

Klimaændringer 2001: Synteserapport

Resume for beslutningstagere

En vurdering fra FN's Klimapanel

Dette resume, som er godkendt i detaljer på IPCC's 18. plenarmøde (Wembley, England, 24-29 September 2001), repræsenterer IPCC's formelt vedtagne standpunkt vedrørende de vigtigste resultater og usikkerheder indeholdt i arbejdsgruppernes bidrag til den Tredje Hovedrapport.

Baseret på et udkast udarbejdet af:

Robert T. Watson, Daniel L. Albritton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cubasch, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsnaes, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiko Taniguchi, D. Zhou, and mange IPCC forfattere og reviewere.

Forord til den danske oversættelse

Det nu nedlagte Energimiljøråd tog initiativ til denne oversættelse af Resume for beslutningstagere af IPCC's Tredje Hovedrapport: "Klimaændringer 2001: Synteserapport". En mindre arbejdsgruppe fra rådet har forestået færdiggørelsen. Publikationen skal ses som et bidrag til oplysningen om IPCC - The Intergovernmental Panel on Climate Change – og panelets arbejde.

Energimiljørådet har tidligere foranlediget en oversættelse af IPCC's Anden Hovedrapport, Klimaændringer 1995. Som det også fremgår af forordet til den, er IPCC's arbejde en vigtig forudsætning for den internationale klimadebat og for den danske energipolitik. Panelet er tilknyttet FN og består af klimaforskere fra hele verden, og panelets opgave er bl.a. at sammenstille og gøre status over eksisterende og anerkendt klimaforskning, således at beslutningstagerne har så godt et vurderingsgrundlag som muligt. Arbejdet foregår navnlig i tre arbejdsgrupper om henholdsvis det videnskabelige grundlag, om konsekvenser og om virkemidler. Energimiljørådet har ønsket at medvirke til at udbrede kendskabet til IPCC og panelets arbejde, således at så mange som muligt får mulighed for at sætte sig ind i det og derigennem for selv at tage stilling.

Behovet for en debat om, hvad vi kan og vil gøre, er stadig lige aktuelt og bliver ikke mindre i fremtiden.

Resumeerne for beslutningstagere fra Arbejdsgruppe II: "Klimaændringer 2001: Påvirkninger, tilpasning og sårbarhed" og fra Arbejdsgruppe III: "Klimaændringer 2001: Begrænsning af drivhusgasser" er tidligere oversat. DMI har stået for en oversættelse af resumeet for beslutningstagere fra Arbejdsgruppe I: "Klimaændringer 2001: Den videnskabelige baggrund".

Herudover er en mere populær indføring i IPCC og IPCC's arbejde i form af en opdateret og ændret version af publikationen "IPCC og globale klimaændringer – en indføring" fra 1998 under udarbejdelse.

IPCC's sekretariat har givet tilladelse til oversættelsen og været behjælpelig med kopier af figurer. Stig Meldgaard (Sunmedia) har stået for oversættelsen, og Anne Mette Jørgensen (DMI), Jes Fenger (DMU) samt Kirsten Halsnæs og Anne Olhoff (Forskningscenter Risø) har bidraget med kvalitetssikring heraf.

December 2002

Forkortelser og henvisninger:

SAR: Second Assessment Report (Anden Hovedrapport), IPCC

TAR: Third Assessment Report (Tredje Hovedrapport); IPCC

Tallene i de firkantede parenteser henviser til afsnitsnumre i hovedrapporten.

Introduktion

I overensstemmelse med beslutningen taget på den 13. samling (Maldiverne d. 22. og d. 25. - 28. september 1997) og andre efterfølgende beslutninger, har IPCC besluttet:

- at inkludere en synteserapport som en del af den Tredje Hovedrapport
- at synteserapporten skal tilvejebringe en politisk relevant, men ikke politisk dikteret, syntese og sammenfatning af den information, der er indeholdt i den Tredje Hovedrapport, og at den skal trække på alle tidligere godkendte og accepterede IPCC rapporter, som behandler et bredt spektrum af politisk relevante, men ikke politisk dikterede spørgsmål at spørgsmålene bliver formulerede med inddragelse af the Conference of Parties (COP) ved FN's Klimakonvention (UNFCCC).

De følgende spørgsmål er baseret på indlæg fra regeringer og blev godkendt af IPCC på den 15. samling (San Jose, Costa Rica, d. 15 - 18. april 1999).

Spørgsmål 1

Hvad kan videnskabelige, tekniske og samfundsøkonomiske analyser bidrage med, når det drejer sig om at bestemme, hvad der er farlige, menneskeskabte påvirkninger af klimasystemet som omtalt i artikel 2 i FN's Klimakonvention?

Naturvidenskabelige, teknologiske og socialvidenskabelige metoder kan tilvejebringe væsentlig information og bevismateriale/dokumentation?, som er nødvendigt for at bestemme, hvad der er "farlige, menneskeskabte påvirkninger af klimasystemet". Beslutninger af denne art er samtidig værdibestemte beslutninger bestemt gennem sociopolitiske processer, som inddrager overvejelser omkring udvikling, lighed og bæredygtighed såvel som usikkerheder og risici. [Q1.1]

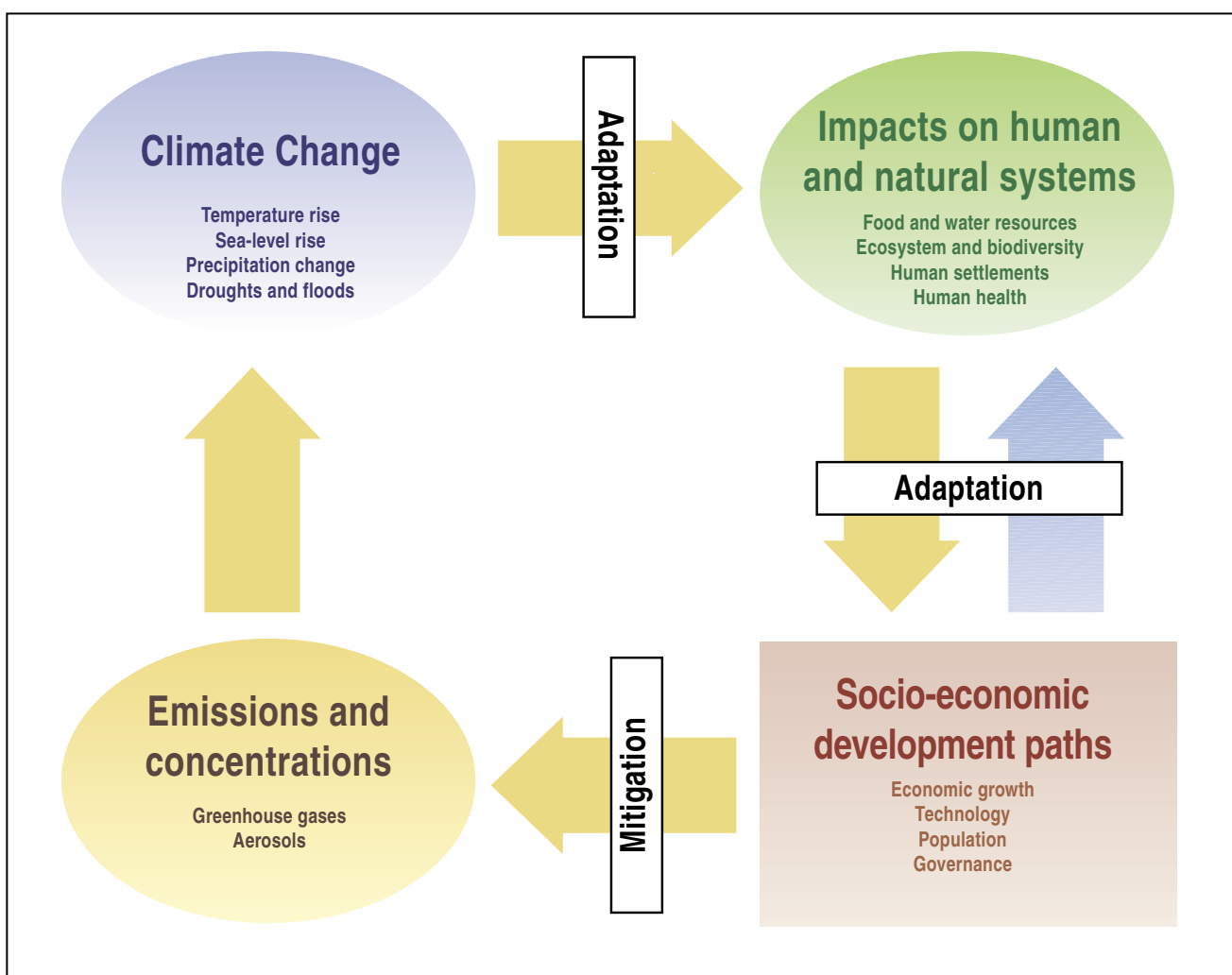
Grundlaget for at beslutte, hvad der er "farlige, menneskeskabte påvirkninger af klimasystemet", vil variere for forskellige områder, afhængigt af den lokale natur og af konsekvenserne af klimaændringerne og af de tilpasningsmuligheder, der er tilgængelige for at modgå klimaændringerne. Det afhænger ligeledes af mulighederne for at begrænse udledningerne, da både klimaændringernes størrelse og hastighed er vigtige. Der er ikke noget universelt anvendeligt sæt af politikker; det er snarere vigtigt at inddrage, både robustheden af forskellige politiske foranstaltninger i forhold til en vifte af fremtidige verdener, og i hvilken grad sådanne klimaspecifikke foranstaltninger kan integreres i bredere, bæredygtige udviklingspolitikker. [Q1.1]

Den Tredje Hovedrapport (TAR) tilvejebringer en vurdering af ny videnskabelig information og bevismateriale som input til de politiske beslutningstagere, når de skal fastlægge, hvad "farlige, menneskeskabte påvirkninger af klimasystemet" er.

Den tilvejebringer for det første nye fremskrivninger af de fremtidige koncentrationer af drivhusgasser i atmosfæren, de globale og de regionale ændringsmønstre og ændringernes hastighed, hvad angår temperatur, nedbør, havniveau samt ændringer i ekstreme vejrbegebenheder. Den

undersøger også mulighederne for pludselige og irreversible ændringer i de globale havstrømme og de store iskapper. For det andet giver den en vurdering af de biofysiske og de samfundsøkonomiske virkninger af klimaændringer for sjældne og truede økosystemer, risici forbundet med ekstreme vejrbegebenheder, samlede virkninger og risici for stor-skala hændelser med voldsomme virkninger. For det tredje giver den en vurdering af muligheden for at nå til en bred vifte af niveauer for drivhus gaskoncentrationer i atmosfæren ved hjælp af udledningsbegrænsninger og information om, hvordan tilpasning kan reducere sårbarheden.[Q1.3-6]

Et samlet syn på klimaændringer tager hensyn til dynamikken i den samlede cyklus af sammenkædede årsager og virkninger for alle berørte områder (se figur SPM-1). TAR tilvejebringer ny, politisk relevant information og vidnesbyrd inden for alle områder vist i figur SPM-1. Et nyt, større bidrag fra "Special Report on Emissions Scenarios (SRES)" er undersøgelsen af alternative forløb og de dermed forbundne drivhusgasudledninger. TAR vurderer også det indledende arbejde om sammenhængen mellem tilpasning, begrænsninger (af udledninger) og udviklingsmuligheder. Imidlertid er TAR ikke nået frem til en fuldtud integreret vurdering af klimaændringer på grund af det ufuldstændige vidensgrundlag. [Q1.7]



Figur SPM-1: Klimaændringer - en integreret grundstruktur

Skematisk og forenklet fremstilling af en samlet vurderingsstruktur til at betragte menneskeskabte klimaændringer. De gule pile viser kredsløbet af årsager og virkninger mellem de fire kvadranter vist i figuren, mens den blå pil viser samfundets reaktion på klimaændringernes virkninger (se figurteksten til figur 1.1 for en udvidet beskrivelse af strukturen). [Q1 figur 1.1]

Beslutningstagen vedrørende klimaændringer er i al væsentlighed en fortløbende proces under generel usikkerhed. Beslutningstagen stiller krav om at operere med usikkerheder, som omfatter risikoen for ikke-lineære og/eller irreversible ændringer, og det medfører nødvendigvis en afbalancering af risikoen for enten utilstrækkelige eller overdrevne tiltag, og det involverer omhyggelige overvejelser om konsekvenser (både miljømæssige og økonomiske), deres sandsynlighed og samfundets indstilling til risici. [Q1.8]

Klimaændringer er en del af en større udfordring, som omhandler bæredygtig udvikling. Klimapolitikker kan som et resultat heraf blive mere effektive, hvis de konsekvent ses i sammenhæng med bredere strategier udformet for at gøre nationale og regionale udviklingsveje mere bæredygtige. Grunden til det er, at virkningerne af klimavariationer og -ændringer, klimapolitiske tiltag og den dermed forbundne samfundsøkonomiske udvikling vil påvirke de enkelte landes muligheder for at opnå bæredygtige udviklingsmål. Omvendt vil det påvirke muligheden for og succesen af klimapolitikker, hvis man stræber efter sådanne mål. I særdeleshed vil de samfundsøkonomiske karakteristika ved forskellige udviklingsveje kraftigt påvirke udledningerne af drivhusgasser, klimaændringernes hastighed og størrelse, virkningerne af klimaændringerne, mulighederne for tilpasning og evnen til at begrænse udledningerne. [Q1.9-10]

TAR vurderer den tilgængelige information vedrørende forskellige begrænsnings- og tilpasningsmuligheders tidsforløb, omkostninger, fordele og virkninger. Den viser, at landene har muligheder for at reducere omkostninger ved udledningsbegrænsninger og tilpasningstiltag og for at realisere de fordele, der er forbundet med at opnå en bæredygtig udvikling, ved at handle individuelt og i samarbejde med andre. [Q1.11]

Spørgsmål 2

Hvilke beviser er der for, hvilke årsager er der til, og hvilke konsekvenser er der af ændringer i jordens klima siden den førindustrielle periode på regional og/eller global skala? Hvis der er ændringer, hvor stor en del af disse ændringer, hvis nogen, kan tilskrives menneskelig indflydelse og hvor stor en del, hvis nogen, til naturlige fænomener? Hvad er grundlaget for denne tilskrivning? Hvad ved vi om de miljømæssige, sociale og økonomiske konsekvenser af klimaændringer siden den førindustrielle periode med vægt på de sidste 50 år?

Jordens klimasystem har påviseligt ændret sig på både global og regional skala siden den førindustrielle periode, og nogle af disse ændringer kan tilskrives menneskelige aktiviteter. [Q2.2]

Menneskelige aktiviteter har øget de atmosfæriske koncentrationer af drivhusgasser og aerosoler siden den førindustrielle periode. De atmosfæriske koncentrationer af de vigtigste drivhusgasser (dvs. kuldioxid (CO₂), metan (CH₄), nitrogenoxid (N₂O) og troposfærisk ozon (O₃)) nåede deres højest registrerede niveau i 1990'erne, først og fremmest på grund af afbrænding af

fossile brændsler, landbrug og ændret arealanvendelse (se tabel SPM-1). Klimapåvirkningerne fra de menneskeskabte drivhusgasser giver et positivt bidrag med en lille usikkerhedsmargen; klimapåvirkningen fra den direkte aerosoleffekt er negativ og mindre, mens den negative klimapåvirkning fra de indirekte virkninger af aerosoler på skyer kan være stor, men er ikke velkvantificeret. [Q2.4-5]

En øget mængde observationer giver et samlet billede af en varmere verden og af andre ændringer i klimasystemet (se tabel SPM-1). [Q2.6]

Tabel SPM-1

Ændringer i det 20. århundrede i jordens atmosfære, klima og biofysiske system a)

Indikator	Observerede ændringer
Koncentrationer	
Atmosfærisk koncentration af CO ₂	280 ppm i perioden 1000--1750 steget til 368 ppm i 2000 (øget 31±4%)
Jordbiosfærens CO ₂ -udskiftning	Kumulative kilder ca. 30 GtC mellem 1800 og 2000, men i løbet af 1980'erne en nettobinding på 14±7 GtC
Atmosfærisk koncentration af CH ₄	700 ppb i perioden 1000-1750 steget til 1.750 ppb i 2000 (øget 151±25%)
Atmosfærisk koncentration af N ₂ O	270 ppb i perioden 1000-1750 steget til 316 ppb i år 2000 (øget 17±5%)
Troposfærisk koncentration af O ₃	Øget med 35±15% fra år 1750 -til år 2000, varierer fra område til område
Stratosfærisk koncentration af O ₃	Reduceret fra år 1970 til år 2000, varierer afhængigt af breddegrad og højde over jordoverfladen
Atmosfæriske koncentrationer af HFC'er, PFC'er og SF ₆	Øget globalt i løbet af de sidste 50 år
Vejrmæssige indikatorer	
Global gennemsnits-overflade-temperatur	Steget med 0,6±0,2 °C i løbet af det 20. århundrede, landområder er opvarmet mere end havområder (meget sandsynligt)
Overfladetemperaturen på den nordlige halvkugle	Steget mere i det 20. århundrede end i noget andet århundrede i de sidste 1.000 år. 1990'erne årtusindets varmeste årti (sandsynligt)
Døgnvariationen i overfladetemperaturen	Reduceret i perioden 1950-2000 over landområder; nat-minimumstemperaturer er steget dobbelt så meget som dag-maksimumstemperaturer (sandsynligt)
Antal varme døgn/varmeindeks Kulde/antal frostdøgn	Steget (sandsynligt)

Nedbør over landområder	Øget med 5-10% i løbet af det 20. århundrede på den nordlige halvkugle (meget sandsynligt), dog mindsket i nogle områder (f.eks. Nord- og Vestafrika og dele af Middelhavet)
Antal kraftige nedbørshændelser	Øget på de mellemste og nordlige breddegrader (sandsynligt)
Tørkefrekvens og -intensitet	Tørre somre og dermed forbundne tilfælde af tørke i nogle få områder (sandsynligt). I nogle områder som dele af Asien og Afrika er der observeret en øget tørkehyppighed og -intensitet i de seneste årtier
Biologiske og fysiske indikatorer	
Det globale havniveau	Støget med gennemsnitligt 1-2 mm pr. år i løbet af det 20. århundrede
Varigheden af isdække på floder og søer	Forkortet med 2 uger i løbet af det 20. århundrede på de mellemste og høje breddegrader på den nordlige halvkugle (meget sandsynligt)
Udbredelse og tykkelse af den arktiske havis	Havisen er blevet ca. 40% tyndere i de seneste årtier i de sene sommermåneder og tidlige efterårsmåneder (sandsynligt) og er svundet ind i udbredelse med 10-15% i forårs- og sommermånederne siden 1950'erne
Ikke-polare gletschere	Udbredt afsmeltning i løbet af det 20. århundrede
Snedække	Mindsket arealmæssigt med 10% siden globale observationer blev tilgængelige via satellitter i 1960'erne (meget sandsynligt)
Permafrost	Opvarmning, optøning og nedbrydning i dele af de arktiske og subarktiske områder samt i bjergområder
El Niño begivenheder	Hyppigere og mere intense i de sidste 20-30 år sammenlignet med de foregående 100 år
Vækstsæson	Forlænget med 1-4 dage pr. årti i de sidste 40 år på den nordlige halvkugle, især på de højere breddegrader
Planter og dyrs levesteder	Planters, insekters, fugles og fisks levesteder har flyttet sig nordpå og til højereliggende områder
Forplantning, blomstring og træk	Planter blomstrer tidligere, fugle ankommer tidligere fra træk, ynglesæson starter tidligere, og insekter kommer tidligere frem på den nordlige halvkugle
Koralblegning	Øget hyppighed, specielt i El Niño-perioder
Økonomiske indikatorer	
Vejrrelaterede økonomiske tab	Globale, inflationskorrigerede tab steg med en faktor 10 (se figur 2-7 i den underliggende synteserapport). Dele af den observerede stigningstendens er forbundet med samfundsøkonomiske faktorer og dele af den med klimatiske faktorer "An order of magnitude"

a) Denne tabel giver eksempler på de vigtigste observerede ændringer og er ikke en udtømmende liste. Den inkluderer både ændringer, som kan henføres til menneskeskabte klimaændringer, og ændringer, som både kan henføres til naturlige klimavariationer og menneskeskabte klimaændringer. Tillidsniveau er angivet, når det klart er vurderet af den relevante arbejdsgruppe. Den identiske tabel i synteserapporten indeholder krydsreferencer til arbejdsgruppe I og II rapporterne.

Globalt set er det meget sandsynligt, at 1990'erne var det varmeste årti og 1998 det varmeste år i den periode, hvor der er foretaget instrumentmålinger (1861 - 2000) (se boks SPM-1). Stigningen i overfladetemperaturen i det 20. århundrede på den nordlige halvkugle har sandsynligvis været større end i noget andet århundrede i de sidste 1.000 år (se tabel SPM-1). For den sydlige halvkugle findes der ikke tilstrækkeligt datamateriale for perioden før 1860 til at sammenligne den seneste opvarmning med ændringer over de sidste 1.000 år. Temperaturændringerne har ikke været fordelt ensartet globalt set, men har varieret for forskellige områder og forskellige lag af den nederste del af atmosfæren. [Q2.7]

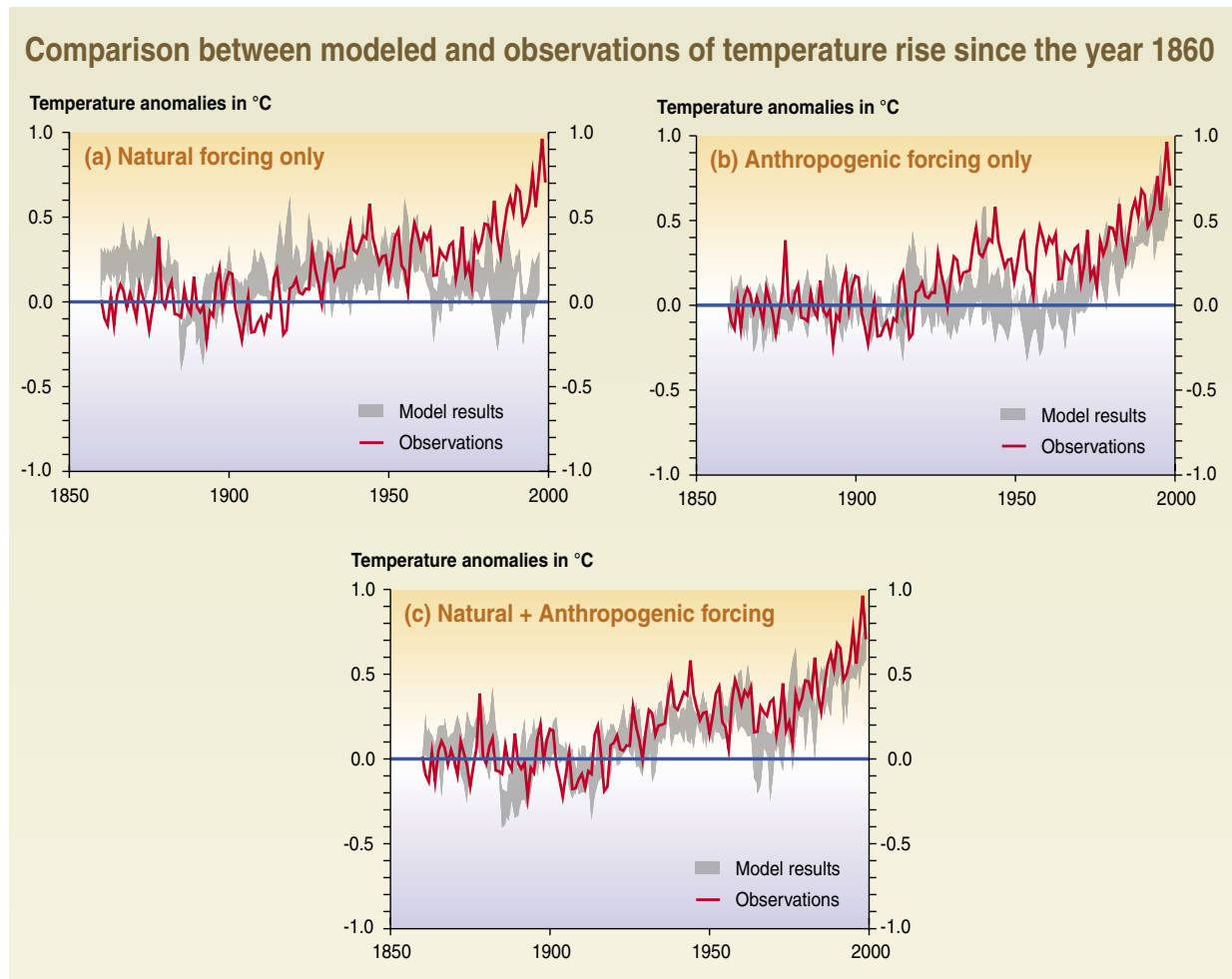
Der er nye og stærkere vidnesbyrd om, at størstedelen af den observerede opvarmning over de sidste 50 år kan tilskrives menneskelige aktiviteter. Undersøgelser af klimaændringer og den menneskeskabte andel af dem finder samstemmende vidnesbyrd om et menneskeskabt signal i klimaoptegnelserne for de sidste 35 - 50 år. Disse undersøgelser medtager usikkerheder i klimapåvirkninger fra menneskeskabte sulfataerosoler og fra naturlige faktorer (vulkaner og solstråling), men medregner ikke virkninger af andre typer af menneskeskabte aerosoler og ændringer i arealanvendelse. Klimapåvirkningen fra sulfater og fra naturlige kilder er negativ i perioden og kan ikke forklare opvarmningen. Derimod finder de fleste undersøgelser, at den beregnede hastighed og størrelse af opvarmningen på grundlag alene af stigningen i atmosfærens indhold af drivhusgasser er sammenlignelig med eller større end den observerede opvarmning over de sidste 50 år. Den bedste overensstemmelse mellem modelsimulationer og observationer over de sidste 140 år er fundet ved at kombinere alle de menneskeskabte og naturlige faktorer som vist i figur SPM-2. [Q 2.9-11]

Ændringer i havniveau, snedække, isudbredelse og nedbør er konsistente med et varmere klima nær jordens overflade. Eksempler på dette omfatter et mere aktivt vandkredsløb med kraftigere nedbørsbegivenheder og forskydning i nedbørsmønstre, udbredt tilbagetrækning af ikke-polare gletschere, stigning i havniveauet og i oceanernes varmeindhold samt en formindskelse af snedækket og af havisens udbredelse og tykkelse (se tabel SPM-1). Det er f.eks. meget sandsynligt, at opvarmningen i det 20. århundrede på grund af havvandets varmeudvidelse og en udbredt

Boks SPM-1. Tillids- og sandsynlighedsudsagn

Hvor det er fundet hensigtsmæssigt, har forfatterne af den Tredje Hovedrapport anført tillidsniveauer, som repræsenterer deres samlede bedømmelse af gyldigheden af en konklusion baseret på observationer, modelresultater og teorier. De følgende udtryk er brugt gennemgående i Synteserapportens tekst i forbindelse med arbejdsgruppe I's resultater: **så godt som sikkert:** mere end 99% sandsynlighed for, at konklusionen er sand; **meget sandsynligt:** 90-99% sandsynlighed; **sandsynligt:** 66-90% sandsynlighed; **middel sandsynlighed:** 33-66% sandsynlighed; **usandsynligt:** 10-33% sandsynlighed; **meget usandsynligt:** 1-10% sandsynlighed og **yderst usandsynligt:** under 1% sandsynligt. Et anført usikkerhedsområde ($\pm$) er det samme som et sandsynlighedsområde. Tillidsskøn i relation til arbejdsgruppe II's resultater: **meget høj** (95% eller højere), **høj** (67-95%), **middel** (33-67%), **lav** (5-33%) og **meget lav** (5% eller mindre). Der er ikke angivet nogen tillidsniveauer i arbejdsgruppe III. [Q2 boks2-1]

afsmeltning af isområder på land har bidraget væsentligt til den observerede havstigning. Både observationer og modeller viser samstemmende, at der inden for de gældende usikkerheder ikke kan konstateres en øget hastighed i havniveauets stigning i det 20. århundrede. Der er ikke påvist ændringer i den totale udstrækning af den antarktiske havis fra 1978 til 2000. Hertil kommer, at der er modstridende analyser og utilstrækkelige data til at vurdere ændringer i intensiteten af tropiske og ikke-tropiske cykloner og kraftig, lokal stormaktivitet på de mellemste breddegrader. Nogle af de observerede ændringer er lokale, og nogle kan skyldes interne klimavariationer, naturlige klimapåvirkninger eller regionale, menneskelige aktiviteter, snarere end de alene kan henføres til global, menneskelig indflydelse. [Q 2.12-19]



Figur SPM-2:

Ved at simulere jordens temperaturvariationer (°C) og sammenligne med de målte ændringer kan man opnå en indsigt i de underliggende årsager til større ændringer. En klimamodel kan bruges til at simulere både naturlige og menneskeskabte klimaændringer. Simuleringsresultaterne vist i (a) blev lavet udelukkende på grundlag af naturlige klimapåvirkninger, dvs. solvariationer og vulkansk aktivitet. Simuleringsresultaterne i (b) blev opnået ved at bruge menneskeskabte klimapåvirkninger, dvs. udledninger af drivhusgasser og skønnede sulfataerosoler, og i (c) er der medtaget både de naturlige og de menneskeskabte klimapåvirkninger. Af (b) ses det, at brugen af menneskeskabte klimapåvirkninger giver en plausibel forklaring på en væsentlig del af de observerede klimaændringer i det sidste århundrede, men den bedste overensstemmelse med de observerede ændringer findes i (c), når både naturlige og menneskeskabte faktorer inkluderes. Resultaterne viser, at de klimapåvirkninger, der er inddraget, er nok til at forklare de observerede ændringer, men de udelukker ikke muligheden for, at også andre klimapåvirkninger kan have bidraget. [Q 2 figur 2-4]

De observerede ændringer i det regionale klima har påvirket mange fysiske og biologiske systemer, og man kan se begyndende tegn på, at sociale og økonomiske systemer er blevet påvirket. [Q 2.20 & 2.25]

Nylige regionale klimaændringer, specielt stigninger i temperaturen, har allerede påvirket vandkredsløbet og de terrestriske (landbaserede) og marine økosystemer i mange dele af verden (se tabel SPM-1). De observerede ændringer i disse systemer¹⁾ er sammenfaldende for forskellige lokaliteter og/eller regioner og er konsistente med de forventede virkninger af de regionale temperaturændringer. Sandsynligheden for, at de observerede ændringer i den forventede retning (uden hensyn til størrelsen) kunne finde sted alene på grund af tilfældigheder, er forsvindende lille. [Q 2.21-24]

De voksende samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med skader stammende fra vejret og fra regionale klimavariationer tyder på en øget sårbarhed over for klimaændringer. Der er begyndende tegn på, at nogle sociale og økonomiske systemer er blevet påvirket af de seneste stigninger i forekomster af oversvømmelser og tørke med økonomiske tab på grund af vejrkatastrofer. Da disse systemer også er blevet påvirket af ændringer i samfundsøkonomiske faktorer som befolkningsændringer og ændret arealudnyttelse, er det imidlertid vanskeligt at kvantificere forholdet mellem virkningerne af klimaændringer (hvad enten de er menneskeskabte eller naturlige) og virkningerne af de samfundsøkonomiske faktorer. [Q 2.25-26]

Spørgsmål 3

Hvad ved vi om de klimatiske, miljømæssige og samfundsøkonomiske konsekvenser i de næste 25, 50 og 100 år på regionalt og globalt plan, som er forbundet med drivhusgasudledninger, der følger af TAR's scenarier (fremskrivninger, som ikke indeholder brug af bestemte klimapolitiske indgreb)?

I det omfang, det er muligt, bedømmes:

- de fremskrevne ændringer i de atmosfæriske koncentrationer, i klimaet og i havniveauet
- konsekvenser samt økonomiske omkostninger og gevinster ved ændringer i klimaet og atmosfærens sammensætning i forhold til menneskeligt helbred, økologiske systemers artsrigdom og produktivitet og for økonomiske sektorer (specielt landbrug og vand)
- mulighederne for at tilpasse sig klimaændringer, inklusive omkostninger, gevinster og udfordringer
- udvikling, bæredygtighed og lighedsspørgsmål forbundet med konsekvenser og tilpasningsmuligheder på regionalt og globalt plan.

Fodnote 1. Der er 44 regionale undersøgelser af over 400 plante- og dyrearter med et tidsspand fra omkring 20 til 50 år, hovedsageligt fra Nordamerika, Europa og de sydlige polaregne. Der er 16 regionale undersøgelser dækkende 100 fysiske processer fordelt over de fleste regioner i verden med et tidsspand fra 20 til 150 år.

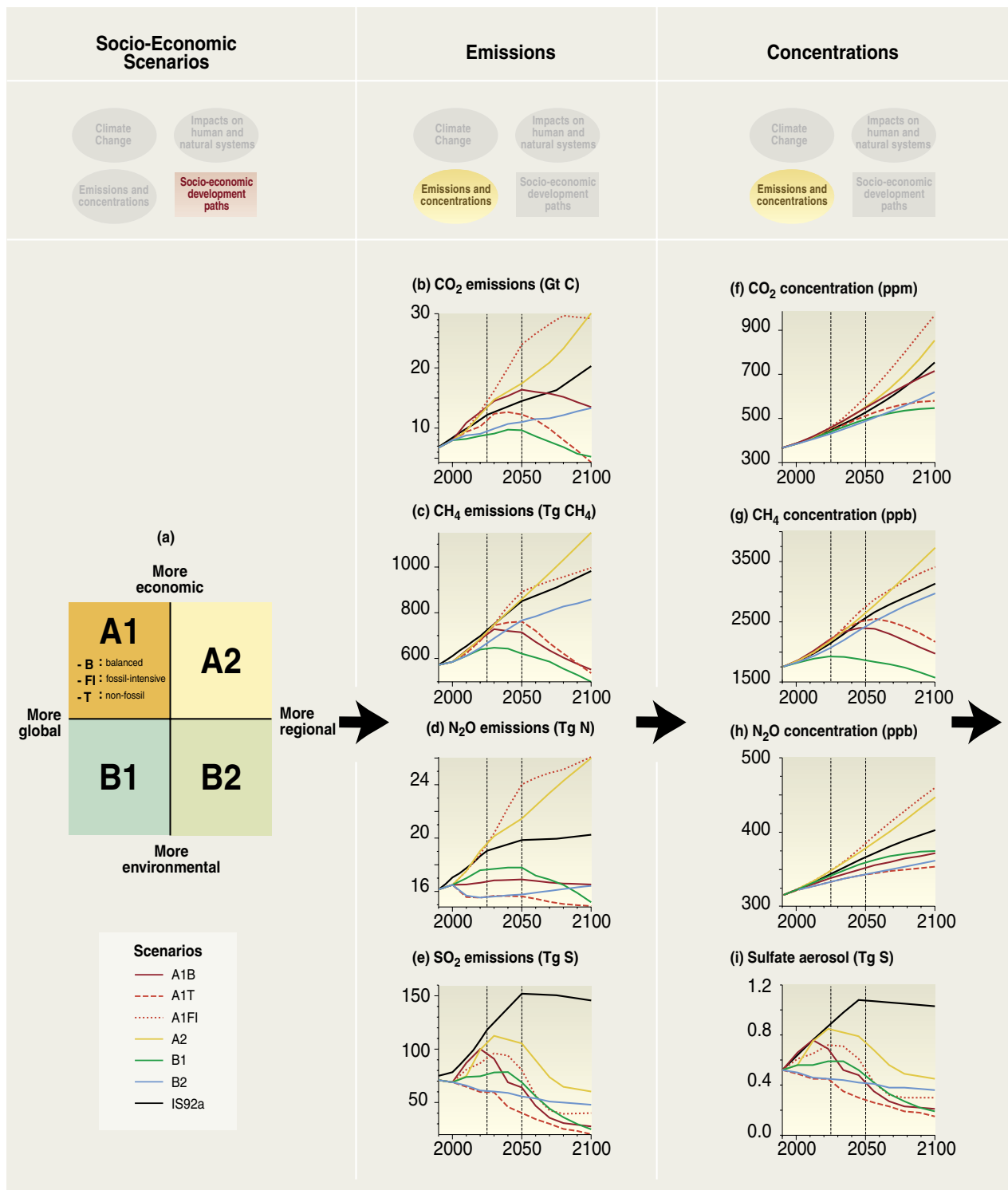
Kuldioxidkoncentrationen, den globale gennemsnitstemperatur ved jordoverfladen og havniveauet fremskrives til at stige i alle IPCC udviklingsscenarier i løbet af det 21. århundrede.²⁾ [Q 3.2]

I de seks illustrerende IPCC udledningsscenarier vil den fremskrevne CO₂-koncentration i år 2100 ligge i et område på mellem 540 og 970 ppm, sammenlignet med ca. 280 ppm i den førindustrielle periode og ca. 368 ppm i år 2000. De forskellige samfundsøkonomiske forudsætninger (demografiske, sociale, økonomiske og teknologiske) resulterer i de forskellige niveauer for de fremtidige koncentrationer af drivhusgasser og aerosoler. Yderligere usikkerheder, specielt vedrørende hvor lang tid den nuværende kulstofbinding fortsætter og størrelsen af klima-feedback på landjordens biosfære, medfører en usikkerhed på omkring -10 til +30% i koncentrationerne i år 2100 for hvert af scenarierne. Det totale spænd i koncentrationerne er derfor på 490 til 1260 ppm (mellem 75 og 350% over koncentrationen i år 1750 (den førindustrielle koncentration). Koncentrationerne af de primære ikke-CO₂ drivhusgasser forventes af variere væsentligt mellem de 6 illustrerende SRES scenarier (se figur SPM-3). [Q 3.3-5]

Fremskrivninger med brug af SRES udledningsscenarier i en række klimamodeller resulterer i en stigning i den globale gennemsnitstemperatur på 1,4 - 5,8°C i perioden 1990 til 2100. Dette er omkring 2 til 10 gange mere end middelværdien (central value) af den observerede opvarmning i det 20. århundrede, og den fremskrevne stigning i opvarmningen vil højst sandsynligt være uden fortilfælde i mindst de sidste 10.000 år, hvis man skal dømme ud fra paleoklimatiske data. Temperaturstigningerne forventes at blive højere end i den anden hovedrapport (SAR), hvor de var på mellem 1,0 og 3,5°C baseret på seks IS92 scenarier. De højere fremskrivninger og det større spænd skyldes først og fremmest lavere fremskrivninger af udledninger af svovldioxid (SO₂) i SRES scenarierne end i IS92 scenarierne. For perioden 1990 til 2025 og 1990 til 2050 ligger den forventede temperaturstigning på 0,4 - 1,1°C, henholdsvis 0,8 - 2,6°C. I år 2100 er spændet i de beregnede overfladetemperaturstigninger ved brug af forskellige klimamodeller på de samme udledningsscenarier sammenligneligt med spændet i beregnede temperaturstigninger ved brugen af en klimamodel på forskellige SRES udledningsscenarier. Figur SPM-3 viser, at SRES scenarierne med de højeste udledninger resulterer i de største, fremskrevne temperaturstigninger. Næsten alle landområder vil med stor sandsynlighed opvarmes mere end den gennemsnitlige, globale opvarmning, specielt landområder på de høje, nordlige breddegrader i vintermånederne. [Q 3.6-7 & 3.11]

Den gennemsnitlige årlige nedbør fremskrives til globalt set at øges i løbet af det 21. århundrede, selvom der på regionalt niveau forventes både stigninger og fald på typisk 5-20%. Det er sandsynligt, at nedbøren vil øges over områder på høje breddegrader både sommer og vinter. Der forventes også en stigning over de nordlige, mellemste breddegrader, tropisk Afrika og Antarktis i vintermånederne samt i de sydlige og østlige dele af Asien i sommermånederne. Australien, Centralamerika og det sydlige Afrika viser samstemmende et fald i vinternedbøren. Større årlige variationer i nedbørsmængden vil være meget sandsynlig i de fleste af de områder, hvor der forventes en stigning i den gennemsnitlige nedbørsmængde. [Q 3.8 & 3.12]

Fodnote 2. Fremskrivninger af ændringer i klimavariationer, ekstreme klimabegivenheder og pludselige/ikke-lineære ændringer behandles i spørgsmål 4.



A1FI, A1T, and A1B

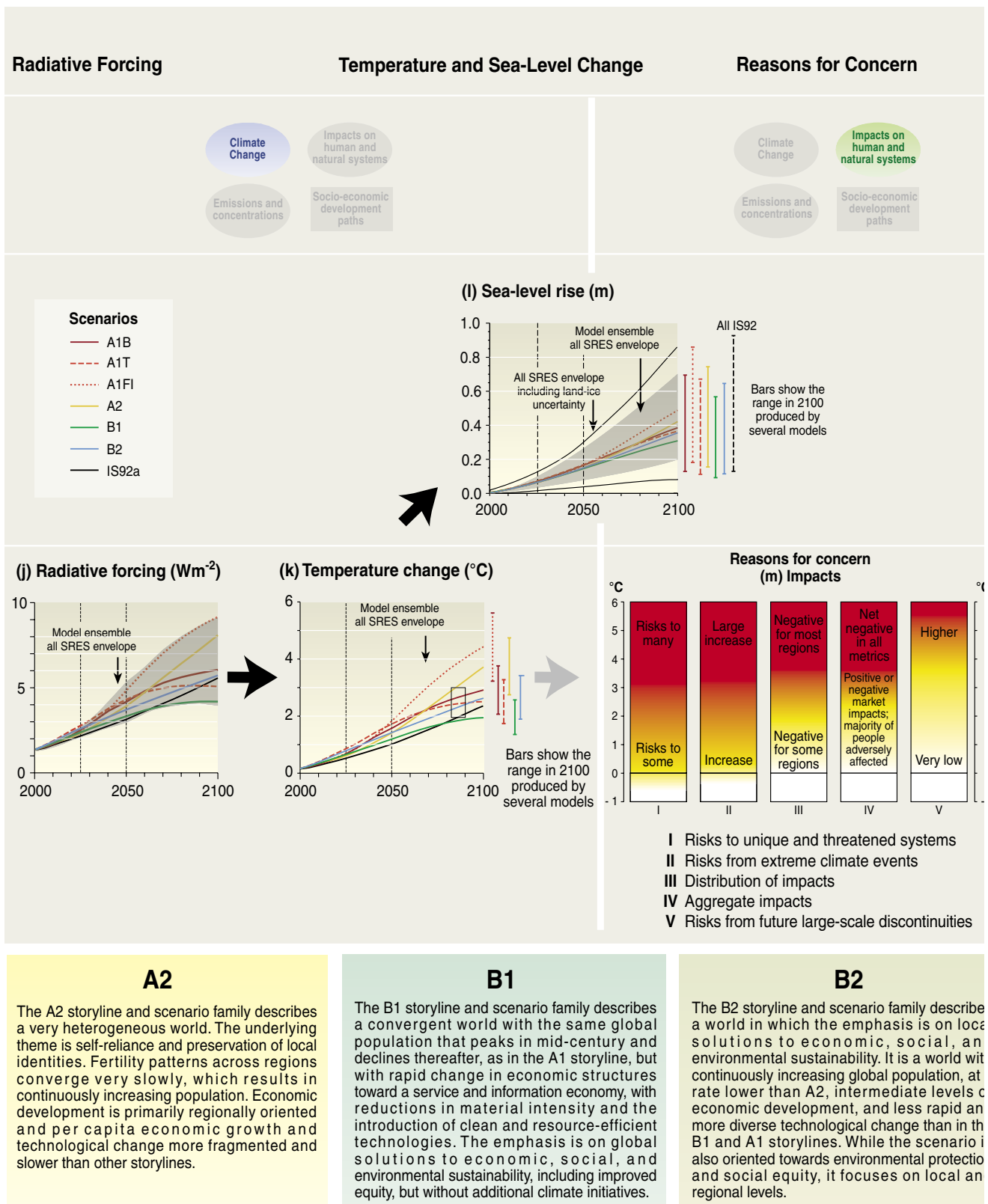
The A1 storyline and scenario family describes a future world of very rapid economic growth, global population that peaks in mid-century and declines thereafter, and the rapid introduction of new and more efficient technologies. Major underlying themes are convergence among regions, capacity-building, and increased cultural and social interactions, with a

substantial reduction in regional differences in per capita income. The A1 scenario family develops into three groups that describe alternative directions of technological change in the energy system. The three A1 groups are distinguished by their technological emphasis: fossil intensive (A1FI), non-fossil energy sources (A1T), or a balance across all

sources (A1B) (where balanced is defined as not relying too heavily on one particular energy source, on the assumption that similar improvement rates apply to all energy supply and end use technologies).

Figur SPM-3a

Se figurtekst næste side

**Figur SPM-3b**

De klimapåvirkninger, som SRES scenarierne forårsager, resulterer i stigende temperatur og havniveau med de deraf afledte konsekvenser. SRES scenarierne omfatter ikke yderligere klimainitiativer, og der er ikke tillagt scenarierne nogen sandsynligheder. Da SRES scenarierne kun havde været tilgængelige i meget kort tid forud for produktionen af TAR, tager vurderinger af konsekvenserne heri udgangspunkt i klimamodelresultater der ofte er baseret på ligevægts-klimaændringsscenarier (f.eks. en fordobling af atmosfærens CO₂-koncentration), et relativt lille antal eksperimenter med brug af et scenario, hvor

CO₂-koncentrationer øges med 1% årligt, eller de scenarier, der blev brugt i SAR (dvs. IS92 serien). Konsekvenserne kan på deres side påvirke de samfundsøkonomiske udviklingsveje, f.eks. gennem tilpasnings- og begrænsningstiltag. De fremhævede bokse i figurens top illustrerer, hvordan de forskellige aspekter forholder sig til den samlede vurderingsstruktur for klimaændringer (se figur SPM-1). [Q 3 figur 3-1]

Gletschere forventes at fortsætte deres udbredte tilbagetrækning i løbet af det 21.

århundrede. Snedækket, permafrosten og havisen på den nordlige halvkugle forventes at svinde yderligere ind. Den antarktiske iskappe vil sandsynligvis øge sin masse, mens den grønlandske indlandsis sandsynligvis vil miste masse (se spørgsmål 4). [Q 3.14]

Det globale middel-havniveau forventes at stige mellem 0,09 og 0,88 m mellem år 1990 og 2100, hvis man regner med den fulde SRES vifte, men der er væsentlige regionale forskelle.

Stigningen skyldes først og fremmest havets varmeudvidelse samt afsmeltningen fra gletschere og iskapper. For perioderne 1990 til 2025 og 1990 til 2050 er den fremskrevne stigning 0,03 til 0,14 m, henholdsvis 0,05 til 0,32 m. [Q 3.9 & 3.13]

De fremskrevne klimaændringer vil få såvel fordelagtige som skadelige virkninger for både miljø og samfundsøkonomiske systemer, men jo større ændringerne og ændringshastigheden i klimaet bliver, jo mere vil de skadelige virkninger dominere. [Q 3.15]

De skadelige virkninger vil blive alvorligere, jo større de samlede udledninger af drivhusgasser og de dermed forbundne klimaændringer bliver (middel tillid).

Mens der kan identificeres fordelagtige virkninger i nogle områder og sektorer, sålænge der er tale om små klimaændringer, forventes disse virkninger at formindskes, efterhånden som størrelsen af klimaændringerne vokser. I modsætning hertil forventes mange af de identificerede skadelige virkninger at vokse både i udstrækning og i voldsomhed med graden af klimaændringerne. Betragter man klimaændringerne regionalt, forventes de skadelige virkninger at veje tungest i store dele af verden, i særdeleshed i troperne og subtroperne. [Q 3.16]

Samlet set viser fremskrivninger af klimaændringerne en øget trussel mod den menneskelige sundhed, specielt i lavindkomst befolkningsgrupper overvejende i tropiske og subtropiske lande.

Klimaændringer kan påvirke den menneskelige sundhed direkte (f.eks. reduceret kuldestress, men øget varmestress i tempererede lande, tab af menneskeliv på grund af oversvømmelser og storme) og indirekte på grund af ændringer i udbredelsen af sygdomsbærere (f.eks. moskitomyg)³, vandbårne sygdomme, vandkvalitet, luftkvalitet og fødevarer tilgængelighed og -kvalitet (middel til høj tillid). De faktiske helbredspåvirkninger vil være stærkt påvirkede af lokale, miljømæssige betingelser og samfundsøkonomiske forhold, samt i hvilken udstrækning der er sket tilpasninger af social, institutionel, teknologisk og adfærdsmæssig karakter med henblik på at reducere det fulde omfang af de sundhedsmæssige trusler. [Q 3.17]

Fodnote 3. I otte undersøgelser er der lavet modeller for klimaændringers virkninger på disse sygdomme. Fem for malaria og tre for denguefeber. Syv af dem bruger en biologisk eller procesbaseret metode, og en bruger en empirisk, statistisk metode.

Den økologiske produktivitet og biodiversitet vil ændres af klimaændringer og havstigning med en øget risiko for udslettelse af visse sårbare arter til følge (høj til middel tillid).

Væsentlige ødelæggelser af økosystemer på grund af forstyrrelser som brande, tørke, skadedyr, invasion af nye arter, storme og koralblegning forventes at vokse. Den stresspåvirkning, der forårsages af klimaændringer, kan, når den lægges til andre stressfaktorer på økosystemerne, true med at forårsage væsentlige ødelæggelser på eller totalt tab af sjældne økosystemer og udryddelse af truede arter. Virkningen af en øget CO₂-koncentration vil være en øget netto-primærproduktion hos planter, men klimaændringer og de forstyrrelser, de bringer med sig, kan føre til enten en øget eller en nedsat nettoproduktivitet for økosystemet (middel sikkerhed). Nogle globale modeller forudsiger, at nettooptaget af kulstof i de terrestriske (landbaserede) økosystemer vil øges i løbet af den første halvdel af det 21. århundrede, men derefter flade ud eller falde. [Q 3.18-20]

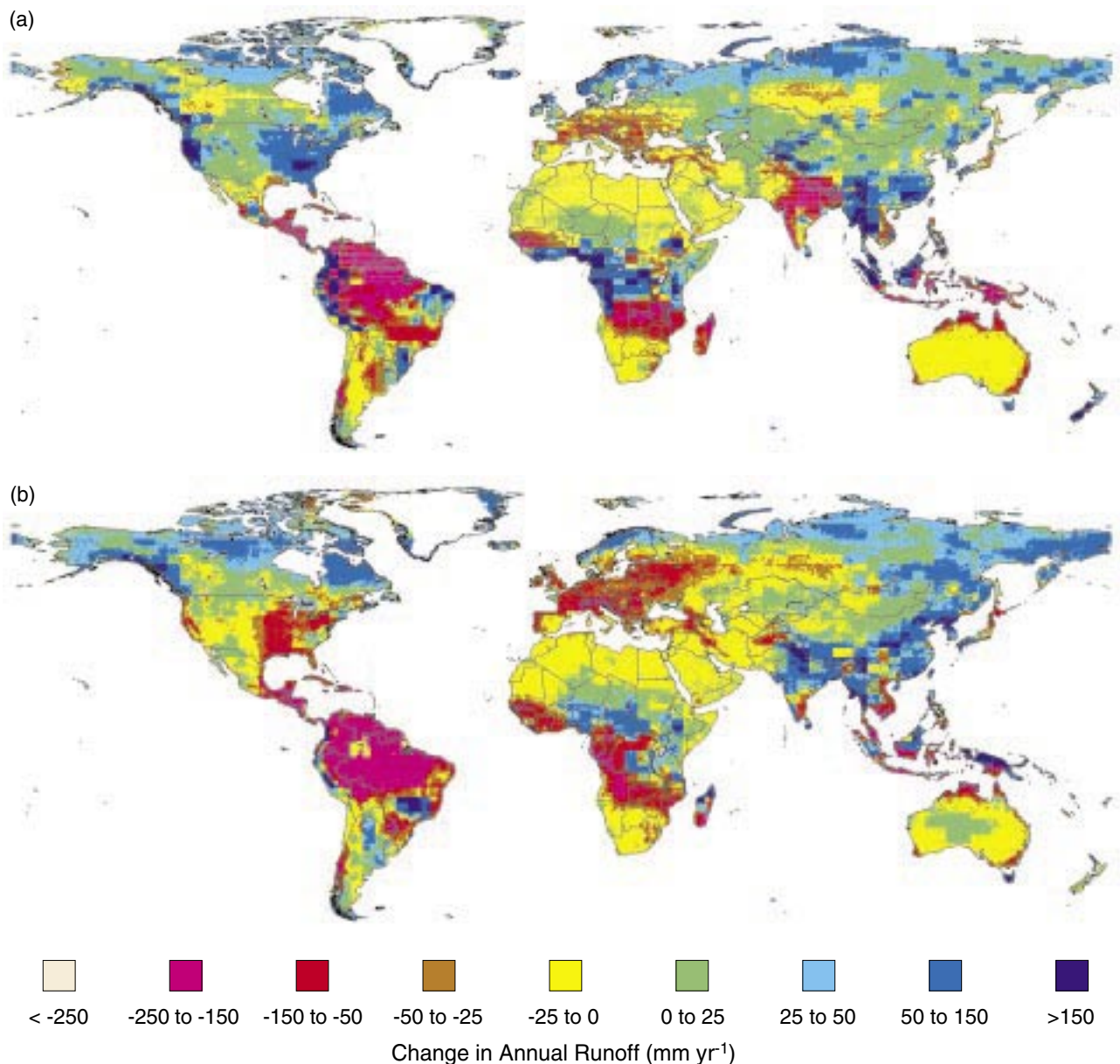
Modeller for kornafgrøder viser, at i de potentielle udbytter i nogle tempererede områder vil øges ved små stigninger i temperaturen, men falde ved større temperaturændringer (middel til lav sikkerhed).

I de fleste tropiske og subtropiske områder forventes de potentielle udbytter at falde for de fleste fremskrevne temperaturstigninger (middel sikkerhed). Hvor der også er en stor nedgang i nedbørsmængden i subtropiske og tropiske tørre eller regnafhengige systemer, kan afgrødeudbytterne blive endnu mere skadeligt påvirket. Disse skøn indbefatter visse tilpasningsmæssige reaktioner hos landmænd samt de fordelagtige virkninger af CO₂-gødningen, men ikke konsekvenserne af forventede stigninger i skadedyrsangreb eller ændringer i klimaekstremer. Husdyrproducenters evne til at tilpasse deres bestande til det fysiologiske stress forbundet med klimaændringer kendes kun dårligt. En opvarmning på nogle få °C eller mere forventes at øge fødevarepriserne globalt og kan øge risikoen for hungersnød i udsatte befolkningsgrupper. [Q 3.21]

Klimaændringer vil forværre vandmanglen i mange vandfattige områder i verden.

Efterspørgslen efter vand er generelt stigende på grund af befolkningsvækst og økonomisk udvikling, men det falder i nogle lande på grund af en øget forbrugseffektivitet. Klimaændringer forventes at reducere de tilgængelige vandressourcer væsentligt (hvilket afspejles i afstrømningsfremskrivningerne) i mange vandfattige områder af verden, men øge dem i andre områder (middel sikkerhed) (se figur SPM-4). Ferskvandskvaliteten vil generelt blive dårligere på grund af højere vandtemperaturer (høj sikkerhed), men dette kan i nogle områder blive opvejet af en øget afstrømning. [Q 3.22]

De samlede virkninger på økonomiske sektorer målt som ændringer i bruttonationalproduktet (BNP) skønnes at blive negative i mange udviklingslande for alle de undersøgte stigninger i den globale gennemsnitstemperatur (lav sikkerhed) og skønnes at indeholde både positive og negative virkninger i de udviklede lande ved en opvarmning på op til nogle få grader C (lav sikkerhed), mens virkningen skønnes at være negativ for en opvarmning over nogle få grader (middel til lav sikkerhed). Skønnene medtager generelt ikke virkningerne i klimavariationer og klimaekstremer, de tager ikke hensyn til virkningerne af forskellige hastigheder i klimaændringerne, de tager kun delvist hensyn til konsekvenser for vare- og tjenesteydelser, som ikke handles på de frie markeder, og de vejer gevinster for nogle grupper og sektorer op imod tab for andre. [Q 3.25]



Figur SPM-4.

De fremskrevne ændringer i den gennemsnitlige årlige afstrømning i 2050 i forhold til den gennemsnitlige afstrømning for årene 1961-1990 følger stort set de fremskrevne ændringer i nedbørsmængden. Ændringer i afstrømningen er beregnet med en hydrologisk model, der som input bruger klimafremskrivninger fra to versioner af Hadley Centrets generelle atmosfære-ocean cirkulationsmodel (AOGCM) for et scenario med en 1% årlig stigning i den effektive kuldioxidkoncentration i atmosfæren: (a) HadCM2 middel ensemblet og (b) HadCM3. Den fremskrevne stigning i afstrømningen på de høje breddegrader og i Sydøstasien og det fremskrevne fald i Centralasien, området omkring Middelhavet, det sydlige Afrika og Australien er stort set konsistent i Hadley Centrets eksperimenter og med nedbørsfremskrivninger i andre AOGCM eksperimenter. I andre områder af verden er ændringer i nedbør og afstrømning scenario- og modelafhængige. [Q3, figur 3-5]

Befolkningsgrupper, som bor på små øer eller i lavtliggende kystområder, er særlig udsatte for alvorlige sociale og økonomiske virkninger af stigninger i havniveauet og for stormfloder. Mange menneskelige bosættelser vil have øget risiko for oversvømmelser og kysterosion, og et tocifret antal millioner mennesker, som lever i floddeltaer, i lavtliggende kystområder og på små øer må imødesee risiko for at blive fordrevet fra deres hjem. Ressourcer, som er kritiske for

øboere og kystbefolkninger, såsom strande, ferskvand, fiskeri, koralrev og atoller samt levesteder for vilde dyr vil også være udsatte. [Q 3.23]

Konsekvenserne af klimaændringerne vil ramme udviklingslande og fattige befolkningsgrupper i alle lande uforholdsmæssigt meget og derved forværre eksisterende uligheder i helbredsmæssig tilstand og i adgangen til mad, rent vand og andre ressourcer. Befolkningen i udviklingslandene er i almindelighed udsat for en relativt høj risiko for skadelige virkninger af klimaændringer. Hertil kommer, at fattigdom og andre faktorer medfører en lav tilpasningsevne i de fleste udviklingslande. [Q 3,33]

Tilpasning giver mulighed for at reducere skadelige virkninger af klimaændringer og kan ofte give øjeblikkelige ekstra fordele, men vil ikke forhindre alle skader. [Q 3.26]

Der er identificeret adskillige tilpasningsmuligheder som svar på klimaændringer. Muligheder, som kan reducere de skadelige virkninger og øge de fordelagtige virkninger af klimaændringerne, men som vil medføre økonomiske omkostninger. Den kvantitative evaluering af tilpasningsmulighedernes fordele og omkostninger og variationen på tværs af regioner og lokalområder er ukomplet. [Q 3.27]

Større og hurtigere klimaændringer vil betyde større tilpasningsmæssige udfordringer og større risici for skader end mindre og langsommere ændringer. Både naturlige og menneskeskabte systemer har udviklet evner til at klare klimaændringer af et omfang, hvor risikoen for skader er relativt lille, og evnen til at reparere skaderne er stor. Imidlertid vil ændringer, som resulterer i en øget hyppighed af begivenheder, som falder uden for den historiske variation inden for hvilken, systemerne har klaret sig, øge risikoen for alvorlige skader og for, at systemerne enten ikke evner at komme sig helt eller kollapse fuldstændigt. [Q 3.28]

Spørgsmål 4

Hvad ved man om indflydelsen af de øgede koncentrationer af drivhusgasser og aerosoler i atmosfæren og de forventede menneskeskabte ændringer i klimaet regionalt og globalt på:

- a. Hyppigheden af og størrelsen på klimafluktuationer, herunder daglige, sæsonmæssige, årlige og tiårige variationer som f.eks. El Niño Southern Oscillation og andre.
- b. Varigheden, lokaliseringen, frekvensen og intensiteten af ekstreme klimabegivenheder som hedeølger, tørke, oversvømmelser, kraftig nedbør, laviner, storme, tornadoer og tropiske cykloner?
- c. Risikoen for pludselige/ikke-lineære ændringer i bl.a. drivhusgaskilder og -dræn, havstrømme og omfanget af polaris og permafrost? Kan risikoen, hvis den er tilstede, kvantificeres?

d. Risikoen for pludselige eller ikke-lineære ændringer i økologiske systemer?

Fremskrivningerne viser forøgelse af klimavariationer og af nogle ekstreme begivenheder. [Q 4.3-4]

Modeller viser, at forhøjede atmosfæriske koncentrationer af drivhusgasser vil resultere i ændringer i de daglige, sæsonmæssige, årlige og tiårige variationer. Der forventes et fald i døgnets temperaturudsving i mange områder, et fald i de daglige overfladetemperaturvariationer i vintermånederne og en stigning i de daglige variationer i sommermånederne på landområder på den nordlige halvkugle. Mange modeller viser mere El Niño-agtige gennemsnitsbetingelser i det tropiske Stillehav. Der er ingen klar overensstemmelse vedrørende hyppigheden eller strukturen af naturligt forekommende atmosfære-ocean cirkulationsmønstre, som f.eks. North Atlantic Oscillation (NAO). [Q 4.2]

Modeller viser, at forhøjede atmosfæriske koncentrationer af drivhusgasser vil resultere i ændringer i hyppighed, intensitet og varighed af ekstreme begivenheder såsom flere varme døgne, hedeølger, kraftig nedbør og færre kolde døgne. Mange af disse fremskrevne ændringer kan føre til en øget risiko for oversvømmelser og tørke i mange områder og overvejende skadelige virkninger på økosystemer, samfundsøkonomiske sektorer og menneskets sundhed (se tabel SPM-2 vedr. detaljer). Modelundersøgelser med høj opløsning peger på, at den maksimale vind- og nedbørsintensitet i tropiske cykloner sandsynligvis vil stige i nogle områder. Der er utilstrækkelig information om, hvordan småskala vejrekstremer (f.eks. tordenvejr, haglbyger og lyn) vil ændre sig. [Q4.2-7]

Tabel SPM-2

Eksempler på klimavariationer og ekstreme klimabegivenheder og eksempler på deres virkninger (WGII TAR tabel SPM-1)

Fremskrevne ændringer i ekstreme klimafænomener og deres sandsynlighed i løbet af det 21. århundrede	Repræsentative eksempler på de fremskrevne virkninger ^a (alle med høj sikkerhed for optræden i visse områder)
Højere maksimumstemperaturer, flere varme døgne og hedeølger ^b i næsten alle landområder (meget sandsynligt)	• Øget antal dødsfald og tilfælde af alvorlig sygdom i ældre aldersgrupper og fattige bybefolkning • Øget varmemstress hos husdyr og vilde dyr • Ændringer i turistdestinationer • Øget risiko for skader på et antal afgrøder • Øget behov for elektrisk afkøling og reduceret energiforsyningssikkerhed

Højere (stigende) minimumstemperaturer, færre kolde døgn, frostdøgn og kuldebølger ^b over næsten alle landområder (meget sandsynligt)	• Formindsket kulderelateret sygdom og dødelighed • Formindsket risiko for skade på et antal afgrøder og øget risiko for andre • Udvidet område og aktivitet for nogle skadedyr og sygdomsbærere • Reduceret behov for energi til opvarmning
Mere intense nedbørsbegivenheder (meget sandsynligt, i mange områder)	• Flere skader ved oversvømmelser, jordskred, laviner og mudderskred • Øget jorderosion • Øget afstrømning fra floder kan øge gendannelse af vandførende lag på visse flodsletter • Øget pres på regeringer og private forsikringssystemer for oversvømmelser og katastrofehjælp
Øget sommertørhed over de fleste breddegrader i de indre dele af kontinenterne og medfølgende risiko for tørke (sandsynligt)	• Nedsatte afgrødeudbytter • Øgede skader på bygningsfundamenter forårsaget af sætning • Nedsat mængde og -kvalitet af vandressourcer • Øget risiko for skovbrande
Stigning i tropiske cykloners topvindhastighed, middel- og maksimumsnedbørsintensitet (sandsynligt, i nogle områder) ^c	• Øget risiko for menneskeliv, risiko for epidemier af infektionssygdomme og mange andre risici • Øget kysterosion og skader på kystnære bygninger og infrastruktur • Øget skade på kyst-økosystemer som koralrev og mangroveskove
Mere intens tørke og oversvømmelser forbundet med El Niño begivenheder i mange forskellige regioner (sandsynligt) (se også under tørke og intense nedbørstilfælde)	• Nedsat produktivitet for landbrugs- og græsningsarealer i tørke- og oversvømmelsesudsatte områder • Nedsat vandkraftpotentiale i tørketruede områder
Øget variation i nedbøren fra den asiatiske sommermonsun (sandsynligt)	• Stigning i omfanget af tørke og oversvømmelser og i deraf følgende skader i det tempererede og tropiske Asien
Øget stormintensitet på de midterste breddegrader (lille overensstemmelse mellem nuværende modeller) ^b	• Øget risiko for menneskers liv og helbred • Øget tab af ejendom og infrastruktur • Øget skade på kyst-økosystemer

^a Disse virkninger kan mindskes ved passende reaktioner.

^b Oplysninger fra WGI TAR Technical Summary (sektion F.5).

^c Ændringer i regionale fordelinger af tropiske cykloner er mulige, men er ikke blevet etableret.

Drivhusgassernes klimapåvirkninger i det 21. århundrede kan komme til at igangsætte potentielt abrupte og ikke-lineære, voldsomme ændringer i stor skala i fysiske og biologiske systemer over de kommende årtier til årtusinder, ændringer med en bred vifte af tilknyttede sandsynligheder. [Q 4.9]

Nogle af de forventede pludselige/ikke-lineære ændringer i fysiske systemer og i de

naturlige kilder og dræn for drivhusgasser kan være irreversible, men nogle af de underliggende processer er ikke fuldstændigt forstået. Sandsynligheden for de fremskrevne ændringer forventes at stige med hastigheden, størrelsen og varigheden af klimaændringerne.[4.10-16]

Eksempler på disse typer ændringer omfatter:

- Store, klimafremkaldte ændringer i jordbund og vegetation kan finde sted og kan fremkalde yderligere klimaændringer ved øgede udslip af drivhusgasser fra vegetation og jordbund samt ændringer i overfladeegenskaber (f.eks. reflektionsevne over for sollys (albedo)).
- De fleste modeller forudser en svækkelse af den termohaline cirkulation i oceanerne resulterende i en reduktion af varmetransporten til Europas høje breddegrader, men ingen af dem viser en pludselig standsning ved slutningen af det 21. århundrede. Imidlertid viser nogle modeller, at den termohaline cirkulation efter år 2100 kunne standse fuldstændigt og muligvis irreversibelt, hvis ændringen i klimapåvirkningen er stor nok og langvarig nok.
- Den antarktiske iskappe vil sandsynligvis øge sin masse i det 21. århundrede, men efter en vedvarende opvarmning af iskapen kan der ske et væsentligt tab af masse, som kan bidrage med adskillige meter til den forventede havstigning over de næste 1.000 år.
- I modsætning til den antarktiske iskappe, vil den grønlandske indlandsis sandsynligvis miste masse i løbet af det 21. århundrede og bidrage med nogle få cm til havstigningen. Iskapperne vil fortsætte med at reagere på klimaopvarmningen og bidrage til, at havet vil stige i flere tusinde år efter, at klimaet er stabiliseret. Klimamodeller peger på, at den lokale opvarmning over Grønland sandsynligvis vil blive på en til tre gange det globale gennemsnit. Iskappemodeller forudsiger, at en lokal opvarmning større end 3°C, hvis den opretholdes over flere tusinde år, vil føre til en næsten total nedsmeltning af den grønlandske indlandsis med en havstigning på omkring 7 m som resultat. En lokal opvarmning på 5,5°C vil, hvis den opretholdes i 1.000 år, sandsynligvis resultere i et bidrag fra Grønland til havets stigning på ca. 3 m.
- En fortsat opvarmning vil øge optøningen af permafrost i polar-, subpolar- og bjergområder og vil gøre store dele af disse områder sårbare over for niveau-sænkninger og jordskred, som kan påvirke infrastruktur, vandveje og våde økosystemer.

Klimaændringer kan øge risikoen for pludselige og ikke-lineære ændringer i mange økosystemer, hvilket kan påvirke deres funktion, biodiversitet og produktivitet. [4.17-19]

Jo større og hurtigere klimaændringer, desto større risiko for skadelige konsekvenser. For eksempel:

- Ændringer i forstyrrelsesmønstre og skift i placeringen af egnede, klimatisk bestemte levesteder kan føre til pludselige nedbrud af terrestriske og marine økosystemer med væsentlige ændringer i artssammensætning og -funktion og øget risiko for udryddelse af arter.
- Vedvarende stigninger i vandtemperaturen på så lidt som 1°C kan alene eller kombineret med en hvilken som helst af mange stressfaktorer (f.eks. overdreven forurening og tilmudring) føre til, at koraller udstøder deres alger (korablegning) og til eventuel død for nogle koraller.
- Temperaturstigninger over en vis tærskelværdi, som kan variere for afgrødetyper og -varianter, kan påvirke væsentlige udviklingsstadier for nogle afgrøder (f.eks. småaks-sterilitet(?) hos ris, tab af pollenlevedygtighed hos majs, knoldudvikling hos kartofler) og dermed afgrødeudbyttet. Udbyttetabet for disse afgrøder kan være alvorligt, hvis temperaturen overstiger en kritisk grænse i bare kortere perioder.

Spørgsmål 5

Hvad ved man om inertien og tidsforløbet forbundet med ændringerne i klimasystemer, økosystemer og samfundsøkonomiske sektorer og deres samspil?

Inerti er en udbredt, indbygget egenskab hos klimatiske, økologiske og samfundsøkonomiske systemer, der spiller sammen, og nogle kan være irreversible, hvis klimaændringerne ikke begrænses i både hastighed og omfang, før de relevante tærskelværdier, hvis størrelse kan være dårligt kendte, overskrides. [Q5.1-3 & Q5.12-15]

Inerti i klimasystemer

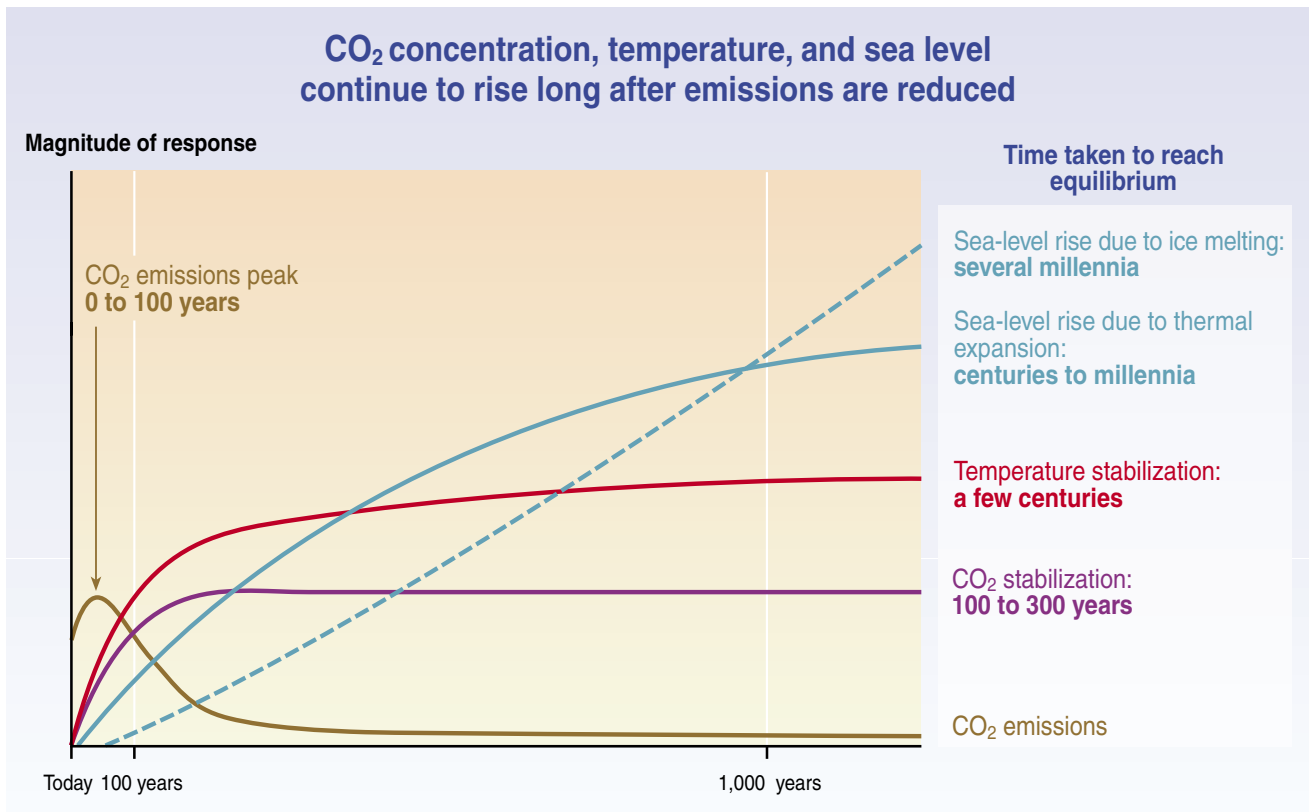
En stabilisering af CO₂-udledningerne på et niveau nær det nuværende vil ikke føre til en stabilisering af de atmosfæriske CO₂-koncentrationer, mens en stabilisering af udledningerne af de mere kortlivede drivhusgasser som CH₄ inden for nogle årtier vil føre til en stabilisering af deres atmosfæriske koncentrationer. Stabilisering af CO₂-koncentrationen på et hvilket som helst niveau kræver slutteligt en nedskæring af den globale nettoudledning til en lille brøkdel af det nuværende udledningsniveau. Jo lavere et niveau, vi vælger at stabilisere på, jo tidligere skal nedgangen i de globale netto CO₂-udledninger begynde (se figur SPM-5). [Q 5.2 & 5.4]

Efter en stabilisering af den atmosfæriske koncentration af CO₂ og andre drivhusgasser, fremskrives lufttemperaturen til at stige med nogle få tiendedele grader per århundrede et århundrede eller mere frem i tiden, mens havniveauet fremskrives til at fortsætte med at stige i mange hundrede år (se figur SPM-5). Den langsomme transport af varme ned i oceanerne og iskappernes langsomme reaktion betyder, at der kræves lange tidsrum for at nå en ny ligevægt i klimasystemet. [Q 5.3]

Nogle af de ændringer i klimasystemet, der er tænkelige efter det 21. århundrede, vil reelt være irreversible. F.eks. kan en større nedsmeltning af iskapperne (se spørgsmål 4) og fundamentale ændringer i de store havstrømmes mønstre (se spørgsmål 4) ikke vendes i en periode på mange generationer. Tærskelværdien for fundamentale ændringer i oceancirkulationen kan nås ved en lavere grad af opvarmning, hvis opvarmningen er hurtig snarere end gradvis. [Q 5.3 & 5.13-16]

Inerti i økosystemer

Nogle økosystemer viser effekterne af klimaændringer hurtigt, mens andre er længere tid om det. Korallblegning kan f.eks. ske i løbet af en enkelt exceptionel varm sæson, mens organismer med en længere levetid som træer kan være i stand til at overleve i årtier under ændrede

**Figur SPM-5.**

Efter CO₂-udledningerne er reduceret, og den atmosfæriske koncentration stabiliseret, vil overfladetemperaturen fortsætte med at stige langsomt i et århundrede eller mere. Havenes varmeudvidelse vil fortsætte lang tid efter, at CO₂-udledningerne er reduceret, og afsmeltning fra iskapperne fortsætter med at bidrage til havstigningen i mange århundreder. Figuren er en generel illustrering af stabilisering på et hvilket som helst niveau mellem 450 og 1.000 ppm, og der er derfor ingen enheder på den afhængige akse. Reaktionen på stabiliseringskurverne i dette område viser stort set det samme tidsforløb, men konsekvenserne vil blive progressivt større ved større koncentrationer af CO₂. [Q5 figur 5-2]

klimaforhold, men samtidig være ude af stand til at regenerere. Økosystemer kan, når de udsættes for klimaændringer, som omfatter ændringer i hyppigheden af ekstreme begivenheder, blive ødelagt som en konsekvens af forskellige arters reaktionstid. [Q 5.7 & Q3 tabel 3-2]

Nogle kulstofkredsløbsmodeller forudsiger, at det globale nettooptag af kulstof topper i løbet af det 21. århundrede, hvorefter det flader ud eller aftager.

Det seneste globale nettooptag af CO₂ fra de terrestriske økosystemer er delvist et resultat af tidsforskydningen mellem en øget plantevækst og planternes død og forrådnelse. Den nuværende forøgede plantevækst skyldes delvist den gødende virkning af den højere CO₂- og kvælstofafsatning samt ændringer i klima og arealudnyttelse. Optaget vil falde efterhånden, som skovene når deres modne alder, gødningsvirkningen når et mætningspunkt, og forrådnelsesprocesserne når op på højde med den øgede vækst. Klimaændringerne vil sandsynligvis yderligere reducere det globale, terrestriske nettooptag af kulstof. Selvom opvarmningen reducerer optaget af CO₂ i havene, forventes deres kulstofbinding at fortsætte med et stigende CO₂-indhold i atmosfæren i det mindste i det 21. århundrede. Transport af kulstof fra overfladen til det dybe ocean tager århundreder, og ligevægten med oceanernes sedimentlag tager tusinder af år at opnå. [Q 5.5-6]

Inerti i samfundsøkonomiske systemer

I modsætning til klimasystemet og økosystemerne er inert i menneskeskabte systemer ikke en fast størrelse. Den kan ændres af politiske beslutninger og individuelle valg. Muligheden for at gennemføre klimapolitik afhænger af samspillet mellem sociale og økonomiske strukturer og værdier, institutioner, teknologier og etablerede infrastrukturer. Det samlede system udvikler sig almindeligvis relativt langsomt. Det kan reagere hurtigt under pres, selvom det nogle gange betyder høje omkostninger (f.eks. hvis kapitalapparatet tages ud af produktion før tiden). Hvis ændringerne er langsommere, kan der være lavere omkostninger enten på grund af teknologiske fremskridt, eller fordi kapitalapparatet bliver fuldt ud afskrevet. Der vil typisk være en forsinkelse på mellem nogle år og nogle årtier fra behovet for at reagere på en større udfordring opfattes, før planlægning, forskning og udvikling og iværksættelse af en løsning er sket. Forebyggende handlinger baseret på velunderbyggede vurderinger kan forbedre chancen for, at den rigtige teknologi er til stede, når der er behov for den. [Q 5.9-12]

Udvikling og ibrugtagning af nye teknologier kan fremskyndes ved teknologioverførsel og økonomiske og forskningsmæssige politikker. Teknologierstatning kan forsinkes af "fastlåste" systemer, som bygger på markedsfordele, der stammer fra eksisterende institutioner, ydelser, infrastruktur og tilgængelige ressourcer. En tidlig ibrugtagning af teknologier, som hurtigt forbedres, kan betyde reducerede omkostninger gennem erfaringer ved teknologianvendelsen. [Q 5.9 & 5.21]

Den politiske betydning af inert

Inerti og usikkerheder i klimasystemer, i økosystemer og i samfundsøkonomiske systemer indebærer, at der bør inddrages sikkerhedsmarginer, når der lægges strategier, sættes mål og sættes tidsrammer for at undgå farlige niveauer af påvirkning af klimasystemet. Stabiliseringsmål for eksempel CO₂-koncentration i atmosfæren, temperatur og havniveau kan påvirkes af:

- Klimasystemets inert, som får klimaændringer til at fortsætte i en periode efter, at begrænsningstiltag er iværksat.
- Usikkerhed med hensyn til niveauet for mulige tærskelværdier for irreversible ændringer og systemadfærden tæt på tærskelværdierne.
- Tidsforskellen mellem vedtagelsen og opfyldelsen af begrænsningsmål.

Tilsvarende vil tilpasning påvirkes af den forsinkelse, der er involveret, når det gælder om at identificere konsekvenserne af klimaændringerne, udvikle effektive tilpasningsstrategier og iværksætte tilpasningsmæssige foranstaltninger. [Q 5.17-19 & 5.22]

Inertien i klimasystemer, økosystemer og samfundsøkonomiske systemer gør tilpasning uundgåelig og i nogle tilfælde allerede på nuværende tidspunkt nødvendig, og inertien påvirker den optimale sammensætning af tilpasnings- og begrænsningsstrategier. Inerti har forskellige konsekvenser for tilpasningstrategier end for begrænsningsstrategier, da tilpasning først og fremmest orienterer sig imod lokale konsekvenser af klimaændringer, mens begrænsning sigter imod påvirkningerne på klimasystemet. Disse konsekvenser spiller en rolle for den mest omkostningseffektive og retfærdige blanding af politiske muligheder. Beskyttelsesstrategier og

løbende beslutningstagen (iterativ handling, vurdering og revideret handling) kunne være en passende reaktion på kombinationen af inerti og usikkerhed. Når der er inerti, er velbegrundede handlinger med det formål at tilpasse sig til eller begrænse klimaændringer mere effektive og kan i nogle tilfælde være billigere, hvis de udføres før snarere end senere. [Q 5.19 & 5.22]

Den omfattende inerti og muligheden for irreversibilitet i samspillet mellem klimatiske, økologiske og samfundsøkonomiske systemer er væsentlige grunde til, at forebyggende tilpasningsmæssige og begrænsningsmæssige handlinger er fordelagtige. Et antal tilpasningsmæssige og begrænsningsmæssige muligheder kan fortabes, hvis handling udsættes. [Q 5.23]

Spørgsmål 6

- a) Hvordan påvirker omfanget og tidspunktet for gennemførelsen af en række reduktions-tiltag hastigheden, størrelsen og konsekvenserne af klimaændringer, og hvordan påvirkes den globale og regionale økonomi, når man tager hensyn til såvel historiske som nuværende udslip?
- b) Hvad ved man fra følsomhedsstudier om de regionale og globale, klimatiske, miljømæssige og samfundsøkonomiske konsekvenser af at stabilisere den atmosfæriske koncentration af drivhusgasser (i kuldioxidækvivalenter) på en række niveauer fra det nuværende til det dobbelte niveau eller mere, idet der i så høj grad som muligt tages hensyn til virkningen af aerosoler? For hvert stabiliseringsscenario, herunder for forskellige veje til stabilisering, vurderes omfanget af omkostninger og fordele i forhold til den vifte af scenarier, der er overvejet i spørgsmål 3, med hensyn til:
- Fremskrevne ændringer i atmosfæriske koncentrationer, klima og havniveau, inklusive ændringer ud over 100 år.
 - Konsekvenser og økonomiske omkostninger og gevinster for den menneskelige sundhed, artsrigdom og produktivitet i økosystemer og for de samfundsøkonomiske sektorer (specielt landbrug og vand) ved ændringer i klimaet og i atmosfærens sammensætning
 - Omfanget af muligheder for tilpasning, herunder omkostninger, gevinster og udfordringer.
 - Omfanget af teknologiske, politiske og adfærdsmæssige muligheder, som kan bruges til at opnå de enkelte stabiliseringsniveauer, og en vurdering af de nationale og globale omkostninger og gevinster og en opgørelse af disse omkostninger og gevinster i forhold til en enten kvalitativ eller kvantitativ opgørelse af de undgåede miljømæssige skader, som ville kunne opnås ved udledningsbegrænsninger.
 - Udvikling, bæredygtighed og lighedsspørgsmål forbundet med konsekvenser, tilpasning og begrænsning på regionalt og globalt niveau.
-

Opvarmningens og havniveaustigningens fremskrevne hastighed og størrelse kan mindskes ved at reducere udledningerne af drivhusgasser. [Q 6.2]

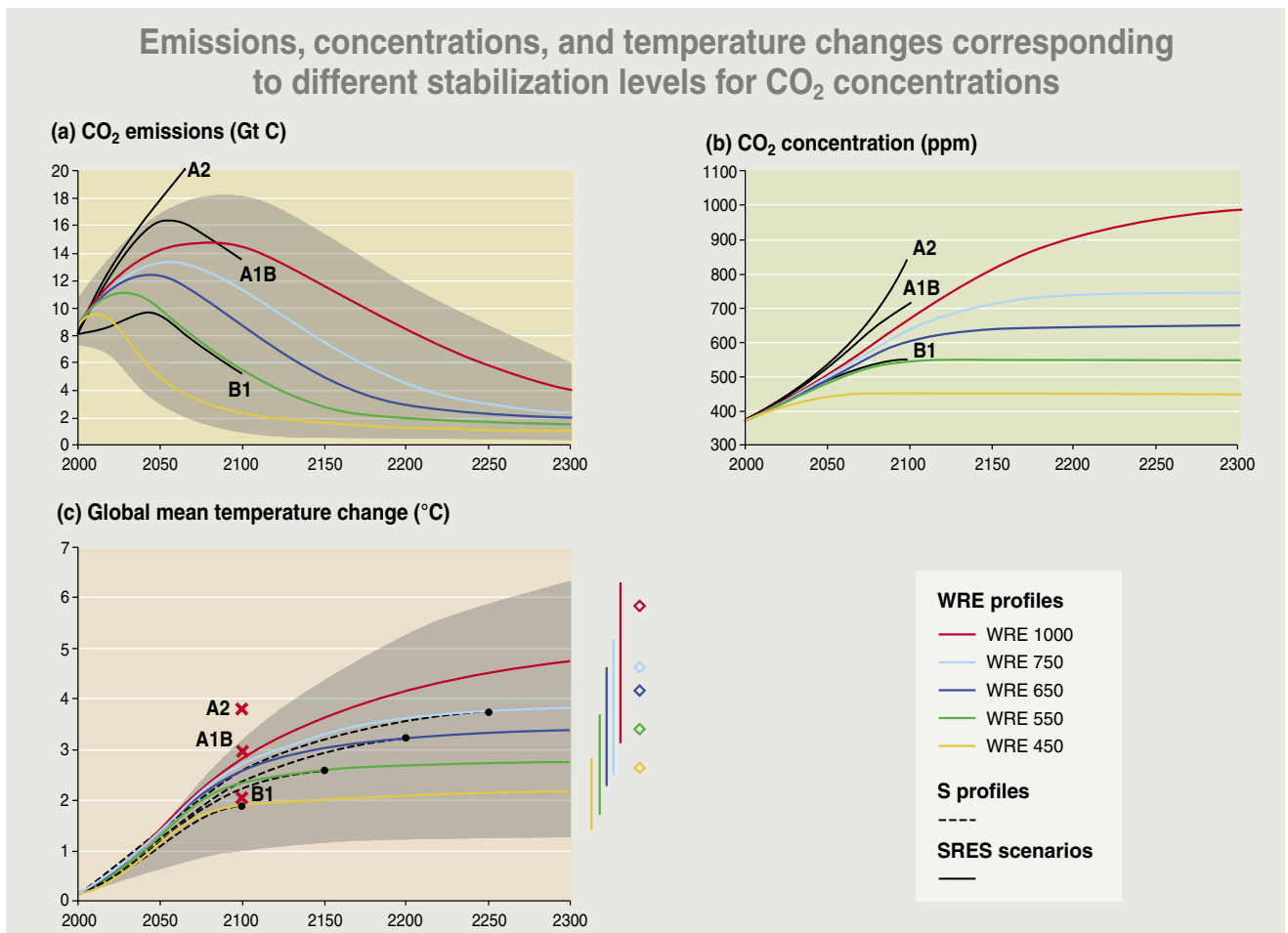
Jo mere, vi kan reducere udledningerne af drivhusgasser, og jo hurtigere, vi kan begynde at gøre det, desto mindre og desto langsommere vil den fremskrevne opvarmning og havniveaustigning blive. Fremtidige klimaændringer bestemmes af de historiske, de nuværende og de fremtidige udledninger. Forskelle i de fremskrevne temperaturændringer i de scenarier, som indeholder nedskæringer i udledningerne af drivhusgasser, og de scenarier, som ikke gør det, tenderer imod at være små i de første årtier, men vokser med tiden, hvis reduktionerne vedligeholdes. [Q 6.3]

Reduktioner i udledningerne af drivhusgasser og i gasser, som kontrollerer deres koncentrationer, vil være nødvendige for at stabilisere klimapåvirkningen. Til eksempel viser kulstofkredsløbsmodeller, at for de vigtigste menneskeskabte drivhusgasser vil en stabilisering af den atmosfæriske koncentration af CO₂ på 450, 650 eller 1.000 ppm kræve, at de globale menneskeskabte udledninger af CO₂ skal ned under 1990-niveauet inden for henholdsvis nogle få årtier, ca. et århundrede eller ca. 2 århundreder og skal derefter falde jævnt (se figur SPM-6). Disse modeller viser, at udledningerne skal toppe om mellem 1 og 2 årtier (450 ppm) og ca. 1 århundrede (1.000 ppm) fra nu. Med tiden må CO₂-udledningerne bringes ned til en meget lille brøkdel af de nuværende udledninger. Fordelene ved de forskellige stabiliseringsniveauer diskuteres senere i spørgsmål 6, og omkostningerne ved disse stabiliseringsniveauer diskuteres i spørgsmål 7. [Q 6.4]

Der er et bredt bånd af usikkerhed i størrelsen af den opvarmning, der vil blive resultatet af ethvert stabiliseringsniveau for koncentrationen af drivhusgasser. Dette er resultatet af den faktor tre, der er på usikkerheden i klimaets følsomhed over for en forøgelse af drivhusgasser⁴. Figur SPM-7 viser de endelige CO₂-stabiliseringsniveauer og det tilsvarende spænd af temperaturændringer beregnet for år 2100 og ved ligevægt. [Q 6.5]

Udledningsreduktioner, som med tiden stabiliserer den atmosfæriske CO₂-koncentration på et niveau under 1.000 ppm, beregnes til at begrænse stigningen i den globale gennemsnitstemperatur i år 2100 til 3,5°C eller mindre. Beregningerne er baseret på profilerne vist i figur SPM-6 og antager, at udledningerne af andre gasser end CO₂ følger SRES A1B fremskrivningerne til år 2100 og derefter er konstante. Den globale gennemsnitsoverfladetemperatur er beregnet til at stige mellem 1,2 og 3,5°C ved år 2100 for profiler, som har en endelig stabilisering af CO₂-koncentrationen på mellem 450 og 1.000 ppm. Det skal dog bemærkes, at selvom alle de CO₂-koncentrationsprofiler, der er undersøgt, vil forhindre meget af den største opvarmning i SRES-fremskrivningerne (1,4 til 5,8°C i år 2100), så vil koncentrationen af CO₂ for de fleste profiler fortsætte med at stige efter år 2100. Det vil tage mange århundreder at nå ligevægts-temperaturstigningen, og den vil strække sig fra 1,5 til 3,9°C over 1990-niveauet for en stabilisering

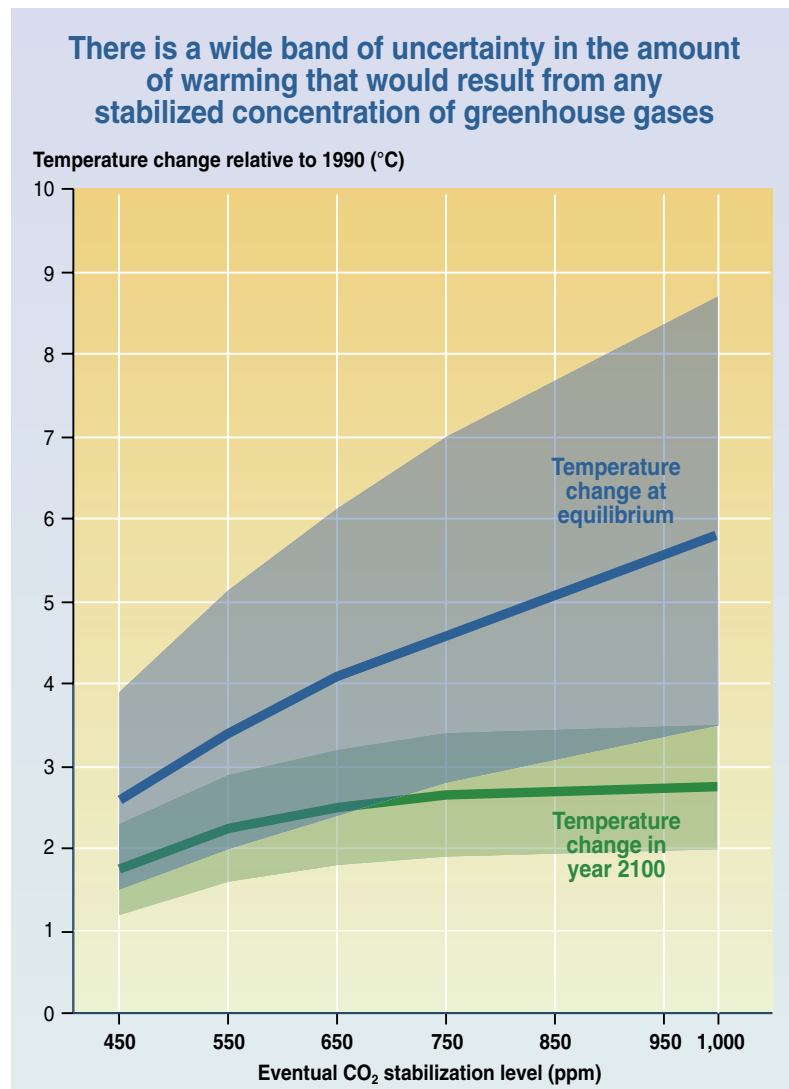
Fodnote 4. Den globale ligevægts-gennemsnitstemperaturs reaktion på en fordobling af den atmosfæriske koncentration af kuldioxid bruges ofte som et mål for klimafølsomheden. Temperaturerne, der er vist i figur SPM-6 og SPM-7, er udledt fra en simpel model, som er kalibreret til at give den samme reaktion som en række komplekse modeller med klimafølsomheder rækkende fra 1,7 til 4,2 °C. Dette område er sammenligneligt med det almindeligt accepterede område på 1,5 - 4,5 °C.

**Figur SPM-6.**

Stabilisering af CO₂-koncentrationen vil kræve væsentlige reduktioner i udledningerne i forhold til det nuværende niveau og vil nedsætte hastigheden af den globale opvarmning.

- c) **CO₂-udledninger:** Tidsforløb for CO₂-udledninger, som vil føre til en stabilisering af CO₂-koncentrationen i atmosfæren på forskellige niveauer, er beregnede ud fra WRE-stabiliseringsprofilerne ved hjælp af modeller for kulstofkredsløb. De skyggede områder viser usikkerhedsområdet.
- a) **CO₂-koncentrationer:** Figuren viser de CO₂-koncentrationer, der er specificeret for WRE-profilerne.
- b) **Ændringer i den globale gennemsnitstemperatur:** Temperaturændringerne er beregnet ved brug af en simpel klimamodel for WRE-profilerne. Opvarmningen fortsætter efter det tidspunkt, hvor CO₂-koncentrationerne er stabiliserede (vist med sorte pletter), men med en meget nedsat hastighed. Det antages, at udledningerne af andre gasser end CO₂ følger SRES A1B fremskrivningen indtil år 2100 og derefter er konstante. Dette scenario er valgt, da det ligger midt i spektret af SRES scenarier. De stiplede linier viser de fremskrevne temperaturændringer for S-profilerne (ikke vist i figur (a) eller (b)). Det skyggede areal viser virkningen af et følsomhedsområde på tværs af de fem stabiliseringsvalg. De farvede linier på den højre side af figuren viser usikkerheder for hvert stabiliseringsvalg i år 2300. Rude-figurerne til højre for linierne viser den gennemsnitlige ligevægtstilstand for opvarmningen (på meget lang sigt) for hvert CO₂-stabiliseringsniveau. Til sammenligning er der også vist CO₂-udledninger, koncentrationer og temperaturændringer for tre af SRES scenarierne [Q6 figur 6-1]

på 450 ppm og til fra 3,5 til 8,7°C over 1990-niveauet for en stabilisering på 1.000 ppm ⁵. Yderligere er der for bestemte temperaturstabiliseringsmål et bredt usikkerhedsområde forbundet med det krævede stabiliseringsniveau for drivhusgaskoncentrationerne (se figur SPM-7). Det niveau, som det er nødvendigt at stabilisere CO₂-koncentrationen på for en given temperatur, afhænger også af niveauet af ikke-CO₂-gasser. [Q 6.6]



Figur SPM-7. Stabilisering af CO₂-koncentrationen vil formindske opvarmningen, men i et usikkert omfang. Som i figur SPM-6 er temperaturændringerne i forhold til 1990 i (a) år 2100 og (b) ved ligevægt beregnet ved hjælp af en simpel klimamodel for WRE-profilerne. Det laveste og det højeste skøn for hvert stabiliseringsniveau bygger på en klimafølsomhed på henholdsvis 1,7 og 4,2°C. Centerlinien er gennemsnittet af det laveste og det højeste skøn. [Q6 figur 6-2]

Fodnote 5. I alle disse scenarier er bidraget til ligevægtsopvarmningen fra andre drivhusgasser og aerosoler 0,6 °C med en lav klimafølsomhed og 1,4°C med en høj klimafølsomhed. Den medfølgende stigning i klimapåvirkningen svarer til stigningen ved et tillæg på 28% i slutkoncentrationen af CO₂.

Havniveauet og iskapperne vil fortsætte med at reagere på opvarmningen i mange århundreder efter, at koncentrationerne af drivhusgasser er stabiliserede. Den fremskrevne vifte af havniveaustigninger på grund af varmeudvidelse er i ligevægtstilstanden på 0,5 til 2 m ved en stigning i CO₂-koncentrationen fra det førindustrielle niveau på 280 ppm til 560 ppm og på 1 til 4 m ved en stigning fra 280 til 1.120 ppm. Den observerede stigning i det 20. århundrede var på mellem 0,1 og 0,2 m. Den fremskrevne stigning vil blive større, hvis virkningerne af øgede koncentrationer af andre drivhusgasser også tages med i betragtning. Der er andre bidrag til stigningen i havniveauet ved tidsforløb på århundreder til årtusinder. De modeller, der er vurderet i TAR, forudser en havniveaustigning på adskillige meter fra polernes iskapper (se spørgsmål 4) og fra andre ismasser på landjorden selv ved et stabiliseringsniveau på 550 ppm CO₂-ækvivalent. [Q 6.8]

Reduktion af udledningerne af drivhusgasser (for at stabilisere deres atmosfæriske koncentrationer vil forsinke og reducere skader forårsaget af klimaændringer. [Q 6.9]

Tiltag for at reducere drivhusgasudledninger (udledningsbegrænsninger) vil mindske presset på naturlige og menneskeskabte systemer forårsaget af klimaændringer. En mindre stigningshastighed i den globale gennemsnitstemperatur og i havniveauet vil give mere tid til tilpasning. Af samme grund forventes begrænsningstiltag at forsinke og reducere skader forårsaget af klimaændringer og på den måde give miljømæssige og samfundsøkonomiske fordele. Begrænsningstiltag og de dermed forbundne omkostninger er vurderet i svaret på spørgsmål 7. [Q 6..10]

Begrænsningstiltag med henblik på at stabilisere de atmosfæriske koncentrationer af drivhusgasser på lavere niveauer vil give større fordele i form af færre skader. Stabilisering på lavere niveauer reducerer risikoen for at overskride temperaturtærskler i biofysiske systemer, hvor sådanne eksisterer. Stabilisering af CO₂ på f.eks. 450 ppm beregnes at give en stigning i den globale gennemsnitstemperatur i år 2100, der er 0,75 til 1,25°C lavere end den, der er beregnet for en stabilisering på 1.000 ppm (se figur SPM-7). I ligevægtstilstanden er forskellen på mellem 2 og 5°C. Den geografiske udstrækning af skader på eller tab af naturlige systemet og antallet af påvirkede systemer stiger med størrelsen og hastigheden af klimaændringerne og vil være mindre ved et lavere stabiliseringsniveau. Tilsvarende forventes alvoren af konsekvenserne af klimaekstremer at blive mindre ved et lavere stabiliseringsniveau, færre områder vil lide under skadelige nettopåvirkninger af markedssektoren, de samlede globale virkninger vil blive mindre, og risikoen for storskala-begivenheder med store konsekvenser vil blive reduceret. [Q 6.11]

Sammenfattende, kvantitative beregninger af fordelene ved en stabilisering på forskellige niveauer af atmosfæriske koncentrationer af drivhusgasser eksisterer endnu ikke. Der er gjort fremskridt, når det drejer sig om at forstå den kvalitative karakter af klimaændringernes virkninger. På grund af usikkerheder i klimafølsomhed og usikkerheder omkring den geografiske og sæsonmæssige fordeling af de fremskrevne ændringer i temperatur, nedbør og klimatiske variable og klimatiske fænomener kan virkningerne af klimaændringerne ikke fastlægges specifikt for de individuelle udledningsscenarier. Der er også usikkerheder omkring nøgleprocesser, følsomheder og den tilpasningsmæssige kapacitet i forskellige systemer over for klimaændringer. Hertil kommer, at virkninger som ændringer i sammensætning og funktion af økologiske systemer, udryddelse af arter,

ændringer i den menneskelige sundhedstilstand og skævheder i fordelingen af konsekvenserne over forskellige befolkningsgrupper ikke umiddelbart kan udtrykkes ved hjælp af økonomiske eller andre fælles enheder. På grund af disse begrænsninger er fordelene ved forskellige tiltag for at reducere koncentrationerne af drivhusgasserne, herunder tiltag for at stabilisere drivhusgaskoncentrationerne på bestemte niveauer, ukomplet beskrevet og kan ikke sammenlignes direkte med begrænsningsomkostningerne for at beregne den økonomiske nettovirkning af udledningsbegrænsninger. [Q 6.12]

Tilpasning er en nødvendig strategi på alle niveauer for at supplere tiltag for at begrænse klimaændringer. Sammen kan de bidrage til mål for en bæredygtig udvikling. [Q 6.13]

Tilpasning kan supplere udledningsbegrænsninger i en kosteffektiv strategi for at reducere risiciene ved klimaændringer. Reduktioner af drivhusgasudledninger, selv stabilisering af deres koncentrationer på et lavt niveau, vil hverken fuldstændigt forhindre klimaændringer eller havstigning eller fuldstændigt forhindre deres virkninger. Mange tilpasningsreaktioner vil ske som svar på det ændrede klima og det stigende havniveau og har allerede fundet sted. Endvidere vil udvikling af planlagte tilpasningsstrategier til at klare risici og udnytte muligheder kunne supplere begrænsningstiltag for at mindske virkningerne af klimaændringerne. Tilpasning vil imidlertid medføre omkostninger og vil ikke kunne hindre alle skader. Omkostningerne ved tilpasning kan mindskes ved begrænsningstiltag, som nedsætter hastigheden og reducerer de klimaændringer, systemerne ellers ville være udsat for. [Q 6.14-15]

Påvirkningerne fra klimaændringerne fremskrives til at få forskellige virkninger i og mellem de enkelte lande. Den udfordring, der ligger i at klare klimaændringer, rejser vigtige spørgsmål omkring lighed. Begrænsnings- og tilpasningstiltag kan, hvis de er passende tilrettelagt, fremskynde bæredygtig udvikling og lighed både inden for og mellem lande og generationer. En reduktion af den fremskrevne stigning i klimaets ekstremer forventes at komme alle lande tilgode, specielt udviklingslandene, som anses for at være mere sårbare over for klimaændringer end udviklede lande. En begrænsning af klimaændringerne vil også mindske risikoen fra den nuværende generations handlinger for fremtidige generationer. [Q 6.16-18]

Spørgsmål 7

Hvad ved vi om mulighederne for reduktioner samt omkostninger, gevinster og tidsperspektiv ved reduktion af udledningerne af drivhusgasser?

- Hvad er de økonomiske og sociale omkostninger og gevinster samt lighedsimplikationerne ved forskellige politikker og reguleringer af politikker og mål og for Kyoto Protokollens mekanismer, som kan overvejes med henblik på at håndtere klimaændringer regionalt og globalt?
- Hvilke forsknings- og udviklingsmæssige valgmuligheder, investeringer og andre politikker vil tilsammen være de mest effektive for at styrke udviklingen og ibrugtagning af teknologier, som retter sig imod klimaændringer?

- Hvilke økonomiske og andre politiske valg kan være relevante for at fjerne eksisterende og potentielle barrierer og stimulere overførsel og ibrugtagning af teknologier fra den private og den offentlige sektor mellem lande, og hvilken virkning kan det få for de fremskrevne udledninger?
- Hvordan vil den tidsmæssige koordinering af de ovennævnte valg påvirke de økonomiske omkostninger og gevinster og de atmosfæriske koncentrationer af drivhusgasser over det næste århundrede og senere?

Der er mange muligheder, inklusive teknologiske muligheder, for at reducere udledninger på kort sigt, men der eksisterer barrierer for at tage dem i brug. [Q 7.2-6]

Der er gjort væsentlige tekniske fremskridt, der er relevante for mulighederne for at reducere udslippene af drivhusgasser, siden SAR i 1995, og disse fremskridt har været større end forventet. Netto-udledningsreduktioner kan opnås ved en bred sammensætning af teknologier (f.eks. en større effektivitet ved produktion og forbrug af energi, skift til lav- eller ikke-drivhusgasudledende teknologier, fjernelse og oplagring af kulstof samt forbedret arealudnyttelse, ændret arealudnyttelse og ændrede skovbrugsmetoder). Der sker fremskridt inden for en lang række teknologier på en lang række udviklingsstadier, omfattende lige fra markedsintroduktion af vindmøller og hurtig eliminering af industrielle gasser knyttet til biprodukter, til fremskridt inden for brændselscelleteknologi og demonstration af oplagring af CO₂ i undergrunden. [Q 7.3]

Succesfuld implementering af mulighederne for at begrænse udledninger af drivhusgasser, må overvinde tekniske, økonomiske, politiske, kulturelle, sociale, adfærdsmæssige og/eller institutionelle barrierer, som forhindrer den fulde udnyttelse af de teknologiske, økonomiske og sociale muligheder ved disse muligheder. De potentielle muligheder for begrænsning og typerne af barrierer varierer efter region og sektor og over tiden. Dette skyldes de store forskelle i begrænsningskapacitet. De fleste lande kunne have fordele af innovativ finansiering, social oplæring og fornyelse, reform af institutioner samt fjernelse af handelsbarrierer og udryddelse af fattigdom. Endvidere ligger de fremtidige muligheder i de industrialiserede lande først og fremmest i at fjerne sociale og adfærdsmæssige barrierer, i lande med overgangsøkonomier, i prisreformer og i udviklingslande i prisreformer, øget adgang til data og information, adgang til avancerede teknologier, finansielle ressourcer og træning og kapacitetsopbygning. Imidlertid kan der være fordelagtige muligheder for de enkelte lande ved at fjerne specifikke kombinationer af barrierer. [Q 7.6]

National klimapolitik kan være mere effektiv, hvis den udvikles som en portefølje af politiske instrumenter til at begrænse eller reducere nettoudledningerne af drivhusgasser. Porteføljen kan - alt efter nationale forhold - inkludere udlednings-/kulstof-/energiskatter, omsættelige eller ikke-omsættelige tilladelser, politikker for arealudnyttelse, indførelse og/eller fjernelse af subsidier, pant eller genbrugssystemer, teknologi- eller effektivitetsstandarder, energimixkrav, produktforbud, frivillige aftaler, offentligt forbrug og investeringer samt støtte til forskning og udvikling. [Q 7.7]

Omkostningsopgørelser baseret på forskellige modeller og studier varierer af mange årsager. [Q 7.15-19]

Af mange forskellige grunde er specifikke, kvantitative vurderinger af omkostninger forbundet medknyttet til udledningsbegrænsninger forbundet med betydelige forskelle og usikkerheder. Omkostningsvurderinger varierer på grund af (a) den metode⁶, der bruges i undersøgelsen og (b) de underliggende faktorer og forudsætninger, der er bygget ind i undersøgelsen. Inddragelse af nogle faktorer vil føre til lavere vurderinger og andre til højere vurderinger. Inddragelse af flere drivhusgasser, binding af kulstof, fremskyndede, indbyggede teknologiske fremskridt og handel med udledninger⁷ kan sænke omkostningsvurderingerne. Nogle undersøgelser tyder ydermere på, at nogle kilder til udledninger af drivhusgasser kan begrænses uden eller med negative netto-omkostninger for samfundet, når politiske tiltag kan udnytte "no-regret" muligheder såsom korrektion af markedsfejl, inddragelse af indirekte gevinster og effektiv (gen)anvendelse af skatteindtægter. Internationalt samarbejde, som gør omkostningseffektive udledningsreduktioner lettere, kan sænke omkostningerne ved udledningsbegrænsninger. På den anden side kan indregning af kortsigtede chok i makro-økonomien, begrænsninger i brugen af hjemlige og internationale markedsmekanismer, høje transaktionsomkostninger, inddragelse af afledte omkostninger og ineffektive måder at (gen)anvende skatteindtægter øge de opgjorte omkostninger. Da ingen analyser inddrager alle de relevante faktorer, som påvirker omkostningerne ved udledningsbegrænsninger, vil omkostningsvurderingerne ikke nødvendigvis reflektere de faktiske omkostninger ved at iværksætte tiltag for at begrænse udledninger. [Q 7.14]

Studier, undersøgt i TAR, peger på væsentlige muligheder for at sænke omkostningerne ved udledningsbegrænsninger. [Q 7.15-26]

"Bottom-up" studier peger på, at der eksisterer væsentlige muligheder for udledningsbegrænsninger med lave omkostninger. Ifølge "bottom-up" studier kan der opnås globale udledningsreduktioner på 1,9-2,6 GtCeq (gigaton kulækvivalenter) og 3,6-5,0 GtCeq per år⁸ i år 2010 henholdsvis 2030. Halvdelen af disse potentielle udledningsreduktioner kan nås i år 2020 samtidig med direkte økonomiske fordele (værdien af energibesparelser), som er større end de direkte omkostninger (nettokapital-omkostninger, drift og vedligeholdelse) og den anden halvdel for en direkte nettoomkostning på op til 100 US\$ per tCeq (i 1998 priser). Disse skøn for de direkte nettoomkostninger er baseret på beregninger med en diskontorentefod på mellem

Fodnote 6. SAR beskrev to slags indfaldsvinkler til at vurdere omkostninger: "bottom-up" indfaldsvinklen, som bygger på en vurdering af specifikke teknologier og sektorer, og "top-down" modelstudier, som tager udgangspunkt i makroøkonomiske sammenhænge. Se boks 7-1 i Synteserapporten.

Fodnote 7. En markedsbaseret indgangsvinkel til at opnå miljømæssige mål, som tillader, at de, som reducerer deres udledninger mere end, hvad der er krævet, kan bruge eller handle deres overskydende reduktioner for på den måde at opveje udledninger fra en anden kilde inden for eller uden for landet. Her er begrebet brugt bredt til at omfatte handel med udledningstilladelser samt projektbaseret samarbejde.

Fodnote 8. Vurderingerne af udledningsreduktioner refererer til en basisudvikling svarende i størrelse til SRES B2 scenariet.

5-12 procent svarende til diskonto-renter, der anvendes i den offentlige sektor. Forrentningen af private investeringer varierer kraftigt og er ofte væsentligt højere, hvilket har indflydelse på, hvor hurtigt den private sektor tager disse teknologier i anvendelse. Afhængigt af scenariet for drivhusgasudledningerne kan dette skøn over reduktionspotentiale muliggøre en reduktion af de globale udledninger i 2010-2020 til at være under 2000-niveauet med de anførte nettoomkostninger. Realiseringen af en sådan reduktion indebærer en række yderligere implementeringsomkostninger, som i nogle tilfælde kan være af en væsentlig størrelsesorden, eventuelle understøttende politikker, øget forskning og udvikling, effektiv teknologioverførsel såvel som overvindelse af andre barrierer. De forskellige globale, regionale, sektor- og projektanalyser, som er vurderet i WGIII TAR, dækker forskellige analyseområder og bygger på forskellige forudsætninger. Der eksisterer ikke undersøgelser for alle sektorer og regioner. [Q 7.15-16]

Skove, landbrugsland og andre landbaserede økosystemer repræsenterer væsentlige muligheder for begrænsning af klimaændringer gennem kulstofbinding. Bevarelse og optagelse af kulstof vil, selv om disse begrænsninger ikke nødvendigvis vil være permanente, kunne medvirke til at øge tidshorisonten for en yderligere udvikling og implementering af andre muligheder.

Biologisk begrænsning kan ske ved hjælp af tre forskellige strategier: (a) Bevarelse af de eksisterende kulstoflagre, (b) optag af kulstof ved at øge de eksisterende lagre⁹, og (c) erstatning med bæredygtigt producerede, biologiske produkter. Det globale potentiale for biologiske begrænsningsmuligheder ligger i størrelsesordenen 100 GtC (kumulativt) i år 2050, svarende til omkring 10-20% af de potentielle udledninger fra fossile brændsler i perioden, selvom der er væsentlige usikkerheder forbundet med dette skøn. Realisering af dette potentiale afhænger af tilgængeligheden af land og vand såvel som af den hastighed, hvormed indførelsen af jordforvaltningsmetoder sker. Det største biologiske potentiale for atmosfærisk kulstofbegrænsning findes i de subtropiske og tropiske områder. De i dag rapporterede skønnede omkostninger ved biologiske begrænsningsmetoder varierer væsentligt fra 0,1 US\$ til ca. 20 US\$ pr. tC i flere tropiske lande og fra 20 US\$ til 100 US\$ pr. tC i ikke-tropiske lande. De anvendte metoder til finansielle analyser og kulstofregnskab er ikke sammenlignelige. Hertil kommer, at beregningerne af omkostningerne i flere tilfælde ikke dækker bl.a. omkostninger til infrastruktur, alle renteudgifter, overvågning og kontrol, dataindsamling og iværksættelse som omkostninger, landomkostninger, der tager højde for alternativt afkast, samt vedligeholdelse eller andre tilbagevendende omkostninger, som ofte udelades eller overses. Den lave ende af omkostningsskalaen skønnes derfor at have præg af en undervurdering, men forståelsen og behandlingen af omkostningerne er dog blevet forbedret med tiden. Biologiske begrænsningsvalg kan reducere eller øge udledninger af ikke-drivhusgasser. [Q 7.4 & 7.16]

Opgørelserne af omkostningsvurderingerne ved at implementere Kyoto Protokollen for Annex B lande varierer fra studie til studie og mellem regioner og afhænger bl.a. især af forudsætningerne vedrørende brugen af Kyoto mekanismerne og deres samspil

Fodnote 9. Ændret arealudnyttelse kan påvirke den atmosfæriske CO₂-koncentration. Hvis al det kulstof, der er udløst ved de historiske ændringer af arealudnyttelsen, hypotetisk set kunne tilbagegives til den terrestriske biosfære i løbet af dette århundrede (f.eks. ved genplantning af skove) ville koncentrationen af CO₂ blive reduceret med 40-70 ppm.

med nationale reduktionsforanstaltninger (se figur SPM-8 for en sammenligning af de regionale Annex II begrænsningsomkostninger). Den altovervejende del af de globale analyser, som har beregnet og sammenlignet disse omkostninger, bruger internationale energiøkonomi modeller. Ni af disse analyser peger på følgende påvirkninger på BNP. Uden anvendelse af handel med udledningskvoter mellem Annex B lande viser analyserne en reduktion af det forventede BNP¹⁰ på omkring 0,2 til 2% i år 2010 for forskellige Annex II regioner. Ved fuld handel med udledningskvoter (emissions trade) mellem Annex B lande bliver den skønnede reduktion i år 2010 mellem 0,1 og 1,1%. De globale modelanalyser, der er omtalt ovenfor, viser nationale marginalomkostninger forbundet med at leve op til Kyoto-målene på fra ca. 20 US\$ op til 600 US\$ pr. tC uden handel med udledningskvoter og fra ca. 15 US\$ til ca. 150 US\$ pr. tC med Annex B handel. I de fleste lande med overgangsökonomier rækker BNP-effekten fra at være ubetydelig til en stigning på flere procent. For nogle overgangsökonomier vil en iværksættelse af Kyoto Protokollen imidlertid have en tilsvarende effekt på BNP som for Annex II lande. Da disse studier blev gennemført, inkluderede de fleste modeller ikke binding af kulstof, andre drivhusgasser end CO₂, Clean Development Mechanisms (CDM), negative omkostningsvalg, afledte gevinster eller målrettet tilbageføring af afgiftsprovenuier. En inkludering af disse elementer ville reducere omkostningerne. På den anden side indeholder modellerne forudsætninger, som underdriver omkostningerne, fordi de antager fuld brug af handel med udledninger uden transaktionsomkostninger både inden for og mellem Annex B lande, og de går ud fra, at begrænsningsmetoderne vil være fuldstændigt effektive, og at økonomierne begynder at indstille sig på at leve op til Kyoto målene mellem 1990 og år 2000. Omkostningsreduktioner fra Kyoto Mekanismerne vil afhænge af detaljerne ved iværksættelsen, herunder foreneligheden mellem hjemlige og internationale mekanismer og transaktionsomkostninger. [Q 7.17-18]

Udledningsbegrænsninger i Annex I lande har veletablerede omkostninger end varierende “spill-over” effekter ¹¹ på ikke-Annex I lande. Analyser viser reduktioner i de fremskrevne BNP og reduktioner i de fremskrevne olieindtægter for olieeksporterende ikke-Annex I lande. Den analyse, der når frem til de laveste omkostninger, viser reduktioner på 0,2% i den fremskrevne BNP uden udledningshandel og mindre end 0,05% i den fremskrevne BNP med Annex B kvotehandel i år 2010-¹². Det studie, som rapporterer de højeste omkostninger, viser, at de forventede indtægter ved salg af olie vil falde med 25% uden handel med udledninger og med 13% med Annex B

Fodnote 10. De beregnede BNP-reduktioner er relative set i forhold til hver models fremskrevne BNP-basislinie. Modellerne vurderer kun reduktioner i CO₂. I modsætning hertil inkluderer beregninger citeret ovenfor fra “bottom-up” analyserne alle drivhusgasser. Mange målestokke kan bruges til at afspejle omkostninger. Hvis f.eks. de udviklede landes årlige omkostninger forbundet med at leve op til Kyoto målene med fuld Annex B handel, ligger i størrelsesordenen 0,5% af BNP, repræsenterer dette 125 milliarder US\$ pr. år eller 125 US\$ pr. person pr. år i 2010 i Annex II (SRES-antagelser). Dette svarer til en virkning på den økonomiske vækstrate på mindre end 0,1 procentpoint.

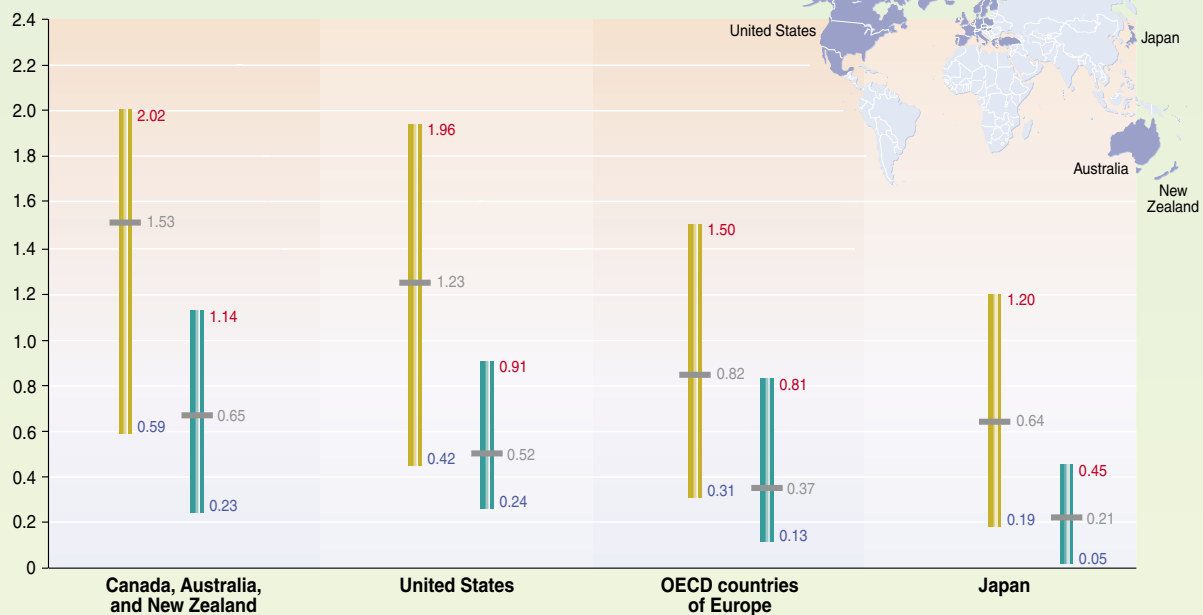
Fodnote 11. “Spill-over” effekter omfatter kun økonomiske effekter, ikke miljømæssige effekter.

Fodnote 12. Disse beregnede omkostninger kan udtrykkes som forskelle i BNP vækstraterne i perioden 2000-2010. Uden omsættelige kvoter reduceres BNP vækstraten med 0,02 procentpoint per år; med Annex B omsættelige kvoter reduceres vækstraten med mindre end 0,005 procentpoint per år.

Projections of GDP losses and marginal cost in Annex II countries in the year 2010 from global models

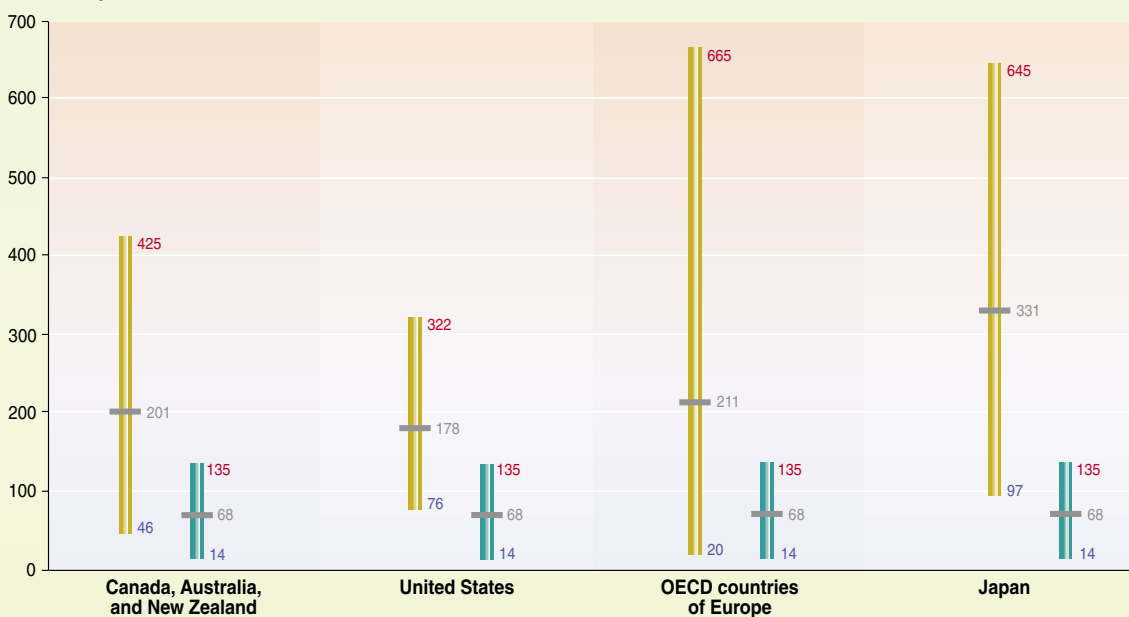
(a) GDP losses

Percentage of GDP loss in the year 2010



(b) Marginal cost

1990 US\$ per t C



Range of outcomes for two scenarios

■ Absence of international trade in carbon emissions rights: each region must take the prescribed reduction

■ Full Annex B trading of carbon emissions rights permitted

The three numbers on each bar represent the highest, median, and lowest projections from the set of models.

Figur SPM-8.

Fremskrivninger af BNP-tab og marginale omkostninger i Annex II lande i år 2010 på grundlag af globale modeller: (a) BNP-tab og (b) marginale omkostninger. Reduktioner i den fremskrevne BNP gælder for år 2010 i forhold til modellernes reference-BNP. Vurderingerne er baseret på resultater fra ni "model-grupper", som deltog i et "Energy Modelling Forum" studie. Fremskrivningerne vist i figuren er for de fire regioner, som udgør Annex II. Modellerne undersøgte to scenarier. I det første gennemfører hver region den foreskrevne reduktion udelukkende ved handel med udledninger inden for regionen. I det andet er Annex B-handel tilladt, og derved bliver marginalomkostningerne ens for alle regioner. For hver situation eller region

er vist maksimums-, minimums- og middelværdien for alle modeller af de beregnede marginalomkostninger. De underliggende nøglefaktorer, forudsætninger og usikkerheder for studierne er vist i tabel 7-3 og boks 7-1 i den underliggende rapport (Synteserapporten) [Q 7.18-19]

handel med udledninger i år 2010. Disse analyser tager ikke hensyn til politikker og tiltag ud over Annex B kvotehandel, som kunne formindske virkninger for ikke-Annex I, olieeksporterende lande. Virkningerne for disse lande kan reduceres yderligere ved at fjerne subsidier til fossile brændsler, en omstrukturering af energiskatterne med udgangspunkt i kulstofindholdet, øget brug af naturgas og en diversificering af økonomierne i ikke-Annex I, olieeksporterende lande. Andre ikke-Annex I lande kan blive påvirket ugunstigt ved nedgang i deres eksport til Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) lande og ved øget pris på de kulstof-intensive og andre produkter, de fortsætter med at importere. Disse andre ikke-Annex I lande kan have fordel af en reduktion af brændselspriser, øget eksport af kulstof-intensive produkter og overførsel af miljøvenlige teknologier og know-how. En mulig flytning af nogle kulstof-intensive industrier til ikke-Annex I lande og mere generelle virkninger på international handel som følge af ændrede priser kan føre til kulstoflækager¹³ i størrelsesordenen 5-20%. [Q 7.19]

Teknologiudvikling og -spredning er vigtige dele af en omkostningseffektiv stabilisering. [Q 7.9-12 & 7.23]

Udvikling og overførsel af miljømæssigt sunde teknologier kan spille en kritisk rolle med hensyn til at reducere omkostningerne ved at stabilisere koncentrationerne af drivhusgasser. Teknologioverførsel mellem lande og regioner kan udvide de mulige valg på regionalt niveau. Stordriftsfordele og erfaringer ved teknologianvendelse vil sænke omkostningerne ved indpasning af de nye teknologier. Ved hjælp af en sund økonomisk politik og reguleringsmæssige rammer, gennemskuellighed og politisk stabilitet kan regeringer skabe et miljø, der muliggør overførsel af teknologier i den private og den offentlige sektor. En passende menneskelig og organisatorisk kapacitet er vigtig på alle trin for at øge flowet og forbedre kvaliteten af teknologioverførslerne. Hertil kommer, at netværk mellem private og offentlige interessenter samt fokusering på produkter og teknikker med flere afledte gevinster, som imødekommer eller passer ind i lokale udviklingsmæssige behov og prioriteringer, er essentielle for den mest effektive teknologioverførsel. [Q7.9-12 & 7.23]

Lavere udledningsscenarier kræver ændrede mønstre for udvikling af energiresourcer og en øget energiforskning og -udvikling for at hjælpe med til at fremskynde udvikling og ibrugtagning af avancerede, miljømæssigt sunde energiteknologier. Udledninger af CO₂ på grund af afbrænding af fossile brændsler vil næsten med sikkerhed få en afgørende indflydelse på udviklingstendensen for de atmosfæriske koncentrationer af CO₂ i det 21. århundrede. De resourcedata, der er vurderet i TAR, kan medføre en ændring i sammensætningen af

Fodnote 13. "Kulstof-lækage" (carbon leakage) defineres her som en stigning i udledningerne i ikke-Annex B lande forårsaget af implementering af reduktioner i Annex B, udtrykt som en procentdel af Annex B reduktionerne.

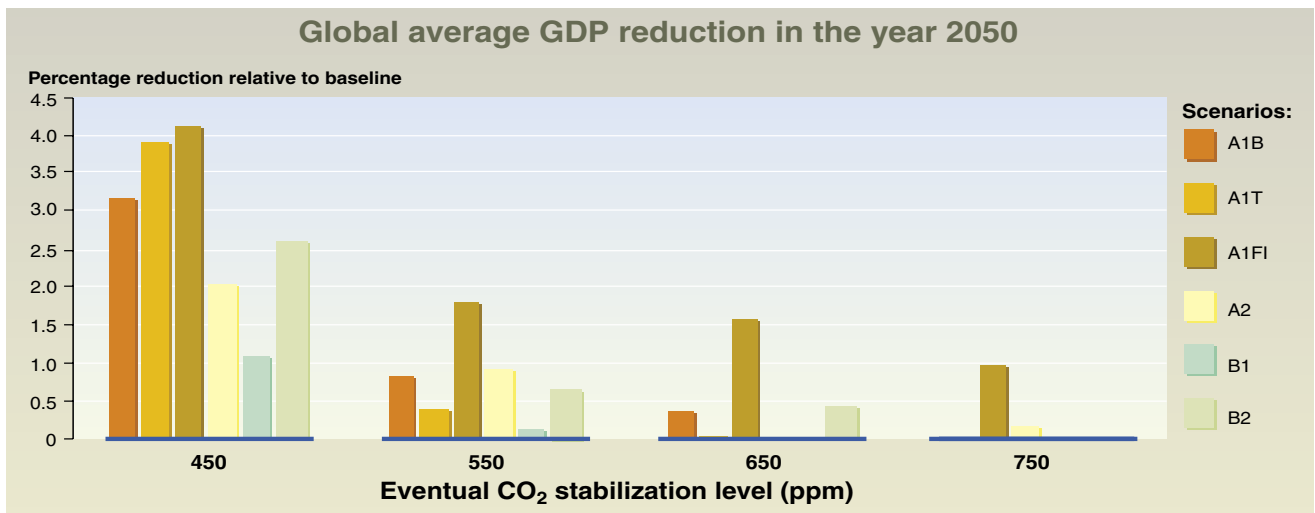
energikilder og introduktion af nye energikilder i løbet af det 21. århundrede. Valget af energimix (sammensætning af energikilder) og de dermed forbundne teknologier og investeringer - enten i højere grad i retning af udnyttelse af ikke-konventionelle olie- og gasressourcer eller i retning af ikke-fossile energikilder eller fossile energiteknologier med opfangning og lagring af kulstof - vil bestemme, hvorvidt og i givet fald på hvilket niveau og til hvilken omkostning koncentrationen af drivhusgasser kan stabiliseres. [Q 7.27]

Både vejen til stabilisering og selve stabiliseringsniveauet er bestemmende for omkostningerne ved en udledningsbegrænsning¹⁴. [Q 7.24-25]

Den kurs, der følges for at opnå et bestemt stabiliseringsmål, vil påvirke omkostningerne ved en udledningsbegrænsning (se figur SPM-9). Et gradvist skift væk fra verdens nuværende energisystem hen imod en mindre kulstofudledende økonomi vil minimere omkostningerne forbundet med en for tidlig nedlæggelse af det eksisterende kapitalapparat og vil give tid til teknologiudvikling og undgå en for tidlig fastlåsning til tidlige udgaver af hurtigt udviklende lav-udledningsteknologier. På den anden side vil hurtigere, mere kortsigtede tiltag øge fleksibiliteten, når det drejer sig om at bevæge sig imod stabilisering, mindske miljømæssige og menneskelige risici og omkostninger forbundet med de fremskrevne klimaændringer. Det vil også kunne stimulere til en hurtigere udnyttelse af eksisterende lav-udledningsteknologier og på kort sigt give et stærkt incitament til fremtidige teknologiske ændringer. [Q 7.24]

Analyser viser, at omkostningerne ved at stabilisere CO₂-koncentrationen i atmosfæren stiger med stadig mere vidtgående mål for drivhusgasstabilisering. Forskellige forudsætninger om basisscenariet, dvs. udviklingen i udledninger uden reduktionstiltag, kan have stor indflydelse på de absolutte omkostninger (se figur SPM-9). Mens der er en moderat stigning i omkostningerne ved at gå fra et stabiliseringsniveau på 750 ppm til et niveau på 550 ppm, vil der være en større stigning i omkostningerne ved at gå fra 550 til 450 ppm, medmindre udledningerne i basisscenariet er meget små. Selvom modelfremskrivningerne viser, at den globale vækst i BNP på lang sigt ikke påvirkes væsentligt af udledningsbegrænsninger hen imod stabilisering, afspejler de ikke de større variationer, der kan forekomme i kortere tidsperioder og i sektorer eller regioner. Disse analyser indarbejdede ikke mulighederne for kulstofoptagelse og undersøgte ikke den mulige afledte virkning på teknologiske ændringer, der kan fremkomme ved mere ambitiøse mål for reduktion. Spørgsmålet om usikkerhed får desuden en stigende betydning efterhånden, som tidsrammen udvides. [Q 7.25]

Fodnote 14. Se spørgsmål 6 for en diskussion af konsekvenserne af klimaændringer.



Figur SPM-9.

Vejledende sammenhænge i år 2050 mellem den relative reduktion af BNP på grund af aktiviteter til begrænsning af udledninger, SRES-scenarier og stabiliseringsniveau. Reduktionen i BNP tenderer imod at stige med strengere krav til stabiliseringsniveau, men omkostningerne er meget følsomme over for valget af basisscenarier. Disse fremskrivninger af begrænsningsomkostninger medregner ikke de potentielle fordele ved undgåede klimaændringer (mere information i figur 7-4 i den underliggende rapport). [Q 7.25]

Spørgsmål 8

Hvad ved vi om samspillet mellem de fremskrevne, menneskeskabte ændringer i klimaet og andre miljøspørgsmål (f.eks. luftforurening i byer, regional forsurening, tab af biodiversitet, stratosfærisk ozonnedbrydning samt ørkendannelse og jordforringelse)? Hvad ved vi om de miljømæssige, sociale og økonomiske omkostninger og gevinster samt virkningerne af samspillet mellem dem, når det drejer sig om at integrere strategier for begrænsning af klimaændringer på en retfærdig måde i strategier for en bæredygtig udvikling på lokalt, regionalt og globalt niveau?

Lokale, regionale og globale miljøspørgsmål er uløseligt forbundne med og påvirker en bæredygtig udvikling. Der er derfor synergistiske muligheder i at udvikle mere effektive indsatser over for disse miljøspørgsmål, som styrker gevinsterne, reducerer omkostninger og imødekommer menneskelige behov på en mere bæredygtig måde. [Q 8.1-2]

Imødekommen af menneskelige behov vil i mange tilfælde forårsage miljømæssige forringelser, hvilket igen vil true muligheden for at imødekomme nuværende og fremtidige behov. Til eksempel kan en øget landbrugsproduktion opnås gennem øget brug af kvælstofgødning, overrisling eller omlægning af naturligt græsareal eller skove til landbrugsjord. Sådanne ændringer kan imidlertid påvirke jordens klima gennem udledning af drivhusgasser, føre til jordforringelse gennem erosion og tilsaltning af jorden samt bidrage til tab af biodiversitet og mindske kulstofoptag på grund af omdannelse og fragmentering af naturlige økosystemer. Landbrugets produktivitet

kan på sin side blive skadeligt påvirket på grund af ændringer i klimaet, specielt i troperne og i subtropene, tab af biodiversitet og ændringer på genetisk og på artsniveau samt jordforringelse på grund af tab af jordens frugtbarhed. Mange af disse ændringer har skadelig virkning for fødevarer sikkerheden og rammer de fattige uforholdsmæssigt. [Q 8.3 & 8.15]

De primære, underliggende faktorer for menneskeskabte klimaændringer er de samme som for de fleste andre miljømæssige og samfundsøkonomiske problemer - det vil sige økonomisk vækst, teknologiske ændringer over en bred front, livsstilmønstre, demografiske ændringer (befolkningstal, aldersfordeling samt ind- og udvandring) og ledelsesstruktur. Disse kan give anledning til:

- Øget efterspørgsel efter naturressourcer og energi.
- Markedsfejl, herunder subsidier, som fører til ineffektiv brug af ressourcer, og som optræder som barrierer for, at miljømæssigt sunde teknologier kan trænge ind på markedet, manglende erkendelse af den sande værdi af naturressourcer, manglende mulighed for at afsætte naturressourcer på det lokale marked til deres globale værdi, og manglende evne til at inddrage omkostningerne ved miljømæssige gener i markedsprisen på en ressource.
- Begrænset tilgængelighed og overførsel af teknologi, ineffektiv udnyttelse af teknologier og utilstrækkelige investeringer i forskning og udvikling i fremtidens teknologier.
- Manglende evne til at styre brugen af naturressourcer og energi hensigtsmæssigt.

[Q 8.4]

Klimaændringer påvirker miljømæssige problemer som tab af biodiversitet, ørkendannelse, stratosfærisk ozonnedbrydning, ferskvandstilgængelighed og luftkvalitet, og omvendt bliver klimaændringerne påvirket af mange af disse problemer. Til eksempel fremskrives klimaændringer til at forværre lokal og regional luftforurening og forsinke gendannelsen af det stratosfæriske ozonlag. Hertil kommer, at klimaændringer også kan påvirke produktiviteten og sammensætningen i terrestriske og vand-økosystemer med et potentielt tab af både genetiske- og artsvariationer til følge. Klimaændringer kan også accelerere forringelse af jorden og kan forværre problemer forbundet med mængden og kvaliteten af ferskvand i mange områder. Omvendt vil lokal og regional luftforurening, stratosfærisk ozonnedbrydning, ændringer i økosystemer og jordforringelse kunne påvirke jordens klima ved at ændre kilder for og binding af drivhusgasser og atmosfærens strålingsbalance og overfladens refleksionsevne over for sollys (albedo). [Q 8.5-20]

Sammenhængen mellem lokale, regionale og globale miljøproblemer og deres betydning for opfyldelse af menneskelige behov giver mulighed for at udnytte synergier i forbindelse med indsatsområder og for at reducere sårbarheden over for klimaændringer, selvom der kan være tilfælde, hvor der er en modsætning mellem løsning af de forskellige problemer. Flere miljømæssige og udviklingsmæssige mål kan nås på en gang ved at vælge at bruge et bredt spektrum af teknologier, politikker og foranstaltninger, som eksplicit anerkender de uløselige sammenhænge mellem miljømæssige problemer og menneskelige behov. At håndtere behovet for energi og samtidig reducere den lokale og den regionale luftforurening og de globale klimaændringer omkostningseffektivt, kræver en tværfaglig vurdering af synergier og samspil ved at dække energibehov på den mest bæredygtige måde såvel økonomisk som miljømæssigt og socialt. Udledninger af drivhusgasser kan, ligesom lokale og regionale forureningskilder, reduceres ved en mere effektiv udnyttelse af energi og ved at øge andelen af fossile brændsler

med lav kulstofudledning, avancerede fossilbrændselsteknologier (f.eks. højeffektive combined-cycle gasturbiner, brændselceller og kraftvarme) og vedvarende energiteknologier (f.eks. øget brug af miljømæssigt forsvarlige biobrændsler, vandkraft, sol-, vind- og bølgekraft). Stigningen i koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren kan ydermere reduceres ved et øget optag af kulstof gennem f.eks. plantning af ny skov, genplantning af skov, langsommere afskovning og bedre styring af skove, vådområder og landbrugsjord, hvilket kan have fordelagtige virkninger på biodiversitet, fødevareproduktion, og land- og vandressourcer. Reduceret sårbarhed over for klimaændringer kan også ofte reducere sårbarheden over for andre miljøbelastninger og omvendt. I nogle tilfælde vil der være samspil. F.eks. vil monokulturplantager i nogle udførelser føre til en nedsat biodiversitet. [Q 8.21-25]

Landes evne til at tilpasse sig og begrænse udledninger kan øges, når klimapolitikker integreres med nationale udviklingspolitikker omfattende økonomiske, sociale og andre miljømæssige dimensioner. Klimamæssige begrænsnings- og tilpasningsvalg kan give afledte gevinster, som imødekommer menneskelige behov, forbedrer velfærd og giver andre miljømæssige fordele. Lande med begrænsede økonomiske ressourcer og et lavt teknologisk niveau er ofte meget sårbare over for klimaændringer og andre miljømæssige problemer. [Q 8.26-27]

Der er et omfattende samspil mellem de miljømæssige problemer, som de multilaterale miljøaftaler retter sig imod, og synergier kan udnyttes ved implementering af aftalerne. Globale, miljømæssige problemer behandles i flere enkeltstående konventioner og aftaler såvel som i flere regionale aftaler. De kan f.eks. indeholde emner af fælles interesse og samme slags krav for at opnå generelle mål - f.eks. iværksættelsesplaner, dataindsamling og -bearbejdning, styrkelse af menneskelig og infrastrukturel kapacitet og afrapporteringsforpligtelser. For eksempel er Wienkonventionen om Beskyttelse af Ozonlaget og FN's Rammekonvention for Klimaændringer, selvom de er forskellige, videnskabeligt sammenknyttede, fordi mange af de kemiske forbindelser/stoffer, der forårsager nedbrydning af ozonlaget, også er vigtige drivhusgasser, og fordi nogle af afløserne for de nu forbudte ozonnedbrydende stoffer er drivhusgasser. [Q 8.11 & 8.28]

Spørgsmål 9

Hvad er de mest robuste resultater og nøgle-usikkerheder med hensyn til årsagen til klimaændringer og med hensyn til modelfremskrivninger af

- Fremtidige udledninger af drivhusgasser og aerosoler?
 - Fremtidige koncentrationer af drivhusgasser og aerosoler?
 - Fremtidige ændringer i det regionale og det globale klima?
 - Regionale og globale virkninger af klimaændringer?
 - Omkostninger og fordele ved valg af udledningsbegrænsnings- og tilpasningstiltag?
-

I denne rapport defineres et **robust resultat** vedrørende klimaændringer som et resultat, der er holdbart med varierende indgangsvinkler, metoder, modeller og forudsætninger, og som et resultat, der forventes at være relativt upåvirket af usikkerheder. **Nøgle-usikkerheder** er i denne sammenhæng sådanne usikkerheder som, hvis de blev reducerede, kan føre til nye og robuste

resultater i forhold til spørgsmålene i denne rapport. I eksemplerne i tabel SPM-3 er mange af de robuste resultater relateret til eksistensen af en klimatisk reaktion på menneskelige aktiviteter og tegn på denne reaktion. Mange af nøgle-usikkerhederne omhandler kvantificering af størrelsen og/eller tidsforløbet for reaktionen. Efter at have behandlet, hvad klimaændringerne kan tilskrives, behandler tabellen i rækkefølge de emner, der er vist i figur SPM-1. Figur SPM-10 illustrerer nogle af de vigtigste robuste resultater vedrørende klimaændringer. Tabel SPM-3 giver eksempler og er ikke en udtømmende liste.

Tabel SPM-3. Robuste resultater og nøgle-usikkerheder. ^a

Robuste resultater		Nøgle-usikkerheder
Observationer viser, at jordens overflade bliver varmere. Globalt set var 1990'erne med stor sandsynlighed det varmeste årti, der er registreret instrumentelt (figur SPM-10b). [Q 9.8] De atmosfæriske koncentrationer af de primære menneskeskabte drivhusgasser [CO₂ (figur SPM-10a), CH₄, N₂O og troposfærisk O₃] er steget væsentligt siden 1750 [Q 9.10] Nogle drivhusgasser har lange levetider (f.eks. CO₂, N₂O og PFC'er). [Q 9.10] Det meste af den observerede opvarmning i de sidste 50 år skyldes sandsynligvis stigninger i drivhusgaskoncentrationer på grund af menneskelige aktiviteter. [Q 9.8]	Klimaændringer og – tilskrivning af årsager	Størrelsen og karakteren af de naturlige klimavariationer [Q 9.8] Klimapåvirkning fra naturlige faktorer og menneskeskabte aerosoler (specielt de indirekte effekter). [Q 9.8] Tilsvarende regionale udviklinger på grund af den menneskeskabte klimaændring [Q9.8 og 9.22]
Stigningen i CO₂-koncentrationen i løbet af det 20. århundrede skyldes næsten med sikkerhed primært udledninger fra fossile brændsler (figur SPM-10a). [Q 9.11] En stabilisering af de atmosfæriske koncentrationer	Fremtidige udledninger og koncentrationer af drivhusgasser og aerosoler baseret på modeller og fremskrivninger med SRES og stabiliseringsscenarier	De underliggende forudsætninger for den brede vifte^b af SRES udledningsscenarier med hensyn til økonomisk vækst, teknologiske fremskridt, befolkningsvækst og ledelsesstrukturer (fører til de største usikkerheder i fremskrivningerne).

på 450, 550, 650 eller 1.000 ppm vil kræve, at de globale, menneskeskabte udledninger af CO₂ falder under 1990-niveauet henholdsvis inden for nogle få årtier, i løbet af ca. et århundrede eller i løbet af ca. 2 århundreder og derefter fortsætter med at falde jævnt til en lille brøkdel af de nuværende udledninger. Udledningerne vil toppe om ca. 1-2 årtier (450 ppm) og rundt regnet et århundrede (1000 ppm) fra nu. [Q 9.30] I de fleste SRES scenarier er udledningerne af SO₂ (forstadium til sulfataerosoler) lavere i år 2100 end i år 2000. [Q 9.10]		Ufuldstændige udlednings-scenarier for ozon- og aerosolforstadier. [Q 9.10] Faktorer i kulstofkredsløbs-modeller, herunder virkningerne af klimatiske tilbagekoblingsmekanismer.^b [Q 9.10]
Globale gennemsnitlige overfladetemperaturer vil i det 21. århundrede med stor sandsynlighed stige med en hastighed uden fortilfælde i de sidste 10.000 år (figur SPM-10b). [Q 9.13] Næsten alle landområder vil med stor sandsynlighed blive opvarmet mere end det globale gennemsnit, med flere varme døgn og hedebølger og færre kolde døgn og kuldebølger. [Q 9.13] Stigning i havniveauet i løbet af det 21. århundrede, som vil fortsætte i flere århundreder fremefter. [Q 9.15] Det hydrologiske kredsløb (vandkredsløbet) bliver mere intenst. Stigning i det globale nedbørsgennemsnit og flere intense nedbørstilfælde vil være meget sandsynligt for mange områder. [Q 9.14]	Fremtidige ændringer i det globale og det regionale klima baseret på modelfremskrivninger med SRES scenarierne	Antagelser forbundet med en bred vifte^c af SRES scenarier, som ovenfor. [Q 9.10] Faktorer forbundet med modelfremskrivninger^c, i særdeleshed klimafølsomhed, klimapåvirkning og tilbagekoblingsprocesser, specielt de der involverer vanddamp, skyer og aerosoler (inklusive indirekte aerosoleffekter). [Q 9.16] Forståelse af sandsynlighedsfordelingen forbundet med temperatur- og havstigningsfremskrivninger. [Q 9.16] Mekanismer, kvantificering, tidsforløb og sandsynligheder forbundet med stor-skala pludselige/ikke-lineære ændringer (f.eks. den termohaline oceancirkulation). [Q 9.16]

Tørre somre og dermed forbedret risiko for tørke er sandsynlig over det meste af de indre dele af kontinenter på de mellemste breddegrader. [Q 9.14]		Modellernes mulighed på regionalt niveau (specielt vedrørende nedbør) kan føre til inkonsistente modelfremskrivninger og vanskeligheder med kvantificering på lokalt og regionalt niveau. [Q 9.16]
De fremskrevne klimaændringer vil få fordelagtige og skadelige virkninger for både miljømæssige og samfundsøkonomiske systemer, men jo større ændringer og jo hurtigere, de sker, des mere vil de skadelige virkninger dominere. [Q 9.17] De skadelige virkninger fra klimaændringer forventes at ramme udviklingslande og fattige befolkningsgrupper inden for de enkelte lande uforholdsmæssigt hårdt. [Q 9.17] Økosystemer og arter er sårbare over for klimaændringer og andre stressfaktorer (som illustreret af de observerede virkninger af de nylige, regionale temperaturændringer), og nogle vil blive irreversibelt skadede eller gå tabt. [Q 9.19] I nogle områder på de mellemste og høje breddegrader vil planteproduktiviteten (træer og nogle landbrugsafgrøder) stige med små stigninger i temperaturen. Planteproduktiviteten vil falde i de fleste områder af verden ved en opvarmning over nogle få °C. [Q 9.18] Mange fysiske systemer er sårbare over for klimaændringer (f.eks. vil påvirkninger fra kyst stormfloder forværres af havstigning, og gletschere og permafrost vil fortsætte med at være på tilbageslag). [Q 9.18]	Regionale og globale virkninger af ændringer i det gennemsnitlige klima og i ekstreme	Pålideligheden af lokale og regionale detaljer i fremskrivninger af klimaet, specielt ekstreme. [Q 9.22] Vurdering og forudsigelse af de økologiske, sociale (f.eks. virkningen af vektor- og vandbårne sygdomme) og økonomiske systemers reaktioner på den kombinerede effekt af klimaændringer og andre stressfaktorer som ændret arealudnyttelse, lokal forurening mm. [Q 9.22] Identificering, kvantificering og evaluering af skader forbundet med klimaændringer. [Q 9.16, 9.22 & 9.26]

Tiltag for at reducere udledninger af drivhusgasser (begrænsnings-tiltag) vil mindske presset på naturlige og menneskeskabte systemer fra klimaændringer. [Q 9.28] Udledningsbegrænsninger medfører omkostninger, som varierer mellem regioner og sektorer. Væsentlige teknologiske og andre muligheder eksisterer for at reducere disse omkostninger. Effektiv handel med udledninger vil også reducere omkostningerne for dem, der deltager i handlen. [Q 9.31 & 9.35-36] Udledningsbegrænsninger i Annex I lande har velkendte, men varierende "spill-over" effekter på ikke-Annex I lande [Q 9.31] Nationale begrænsningsreaktioner på klimaændringer kan blive mere effektive, hvis de iværksættes som en pakke (portefølje) af politikker med det formål at begrænse eller reducere nettoudledningerne af drivhusgasser. [Q 9.34] Tilpasning giver mulighed for at reducere skadelige virkninger af klimaændringer og kan ofte give umiddelbare, afledte fordele, men vil ikke forhindre alle skader. [Q 9.24] Tilpasning kan supplere begrænsning i en omkostnings-effektiv strategi for at reducere risici fra klimaændringer. Sammen kan de bidrage til at nå mål for en bæredygtig udvikling. [Q 9.40] Træghed i samspillet mellem klimatiske, økologiske og samfundsøkonomiske systemer er en væsentlig grund til, at foregribende tilpasning og begrænsning er fordelagtig. [Q 9.39]	Omkostninger og fordele ved begrænsnings- og tilpasningsvalg	Forståelsen af samspillet mellem klimaændringer og andre miljøspørgsmål og de tilhørende samfundsøkonomiske implikationer. [Q 9.40] Den fremtidige energipris samt omkostninger ved og tilgængelighed af lav-emissionsteknologier. [Q 9.33-34] Identificering af midler til at fjerne barrierer, som vanskeliggør inddragelse af lav-emissionsteknologier, og vurdering af omkostningerne ved at fjerne sådanne barrierer. [Q 9.35] Kvantificering af omkostningerne ved uplanlagte og uforudsete begrænsningstiltag med pludselige korttids-effekter. [Q 9.38] Kvantificering af vurderingerne af begrænsningsomkostninger med forskellige indgangsvinkler (f.eks. "bottom-up" over for "top-down") omfattende afledte fordele, teknologiske ændringer og virkninger på regioner og sektorer. [Q 9.35] Kvantificering af tilpasningsomkostninger. [Q 9.25]
---	--	---

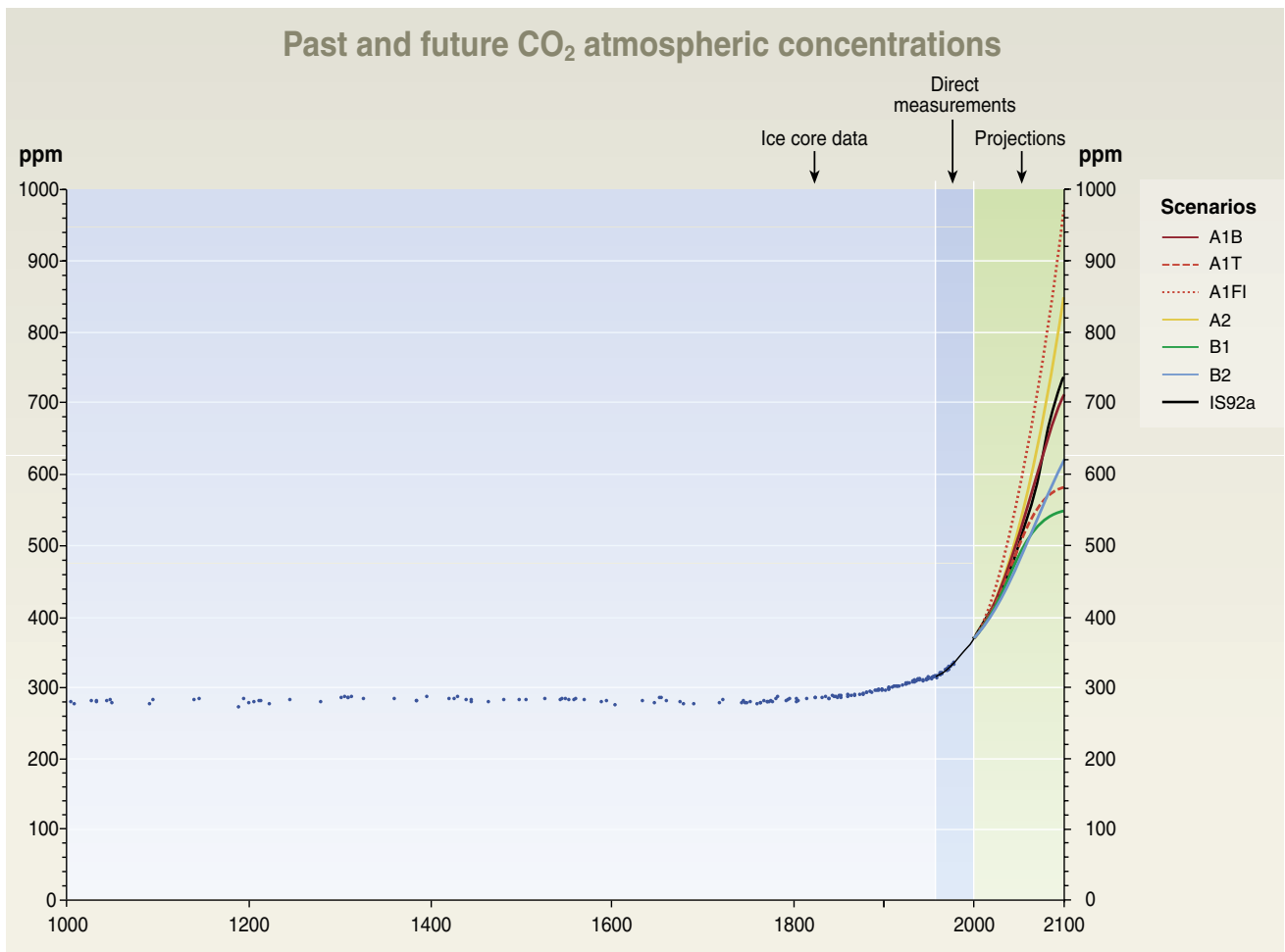
^a I denne rapport defineres et robust resultat vedrørende klimaændringer som et resultat, der er holdbart med varierende indgangsvinkler, metoder, modeller og forudsætninger, og som et resultat, der forventes at være relativt upåvirket af usikkerheder. Nøgle-usikkerheder er i denne sammenhæng sådanne usikkerheder som, hvis de reduceres, kan føre til nye og robuste resultater i forhold til spørgsmålene i denne rapport. Denne tabel giver eksempler og er ikke en udtømmende liste.

^b Når der tages højde for de ovenstående usikkerheder, fører det til CO₂-koncentrationer i år 2100, som vil ligge i området mellem 490 og 1260 ppm.

^c Når der tages højde for de ovenstående usikkerheder, fører det til en stigning i de globale gennemsnitstemperaturer fra 1900 til 2100, som ligger i området 1,4 til 5,8°C (figur SPM-10b) og en gennemsnitlig global havstigning på mellem 0,09 og 0,88 m.

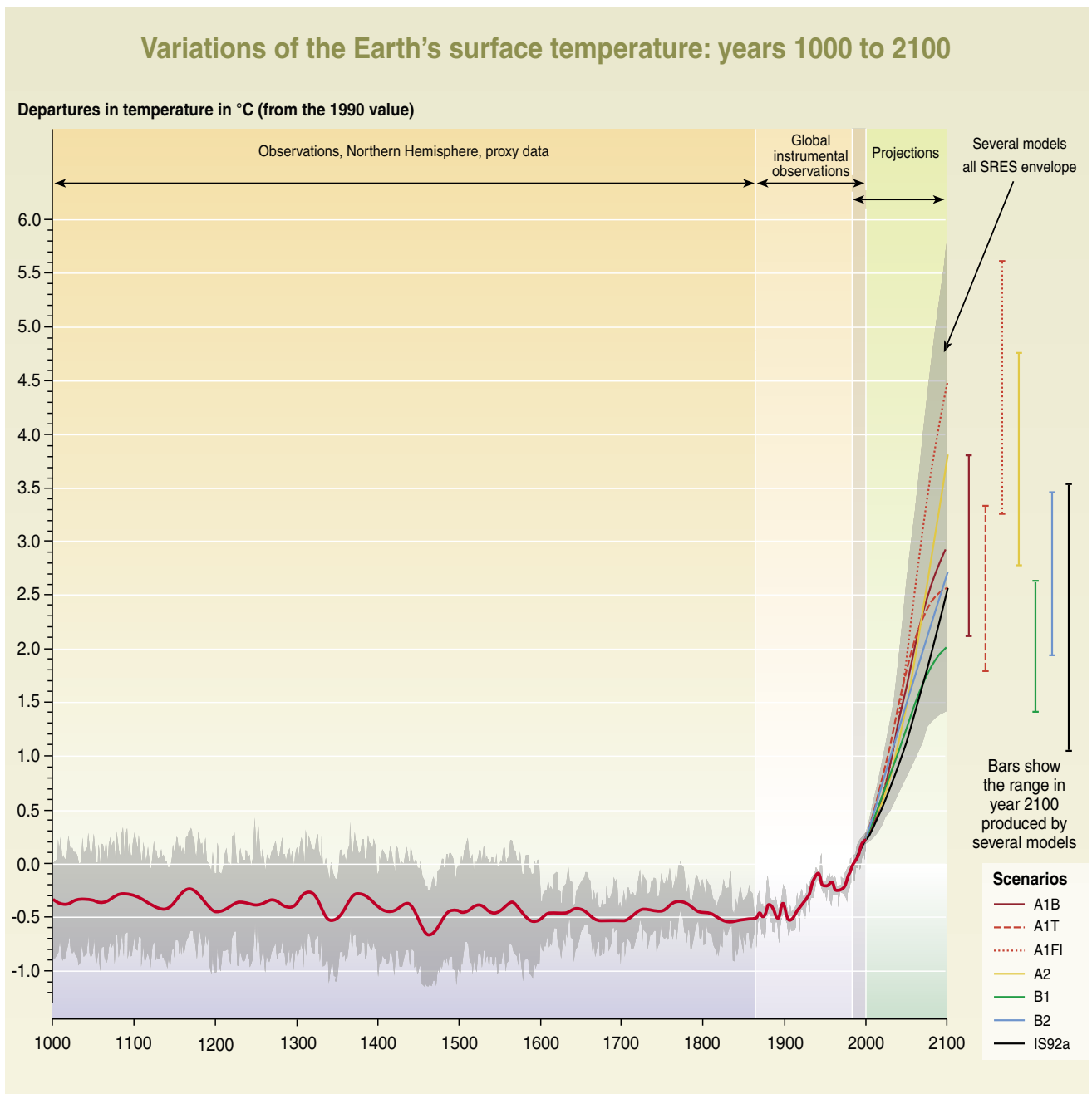
Der er gjort væsentlige fremskridt i TAR på mange områder i forhold til den viden, der kræves for at forstå klimaændringer og menneskets svar på dem. Der mangler imidlertid vigtige områder, hvor der kræves yderligere arbejde, specielt:

- Måling af og forklaring på klimaændringer
- Forståelse og forudsigelse af regionale ændringer i klima og klimaekstremer.
- Kvantificering af klimaændringernes virkninger på globalt, regionalt og lokalt niveau.
- Analyse af tilpasnings- og begrænsningsaktiviteter.
- Integration af alle aspekter af klimaændringer i strategier for en bæredygtig udvikling.
- Sammenhængende og integrerede undersøgelser, der kan anvendes til at vurdere, hvad "en farlig menneskeskabt påvirkning af klimasystemet" er.



Figur SPM-10a.

Atmosfærisk CO₂-koncentration fra år 1000 til år 2000 baseret på iskernedata og på direkte atmosfæriske målinger for de seneste årtier. Fremskrivninger af CO₂-koncentrationer for perioden 2000 til 2100 er baseret på de seks illustrerende SRES scenarier og IS92a (til sammenligning med SAR) [Q9 figur 9-1a].



Figur SPM-10b.

Fra år 1000 til år 1860 er vist variationer i den gennemsnitlige overfladetemperatur på den nordlige halvkugle rekonstrueret på grundlag af afledte data (træringe, koraller, iskerner og historiske optegnelser) (tilsvarende data for den sydlige halvkugle er ikke tilgængelige). Linien viser 50-års gennemsnittet, det grå område 95%-konfidensinterval for de årlige data. Fra årene 1860 til 2000 er vist variationer i observerede gennemsnitlige globale og årlige overfladetemperaturen på basis af instrumentelle registreringer, linien viser det ti-årige gennemsnit. Fra år 2000 til 2100 er vist fremskrevne globale gennemsnitlige overfladetemperaturen for de seks illustrerende SRES scenarier og IS92a med brug af en model med middel klimafølsomhed. Det grå område markeret "alle SRES-scenarier med brug af flere forskellige modeller (several models all SRES envelope)" viser resultatområdet for den fulde vifte på 35 SRES scenarier plus resultater fra en række modeller med andre klimafølsomheder. Temperaturskalaen viser afvigelsen i forhold til 1990-værdien; skalaen er anderledes end den, der er brugt i figur SPM-2. [Q9 figur 9-1b]