

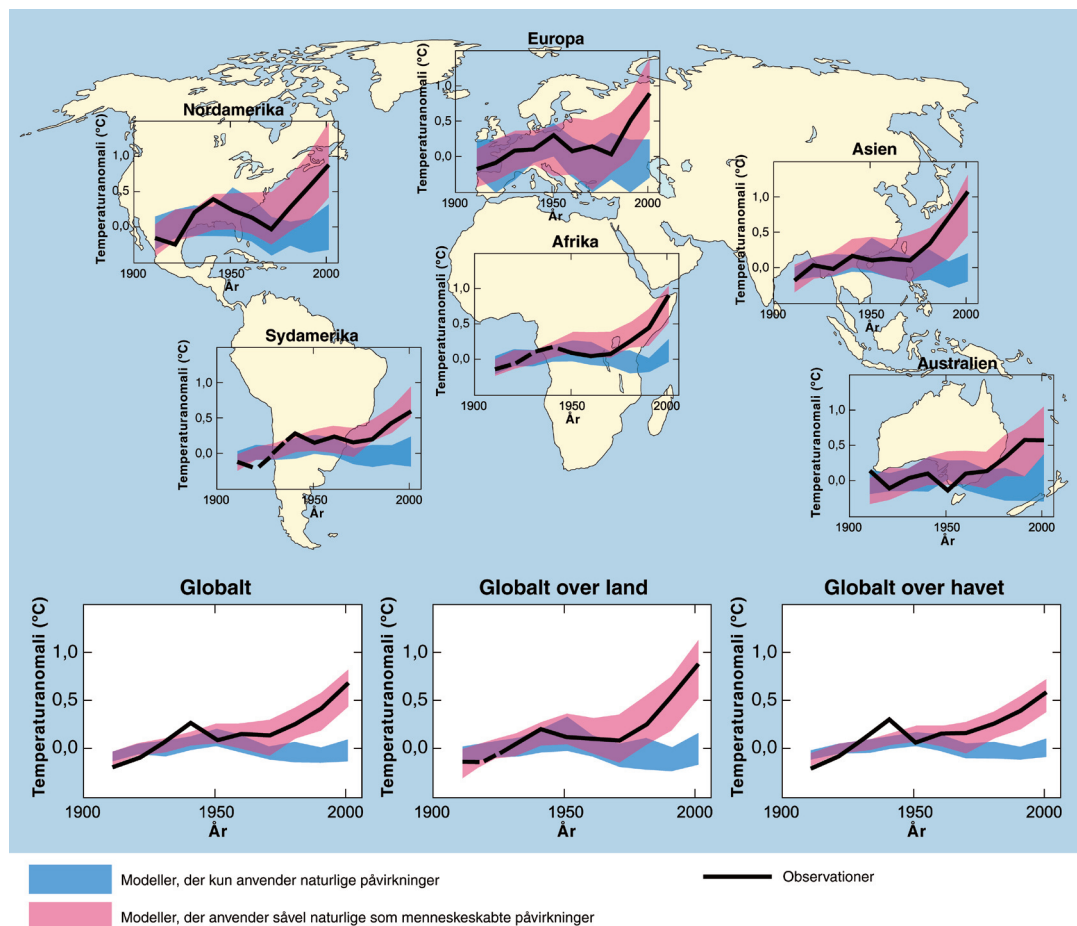
IPCC gennem tiden

Af Anne Mette K. Jørgensen, Bjarne Siewertsen & Niels Hansen, DMI

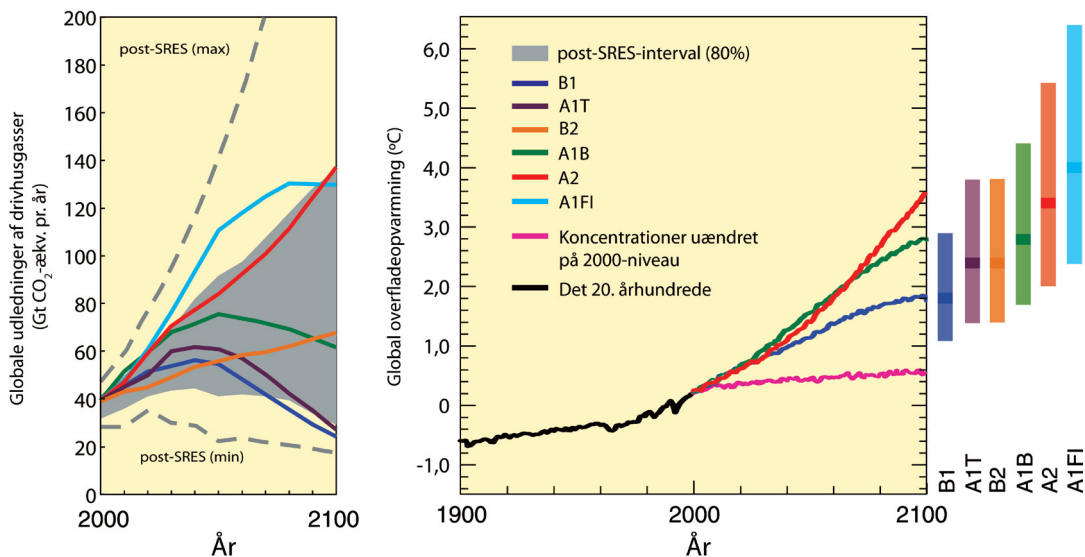
Viden om drivhuseffekten og menneskets bidrag til at øge den går mere end 100 år tilbage, men over det seneste par årtier er der sket en hurtig udvikling i forstå-

else og kvantificering af menneskeskabte klimaændringer.

Intergovernmental Panel on Climate Change - bedre kendt som "IPCC" eller "FN's klimapa-



Figur 1. Sammenligning af observerede ændringer i overfladetemperaturer på kontinentalt og globalt plan med resultater, der er simuleret af klimamodeller under anvendelse af enten naturlige eller både naturlige og menneskeskabte påvirkninger. Tiårs-gennemsnit af observationerne for perioden 1906-2005 (sort linje) er indtegnet for midten af tiåret i forhold til det tilsvarende gennemsnit for perioden 1901-1950. Linjerne er stiplede i de perioder, hvor den geografiske dækning er mindre end 50 %. Skraverede blå områder viser 5-95 %-intervallet for 19 simuleringer fra 5 klimamodeller, der kun anvender naturlige påvirkninger i form af solaktivitet og vulkaner. Skraverede røde områder viser 5-95 %-intervallet for 58 simuleringer fra 14 klimamodeller, der anvender såvel naturlige som menneskeskabte påvirkninger. (Kilde: Figur 4 i [1].)



Figur 2. Venstre diagram: Globale udledninger af drivhusgasser (i CO₂-ækvivalenter) uden klimapolitiske tiltag: seks forklarende SRES-scenarier (farvede linjer) og 80. percentil for nyere scenarier udgivet siden SRES (post-SRES) (det skraverede grå område). De stiplede linjer viser det fulde interval for post-SRES-scenarier. Udledningerne omfatter CO₂, CH₄, N₂O og F-gasser. Højre diagram: Fuldt optrukne linjer er globale multimodelgennemsnit for opvarmning ved overfladen for scenarierne A2, A1B og B1, vist som fortsættelser af simuleringerne for det 20. århundrede. Disse fremskrivninger tager også udledninger af flygtige drivhusgasser og aerosoler i betragtning. Den pink linje er ikke et scenarium, men angiver simuleringer af AOGCM'er (Atmosphere-Ocean General Circulation Models), hvor atmosfæriske koncentrationer holdes uændrede på niveauet fra 2000. Søjlerne til højre for figuren angiver det bedste skøn (den fuldt-optrukne linje i hver søjle) og det sandsynlige interval, der er blevet vurderet for de seks SRES-scenarier for 2090-2099. Alle temperaturer er i forhold til perioden 1980-1999. (Kilde: Figur 5 i [1].)

nel" - blev oprettet i 1988 som opfølgning på Brundtland-rapporten »Vores fælles fremtid«.

Panelet fik til opgave, med passende mellemrum, at sammenstille og vurdere den videnskabelige litteratur om klimændringer, deres virkninger, samfundsøkonomiske aspekter samt muligheder for en tilpasning til eller afdæmpning af klimændringer.

Siden da er det blevet til fire store vurderingsrapporter; den første i 1990, den anden i 1995,

den tredje i 2001 og senest den fjerde i 2007. Desuden har IPCC udgivet en række særreporter og tekniske rapporter. Siden FN's klimakonvention UNFCCC trådte i kraft i 1994, har IPCC desuden ydet teknisk og videnskabelig rådgivning til klimakonventionens organer.

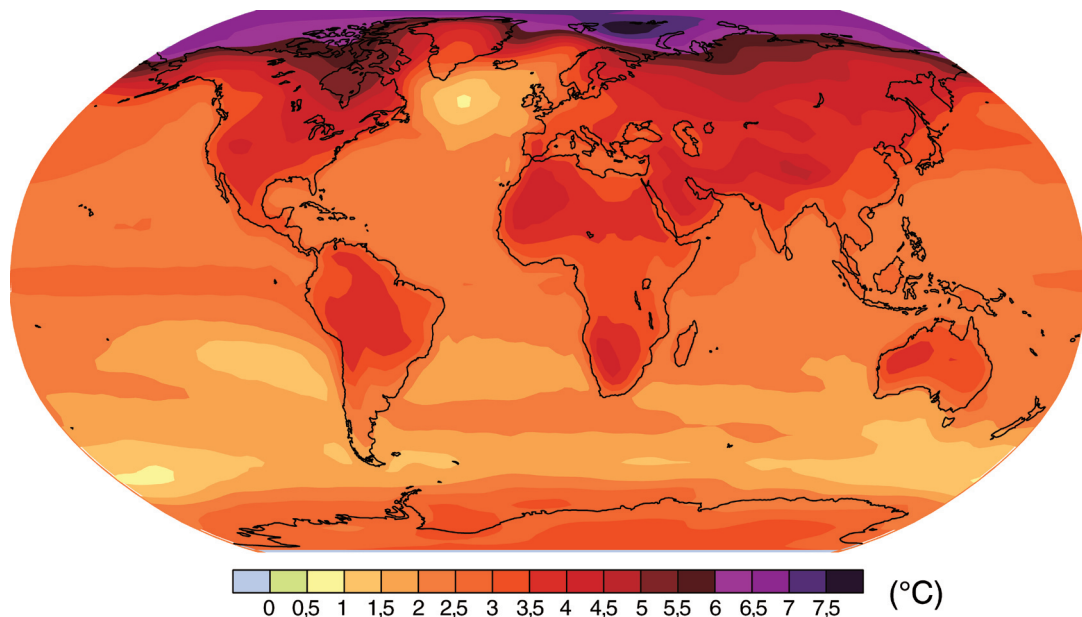
IPCC er etableret med et sekretariat ved WMO i Geneve. I Danmark koordineres IPCC-arbejdet af Klima- og Energiministeriet i et samarbejde mellem Energistyrelsen og DMI.

Konklusioner før og nu

Da IPCC udsendte sin første hovedrapport i 1990, var de menneskeskabte klimændringer endnu ikke så store, at de kunne skelnes fra naturlige klimavariationer. Der var ikke lige så god dækning med observationsdata som i dag, men alligevel kunne panelet se en tydelig tendens til opvarmning siden slutningen af det 19. århundrede.

Globale ændringer i nedbør og andre klimaparametre var mere usikre. Klimamodellerne

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
SRES	Special Report: Emission Scenarios (IPCC 2000)
WMO	World Meteorological Organization



Figur 3. Forventede ændringer i overfladetemperaturen sidst i det 21. århundrede (2090-2099). Kortet viser multi-AOQCM-gennemsnits-prognosen for SRES-scenariet A1B. Alle temperaturer er i forhold til perioden 1980-1999. (Kilde: Figur 6 i [1].)

var forenklet og havde en ganske grov opløsning. De viste, at opvarmningen som følge af den øgede drivhuseffekt endnu ikke var større end naturlige variationer, og derfor kunne IPCC ikke afgøre om den konstaterede opvarmning var naturlig eller menneskeskabt eller en kombination. Forventningen ud fra en simpel modelberegning var, at detektering ville ske i løbet af 12 år, dvs. i 2002. Men faktisk er det gået hurtigere.

Forskningen, herunder udvikling af mere avancerede klimamodeller og nye observationsdata, øger hele tiden forståelsen af klimasystemet. Forskerne har studeret mønstre eller 'fingeraftryk' for klimaændringer, både geografiske, årstidsmæssige og udviklingen over længere tid, og de har brugt flere klimaparametre - ikke kun temperaturen nær

overfladen. Derved er det blevet muligt at skelne menneskeskabte ændringer fra naturlige variationer. To forskellige påvirkninger af klimasystemet kan nemlig give samme ændring i den globale temperatur, men det er usandsynligt at de også giver samme ændringer, når man ser på 'fingeraftrykket'.

I IPCC's anden hovedrapport fra 1995 blev det konkluderet, at der nu var en skelnelig menneskeskabt klimaændring, og i 2001 blev konklusionen endnu mere specifik: Det er sandsynligt, at det meste af den opvarmning, der er sket siden 1950, skyldes menneskets påvirkning.

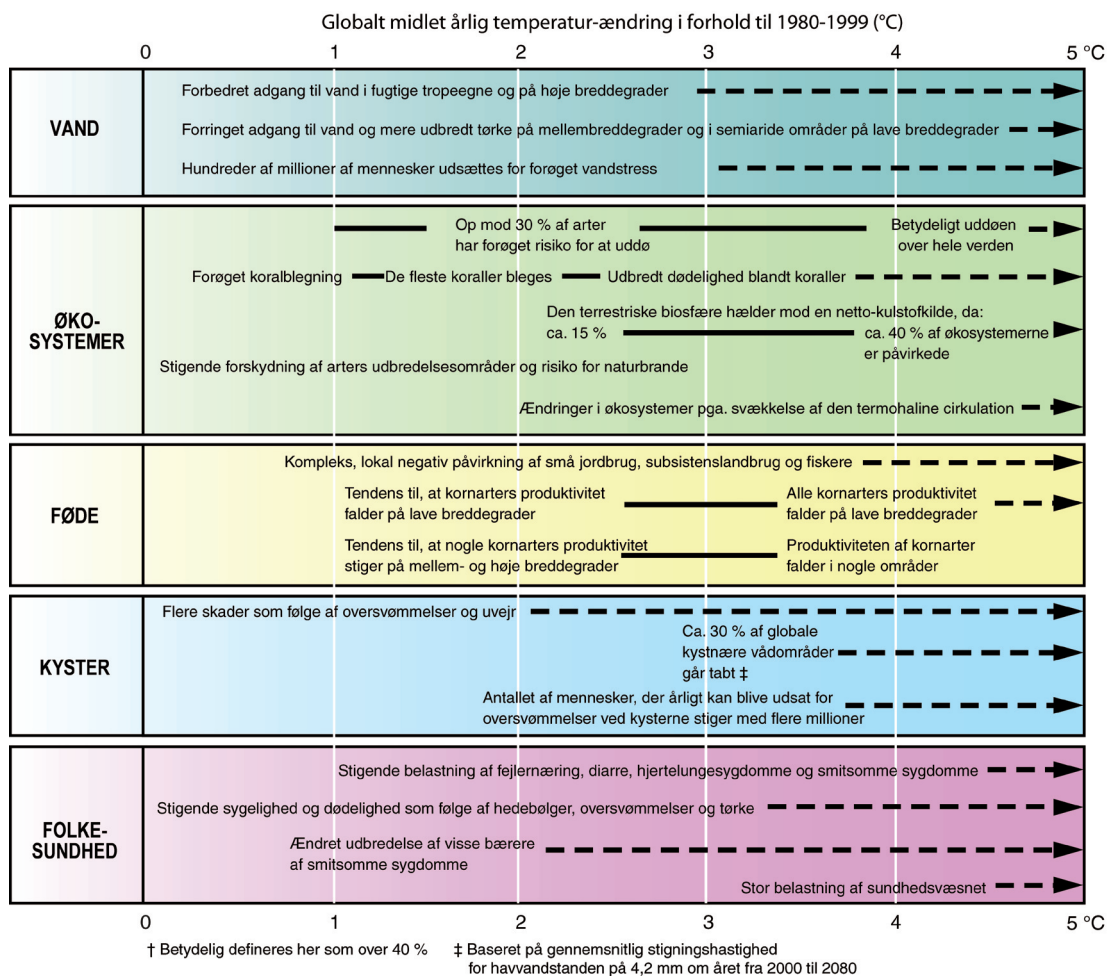
I den fjerde hovedrapport fra 2007 blev udsagnet yderligere skærpet, idet der nu konkluderes, at "Det er meget sandsynligt, at det meste af den observerede stigning i globalt midlede tem-

peraturer siden midt i det 20. århundrede skyldes den observerede stigning i koncentrationerne af menneskeskabte drivhusgasser". I 2007-rapporten anføres også, at mærkbare menneskelige påvirkninger nu også med stor sandsynlighed omfatter bidrag til stigende vandstand i havene og ændrede vindmønstre.

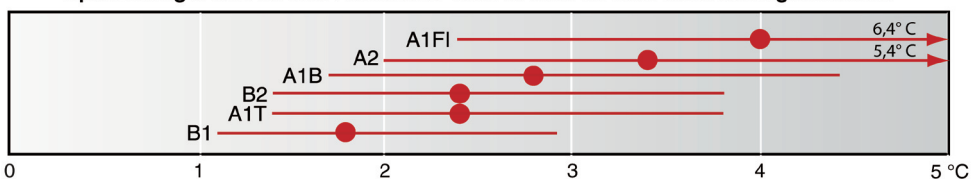
Scenarier - vælg din fremtid

IPCC ser også fremad og prognosticerer, hvordan fremtidens klima kan ende med at se ud. Det sker i vid udstrækning med numeriske klimamodeller ikke helt ulig dem, som meteorologerne bruger til vejrudsigter.

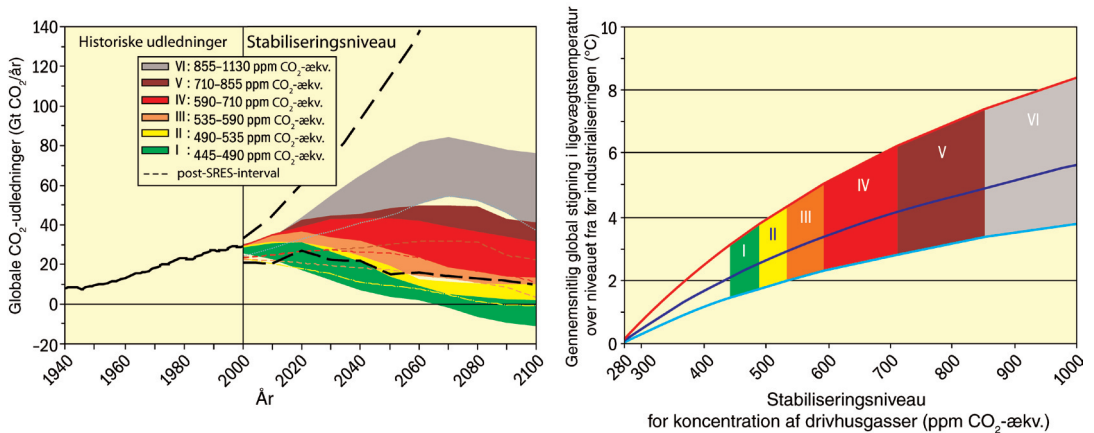
Forskerne kan altså regne sig frem til hvilke elementer af klimaet, der vil ændre sig og i hvor høj grad. Stiger temperaturen? Og hvis temperaturen stiger,



Opvarmning i 2090 til 2099 i forhold til 1980 til 1999 for ikke-modvirkningsscenarier



Figur 4. Eksempler på virkninger knyttet til forventet gennemsnitlig global overfladeopvarmning. Øverste diagram: Illustrative eksempler på forventede globale indvirkninger i forhold til klimaændringer (og vandstand i havene og atmosfærisk CO₂, hvor relevant) i forbindelse med forskellige grader af stigninger i den gennemsnitlige globale temperatur ved overfladen i det 21. århundrede. De sorte linjer forbinder indvirkninger. Stiplede linjer med pile angiver, at indvirkningen fortsætter med stigende temperatur. Beskrivelserne er placeret, så venstre side af teksten angiver den omtrentlige opvarmning, hvor en given indvirkning begynder at indtræffe. Kvantitative angivelser af vandknaphed og oversvømmelser repræsenterer klimaændringers yderligere indvirkninger i forhold til de forventede forhold på tværs af SRES-scenarierne A1FI, A2, B1 og B2. Tilpasning til klimaændringer er ikke medtaget i disse skøn. Alle udsagn betragtes som havende stor sikkerhed. Nederste diagram: Prikker og streger angiver bedste skøn og sandsynlige intervaller for opvarmning for de seks SRES-scenarier for 2090-2099 i forhold til 1980-1999. (Kilde: figur 7 i [1].)



Figur 5. Globale CO₂-udledninger for 1940 til 2000 og udledningsintervaller for kategorier af stabiliserings-scenarier fra 2000 til 2100 (venstre diagram) og det tilsvarende forhold mellem stabiliseringsmålet og den sandsynlige gennemsnitlige globale ligevægtstemperaturstigning over niveauet fra før industrialiseringen (højre diagram). Det kan være adskillige hundrede år at nå ligevægten, især for scenarier med højere stabiliseringsniveauer. Farverne viser stabiliserings-scenarierne grupperet ud fra forskellige mål (stabiliseringskategori I til VI). Højre diagram viser intervaller af gennemsnitlige globale temperaturændringer over niveauet fra før industrialiseringen ved hjælp af (i) det "bedste skøn" for klimafølsomhed på 3° C (den sorte linje midt i det farvede område), (ii) den øvre grænse for det sandsynlige klimafølsomhedsinterval på 4,5° C (den røde linje øverst i det farvede område) og (iii) den nedre grænse for det sandsynlige klimafølsomhedsinterval på 2° C (den blå linje nederst i det farvede område). Sorte stiplede linjer i venstre diagram angiver udledningsintervallet for nye basisscenarier, der er offentliggjort siden SRES (2000). Stabiliserings-scenariernes udledningsintervaller omfatter scenarier med CO₂ alene og med flere gasarter og svarer til den 10. til 90. percentil af den fuldstændige distribution af scenarier. Bemærk: I de fleste modeller indeholder CO₂-udledningerne ikke udledninger fra nedbrydning af biomasse, der ligger tilbage på jordoverfladen efter skovning og skovrydning, eller fra tørvebrande og drænet tørvejord. (Kilde: figur 11 i [1].)

hvor meget stiger den så? Og er det så en generel stigning, eller stiger den mere visse steder og på bestemte årstider?

Der er dog en stor ubekendt faktor i modelleringerne: Hvordan udvikler samfundet sig de kommende 100 år? Vi mangler svar på spørgsmål som: Er miljøbevidstheden fortsat stigende? Finder vi gode alternativer til kul og olie? Kan vi bekæmpe klimaændringer ved f.eks. at trække drivhusgasser ud af atmosfæren igen?

IPCC har derfor forsøgt at fastlægge en række alternative fremtider med hver sin teknologiske udvikling og udledning af stoffer, som direkte eller indirekte

påvirker klimaet. Fremtiderne kalder forskerne for scenarier og de rækker fra det bæredygtige samfund, der primært får energi fra alternative kilder til det storforbrugende, der skruer yderligere op for udslippet af forskellige stoffer i forhold til i dag.

IPCC har opstillet fire forskellige hovedscenarier:

A1. Bygger på et fremtidsbillede karakteriseret ved høj økonomisk vækst, lav befolkningsvækst og hurtig introduktion af effektive teknologier, der medfører lavt drivhusgasudslip. Scenariet forudsætter også en globalisering af økonomierne og stor indkomstudjævning mellem regionerne.

A1-scenariet familier forgrener sig i tre grupper, som beskriver forskellige teknologiske udviklinger i energisystemet. Man kan skelne mellem de tre A1-grupper på basis af teknologi: fossil intensiv (A1FI), ikke-fossile energikilder (A1T) eller ligevægt mellem alle kilder (A1B). Samlet er resultatet i A1-scenarierne høj økonomisk vækst og en meget forskellig udvikling i drivhusgasudslip.

A2. Forudsætter lille global økonomisk integration og langsommere teknologisk udvikling. Samtidig forudsættes fortsat høj befolkningsstilvækst. Resultatet af



Foto fra åbningen af IPCC-mødet den 21-23. april 2009: IPCC's formand Rajendra Pachauri på talerstolen (foto Anne Mette K. Jørgensen).

disse forudsætninger er en markant mindre økonomisk vækst end i A1, men lige så store drivhusgasudslip.

B1. Scenarierne forudsætter i lighed med A1 høj økonomisk vækst og teknologisk udvikling i en verden præget af globalisering. I forhold til A1 forudsætter B1 også, at fremtidens forbrug bliver mindre ressourceintensivt, og at meget miljøvenlige teknologier introduceres. Dermed opnås en høj økonomisk vækst med relativt lille miljøbelastning.

B2. Scenarierne forudsætter moderat vækst i befolkningen og økonomierne og en langsommere udvikling i miljøteknologier end i A1- og B1-alternativerne. Ligesom for A2-scenarierne forudsættes relativt lille global økonomisk integration, og disse antagelser medfører tilsammen, at B2-scenarierne forudsiger

mindre drivhusgasudslip end A1- og A2-scenarierne, men højere udslip end B1.

Hertil kommer et scenarie blandt andet defineret af EU's Ministerråd, der indebærer, at globale menneskeskabte temperaturstigninger ikke overstiger 2°C i forhold til førindustriell tid (EU2C). Det er altså en slags 'omvendt scenarium', hvor det ikke er udviklingen, der fører til en given global temperaturstigning, men hvor en given global temperaturstigning pålægger samfundet en bestemt retning for udviklingen. I praksis har DMI beskrevet EU2C ud fra IPCC's A1B scenarium frem til 2020 og derefter med konstante drivhusgaskoncentrationer og faldende koncentrationer af andre klimapåvirkende stoffer frem til år 2100.

Det, du skal huske, når du ser den store forskel mellem de forskellige scenarier og den medfølgende forskel i fremtidens klima,

er, at de alle er mulige fremtider. Og at det er os, som afgør, hvilken en af dem, der bliver vores fremtid. Vi skal altså ikke betragte scenarierne som usikkerheder i klimaforudsigelserne, men som et beslutningsgrundlag for verdens fremtidige klima-kurs.

IPCC netop nu

Panelet har allerede besluttet, at den 5. vurderingsrapport skal udsendes i 2013 - 2014, men i mellemtiden vil der blive udarbejdet forskellige særrapporter, bl.a. om vedvarende energi. Desuden har panelet i foråret 2008 færdiggjort en rapport om klimaændringer og vand. Rapporten, som er en såkaldt teknisk rapport, samler den information om vand, der findes i den 4. hovedrapport til brug for håndtering af vand.

I 2009 er arbejdet med den 5. vurderingsrapport stadig i støbeskeen. Nationerne byder ind med emner, de mener, bør behandles i rapporten. Danmark indsendte i slutningen af maj sine forslag og vi valgte at foreslå et øget fokus på tre områder:

- Irreversible og ikke-lineære processer som f.eks. nedbrydning af de polare ismasser.
- Globale tilbagekoblinger og kritiske konsekvenser af smeltende havis, gletschere og permafrost.
- Havets og havstrømmenes rolle i optagelse og afgivelse af kuldioxid, varme og næringsstoffer.

Ud over de nye fokusområder kommer rapporten også til at rumme yderligere beviser for årsagerne til den nuværende klimaudvikling samt finjusteringer af forudsigelserne af fremtidens klima.

Figur 6. Observerede ændringer i (a) gennemsnitlig global overfladetemperatur, (b) gennemsnitlig global vandstand i havene målt a tidevandsmålere (blå) og satellitter (rød) samt (c) snedække på den nordlige halvkugle i marts-april. Alle forskelle er i forhold til de tilsvarende gennemsnit for perioden 1961-1990. Udjævnede kurver udtrykker gennemsnit over ti år, mens cirklener angiver årlige værdier. De blå områder angiver usikkerhedsintervallerne, der er skønnet ud fra en omfattende analyse af kendte usikkerheder (a og b) og ud fra tidsserierne (c). (Kilde: figur 1 i [1].)

COP15 - IPCC i aktion

Når det store klimatopmøde i København løber af stablen i december 2009, så er det med baggrund i det videnskabelige arbejde fra IPCC. Forhandlerne skal med de seneste videnskabelige undersøgelser i hånden forsøge at få den aftale i hus, der kan afløse Kyoto-protokollen.

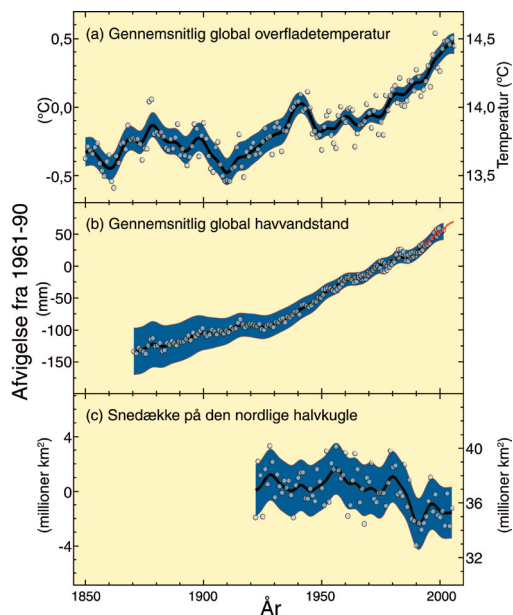
Kyoto-protokollen blev vedtaget i 1997 og er siden blevet ratificeret af 184 lande. Den sætter bindende mål for reduktionen af drivhusgasser. Flere lande har dog ikke ratificeret protokollen - heriblandt USA.

FN's klimachef, Yvo de Boer, håber, at topmødet i København resulterer i en aftale, som måske ikke er helt klar i alle detaljerne, men i alle tilfælde en aftale, som alle kan forpligte sig til. Han har tidligere på året sagt, at han gerne vil have afklaret fire ting i det, der kan komme til at hedde The Copenhagen Protocol:

1. Hvor meget er de industrialiserede lande villige til at skære i udledninger af drivhusgasser?
2. Hvor meget er de store udviklingslande som for eksempel Kina og Indien villige til at begrænse væksten i deres udledninger?
3. Hjælpen til udviklingslandene, der skal få dem til at reducere udledninger og tilpasse sig til effekterne af klimaændringer. Hvordan skal den finansieres?
4. Hvordan skal de penge fordeles og styres?

En hjælpende hånd

I marts 2009 organiserede The International Alliance of Research Universities konferencen *Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions* i København. Konferencen samlede klimaforskere fra næsten 80 forskellige nationer med det formål



at opdatere resultaterne i de seneste IPCC-rapporter fra 2007.

Det håndgribelige resultat af konferencen blev i første omgang en synteserapport, som i store træk bekræftede tendenserne fra IPCC-rapporterne. Nye data, som blev præsenteret på konferencen, viste dog, at selv de værste projektioner af udledninger af drivhusgasser, temperaturstigninger og havniveaustigninger kunne være på vej til at blive overgået.

Med rapporterne fra IPCC og supplementerne fra konferencen i København er der lagt op til et spændende klimatopmøde i København i december 2009.

Reference

- [1] IPCC: "Klimaændringer 2007: Synteserapport". Sammendrag for beslutningstagere af fjerde vurderingsrapport med bidrag fra arbejdsgrupperne I, II og III. Oversættelse DMI 2008.