte tas upp här anses ha mycket låg säkerhet. Vulkaniska aerosoler bidrar också till den naturliga strålningsdrivningen, men har inte tagits med här eftersom de uppträder intermittent. Osäkerhetsintervallet för kondensstrimmor innefattar inte andra eventuella effekter som flygtrafiken kan ha på molnigheten. {2.9, figur 2.20}

# Direkta observationer av klimatförändring på senare tid

Sedan TAR har det gjorts framsteg när det gäller att förstå hur klimatet förändras i tid och rum, tack vare bättre och mer omfattande uppgifter och dataanalyser, en bredare geografisk täckning, bättre förståelse för osäkerhetsfaktorer och fler typer av mätningar. Allt mer omfattande observationer finns tillgängliga för glaciärer och snötäcke sedan 1960-talet, och i fråga om havsytenivån och inlandsisar för omkring de senaste tio åren. Det finns dock begränsat med uppgifter för vissa regioner.

**Observationer av ökande globala medeltemperaturer, omfattande snö- och issmältning och en höjning av den globalt genomsnittliga havsytenivån (se figur SPM-3) visar otvetydigt på en pågående uppvärmning av klimatsystemet. {3.2, 4.2, 5.5}**

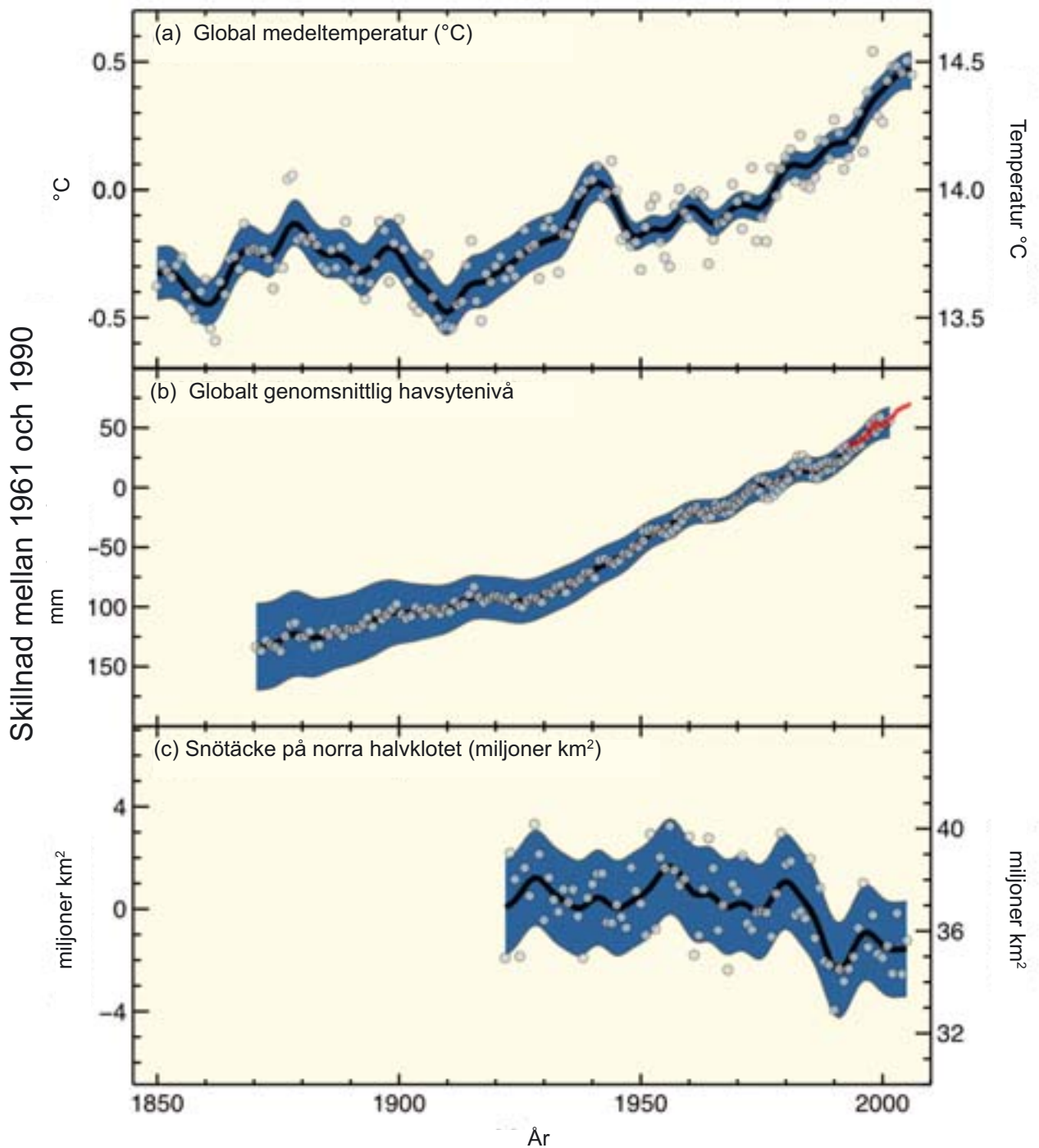
- Elva av de senaste tolv åren (1995–2006) återfinns bland de tolv varmaste år som registrerats i fråga om global yttemperatur<sup>8</sup> (sedan 1850). Den uppdaterade linjära 100-årstrenden (1906–2005) på 0,74 [0,56 till 0,92]°C är därför högre än motsvarande trend för 1901–2000 som angavs i TAR, vilken låg på 0,6 [0,4 till 0,8]°C. Den linjära uppvärmningstrenden för de senaste 50 åren (0,13 [0,10 till 0,16]°C per årtionde) är nästan dubbelt så hög som den för de senaste 100 åren. Den sammanlagda temperaturökningen från 1850–1899 till 2001–2005 är 0,76 [0,57 till 0,95]°C. Effekterna av urbana värmeöar är reella, men lokala, och har en försumbar inverkan på dessa värden (mindre än 0,006°C per årtionde över land och ingen alls över havet). {3.2}
- Nya analyser av temperaturmätningar som gjorts med väderballonger och satelliter i lägre och mellersta troposfären visar på uppvärmningshastigheter som är jämförbara med vad som registrerats vid jordytan. Uppgifternas osä-

kerhetsintervall överensstämmer också, vilket till stor del undanröjer en motsägelse som fanns i TAR. {3.2, 3.4}

- Den genomsnittliga halten av vattenånga i atmosfären har ökat åtminstone sedan 1980-talet över land och hav liksom i den övre troposfären. Ökningen stämmer i stort överens med den mängd extra vattenånga som varmare luft kan innehålla. {3.4}
- Observationer sedan 1961 visar att världshavens medeltemperatur har ökat ner till åtminstone 3 000 meters djup och att haven har absorberat över 80% av den värme som tillförts klimatsystemet. Denna uppvärmning får havsvattnet att utvidgas vilket bidrar till höjningen av havsytenivån (tabell SPM-0). {5.2, 5.5}

<sup>8</sup> Genomsnittet av temperaturen nära markytan på land och havsytagens temperatur.

## Förändringar av temperatur, havsyttnivå och snötäcke på norra halvklotet



**FIGUR SPM-3.** Observerade förändringar av a) den globalt genomsnittliga ytemperaturen; b) den globalt genomsnittliga höjningen av havsyttnivån enligt mätningar med vattenståndsmätare (blå) och satellit (röd) samt c) snötäckets utbredning på norra halvklotet i mars-april. Alla förändringar är i förhållande till jämförbara genomsnitt för perioden 1961–1990.

Utjämnade kurvor representerar genomsnittsvärdet för tioårsperioder medan cirkelarna visar årsgenomsnitten. De skuggade områdena är osäkerhetsintervallen som beräknas utifrån en omfattande analys av kända osäkerhetsfaktorer (a och b) och utifrån tidsserier. {FAQ 3.1, figur 1, figur 4.2 och figur 5.13}

**Tabell SPM-0.** Observerad höjning av havsyttnivån uppdelad på olika källors beräknade bidrag till höjningen. {5.5, tabell 5.3}

Orsak till höjningen	Höjning av havsyttnivån (millimeter per år)	
	1961–2003	1993–2003
Termisk expansion	0,42 ± 0,12	1,6 ± 0,5
Glaciärer och istäcken	0,50 ± 0,18	0,77 ± 0,22
Grönlands inlandsis	0,05 ± 0,12	0,21 ± 0,07
Antarktis inlandsis	0,14 ± 0,41	0,21 ± 0,35
Summa av enskilda faktors bidrag till höjningen av havsyttnivån	1,1 ± 0,5	2,8 ± 0,7
Sammanlagd observerad höjning av havsyttnivån	1,8 ± 0,5 <sup>a</sup>	3,1 ± 0,7 <sup>a</sup>
<b>Skillnad</b> (Observerad höjning minus summan av beräknade faktors bidrag)	<b>0,7 ± 0,7</b>	<b>0,3 ± 1,0</b>

**Anmärkning:**

<sup>a</sup> Uppgifter före 1993 är mätta med vattenståndsmätare och uppgifter efter 1993 är mätta med satellit.

- Bergsglaciärer och snötäcken har nu i genomsnitt minskat på båda halvkloten. Betydande avsmältning från glaciärer och istäcken har bidragit till höjningen av havsyttnivån (bidragen från istäcken omfattar inte inlandsisarna på Grönland och Antarktis). (Se tabell SPM-0) {4.6, 4.7, 4.8, 5.5}
- Nya uppgifter sedan TAR visar nu att förlusterna från inlandsisarna på Grönland och Antarktis mycket sannolikt har bidragit till höjningen av havsyttnivån mellan 1993 och 2003 (tabell SPM-0). Flödes hastigheten har ökat i vissa av Grönlands och Antarktis yttre glaciärer, som för med sig isen bort från det inre av inlandsisarna. Den ökade massförlusten från inlandsisarna har ofta skett till följd av att glaciärer har förtunnats, minskat eller kollapsat, eller genom kalvning av flytande glaciärtungor. En sådan dynamisk islossning räcker för att förklara det mesta av nettomassförlusten på Antarktis och ungefär halva nettomassförlusten på Grönland. Resten av massförlusten av is på Grönland beror på att förlusterna genom avsmältning har varit större än tillförseln genom snöfall. {4.6, 4.8, 5.5}
- Den globalt genomsnittliga havsyttnivån höjdes med i genomsnitt 1,8 [1,3–2,3] mm per år mellan 1961 och 2003. Hastigheten var större mellan 1993 och 2003, omkring 3,1 [2,4–3,8] mm per år. Det är oklart om den snabbare höjningstakten mellan 1993 och 2003 är en naturlig variation på tidsskalan tio år eller en mer långsiktig trend. Det är mycket troligt att den observerade höjningen av havsyttnivån ökade i hastighet mellan 1800-talet och 1900-talet. Den sammanlagda höjningen under hela 1900-talet beräknas vara 0,17 [0,12–0,22] meter. {5.5}

- För 1993–2003 stämmer summan av enskilda klimatfaktorerens bidrag, inom osäkerhetsmarginalerna, överens med den sammanlagda höjning av havsyttnivån som har kunnat observeras direkt (se tabell SPM-0). Dessa uppskattningar grundar sig på förbättrade satellituppgifter och uppgifter från in-situmätningar som nu finns tillgängliga. För perioden 1961–2003 beräknas summan av de enskilda faktorernas bidrag vara mindre än den observerade höjningen av havsyttnivån. I TAR rapporterades en liknande diskrepans för perioden 1910–1990. {5.5}

**Många långsiktiga klimatförändringar har observerats på kontinental och regional skala, liksom på skalan för havsbassänger. Bland annat har temperaturerna och isen i Arktis ändrats, nederbördsmängderna har ändrats på många håll, liksom salthalten i haven, vindmönster och olika former av extremväder, som torka, skyfall, värmeböljor och intensiteten i tropiska cykloner<sup>9</sup>. {3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 5.2}**

- Medeltemperaturen i Arktis har ökat nästan dubbelt så fort som det globala genomsnittet under de senaste 100 åren. Temperaturerna i Arktis varierar stort mellan olika årtionden, och en värmeperiod har också observerats mellan 1925 och 1945. {3.2}
- Satellituppgifter sedan 1978 visar att den årliga genomsnittliga utbredningen av Arktis istäcke har minskat med 2,7 [2,1–3,3]% per årtionde. Minskningen är större under sommaren, 7,4 [5,0–9,8]% per årtionde. Dessa värden stämmer överens med dem som rapporterades i TAR. {4.4}
- Temperaturerna på ytan av permafrostlagret i Arktis har generellt sett ökat sedan 1980-talet (med upp till 3°C). Den maximala yta som täcks av årstidsbunden tjäle har minskat med omkring 7% på norra halvklotet sedan 1900, och minskningen under våren är upp till 15%. {4.7}

- Långsiktiga trender mellan 1900 och 2005 har observerats i fråga om nederbörd över många storskaliga regioner.<sup>10</sup> En avsevärt ökad nederbördsmängd har observerats i de östra delarna av Nord- och Sydamerika, i norra Europa och i Nord- och Centralasien. Torka har observerats i Sahel, kring Medelhavet, i södra Afrika och i delar av södra Asien. Nederbörden varierar mycket i tid och rum, och dataunderlaget är begränsat i vissa regioner. Några långsiktiga trender har inte observerats för de övriga storskaliga regioner som ingår i bedömningsunderlaget.<sup>10</sup> {3.3, 3.9}

- Något som tyder på att nederbördsmönstren och avdunstningen över haven har ändrats är att havet på högre och medelhöga breddgrader har blivit mindre salt, medan salthalten har ökat på de lägre breddgraderna. {5.2}
- De västliga vindarna på mellanbreddgraderna har ökat i styrka på båda halvkloten sedan 1960-talet. {3.5}
- Intensivare och längre torrperioder har observerats inom större områden sedan 1970-talet, särskilt i tropikerna och subtropikerna. Ökad avdunstning i samband med högre temperaturer och en minskad nederbörd har bidragit till förändringar av torrperioderna. Förändringar av havets yttemperatur och vindmönster kan tillsammans med krympande snötäcken också kopplas till torka. {3.3}
- Skyfall har blivit vanligare över de flesta landområden, vilket är i linje med uppvärmningen och den observerade ökningen av vattenånga i atmosfären. {3.8, 3.9}
- Omfattande förändringar av extrema temperaturer har observerats under de senaste 50 åren.

<sup>9</sup> Tropiska cykloner omfattar orkaner och tyfoner.

<sup>10</sup> De regioner som bedömts är de som finns med i TAR:s kapitel om regionala projektioner och i kapitel 11 i denna rapport.

Kalla dagar, kalla nätter och frost har blivit mer sällsynt, medan varma dagar, varma nätter och värmeböljor har blivit vanligare (se tabell SPM-1). {3.8}

storskaliga meridionala medelcirkulationen i världshaven eller i fråga om småskaliga fenomen som tromber, hagel, åska eller sandstormar. {3.8, 5.3}

- Det finns observationer som pekar på en ökning av intensiv tropisk cyklonaktivitet i norra Atlanten sedan omkring 1970, vilket kan kopplas till en ökning av yttemperaturen i de tropiska haven. Det finns också tecken på ökad intensiv tropisk cyklonaktivitet i vissa andra regioner där man dock inte är lika säker på observationernas kvalitet. Variationen över flera årtionden och kvaliteten på registreringen av tropiska cykloner innan man började med rutinmässiga satellitobservationer omkring 1970 gör det svårt att bestämma långsiktiga trender när det gäller den tropiska cyklonaktiviteten. Det finns inga tydliga trender när det gäller antalet tropiska cykloner per år. {3.8}

#### **Vissa aspekter av klimatet har inte förändrats.**

{3.2, 3.8, 4.4, 5.3}

- I TAR rapporterades en minskning av skillnaden mellan dygnets högsta och lägsta temperatur (DTR), men de uppgifter som fanns tillgängliga då sträckte sig bara mellan 1950 och 1993. Uppdaterade observationer visar att denna skillnad inte har ändrats mellan 1979 och 2004, eftersom både dag- och nattemperaturerna har ökat ungefär lika mycket. Trenderna varierar mycket mellan olika regioner. {3.2}
- Isens utbredning i Antarktis fortsätter att variera från år till år och med stora lokala skillnader, men inga statistiskt signifikanta genomsnittstrender har observerats, vilket är i linje med det faktum att ingen höjning av atmosfärens medeltemperatur kan konstateras i regionen. {3.2, 4.4}
- Det finns inte tillräckligt med uppgifter för att avgöra om det finns en trend när det gäller den

**Tabell SPM-1.** Nya trender, bedömning av människans inverkan på trenden och prognoser över extrema väderhändelser för vilka man observerat en trend sedan slutet av 1900-talet. {Tabellerna 3.7, 3.8, 9.4, avsnitt 3.8, 5.5, 9.7, 11.2–11.9}

Fenomena och trendens riktning	Sannolikhet att trenden uppstod i slutet av 1900-talet (vanligen efter 1960)	Sannolikhet att människan bidragit till den observerade trenden <sup>b</sup>	Sannolikhet för framtida trender på grundval av prognoser för 2000-talet med SRES-scenarier
Varmare och färre kalla dagar och nätter över de flesta landområden	Mycket sannolikt <sup>c</sup>	Sannolikt <sup>e</sup>	Nästan säkert <sup>e</sup>
Varmare och fler varma dagar och nätter över de flesta landområden	Mycket sannolikt <sup>d</sup>	Sannolikt (nätter) <sup>e</sup>	Nästan säkert <sup>e</sup>
Värmeperioder/värmeböljor. Ökad förekomst över de flesta landområden	Sannolikt	Mer sannolikt än inte <sup>f</sup>	Mycket sannolikt
Skyfall. Ökad förekomst (eller ökad andel skyfall i den totala nederbörden) över de flesta områden	Sannolikt	Mer sannolikt än inte <sup>f</sup>	Mycket sannolikt
Större områden påverkas av torka	Sannolikt i många regioner sedan 1970-talet	Mer sannolikt än inte	Sannolikt
Intensiv tropisk cyklonaktivitet ökar	Sannolikt i vissa regioner sedan 1970-talet	Mer sannolikt än inte <sup>f</sup>	Sannolikt
Ökad förekomst av extremt höga havsvattenstånd (exklusive tsunami-fenomen) <sup>g</sup>	Sannolikt	Mer sannolikt än inte <sup>f, h</sup>	Sannolikt <sup>i</sup>

### Anmärkningar:

- <sup>a)</sup> Se tabell 3.7 för ytterligare detaljer angående definitioner.
- <sup>b)</sup> Se tabell TS-4, ruta TS-3.4 och tabell 9.4.
- <sup>c)</sup> Minskad förekomst av kalla dagar och nätter (kallaste 10 %).
- <sup>d)</sup> Ökad förekomst av varma dagar och nätter (varmaste 10 %).
- <sup>e)</sup> Högsta dag- och nattemperaturerna ökar varje år.
- <sup>f)</sup> Omfattningen av antropogena bidrag är inte bedömd. Uppskattningen av orsakerna till dessa fenomen grundas på expertbedömningar snarare än på formella attributionsstudier.

- <sup>g)</sup> Extrema havsvattenstånd beror på den genomsnittliga havsnivån och regionala vädersystem. Fenomenet definieras här som den högsta 1 % percentilen av den havsnivå som observeras varje timme vid en mätstation under en given referensperiod.
- <sup>h)</sup> Förändringar av observerade extrema havsvattenstånd följer mycket nära förändringarna av den genomsnittliga havsnivån {5.5.2.6}. Det är mycket sannolikt att mänsklig aktivitet har bidragit till en höjning av den genomsnittliga havsnivån. {9.5.2}
- <sup>i)</sup> I alla scenarier ligger den förutsedda globala genomsnittliga havsnivån år 2100 högre än under referensperioden. {10.6}. Ingen bedömning har gjorts av de effekter som förändringar i de regionala vädersystemen kan ha på extrema havsvattenstånd.

# Ett paleoklimatiskt perspektiv

Vid paleoklimatiska studier använder man sig av förändringar i klimatkänsliga indikatorer för att uppskatta förändringar i det globala klimatet. Tidsskalan går mellan tio år och miljontals år tillbaka. Sådana indirekta uppgifter (t.ex. bredden på trädens årsringar) kan påverkas både av den lokala temperaturen och av andra faktorer, som nederbörd, och de säger ofta mer om klimatet under en viss årstid än om hela året. Studier som har gjorts sedan TAR ökar säkerheten tack vare ytterligare uppgifter som visar på samma trender genom flera indikatorer i olika delar av världen. Osäkerheten ökar dock generellt bakåt i tiden på grund av en allt mer begränsad geografisk täckning av paleoklimatologiska data.

**Paleoklimatiska uppgifter ger stöd för tolkningen att det har varit ovanligt varmt under de senaste femtio åren jämfört med åtminstone de senaste 1 300 åren. Senast polarregionerna var betydligt varmare än nu under en längre tid (omkring 125 000 år sedan) ledde polarisarnas avsmältning till en höjning av havsyttnivån med 4–6 meter. {6.4, 6.6}**

- Medeltemperaturerna på norra halvklotet under andra hälften av 1900-talet var mycket sannolikt högre än under någon annan 50-årsperiod under de senaste 500 åren, och sannolikt de högsta på åtminstone de senaste 1 300 åren. Vissa nyare studier tyder på en större variation i temperaturerna på norra halvklotet än vad som anges i TAR. Bland annat har man funnit att kallare perioder uppträtt under 11–1300-talet, 1600-talet och 1800-talet. Varmare perioder före 1900-talet ligger inom det osäkerhetsintervall som anges i TAR. {6.6}
- Den globalt genomsnittliga havsyttnivån under den senaste interglaciala perioden (omkring 125 000 år sedan) var sannolikt 4–6 meter högre än under 1900-talet, främst på grund av polarisarnas avsmältning. Uppgifter från iskärnor tyder på att medeltemperaturen i polarregionerna

på den tiden låg 3–5°C högre än nu, på grund av variationer i jordens omloppsbana kring solen. Grönlands inlandsis och andra arktiska isfält bidrog sannolikt till högst 4 meter av den observerade höjningen av havsyttnivån. Antarktiska isar kan också ha bidragit. {6.4}

# Att förstå klimatförändringars bakomliggande orsaker

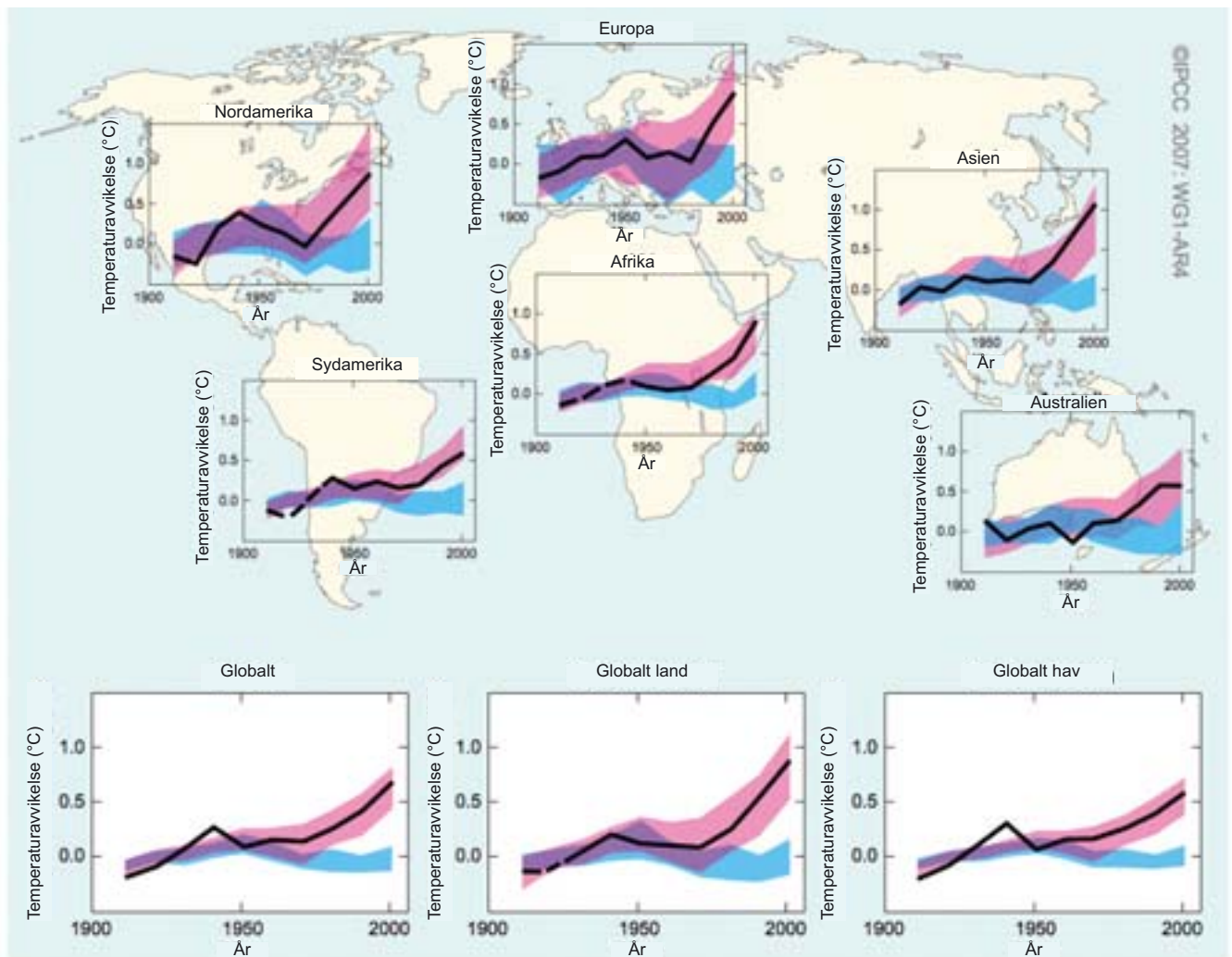
I denna utvärdering tas hänsyn till mer långvariga och förbättrade observationer, fler typer av observationer och förbättrade simuleringar av klimatvariationer på grundval av studier som gjorts efter TAR. Dessutom beaktas resultaten av nya attributionsstudier, där man har utvärderat om de observerade förändringarna kvantitativt stämmer överens med den förväntade reaktionen på yttre påverkan och om de inte kan hänga samman med alternativa fysikaliskt möjliga förklaringar.

**Det mesta av den höjning av globala medeltemperaturer som observerats sedan mitten av 1900-talet beror mycket sannolikt på den observerade ökningen av antropogena utsläpp av växthusgaser<sup>11</sup>. Detta är ett framsteg sedan TAR, enligt vilken "det mesta av den observerade uppvärmningen under de senaste femtio åren sannolikt har orsakats av den ökade koncentrationen av växthusgaser". Urskiljbara effekter av mänsklig aktivitet syns nu också på andra aspekter av klimatet, bland annat uppvärmning av haven, kontinental medeltemperaturer, extremtemperaturer och vindmönster (se figur SPM-4 och tabell SPM-1). {9.4, 9.5}**

- Det är *sannolikt* att enbart ökade koncentrationer av växthusgaser skulle ha orsakat en större uppvärmning än den som har observerats, eftersom vulkaniska och antropogena aerosoler har dämpat en del av uppvärmningen. {2.9, 7.5, 9.4}
- Den observerade världsomfattande uppvärmningen av atmosfären och haven stöder, tillsammans med förlusten av ismassa, slutsatsen att det är *ytterst osannolikt* att de senaste femtio årens globala klimatförändring kan förklaras utan någon yttre påverkan, och det är mycket sannolikt att den inte beror enbart på naturliga variationer. {4.8, 5.2, 9.4, 9.5, 9.7}
- Uppvärmningen av klimatsystemet har detekterats som förändringar av temperaturen vid markytan och i atmosfären, av temperaturen i havens ytskikt (och flera hundra meter ner) och genom uppvärmningens bidrag till höjningen av havsyttnivån. Attributionsstudier har fastställt att mänsklig aktivitet bidragit till alla dessa förändringar. Det är *mycket sannolikt* att det observerade mönstret för uppvärmning av troposfären och kylning av stratosfären beror på den kombinerade effekten av ökande halter av växthusgaser och uttunningen av stratosfärens ozonskikt. {3.2, 3.4, 9.4, 9.5}
- Det är *sannolikt* att det har pågått en betydande antropogen uppvärmning under de senaste femtio åren över alla kontinenter utom Antarktis (se figur SPM-4). De observerade uppvärmningsmönstren, däribland den högre uppvärmningen över land än över havet, och deras förändring över tid, har bara simulerats i modeller som inkluderar antropogen påverkan. De kopplade klimatmodellernas förmåga att simulera den observerade temperaturutvecklingen på var och en av de sex kontinenterna ger ännu starkare bevis för att människan påverkar klimatet än vad som fanns tillgängligt i TAR. {3.2, 9.4}
- Det är fortfarande svårt att på ett tillförlitligt sätt simulera och attribuera observerade temperaturförändringar på mindre skalor. På de mindre skalorna är de naturliga klimatvariationerna relativt sett större, vilket gör det svårare att urskilja förändringar som kan förväntas på grund av en yttre påverkan. Osäkerheter i fråga om lokal påverkan och återkoppling gör det också svårt att uppskatta i vilken grad ökade halter av växthusgaser bidrar till observerade småskaliga temperaturförändringar. {8.3, 9.4}

<sup>11</sup> Återstående osäkerhet beaktas på grundval av aktuella metoder.

## Global och kontinental temperaturförändring



**FIGUR SPM-4.** Jämförelse mellan observerade förändringar på kontinental och global skala av yttemperaturer med resultat som har simulerats i klimatmodeller med naturlig och antropogen strålningsdrivning. Tioårsgenomsnitt av observationer visas för perioden 1906–2005 (svart linje) inritade vid mitten av årtiondet och relativt det motsvarande genomsnittet för 1901–1950. Linjerna är streckade i de fall den geografiska

täckningen är mindre än 50 %. De blå fälten visar spannet mellan 5 och 95 % för 19 simuleringar med 5 klimatmodeller där man bara matat in den naturliga strålningsdrivningen från ändringar av solstrålningen och vulkaner. De röda fälten visar spannet mellan 5 och 95 % för 58 simuleringar med 14 klimatmodeller där man matat in både naturlig och antropogen strålningsdrivning. {FAQ 9.2, figur 1}

- Antropogen påverkan har *sannolikt* bidragit till förändrade vindmönster<sup>12</sup>, och påverkat lågtrycksbanor och temperaturmönster på båda halvkloten. De observerade förändringarna av cirkulationen på norra halvklotet är dock större än vad som kunnat simuleras enbart som ett resultat av förändringar av strålningsdrivningen under 1900-talet. {3.5, 3.6, 9.5, 10.3}
- Temperaturerna under de allra varmaste nätterna, kallaste nätterna och kallaste dagarna har sannolikt ökat på grund av antropogen påverkan. Det är *mer sannolikt än inte* att antropogen påverkan har ökat risken för värmeböljor (se tabell SPM-1). {9.4}

**Analyser av klimatmodeller med bivillkor från observationer gör det möjligt att för första gången ange ett sannolikhetsintervall för en klimatkänslighetsparameter och ökar säkerheten i kunskaperna om klimatsystemets reaktioner på strålningsdrivningen. {6.6, 8.6, 9.6. Ruta 10.2}**

- Klimatkänsligheten är ett mått på hur klimatsystemet reagerar på en varaktig strålningsdrivning. Det är ingen projektion utan definieras som den globalt genomsnittliga uppvärmningen vid markytan vid en fördubbling av koldioxidkoncentrationen. Den ligger *sannolikt* mellan 2 och 4,5°C, med det troligaste värdet kring 3°C, och det är *mycket osannolikt* att den skulle vara mindre än 1,5°C. Det kan inte uteslutas att värdet skulle ligga betydligt högre än 4,5°C, men modellerna stämmer inte lika bra överens med observationerna för dessa höga värden. Förändringar av luftens innehåll av vattenånga är den kraftigaste återkopplingsmekanism som påverkar klimatkänsligheten, och vi har nu mer

kunskap om dessa förändringar än man hade i TAR. Återkopplingen från moln är fortfarande den största osäkerhetskällan. {8.6, 9.6, ruta 10.2}

- Det är *mycket osannolikt* att klimatförändringarna under åtminstone de sju århundradena före 1950 kan ha berott på variationer som enbart genererats inom själva klimatsystemet. En betydande del av den rekonstruerade temperaturvariationen över tioårsperioder på norra halvklotet under dessa århundraden kan med stor sannolikhet hänföras till vulkanutbrott och variationer i solaktiviteten, och det är sannolikt att antropogena störningar har bidragit till den uppvärmning som märks i dessa observationer sedan början av 1900-talet. {2.7, 2.8, 6.6, 9.3}

<sup>12</sup> I synnerhet de i huvudsak zonalsymmetriska variationsmönstren på norra och södra halvkloten och därmed sammanhängande förändringar av den Nordatlantiska Oscillationen (NAO) {3.6, 9.5, ruta TS.3.1}.

# Projektioner över framtida klimatändringar

Ett stort framsteg i denna utvärdering av klimatförändringsprojektioner jämfört med TAR är det stora antal simuleringar från flera typer av modeller som nu finns tillgängliga. Tillsammans med ytterligare information från observationer ger dessa en kvantitativ bas för uppskattning av sannolikheten för många aspekter av framtida klimatförändringar. Modellsimuleringarna täcker en rad möjliga framtidsscenarioer, däribland idealiserade antaganden om utsläpp och koncentrationer. De omfattar utsläppsscenarioer ur SRES<sup>13</sup>, <sup>14</sup> för perioden 2000–2100 och modellexperiment där koncentrationerna av växthusgaser och aerosoler hålls konstanta efter år 2000 eller 2100.

**I flera av klimatprojektionerna som baseras på utsläppsscenarioerna från SRES ses en uppvärmning på omkring 0,2°C per årtionde under de kommande tjugo åren. Även om koncentrationen av alla växthusgaser och aerosoler kunde hållas konstant på 2000 års nivåer kan man förvänta sig en ytterligare uppvärmning på omkring 0,1°C per årtionde. {10.3, 10.7}**

- Sedan IPCC:s första rapport kom ut 1990 har de utvärderade projektionerna förutsett genomsnittliga globala temperaturökningar på mellan cirka 0,15 och 0,3°C per årtionde för perioden 1990 till 2005. Dessa projektioner kan nu jämföras med observerade värden på omkring 0,2°C

<sup>13</sup> SRES är IPCC Special Report on Emission Scenarios (2000). SRES scenariefamiljer och illustrativa exempel, som inte innefattar ytterligare klimatinitiativ, sammanfattas i en ruta i slutet av denna sammanfattning för beslutsfattare. De ungefärliga koncentrationerna av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter som motsvarar den angivna strålning drivningen genom växthusgaser och aerosoler år 2100 (se sid. 823 i TAR) är för SRES-scenarierna B1, A1T, B2, A1B, A2 och A1FI omkring 600, 700, 800, 850, 1250 respektive 1550 ppm.

<sup>14</sup> Scenarierna B1, A1B och A2 har legat i fokus vid studier där man jämfört olika modeller, och resultaten tas upp i denna rapport.

per årtionde, vilket stärker tilliten till projektionerna på kort sikt. {1.2, 3.2}

- Modellexperiment visar att även om alla strålning drivningsfaktorer kunde hållas konstanta på 2000 års nivåer skulle uppvärmningen ändå fortsätta i en hastighet av cirka 0,1°C per årtionde under de kommande tjugo åren, främst på grund av havens långa reaktionstid. Uppvärmningen kan förväntas gå dubbelt så fort (0,2°C per årtionde) om utsläppen ligger inom de intervall som används i SRES-scenarierna. Enligt modellerna är de troligaste framtidsutsikterna att tioårsgenomsnittet för uppvärmningen över varje bebodd kontinent fram till 2030, oberoende av vilket SRES-scenario man väljer, mycket sannolikt kommer att bli minst dubbelt så stort som den motsvarande modellberäknade naturliga variationen under 1900-talet. {9.4, 10.3, 10.5, 11.2–11.7, figur TS-29}

**Fortsatta utsläpp av växthusgaser på eller över nuvarande nivåer kommer att leda till ytterligare uppvärmning och orsaka många förändringar i det globala klimatsystemet under 2000-talet, som mycket sannolikt kommer att bli större än de som observerats under 1900-talet. {10.3}**

- Tack vare de framsteg som gjorts inom klimatmodellering kan man nu ge de troligaste värdena och sannolika osäkerhetsintervall för uppvärmningsprojektioner baserade på olika utsläppsscenarioer. Resultaten för de olika utsläppsscenarioerna tillhandahålls uttryckligen i denna rapport för att inte denna politiskt relevanta information ska tappas bort. Projektionerna över den globalt genomsnittliga ytuppvärmningen för slutet av 2000-talet (2090–2099) jämfört med perioden 1980–1999 visas i tabell SPM-2. Projektionerna visar skillnaderna mellan SRES-scenarier med låga utsläpp och höga utsläpp samt osäkerhetsintervallet i fråga om uppvärmningen för varje scenario. {10.5}

- Troligaste värden och osäkerhetsintervall för den globalt genomsnittliga uppvärmningen av luften vid markytan för sex av utsläppsscenarioerna i SRES redovisas i denna utvärdering och visas i tabell SPM-2. Exempelvis är det troligaste värdet för lågutsläppsscenarioet (B1) 1,8°C (osäkerhetsintervall 1,1°C till 2,9°C), och det troligaste värdet för högutsläppsscenarioet (A1FI) är 4,0°C (osäkerhetsintervall 2,4°C till 6,4°C). Även om dessa osäkerhetsintervall i stort stämmer överens med de som anges i TAR (1,4 till 5,8°C) är de inte direkt jämförbara (se figur 5). Resultaten i denna rapport är mer avancerade eftersom de innehåller troligaste värden och ett uppskattat osäkerhetsintervall för varje scenario. Den nya uppskattningen av osäkerhetsintervallet grundar sig nu på ett större antal allt mer komplexa och realistiska klimatmodeller och

på ny information angående återkoppling från kolcykeln och bivillkor på klimatkänsligheten som fås från observationer.

- Uppvärmningen tenderar att minska markens och havens upptag av koldioxid ur atmosfären, vilket ökar andelen av de antropogena utsläppen som blir kvar i atmosfären. I scenariet A2 ökar exempelvis återkopplingen från klimatets kolcykel den motsvarande globalt genomsnittliga uppvärmningen fram till 2100 med mer än 1°C. Temperaturprojektionernas beräknade övre gränser är högre än i TAR (se tabell SPM-2), vilket främst beror på att man nu har tillgång till flera typer av modeller som tyder på starkare effekter av återkopplingen från klimatets kolcykel. {7.3, 10.5}

**Tabell SPM-2.** Projektioner över globalt genomsnittlig ytuppvärmning och höjning av havsyttnivån vid slutet av 2000-talet för olika modell exempel. Projektionerna över havsyttnivåer omfattar inte osäkerheter angående kolcykelns återkoppling, eftersom det saknas publicerade studier om detta. {10.5, 10.6, tabell 10.7}

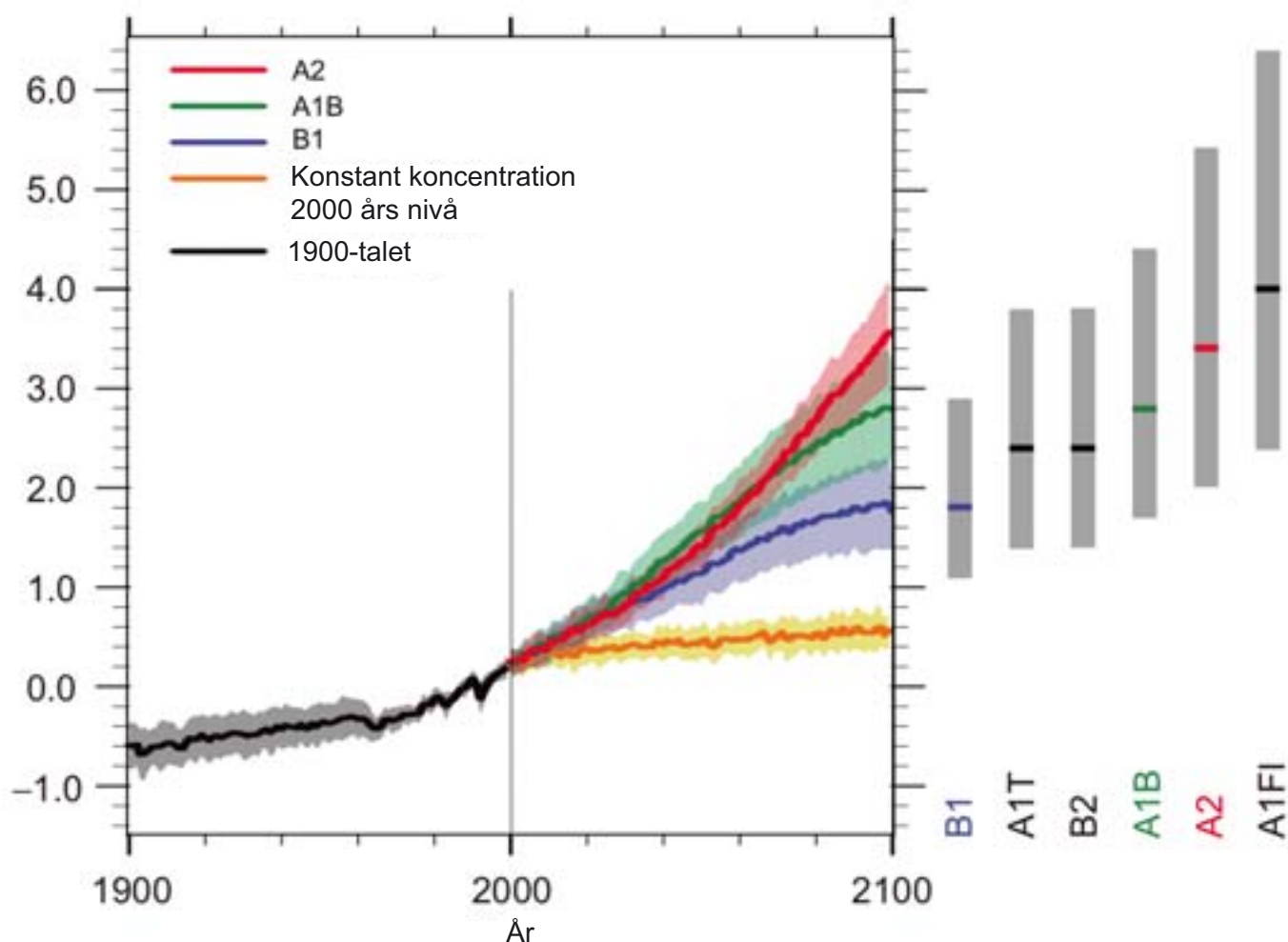
Modellscenario	Temperaturförändring (°C år 2090–2099 jämfört med 1980–1999) <sup>a</sup>		Höjning av havsyttnivån – (i meter år 2090–2099 jämfört med 1980–1999)
	Troligaste värde	Osäkerhetsintervall	Modellbaserat osäkerhetsintervall utan hänsyn tagen till framtida, snabba dynamiska förändringar av isflöden
Koncentrationerna hålls vid 2000 års nivåer <sup>c</sup>	0,6	0,3 – 0,9	i.u.
Scenario B1	1,8	1,1 – 2,9	0,18 – 0,38
Scenario A1T	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,45
Scenario B2	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,43
Scenario A1B	2,8	1,7 – 4,4	0,21 – 0,48
Scenario A2	3,4	2,0 – 5,4	0,23 – 0,51
Scenario A1F1	4,0	2,4 – 6,4	0,26 – 0,59

#### Anmärkningar:

<sup>a)</sup> Dessa uppskattningar har gjorts utifrån en hierarki av modeller som omfattar en enkel klimatmodell, flera EMIC och ett stort antal AOGCM.

<sup>c)</sup> Koncentrationer konstanta vid 2000 års nivåer härrör enbart från AOGCM.

## Global uppvärmning vid jordytan (°C)



**Figur SPM-5.** De heldragna linjerna är multi-modellgenomsnitt av den globala uppvärmningen vid jordytan (i förhållande till 1980–1999) för scenarierna A2, A1B och B1, i en förlängning av simuleringar gjorda för 1900-talet. Skuggningen visar plus/minus en standardavvikelse för de enskilda årsgenomsnitten i modellerna. Den orangefärgade linjen visar resultatet när koncentrationerna hålls konstanta på 2000 års nivåer. För scenarierna B1, A1B, A2 och "konstant koncentration 2000

års nivå" har 21, 21, 17 respektive 16 modeller använts. De grå staplarna till höger visar troligaste värde (horisontellt streck i varje stapel) och osäkerhetsintervallet som uppskattats för SRES sex olika scenarier. Uppskattningen av troligaste resultat och osäkerhetsintervall i de grå staplarna innefattar AOGCM-projektionerna i diagrammet till vänster samt resultaten från en hierarki av oberoende modeller och bivillkor från observationer (figur 10.4 och 10.29).

- Modellbaserade projektioner över den globalt genomsnittliga höjningen av havsyttnivån fram till slutet av 2000-talet (2090–2099) visas i tabell SPM-2. För varje scenario ligger mitten av osäkerhetsintervallet i tabell SPM-2 inom 10% av det modellgenomsnitt som angavs i TAR för 2090–2099. Intervallen är mindre än i TAR, vilket i första hand beror på att man fått bättre kunskaper om vissa osäkerheter som ingår i de faktorer som bidrar till klimatändringarna.<sup>15</sup> {10.6}
- De modeller som hittills använts innefattar inte osäkerheter i fråga om klimatets kolcykel och inte heller de fulla effekterna av förändringar av isflödet, eftersom det saknas grund för detta i form av publicerade studier. Projektionerna innefattar bidrag från ökade isflöden från Grönland och Antarktis i den omfattning som observerats under perioden 1993–2003, men dessa flöden kan öka eller minska i framtiden. Om detta bidrag till exempel skulle öka linjärt med den globalt genomsnittliga temperaturförändringen skulle de övre värdena för höjningen av havsyttnivån i de SRES-scenarier som visas i tabell SPM-2 öka med 0,1–0,2 meter. Högre värden kan inte uteslutas, men kunskaperna om dessa effekter är alltför begränsade för att sannolikheten ska kunna bedömas eller för att man ska kunna ange ett troligaste värde eller en övre gräns för höjningen av havsyttnivån. {10.6}
- Ökande koncentrationer av koldioxid i atmosfären medför en ökad försurning av havet. Projektioner som grundas på SRES-scenarier visar på en sänkning av havsytans globalt genom-

snittliga pH-värde<sup>16</sup> med mellan 0,14 och 0,35 enheter under 2000-talet, vilket läggs till den sänkning med 0,1 enheter som redan skett sedan förindustriell tid. {5.4, ruta 7.3, 10.4}

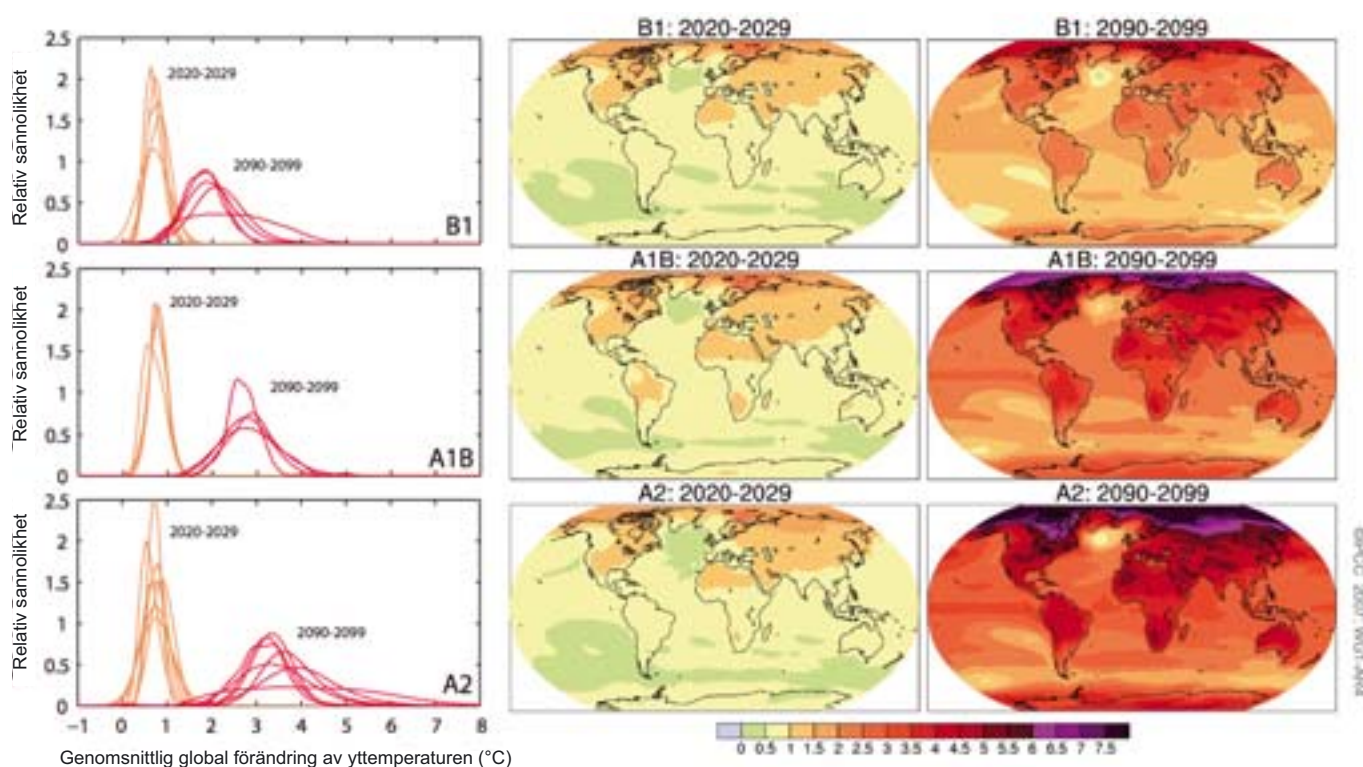
**Man är nu säkrare på projektionerna över uppvärmningsmönster och andra fenomen på regional nivå, bland annat förändringar av vindmönster, nederbörd och vissa aspekter av extremer och is. {8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1}**

- Projektionerna över uppvärmningen under 2000-talet visar oberoende av scenarierna geografiska mönster som motsvarar dem som observerats under de senaste årtiondena. Uppvärmningen förväntas bli störst över land och över de flesta områden som är belägna långt norrut, och minst över Antarktiska oceanen och delar av norra Atlanten (se figur SPM-6). {10.3}
- Snötäcket förväntas minska. I de flesta regioner med permafrost förväntas en omfattande ökning av tödjupet. {10.3, 10.6}
- Havsisarna förväntas krympa i både Arktis och Antarktis i alla SRES-scenarier. Enligt vissa projektioner försvinner havsisen under sensommaren i Arktis nästan helt under senare delen av 2000-talet. {10.3}
- Det är mycket sannolikt att förekomsten av värmeextremer, värmeböljor och skyfall kommer att fortsätta öka. {10.3}
- På grundval av flera olika modeller är det sannolikt att tropiska cykloner (tyfoner och orkaner) i framtiden kommer att bli mer intensiva, med högre maximala vindstyrkor och fler skyfall, vilket hänger samman med en fortsatt ökning av de tropiska havens yttemperatur.

<sup>15</sup> TAR-projektionerna gjordes för år 2100, medan projektionerna i denna rapport är medelvärden för perioden 2090–2099. Osäkerhetsintervallen i TAR skulle ha liknat dem i tabell SPM-2 om man hade behandlat osäkerheterna på samma sätt.

<sup>16</sup> Ju lägre pH-värde desto surare lösning. Se ordlista för mer detaljer.

## AOGCM- projektioner över yttemperaturer



**FIGUR SPM-6.** Projektioner över förändringar av yttemperaturen för början och slutet av 2000-talet i förhållande till perioden 1980–1999. Bilderna i mitten och till höger visar genomsnittsprjektioner enligt AOGCM (Atmosphere-Ocean General Circulation multi-Model) för SRES-scenarierna B1 (högst upp), A1B (mitten) och A2 (längst ner) i ett genomsnitt för åren 2020–2029 (mitten) och åren 2090–2099 (höger). Diagrammen till vänster visar motsvarande osäkerhet uttryckt

som relativ sannolikhet för den beräknade genomsnittliga globala uppvärmningen enligt flera olika AOGCM- och EMIC-studier för samma perioder. I vissa studier presenteras bara resultat för undergrupper av SRES-scenarier eller för olika modellvarianter. Skillnaden i antalet kurvor i diagrammen till vänster beror därför bara på skillnaden i antalet tillgängliga modellresultat. (Figur 10.8 och 10.28)

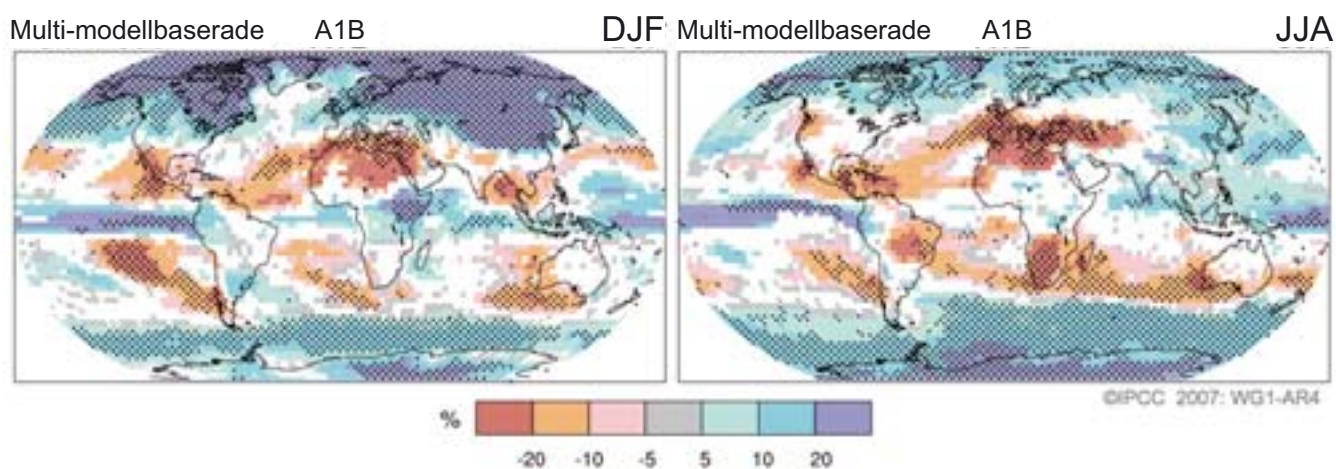
Projektionerna om en global minskning av antalet tropiska cykloner är mindre säkra. Den tydliga ökningen av andelen mycket intensiva stormar sedan 1970 i vissa regioner är mycket större än vad som simulerats i de nuvarande modellerna för den perioden. {9.5, 10.3, 3.8}

- Lågtrycksbanorna kommer enligt projektionerna att flytta mot polerna, vilket medför förändringar av vind-, nederbörds- och temperaturmönster, en fortsättning på de trender som i stor omfattning observerats under de senaste femtio åren. {3.6, 10.3}
- Kunskaperna om förväntade nederbördsmonster har förbättrats sedan TAR. Ökade nederbörds mängder är mycket sannolikt på höga breddgrader, medan minskade mängder är sannolikt i de flesta subtropiska landregionerna (med så mycket som cirka 20% i scenario A1B fram till 2100, se figur SPM-7), vilket är i linje med observerade mönster i pågående trender. {3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2 till 11.9}
- På grundval av de senast gjorda modellsimuleringarna är det mycket sannolikt att den storskaliga meridionala medelcirkulationen (MOC) i Atlanten kommer att sakta ner under 2000-talet. Ett genomsnitt av modellerna visar en minskning på 25% fram till 2100 (i ett intervall från 0 till omkring 50%) för SRES utsläppsscenario A1B. Temperaturerna i Atlantområdet förväntas öka trots en sådan förändring, eftersom uppvärmningen till följd av den förväntade ökningen av växthusgaser är såpass mycket större. Det är mycket osannolikt att den storskaliga meridionala medelcirkulationen kommer att förändras plötsligt under 2000-talet. Förändringar av cirkulationen i havet på längre sikt kan inte bedömas med säkerhet. {10.3, 10.7}

**På grund av klimatprocessernas långa tidsskalor och återkopplingsmekanismer kommer den antropogena uppvärmningen och höjningen av havsytenivån att fortsätta i århundraden, även om koncentrationen av växthusgasen skulle stabiliseras. {10.4, 10.5, 10.7}**

- Återkopplingen från klimatets kolcykel kan förväntas tillföra atmosfären koldioxid efterhand som klimatsystemet värms upp, men omfattningen av denna återkoppling är osäker. Detta ökar osäkerheten i fråga om hur mycket utsläppen av koldioxid måste minska för att man ska nå en viss stabiliseringsnivå av koncentrationen av koldioxid i atmosfären. På grundval av de nuvarande kunskaperna om återkopplingen från klimatets kolcykel tyder modellresultaten på att en stabilisering vid 450 ppm koldioxid skulle kräva att de ackumulerade utsläppen under 2100-talet minskas från ett genomsnitt på omkring 670 [630 till 710] GtC till omkring 490 [375 till 600] GtC. För att stabilisera koncentrationen på 1000 ppm skulle denna återkoppling kunna kräva att de kumulativa utsläppen minskas från modellernas genomsnitt på omkring 1415 [1340 till 1490] GtC till omkring 1100 [980 till 1250] GtC. {7.3, 10.4}
- Om strålningsdrivningen stabiliseras fram till 2100 enligt nivåerna i B1 eller A1B11 kan man ändå förvänta sig en ökning av den globala medeltemperaturen med ytterligare omkring 0,5°C, det mesta av den fram till 2200. {10.7}
- Om strålningsdrivningen stabiliseras fram till 2100 enligt nivåerna i A1B11 skulle enbart den termiska expansionen medföra en höjning av havsytenivån med mellan 0,3 och 0,8 meter fram till 2300 (i förhållande till nivån 1980–1999). Den termiska expansionen kommer att fortsätta i flera århundraden på grund av det långsamma värmeutbytet i djuphavet. {10.7}

## Projektioner över ändrade nederbördsmönster



**FIGUR SPM-7.** Relativa förändringar av nederbörden (i procent) för perioden 2090–2099, i förhållande till perioden 1980–1999. Resultaten är multi-modellgenomsnitt grundade på SRES scenario A1B för december till februari (vänster) och juni till augusti (höger). I de vita områdena överensstämmer mindre än 66 % av modellernas projektioner över förändringar och i de rasterade områdena överensstämmer över 90 % av modellernas projektioner. {Figur 10.9}

- Minskningen av Grönlands inlandsis kommer enligt projektionerna att fortsätta bidra till höjningen av havsyttnivån efter år 2100. De senast utförda modellsimuleringarna visar att den temperaturrelaterade förlusten av ismassa kommer att gå snabbare än den nederbördsrelaterade tillväxten, och att isytans massbalans blir negativ vid en globalt genomsnittlig uppvärmning över 1,9-4,6°C (jämfört med förindustriella nivåer). Om en sådan negativ massbalans upprätthålls under tusentals år skulle praktiskt taget hela Grönlands inlandsis försvinna och detta skulle leda till en höjning av havsyttnivån med omkring 7 meter. De motsvarande framtida temperaturerna på Grönland är jämförbara med dem som man kunnat sluta sig till rådde under den senaste interglaciala perioden för 125 000 år sedan, då inlandsisarna vid polerna enligt paleoklimatiska forskningsrön var betydligt mindre och havsyttnivån var 4–6 meter högre. {6.4, 10.7}
- Dynamiska processer i samband med isflöden som inte har tagits med i dagens modeller, men som antyds av observationer på senare tid, skulle kunna öka inlandsisarnas känslighet för uppvärmning, vilket skulle öka den framtida höjningen av havsyttnivån. Kunskaperna om dessa processer är begränsade och det råder inte enighet om deras omfattning. {4.6, 10.7}
- Nyligen utförda, globala modellstudier visar att inlandsisen på Antarktis kommer att fortsätta vara för kall för någon omfattande ytavsmältning, snarare förväntas den kunna öka i massa på grund av ökad nederbörd. Det skulle dock kunna uppstå en nettoförlust av ismassa om dynamiska islossningsprocesser skulle komma att dominera massbalansen för Antarktisisen. {10.7}
- Både gamla och nya antropogena utsläpp av koldioxid kommer att fortsätta att bidra till uppvärmningen och höjningen av havsyttnivån under mer än 1000 år, eftersom det krävs så lång tid för att ta bort koldioxiden från atmosfären. {7.3, 10.3}

## Utsläppsscenarierna i IPCC:s Special Report on Emission Scenarios (SRES)<sup>1</sup>

**A1.** I A1-familjen beskrivs en framtida värld med mycket snabb ekonomisk tillväxt, snabb introduktion av ny och effektivare teknik, en befolkningsökning fram till mitten av seklet och därefter en befolkningsminskning. Huvudteman är utjämning mellan regioner, kapacitetsuppbyggnad och utökat socialt och kulturellt utbyte, med en betydande utjämning av de regionala skillnaderna i inkomst per capita. A1-familjen indelas i tre undergrupper som beskriver olika tekniska utvecklingsvägar för energisystemet. De tre A1-grupperna skiljer sig åt i fråga om den tekniska utvecklingens tyngdpunkt: fossilbränsleintensiva energikällor (A1FI), icke fossilbaserade energikällor (A1T), eller en balans mellan alla typer av energikällor (A1B) (där man med balans menar att man inte förlitar sig enbart på en typ av energikälla, under antagandet att alla tekniker för energiförsörjning och energianvändning har förbättrats i jämförbar mån).

**A2.** A2-familjen beskriver en heterogen värld. Det underliggande temat är självförsörjning och bevarande av lokal identitet. Befolkningsutvecklingstrenderna konvergerar mycket långsamt mellan regionerna, vilket resulterar i en kontinuerligt växande befolkning. Den ekonomiska utvecklingen är framför allt regional och inkomstökningen per capita och den teknologiska förändringen är mer fragmenterad och långsammare än i övriga familjer.

**B1.** B1-familjen beskriver en konvergerande värld med samma befolkningsutvecklingsmönster som A1, med en topp kring 2050 och därefter en minskning, men med en snabbare förändring av den ekonomiska strukturen mot en ekonomi grundad på tjänster och information. Den materiella intensiteten minskar och ren och resurseffektiv teknik införs. Tyngdpunkten ligger på globala lösningar för ekonomisk, social och miljömässig hållbarhet, med ökad rättvisa, men utan ytterligare klimatinitiativ.

**B2.** B2-familjen beskriver en värld i vilken tyngdpunkten ligger på lokala lösningar för ekonomisk, social och miljömässigt hållbar utveckling. Det är en värld med kontinuerligt växande befolkning i en takt som är långsammare än i A2, den ekonomiska utvecklingen är på medelnivå, och teknikförändringarna är långsammare och mer spridda än i B1 och A1. Scenariet är också orienterat mot miljöskydd och social rättvisa, men mer fokuserat på lokala och regionala nivåer.

Ett illustrativt scenario valdes ut för var och en av de sex scenariegrupperna A1B, A1FI, A1T, A2, B1 och B2. Alla kan betraktas som lika trovärdiga. Scenarierna i SRES innefattar inte ytterligare klimatinitiativ, vilket innebär att det inte finns något scenario i vilket man uttryckligen antar att FN:s ramkonvention om klimatförändringar (FCCC) eller utsläppsmålen i Kyotoprotokollet faktiskt genomförs.

<sup>1</sup> Utsläppsscenarierna utvärderas inte i denna IPCC-rapport från arbetsgrupp 1. Sammanfattningen av SRES-scenarierna i denna ruta är från TAR och har därför redan godkänts av panelen.

# Kommentarer till avsnitt i sammanfattningsrapporten

av Erland Källén

## Fotnot 6 och 7, sidan 14

I rapporten används systematiskt osäkerhetsintervall för att avgöra ordvalet i de slutsatser som dras. Både observationer och modellresultat innehåller osäkerheter. För observationer kan osäkerheter skattas utifrån mätnoggrannheter, representativitet och analysmetoder. Vissa uträknade storheter, såsom emissioner av växthusgaser, har också osäkerheter på grund av kvalitetsbegränsningar i det datamaterial som använts för att bestämma dessa. Osäkerheter i samband med modellsimuleringar skattas med hjälp av en Monte Carlo teknik där ett flertal snarlika simuleringar genomförs med något olika parameterintervall eller olika modellformuleringar. Utifrån en stor mängd resultat kan fördelningsfunktioner beräknas och statistiska parametrar såsom konfidensintervall och osäkerhetsgränser bestämmas. Därefter avgörs den formulering som används i texten för att beskriva säkerheten i slutsatsen. Ett enkelt exempel: Anta att vi är intresserade av om temperaturen på en viss plats kommer att understiga noll grader Celsius i slutet av detta århundrade. Anta vidare att nio av tio simuleringar visar att så är fallet. Då uttrycks det i rapporten så att det är mycket sannolikt att temperaturen understiger noll grader i slutet av detta århundrade.

En del osäkerhetsbedömningar kan inte baseras enbart på formella statistiska beräkningar utan även s.k. expertbedömningar har använts. Med detta menas att en fackmannamässig bedömning av ett rimligt osäkerhetsintervall har gjorts.

## Sidan 18, tabell SPM-0

I tabellen redovisas olika bidrag till höjningen av havsytans nivå. De olika bidragen summeras inte ihop så att de exakt motsvarar den observerade havsytehöjningen eftersom olika metoder använts. Den totala havsytehöjningen har observerats med hjälp av vattenståndsmätare runt hela världen och absoluta havsnivåmätningar från satellit. De olika bidragen till havsytehöjningen har räknats ut med hjälp av modeller för vattnets termiska expansion

och isflöden. Båda dessa fenomen är starkt temperaturberoende, därför utgår beräkningarna i huvudsak från observerade temperaturändringar.

## Sidan 20 och sidan 31

På två ställen nämns den storskaliga, meridionala medelcirkulationen i havet (Meridional Overturning Circulation, MOC). Tidigare har denna havscirkulation ofta kallats den termohalina cirkulationen och ett exempel i vår geografiska närhet är Golfströmmen. Anledningen till att man inte använder begreppet termohalin cirkulation är att strömningen inte bara styrs av salthalts- och temperaturskillnader. Även vinddrivningen vid havsytan och brytande inre vågor i havet har stor betydelse för styrkan och omfattningen av cirkulationen.

## Sidan 25

Klimatkänslighetsparametern skall inte förväxlas med de projicerade temperaturändringar som diskuteras på sidorna 26–27. Båda uttrycks i grader Celsius men representerar olika saker. Klimatkänslighetsparametern är ett mått på hur klimatsystemet i stort reagerar på en föreskriven, momentan ändring av koldioxidhalten i atmosfären. Man antar att en ny jämvikt inställt sig efter det att koldioxidhalten höjts momentant. De projicerade temperaturändringarna fås ur simuleringar där trögheten i klimatsystemet är explicit inkluderad och växthusgashalterna varierar kontinuerligt i tiden.

## Sidan 26

Flera olika typer av klimatmodeller har använts för att göra beräkningar av klimatändringar. I samtliga fall har scenarier för antropogena ändringar av växthusgashalter föreskrivits. En del modeller är tredimensionella, kopplade hav-atmosfärmodeller med en långtgående beskrivning av fysikaliska processer såsom molnbildning, strålning och friktion. Andra modeller använder sig av förenklade beskrivningar av t.ex. strålning- och molnprocesser men innehåller istället

en beskrivning av den naturliga kolcykeln. I detta fall tas följaktligen hänsyn till hur en temperaturändring påverkar de naturliga ekosystemens kolbalans och atmosfärens koldioxidhalt kan också ändras som en följd av detta.

I samtliga modeller är vattenången en fri parameter som beräknas utgående ifrån grundläggande fysikaliska principer. En viktig återkoppling i klimatsystemet är att ökade halter av vattenånga vid en global uppvärmning ger en förstärkning av växthuseffekten. Ändringar i vattenångehalten ses inte som en antropogent orsakad ändring av växthuseffekten utan som en del av klimatsystemets inre dynamik.

#### **Sidan 27–28**

Ändringarna i havsytans nivå har endast kunnat beräknas i klimatmodeller som innehåller en fullständig beskrivning av havets cirkulation och massbalans. I en del av de förenklade klimatmodellerna kan inte havsytans nivå beräknas explicit, därför är antalet användbara simuleringar begränsat och inget troligaste värde för havsytehöjningen anges utan bara ett osäkerhetsintervall. Vid en jämförelse med TAR (Third Assessment Report) upptäcker man att det totala osäkerhetsintervallet här är mycket mindre och att ett skattat medelvärde ligger strax under det som angavs i TAR. Detta beror på att en något kortare tidsperiod använts för projektionerna i denna rapport och att metoden för att skatta osäkerheterna skiljer sig mellan TAR och denna rapport. I stora drag är resultaten för höjningen av havsytans nivå liknande de som angavs i TAR.







# FN:s klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden

RAPPORT 5677

NATURVÅRDSVERKET  
ISBN 91-620-5677-8  
ISSN 0282-7298

Sammanfattning för beslutsfattare

Bidraget från arbetsgrupp I (WG I) till  
den fjärde utvärderingsrapporten från  
Intergovernmental Panel on Climate  
Change

FN:s klimatpanels, IPCC, senaste utvärdering av klimatförändringen offentliggjordes i Paris fredagen den 2 februari 2007. Rapporten sammanfattar kunskapsläget inom området fysisk klimatforskning, dels forskningen om observerade klimatändringar, dels om framtida klimatändringar. Här presenteras en svensk översättning av sammanfattningsdokumentet, med kommentarer av professor Erland Källén, Stockholms universitet.

Naturvårdsverket representerar Sverige i IPCC och ett flertal svenska forskare har aktivt deltagit i arbetet med att ta fram den senaste rapporten, den fjärde i ordningen.

Översättningen är avsedd att sprida slutsatserna till en svenskspråkig publik.

