

Policy Note 1996:2

**Noen sentrale konklusjoner i andre
hovedrapport fra FNs klimapanel
(IPCC 1995)**

av

Jan Fuglestad og Mariann Murvoll

FORORD

I tillegg til rapportene fra FNs klimapanel (IPCC) baserer dette dokumentet seg på artikler av Tora Skodvin, Lasse Ringius, Frøydis Kvaløy (Direktoratet for Naturforvaltning), Asbjørn Aaheim og Jan Fuglestad i *Cicerone* Nr. 1/1996. *Cicerone* er et nyhetsbrev utgitt av CICERO.

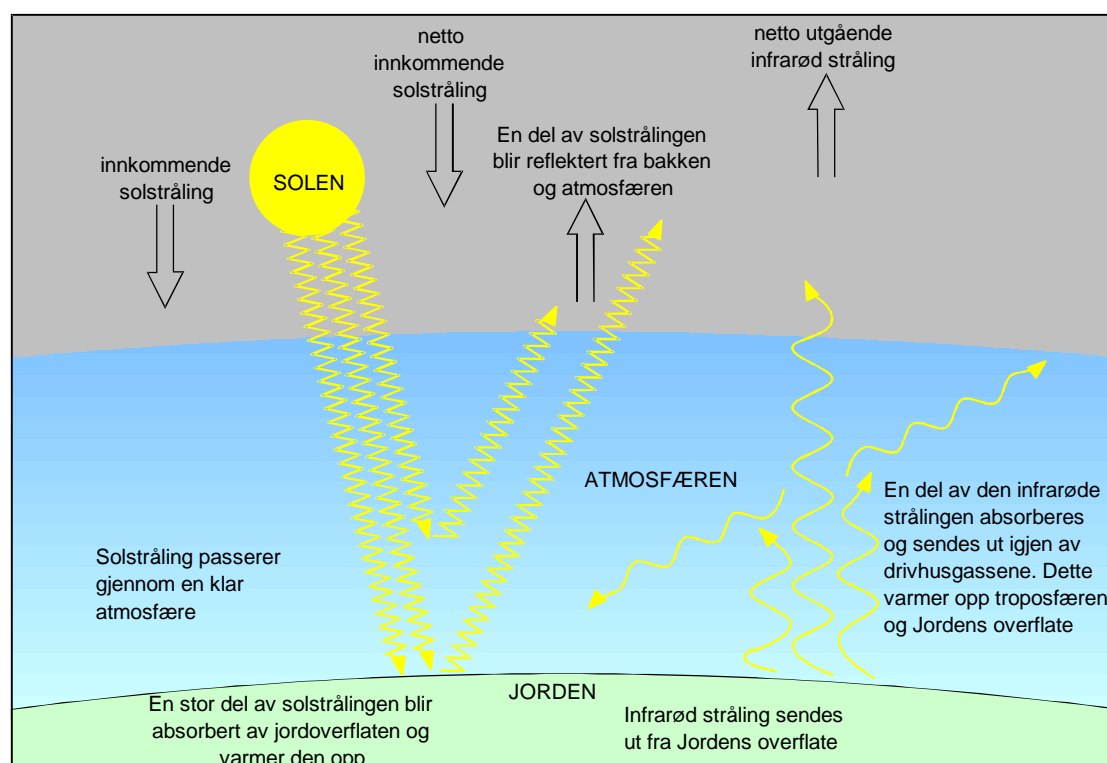
INNHold

1. Økt drivhuseffekt og global oppvarming	5
2. Hva er FNs klimapanel, og hvilken funksjon har det?	6
3. FNs rammekonvensjon om klimaendringer (UNFCCC).....	7
4. Hovedkonklusjoner fra IPCC 1995	8
<i>4.1 Hovedkonklusjoner fra Arbeidsgruppe I.....</i>	<i>9</i>
<i>4.2 Hovedkonklusjoner fra Arbeidsgruppe II.....</i>	<i>20</i>
<i>4.3 Hovedkonklusjoner fra Arbeidsgruppe III</i>	<i>22</i>

1. Økt drivhuseffekt og global oppvarming

Jordens klima har til alle tider gjennomgått variasjoner. Slike klimaendringer har hatt naturlige årsaker som for eksempel forandringer i solintensiteten, endringer i jordens bane rundt solen og jordaksens helning, og vulkanutbrudd. For første gang kan imidlertid menneskeheten nå stå overfor en global klimaendring forårsaket av egne aktiviteter.

Figur 1 illustrerer hvordan atmosfærens sammensetning påvirker strålingsbalansen for jord-atmosfære-systemet. Av den innkommende strålingen fra solen blir noe reflektert tilbake av luft, skyer og jordens overflate (ca. 30 %) eller absorbert i atmosfæren (ca. 25%). Resten blir absorbert av jordens overflate slik at den varmes opp og stråler ut energi i form av infrarød (langbølget) stråling. Infrarød stråling absorberes av skyer og enkelte gasser, drivhusgasser, slik at en del av strålingsenergien som jorden sender ut, blir absorbert i atmosfæren. Noe av dette blir videre sendt tilbake til jordoverflaten og øker temperaturen der. Absorpsjonen av infrarød stråling i atmosfæren skyldes først og fremst vanddamp (H_2O), karbondioksid (CO_2) og skyer, men metan (CH_4), lystgass (N_2O) og ozon (O_3) bidrar også i betydelig grad. Dette er den *naturlige* drivhuseffekten som holder jordens middeltemperatur ca. 33 °C høyere enn hva den ville ha vært uten disse bestanddelene i atmosfæren. Den globale årsmiddeltemperaturen ved jordoverflaten er ca. 15 °C.



Figur 1. Forenklet illustrasjon av strålingsbalansen for jorden og atmosfæren (IPCC, 1994. Figuren er gjengitt med tillatelse fra Kunnskapsforlagets Store Norske Leksikon, Supplementsbind 1996).

De siste par hundre årene har konsentrasjonene av CO₂, CH₄ og N₂O i atmosfæren økt betydelig som en følge av industrialisering og økt energiforbruk. I tillegg er det tilført drivhusgasser som ikke fantes naturlig i atmosfæren fra før. Dette har ført til en *forsterket drivhuseffekt* og som etter all sannsynlighet vil resultere i en global oppvarming og et annerledes klima. Det er CO₂ som betyr mest for *økningen* i drivhuseffekten. Den viktigste menneskeskapte kilden til utslipp av denne gassen er forbrenning av olje, kull og gass.

Andre typer menneskeskapte utslipp, som svoveldioksid (SO₂), har imidlertid virket avkjølende. SO₂ omdannes til partikler som reduserer solinnstrålingen. Effekten av SO₂-partiklene er ikke global, men begrenser seg til visse områder (Europa, Nord-Amerika og Sydøst-Asia).

Allerede i forrige århundre påpekte forskere at en økning av karbondioksidkonsentrasjonen i atmosfæren kunne varme opp jordens overflate. Systematiske målinger av CO₂ i atmosfæren startet i 1957, og etter dette har en påvist en betydelig økning i konsentrasjonen. På midten av 80-tallet ble det etablert en bred faglig enighet rundt de grunnleggende mekanismene bak klimaproblemetets natur. For å skape en bedre vitenskapelig forståelse av dette globale miljøspørsmålet etablerte FNs Miljøvernprogram (UNEP) og Verdens Meteorologiorganisasjon (WMO) i 1988 et mellomstatlig klimapanel, *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC.

2. Hva er FNs klimapanel, og hvilken funksjon har det?

FNs klimapanel (IPCC) og FNs rammekonvensjon om klimaendringer, (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) utgjør de to viktigste internasjonale institusjonene som arbeider med klimaproblematikken.

FNs klimapanel (IPCC) er et vitenskapelige organ som ikke driver forskning selv, men gir jevnlig faglige vurderinger og sammenfatninger av den nyeste kunnskapen som foreligger om klimasystemet. IPCC gjør sine vurderinger på bakgrunn av publisert litteratur og fokuserer spesielt på mulige menneskeskapte klimaforstyrrelser. Klimapanelets rapporter utgjør det viktigste vitenskapelige grunnlag for politiske beslutninger i Klimakonvensjonen (UNFCCC).

Klimapanelets første hovedrapport ble utgitt i 1990. I 1992 kom en spesialrapport som sammen med 1990-rapporten dannet grunnlaget for Klimakonvensjonen (se faktaboks 1 om panelets rapporter). Klimakonvensjonen var én av i alt fem internasjonale avtaler som ble vedtatt på FNs Konferanse om miljø og utvikling i Rio de Janeiro i 1992. Ettersom Klimapanelet er organisert innenfor FN-systemet kan alle som er medlemmer av FN delta i plenumssesjonene både i Klimapanelet og i de enkelte arbeidsgruppene.

Klimaspørsmålet er svært sammensatt og berører mange deler av samfunnet. Det har derfor vært hensiktsmessig å dele panelet inn i tre arbeidsgrupper som fokuserer på hvert sitt fagområde. Arbeidsgruppe I foretar de rent naturvitenskapelige vurderingene rundt klimaproblemet og dets årsaker. Arbeidsgruppe II vurderer virkningene av

klimaendringer og utarbeider mulige strategier for mottiltak og tilpasninger, mens arbeidsgruppe III vurderer hvordan klimaforstyrrelser vil virke inn på sosiale og økonomiske forhold. Hvert femte år utgir IPCC en hovedrapport med bidrag fra alle de tre arbeidsgruppene. Hver av gruppene utarbeider et eget sammendrag beregnet på beslutningstakere (“Summary for Policymakers”). I 1995 forelå IPCCs andre hovedrapport så langt.

Faktaboks 1

Rapporter utgitt av FNs klimapanel (IPCC)

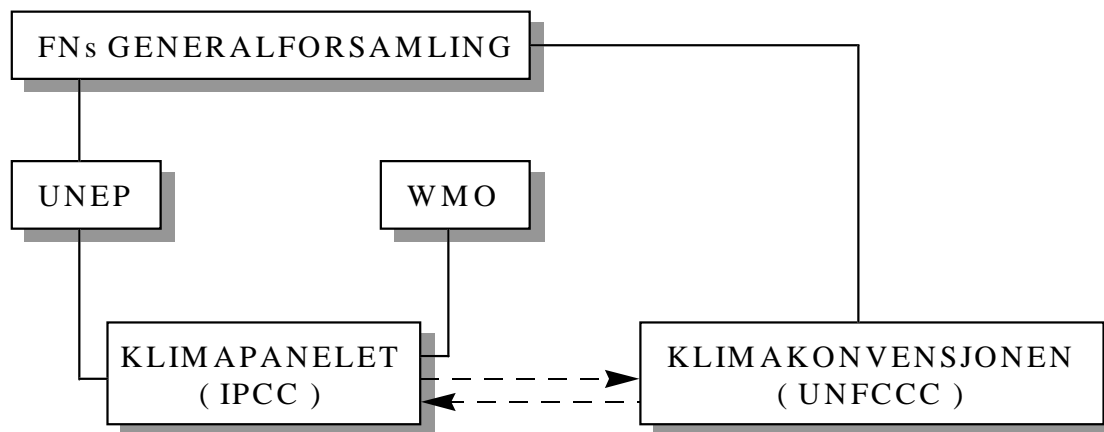
- 1990:** IPCCs første hovedrapport (First Assessment Report) med tilhørende sammendrag for beslutningstakere (“Summary for Policymakers”). Hovedrapporten inneholdt bidrag fra alle de tre arbeidsgruppene.
- 1992:** Supplementsrapport fra Arbeidsgruppe I, med sammendrag. Utarbeidet som grunnlag for Rio-konferansen i juni 1992, der Klimakonvensjonen ble vedtatt.
- 1994:** Interimsrapport med sammendrag. Utarbeidet som grunnlag for Klimakonvensjonens første partsmøte som fant sted i Berlin i mars-april i 1995. Interimsrapporten inneholdt bidrag fra alle de tre arbeidsgruppene.
- 1995:** IPCCs andre hovedrapport (Second Assessment Report) med sammendrag. De tre arbeidsgruppene har bidratt med rapporter. Med utgangspunkt i denne hovedrapporten utarbeidet panelet også en “Synteserapport” som drøfter teknisk-vitenskapelig informasjon av relevans for å fortolke Artikkel 2 i FNs Rammekonvensjon om klimaendringer (se faktaboks 2).

3. FNs rammekonvensjon om klimaendringer (UNFCCC)

Klimakonvensjonen ble som nevnt undertegnet i 1992 på FNs Konferanse om miljø og utvikling i Rio de Janeiro. Konvensjonen trådte i kraft i mars 1994. Den fungerer foreløpig som et redskap for å kartlegge utslipp av drivhusgasser. Klimakonvensjonen inneholder en intensjonserklæring om å stabilisere utslippene av drivhusgasser på 1990-nivå innen år 2000. På konvensjonens partsmøte i 1995 ble disse forpliktelsene kjent utilstrekkelige for å nå konvensjonens endelige mål. Den endelige målsetningen er å stabilisere konsentrasjonene av drivhusgasser i atmosfæren på et nivå som forhindrer farlig menneskeskapt påvirkning av klimasystemet (se faktaboks 2). Ved å undertegne Klimakonvensjonen forplikter partene seg til å arbeide for å nå dette målet. Det pågår stadig forhandlinger om ytterligere regulering av utslipp av drivhusgasser.

FNs klimakonvensjon er et politisk organ, og eventuelle vedtak om å regulere utslipp av drivhusgasser fattes av partsmøtet under konvensjonen. Alle land som har underskrevet og ratifisert Klimakonvensjonen deltar i partsmøtet. Per juni 1996 hadde

159 land ratifisert avtalen, deriblant Norge. Konvensjonen er direkte underlagt FNs Generalforsamling (se figur 2). Klimapanelets publikasjoner utgjør kunnskapsbasen for de politiske beslutningene som blir tatt på partsmøtene.



Figur 2. Organisatoriske tilknytninger for Klimapanelet og Klimakonvensjonen.

Faktaboks 2

Klimakonvensjonens endelige mål slik det er uttrykt i Artikkel 2 er:

“...stabilisering av konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren på et nivå som forhindrer farlig antropogen påvirkning av klimasystemet. Et slikt nivå bør oppnås innenfor en tidsramme som er tilstrekkelig til at økosystemer vil kunne tilpasse seg naturlig til klimaendringer, til at matproduksjonen ikke trues og at en bærekraftig økonomisk utvikling kan gjøres mulig.”

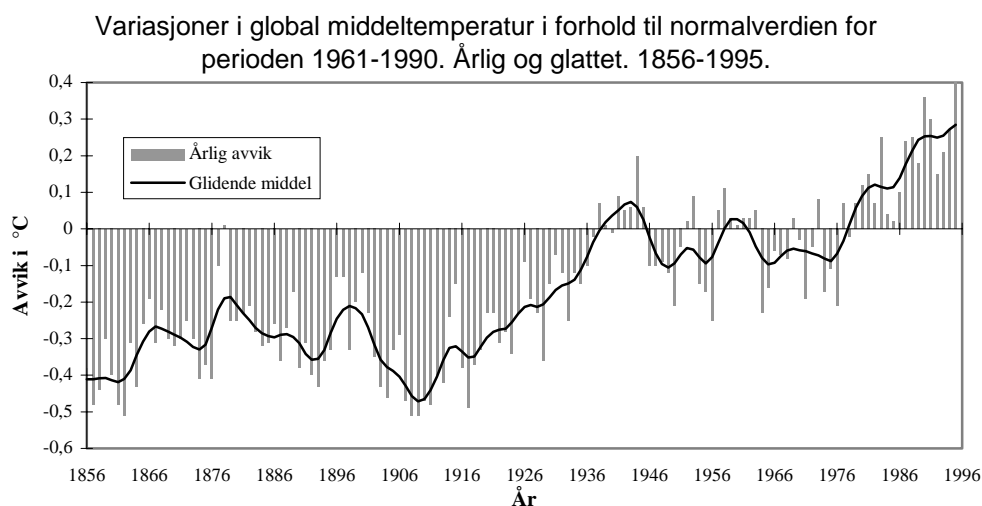
4. Hovedkonklusjoner fra IPCC 1995

I hovedrapporten fra 1990 ble muligheten for fremtidige menneskeskapt klimaforstyrrelser grundig drøftet. Den gang kunne man ikke entydig fastslå om menneskenes aktiviteter virkelig ville medføre klimaendringer. Siden 1990 har det foregått en omfattende kunnskapsutvikling på dette feltet. Selv om det fremdeles er betydelig usikkerhet rundt klimaproblemet konkluderes det i hovedrapporten fra 1995 likevel med at vi nå sannsynligvis kan registrere en menneskeskapt påvirkning på det globale klima. Nedenfor gjengis noen av konklusjonene i Klimapanelets hovedrapport fra 1995.

4.1 Hovedkonklusjoner fra Arbeidsgruppe I

Observerte klimaendringer

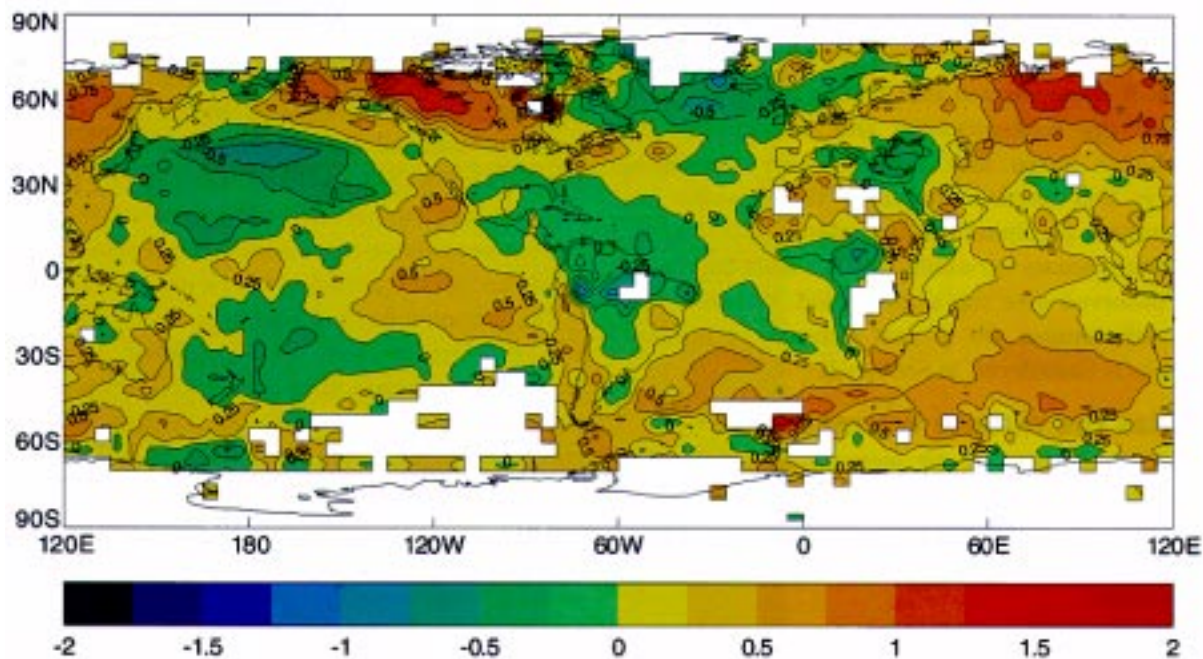
Målinger viser at jordens gjennomsnittlige overflatetemperatur har økt med mellom 0.3 og 0.6 °C siden slutten av 1800-tallet (se figur 3). De siste årene har vært blant de varmeste i denne perioden, til tross for avkjølingseffekten av vulkanutbruddet på Filippinene i 1991 som førte til økte konsentrasjoner av partikler i atmosfæren. Oppvarmingen er ikke jevnt fordelt geografisk og sesongmessig. De siste årene har oppvarmingen vært størst over kontinenter som ligger mellom 40°N og 70°N. Noen få områder, f. eks. Atlanterhavet nord for 30°N og enkelte tilgrensende landområder, er blitt kjøligere de siste tiårene.



Figur 3. Utvikling i global middeltemperatur i perioden 1861 til 1995 fremstilt som avvik i grader celsius (°C) fra gjennomsnittet for perioden 1961-1990 (IPCC, 1995; Det Norske Meteorologiske Institutt; University of East Anglia).

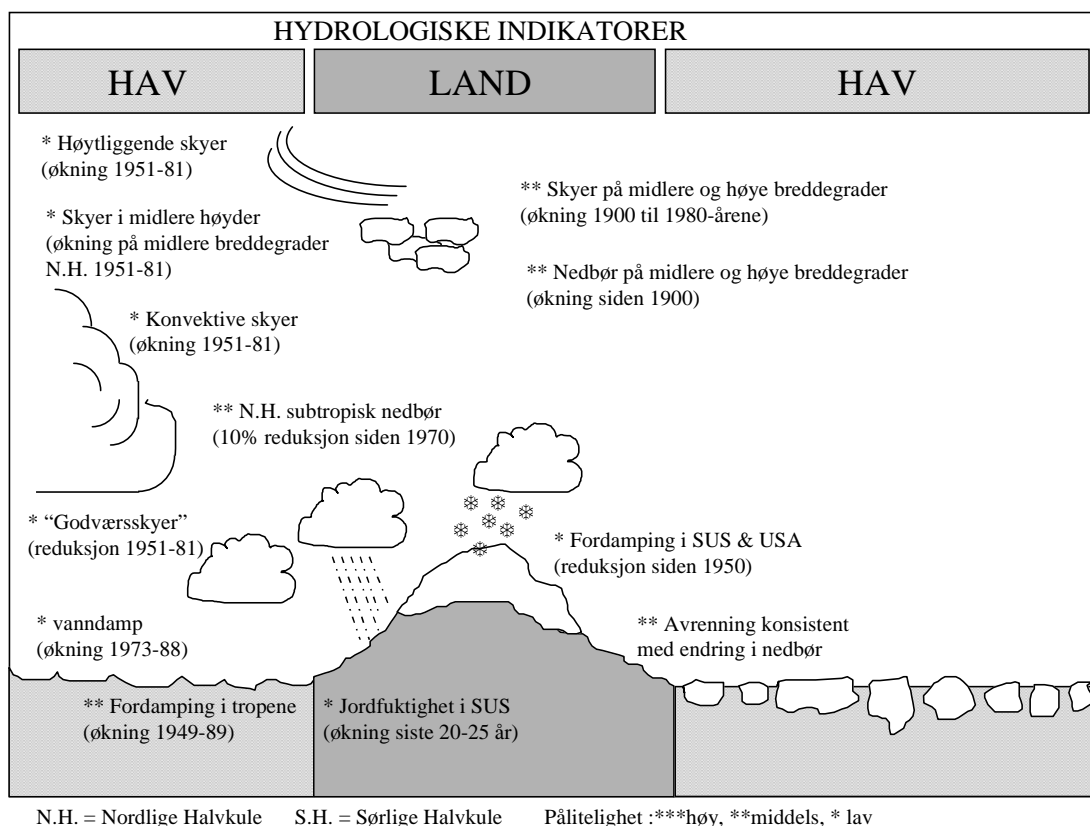
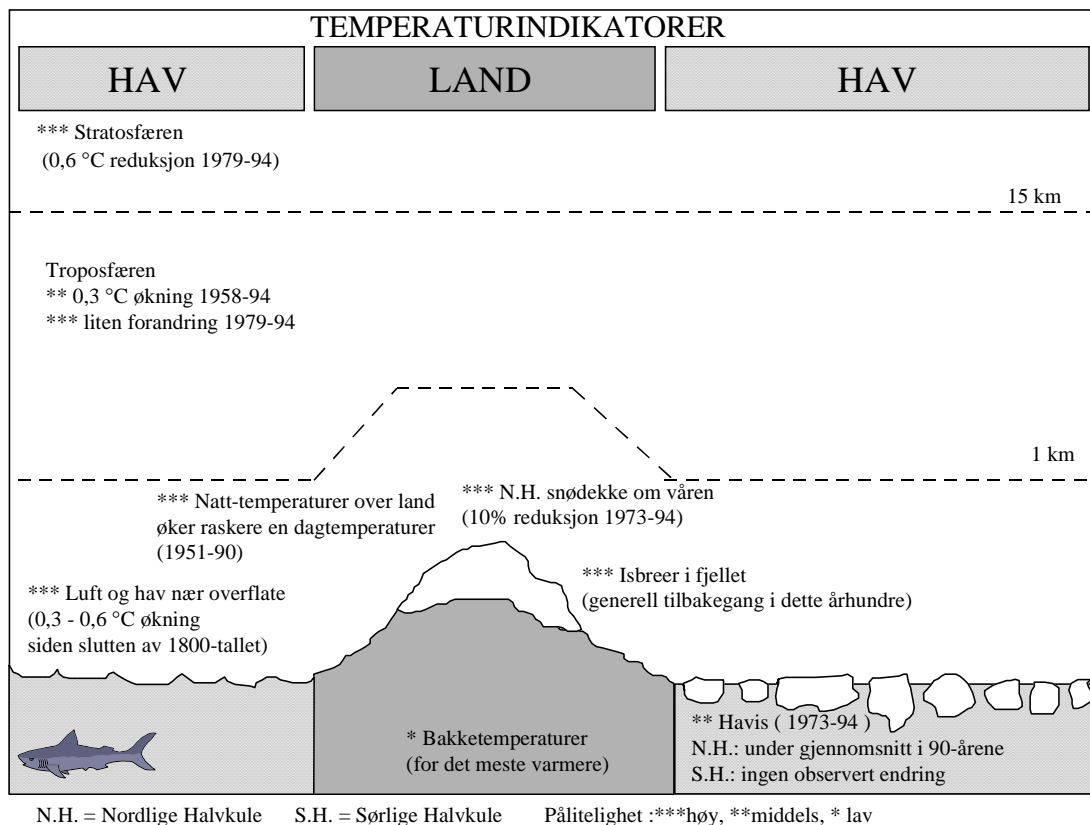
Figur 4 viser endringer i årsmidlet overflatetemperatur over landområder og havområder mellom periodene 1955-74 og 1975-94. Over landområder har natttemperaturene økt mer enn dagtemperaturene, og oppvarmingen har vært sterkest over kontinentene på midlere breddegrader om vinteren og våren.

Klimaindikatorer antyder at det 20. århundret kan være det varmeste siden 1400-tallet. Havnivået har i løpet av de siste 100 år steget med mellom 10 og 25 cm, og mye av dette kan skyldes den globale oppvarmingen.



Figur 4. Endring (fra 1955-74 til 1975-94) i årsmiddeltemperatur ($^{\circ}\text{C}$) ved overflaten (IPCC, 1995).

Observasjoner viser at nedbørsmengdene har økt over landområder i nordlige strøk, spesielt i den kalde årstiden. Samtidig har det siden 1960-tallet skjedd en nedgang i nedbørsmengdene i de tropiske og subtropiske strøk fra Afrika til Indonesia. Den gjennomsnittlige globale nedbørsmengden over landområder økte fra 1900 til 1960, men siden 1980 har den sunket. Beregninger antyder at fordampingen over de tropiske havområdene kan ha økt, mens den har gått ned over store deler av Asia og Nord-Amerika. Observasjoner viser at vandampinnholdet i atmosfæren over tropene har økt siden 1973. Siden 1950-tallet har skydekket trolig økt over havområdene. Snødekket på den nordlige halvkule har siden 1988 vært under gjennomsnittet for perioden 1974-94. Figur 5 viser et sammendrag av de observerte klimaendringene i den perioden instrumentelle målinger er foretatt.



Figur 5. Observerte endringer i klimasystemet (fra IPCC, 1995).

En merkbar menneskeskapt klimaeffekt

Siden forrige hovedrapport fra IPCC er det gjort betydelige fremskritt i arbeidet med å skille naturlige klimavariasjoner fra menneskeskapt (antropogen) påvirkning av klimaet. Dette skyldes blant annet at man har inkludert atmosfæriske partikler (aerosoler) i klimamodellene i tillegg til drivhusgassene, noe som gir et mer realistisk bilde av menneskeskapte effekter. En har også fått bedre forståelse av intern variabilitet i klimasystemet.

Tidligere fokuserte man mest på endringer i den *globale gjennomsnittstemperaturen*. Nå benyttes modeller som tar hensyn til økte konsentrasjoner av både drivhusgasser og aerosoler. Ved å sammenligne mønstrene (i tid og rom) for observerte klimaendringer med de endringene som modellene beregner, kan man med større sikkerhet si at den globale oppvarmingen skyldes menneskenes aktiviteter.

Fortsatt vekst i drivhusgassene

Konsentrasjonene av drivhusgassene karbondioksid, metan og lystgass har økt med henholdsvis 30%, 145% og 15% siden før-industriell tid (se tabell 1). Viktige utslippskilder for disse gassene er produksjon og forbruk av fossile brensler, biomassebrenning, avfall og landbruk. Økningen i atmosfærens CO₂-konsentrasjon betyr mest (ca. 60%) for den *menneskeskapte forsterkningen* av drivhuseffekten. De menneskeskapte utslippene skyldes først og fremst forbrenning av fossile brensler (kull, olje og gass) samt avskoging i tropiske strøk (se tabell 2). Etter CO₂ er det *metan* (CH₄) som bidrar mest til oppvarmingen. Økningen i metankonsentrasjonen skyldes husdyrhold, risproduksjon, brenning av biomasse, avfall og produksjon og forbruk av fossile brensler. Viktige menneskeskapte kilder til *lystgass* (N₂O) er jordbruk og industrielle prosesser. CO₂, CH₄ og N₂O har også viktige naturlige kilder, men økningen i konsentrasjonene skyldes i all hovedsak menneskeskapte kilder.

Det vakte en viss oppmerksomhet da *veksthastighetene* for CO₂ og andre drivhusgasser avtok betydelig på begynnelsen av 1990-årene. Årsakene til dette kan sannsynligvis knyttes til naturlige variasjoner i kilder og sluk. Nye data viser at veksthastighetene nå er av samme størrelse som de man observerte på 1980-tallet. Veksten i konsentrasjonene av KFK-gasser har imidlertid opphørt som en følge av tiltak i forbindelse med Montreal-protokollen. Dette er ikke tilfellet for erstatningsstoffene HKFK. Det forventes betydelige reduksjoner i konsentrasjonene av KFK- og HKFK-gassene etter år 2050 på grunn av videre iverksettelse av Montreal-protokollen. Gasser som HFK, PFC og SF₆ betyr i dag lite for den menneskeskapte endringen i strålingsbalansen, men med den utslippsvekst som forventes kan disse bli viktige i neste århundre.

Tabell 1: Endring i konsentrasjoner av noen viktige drivhusgasser (fra IPCC, 1995).

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	KFK-11	HKFK-22*	CF ₄
Før-industriell konsentrasjon	280 ppmv	700 ppbv	275 ppbv	0	0	0
Konsentrasjon i 1994	358 ppmv	1720 ppbv	312 ppbv	268 pptv	110 pptv	72 pptv
Veksthastighet	1.5 pmv/år (0.4 %/år)	10 ppbv/år (0.6 %/år)	0.8 ppbv/år (0.25 %/år)	0 pptv/år	5 pptv/år (5 %/år)	1.2 pptv /år (2 %/år)
Levetid i atmosfæren (år)	50 - 200**	12	120	50	12	50 000

ppmv ("parts per million") : Antall molekyler av en gass per 1 million luftmolekyler;

ppbv ("parts per billion") : Antall molekyler av en gass per 1 milliard luftmolekyler.

pptv ("parts per trillion") : Antall molekyler av en gass per 1 tusen milliarder luftmolekyler.

*) Erstatningsstoff for KFK-gasser.

***) Én enkelt levetid kan ikke defineres for CO₂ fordi denne gassen fjernes gjennom flere forskjellige prosesser med ulike hastigheter.

Tabell 2: Det globale antropogene karbonbudsjettet for perioden 1980-1989. Tallene angir årlige utslipp av CO₂ og hvordan dette utslippet fordeles mellom ulike reservoarer. Enheten er milliarder tonn karbon pr. år. (1 GtC=3.7 Gt CO₂). (fra IPCC, 1995).

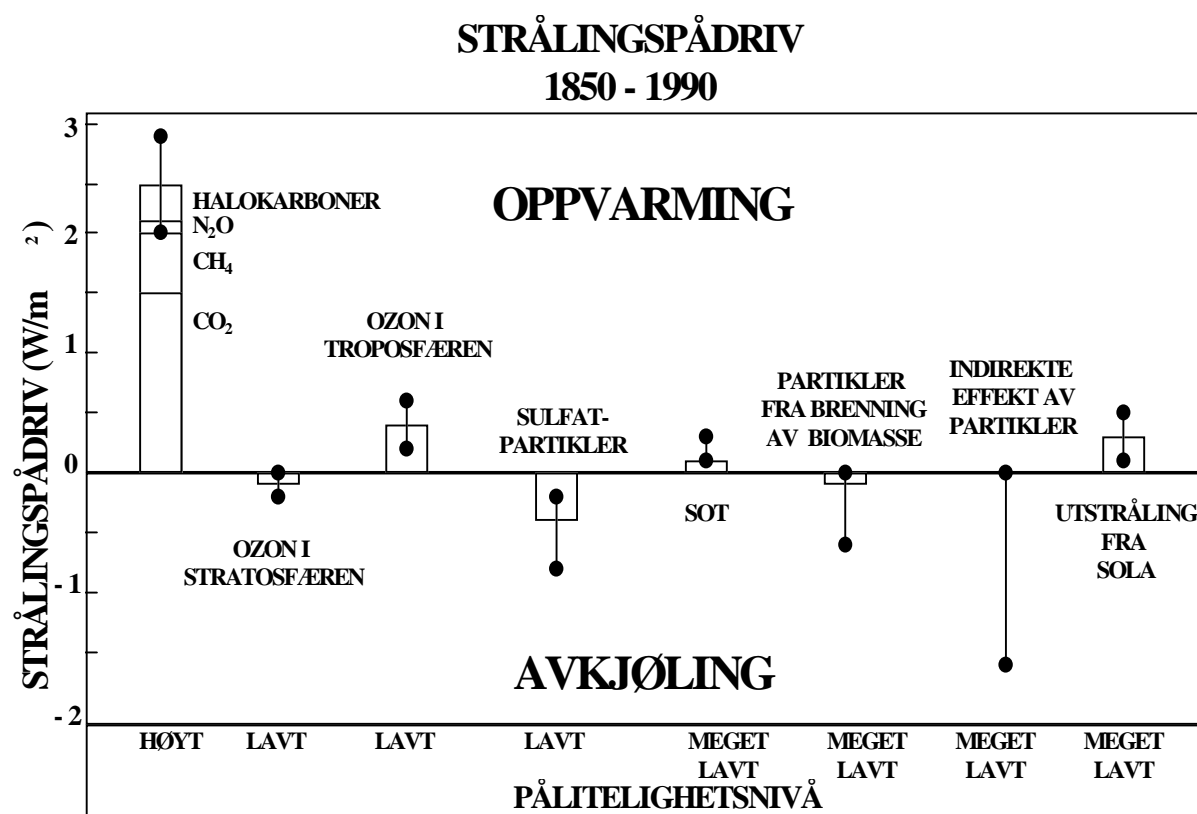
CO ₂ -kilder	GtC/år
(a) Fossile brensler og sementproduksjon	5.5 ± 0.5
(b) Avskoging i tropisk regnskog/endret arealbruk	1.6 ± 1.0
(c) Totale antropogene utslipp (a + b)	7.1 ± 1.1
Fordeling av antropogene utslipp	
(d) Akkumulering i atmosfæren	3.3 ± 0.2
(e) Opptak i havet	2.0 ± 0.8
(f) Opptak i skog på den nordlige halvkule	0.5 ± 0.5
(g) Andre terrestriske 'sluk' (CO ₂ -gjødsling, N-gjødsling, klimaeffekter) [a + b - (d + e + f)]	1.3 ± 1.5

Partikler motvirker oppvarmingen

Ved forbrenning av fossile brensler slippes det også ut svoveldioksid (SO₂) som danner små partikler (aerosoler) i atmosfæren. Ved å reflektere en del av solstrålingen virker disse aerosolene avkjølede. Denne effekten er avgrenset til visse geografiske områder ettersom partiklene har korte oppholdstider i atmosfæren. Partiklene har også en avkjølede effekt ved å påvirke skyenes egenskaper og utbredelse.

Endringer i jordens strålingsbalanse

Klimaeffektene av økningene i drivhusgasser og partikler kan oppgis som den påfølgende endring i jordens og atmosfærens strålingsbalanse. Dette kalles gjerne “strålingspådriv” eller “strålingsføring”¹, og oppgis i W/m^2 . Et positivt strålingspådriv innebærer oppvarming, mens et negativt gir avkjøling. Figur 6 viser globalt årlig strålingspådriv for perioden 1850 til 1990. CO_2 står for den største oppvarmingseffekten, mens metan, lystgass og halokarboner også bidrar i vesentlig grad. Nedbrytningen av ozonlaget i stratosfæren har gitt en avkjølingseffekt, mens ozonøkning i troposfæren (under 15 km) har medført oppvarming. Sulfatpartikler og partikler fra biomasseforbrenning har virket avkjølede, mens sot har gitt en oppvarmingseffekt. I tillegg har partiklene en indirekte avkjølingseffekt ved å påvirke skyenes egenskaper og utbredelse. I figur 6 angis også oppvarmingseffekten av variasjoner i solintensiteten. Nye studier indikerer at økte konsentrasjoner av mineralstøv på grunn av menneskenes aktivitet også medfører klimaforstyrrelser. Slike støvpartikler virker både oppvarmende, ved å absorbere langbølget varmestråling fra jorda, og avkjølede ved å reflektere innkommende stråling. Strålingspådrivet fra slike partikler er ikke angitt i Figur 6. Pålitelighetsnivået for de ulike estimatene er angitt nederst i figuren.



Figur 6. Klimaeffekter av endringer i konsentrasjonene av klimagasser og partikler

¹ Det engelske uttrykket er “radiative forcing”.

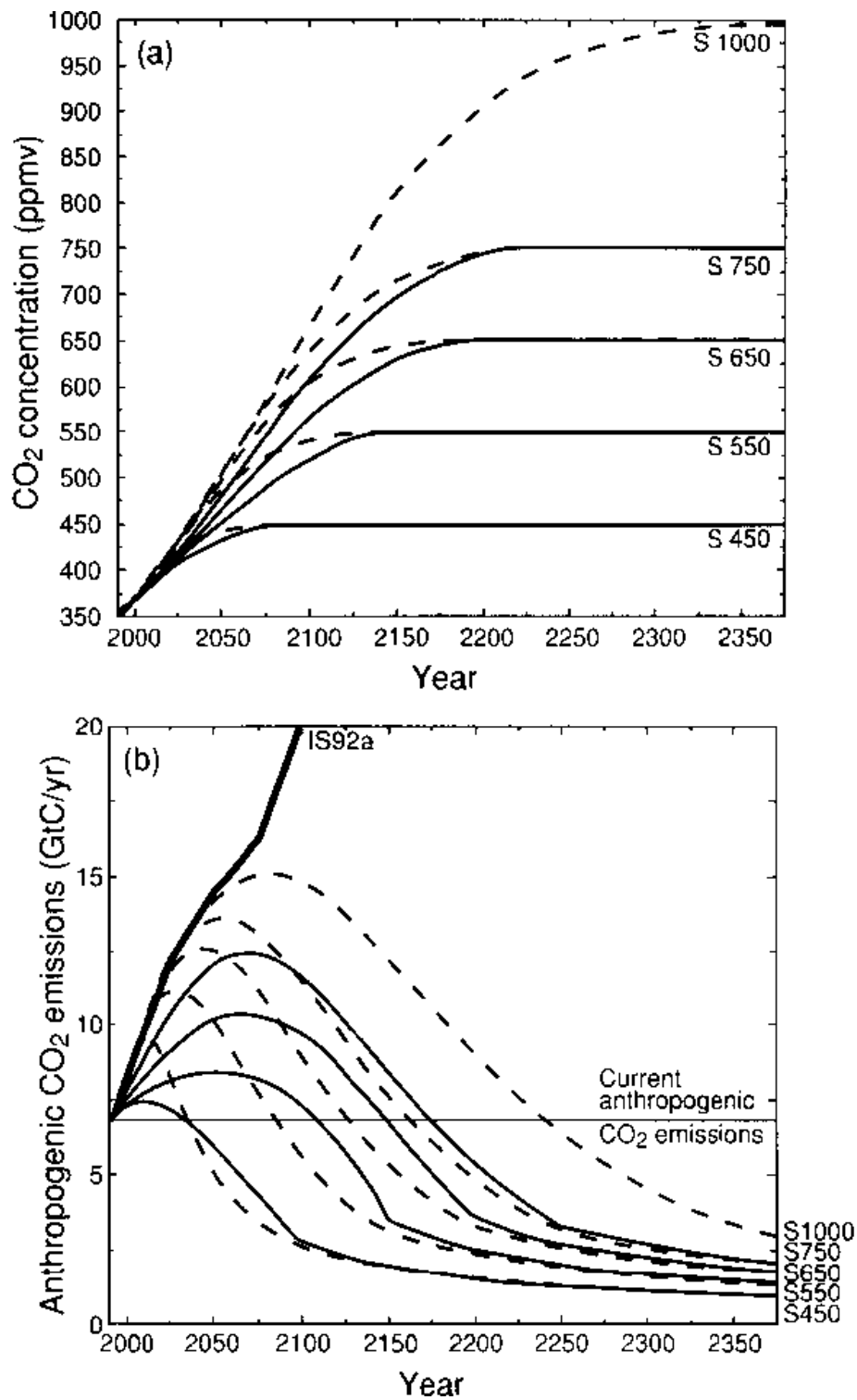
siden pre-industriell tid gitt som strålingspådriv i watt per kvadratmeter (W/m^2). Høyden på stolpene viser beste estimat og linjene markerer usikkerhetsområdet. Pålitelighetsnivået er angitt nederst i figuren (fra IPCC, 1995).

Hva må til for å oppnå stabilisering av utslippene?

Hvis *utslippene* av CO_2 stabiliseres på 1994-nivå, vil likevel *konsentrasjonen* i atmosfæren fortsette å øke i minst to århundrer fremover. Dette kommer av at det tar lang tid å fjerne 'ekstra' CO_2 fra atmosfæren. For å stabilisere konsentrasjonen av CO_2 på 450, 650 eller 1000 ppmv, må de antropogene utslippene reduseres til under 1990-nivå i løpet av henholdsvis 40, 140 eller 240 år fra i dag, og deretter må utslippene reduseres til godt under halvparten av dagens utslipp. Til sammenligning var før-industriell konsentrasjon av CO_2 ca. 280 ppmv, mens konsentrasjonen i 1994 var 358 ppmv.

Figur 7a og 7b viser Klimapanelets estimater for hvor store reduksjoner i CO_2 -utslippene som må til for å oppfylle ulike stabiliseringsmål. I figur 7a tenker man seg at CO_2 -konsentrasjonen i atmosfæren stabiliseres på fem ulike nivåer. Figur 7b viser hvordan *utslippene* av CO_2 må reduseres for å oppnå de ulike stabiliseringsnivåene angitt i figur 7a.

For metan (CH_4) er det tilstrekkelig å redusere de antropogene utslippene med 8% for å stabilisere konsentrasjonen i atmosfæren på dagens nivå. Dette skyldes gassens relativt korte levetid (ca. 12 år). Når det gjelder lystgass (N_2O) må de antropogene utslippene reduseres med mer enn 50% for å stabilisere konsentrasjonen på dagens nivå.



Figur 7. (a) Ulike utviklingsbaner som gir stabilisering av CO₂-konsentrasjonen på ulike nivåer; (b) Ulike utviklingsbaner for CO₂-utslippene for å oppnå stabiliseringsnivåene i figur 7a. (IPCC, 1995).

Global Warming Potential (GWP)

Det er store variasjoner i drivhusgassenes oppvarmingseffekt og levetid i atmosfæren. 'Global Warming Potentials' (GWP) eller 'globale oppvarmingspotensialer' er derfor introdusert som et hjelpemiddel for å sammenligne potensielle klimaeffekter av ulike gasser. GWP-verdiene angir akkumulert oppvarmingseffekt i forhold til effekten av CO₂ over en valgt tidshorison, gjerne mellom 20 og 500 år, og benyttes til å regne om utslipp til 'CO₂-ekvivalenter'. For en tidshorison på 100 år har metan en GWP-verdi lik 21, hvilket innebærer at 1 kg metan virker 21 ganger mer oppvarmende enn 1 kg CO₂. Perfluormetan (CF₄) og svovelheksafluorid (SF₆) har GWP-verdier på henholdsvis 6500 og 23 900 for samme tidshorison. At CO₂ allikevel er viktigst for økningen i drivhuseffekten, skyldes de langt større utslippene av denne gassen. Tabell 3 viser GWP-verdier som IPCC har beregnet i sin 1995-rapport.

Tabell 3. GWP-verdier for noen utvalgte drivhusgasser (fra IPCC, 1995).

Gass	Kjemisk formel	Levetid (år)	Global Warming Potential (tidshorison)		
			20 år	100 år	500 år
Karbondioksid	CO ₂	variabel	1	1	1
Metan	CH ₄	12±3	56	21	6.5
Lystgass	N ₂ O	120	280	310	170
HFC-23	CHF ₃	264	9100	11700	9800
Svovelhexafluorid	SF ₆	3200	16300	23900	34900
Perfluormetan	CF ₄	50000	4400	6500	10000
Perfluoretan	C ₂ F ₆	10000	6200	9200	14000
Perfluorpropan	C ₃ F ₈	2600	4800	7000	10100
Ozon-nedbrytende gasser ²	KFK og HKFK m.fl.				

Forventede klimaendringer

På grunnlag av scenarier for fremtidige utslipp og omfattende studier med klimamodeller, har IPCC beregnet en sannsynlig økning i global middeltemperatur på mellom 1 og 3.5°C fra 1990 til år 2100. En oppvarming på 2°C oppgis som beste estimat. Gjennomsnittlig oppvarmingshastighet vil sannsynligvis være større enn hva man har hatt de siste 10 000 år.

Havnivået vil stige som følge av havets termiske utvidelse og smelting av isbreer og innlandsis. Modellene beregner en økning i havnivået på 15 til 95 cm fra i dag og frem til år 2100. En stigning på 50 cm oppgis som beste estimat.

² GWP for ozon-nedbrytende gasser er summen av en direkte (positiv) og en indirekte (negativ) komponent. Sistnevnte er sterkt avhengig av hvor effektivt disse gassene bryter ned ozon. Generelt tenderer halongassene til å ha en *negativ* netto GWP, mens CFC-gassene tenderer til å være *positive* både over tidshorisoner på 20 og 100 år.

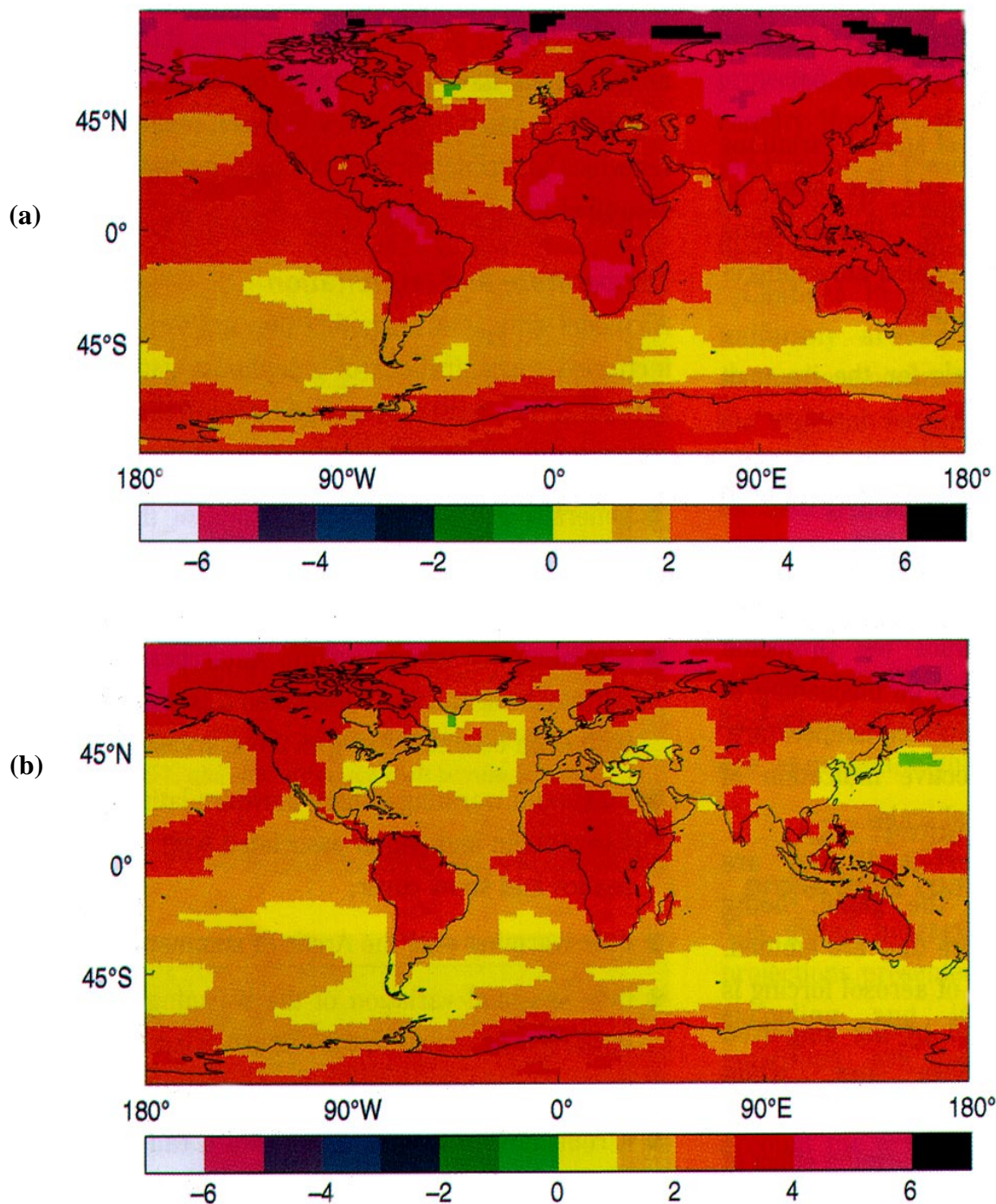
Studier viser at fremtidige klimaendringer kan ha følgende trekk:

- Om vinteren vil oppvarmingen over land bli sterkere enn over hav.
- Oppvarmingen blir størst på høye nordlige breddegrader om vinteren.
- Om vinteren vil det bli økt nedbør og jordfuktighet på høye breddegrader.
- Vannets kretsløpet vil bli akselerert. Dette innebærer endringer i forekomst av tørke og flom.
- Flere dager med ekstrem varme, og færre dager med ekstrem kulde.
- Flere modeller viser at det kan bli flere ekstreme nedbørsperioder i noen områder.

Nå effektene av aerosoler inkluderes i beregninger av fremtidige klimaendringer får en noe redusert oppvarming ved overflaten, hovedsakelig på midlere breddegrader på den nordlige halvkule. Maksimal vinteroppvarming på høye breddegrader blir mindre (se figur 8a og 8b).

Figur 8a viser endring i overflatetemperaturen ved tidspunktet for dobling av CO₂-konsentrasjonen i forhold til dagens nivå. Figur 8b viser endring i overflatetemperaturen ved tidspunktet for dobling av CO₂-konsentrasjonen når det er tatt hensyn til økningen i konsentrasjonen av både CO₂ og aerosoler.

TEMPERATURENDRING (°C)



Figur 8. (a) Endring i overflatetemperatur (°C) ved tidspunktet for dobling av CO₂-konsentrasjonen; (b) Endring i overflatetemperatur ved tidspunktet for dobling av CO₂-konsentrasjonen når det er tatt hensyn til økning i konsentrasjonen av aerosoler. (IPCC, 1995).

Fremdeles stor usikkerhet

IPCC understreker at det er stor usikkerhet knyttet til vår forståelse av klimasystemet og at det er mange faktorer som i dag begrenser forskernes evne til å beregne fremtidige klimaendringer. Store og raske klimaforandringer har forekommet tidligere og slike endringer er vanskelige å forutsi. Fremtidige klimaendringer kan medføre uforutsette konsekvenser.

Det er flere faktorer som gjør det vanskelig å beregne hvordan klimaendringer kan arte seg. Dette gjelder spesielt klimaendringer på regional skala. Som følge av termisk treghet i havene vil bare 50-90% av den endelige oppvarmingen ved likevekt være realisert innen år 2100, og selv om konsentrasjonen av drivhusgasser er stabilisert innen den tid vil temperaturøkningen fortsette. Havnivået vil også fortsette å stige i århundrene etter år 2100 selv om konsentrasjonene av drivhusgasser er stabilisert innen den tid. Havnivået vil fortsette å stige også etter at den globale middeltemperaturen er stabilisert. De fleste modellstudier antyder at styrken på den Nord-Atlantiske strøm, eller Golfstrømmen, vil bli redusert. Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til hvor raske og sterke eventuelle endringer vil bli. Golfstrømmen transporterer store mengder varme til det nordlige Atlanterhav og inn i Norskehavet. Slik bidrar den til at klimaet i nordvest-Europa er betydelig mildere enn på tilsvarende breddegrader ellers i verden.

4.2 Hovedkonklusjoner fra Arbeidsgruppe II

Arbeidsgruppe II har studert mulige virkninger av klimaendringer på fysiske og økologiske systemer, menneskers helse og på sosio-økonomiske sektorer. I tillegg har arbeidsgruppen hatt ansvaret for å gjennomgå mulige tekniske og økonomiske tilpasningstiltak.

I dag utsettes mange økosystemer og sosio-økonomiske systemer for stress av ulike karakterer, for eksempel fra forurensning og økende ressursuttak. Forskerne mener at klimaendringer vil representere et tilleggsstress. Utviklingsland er mest sårbare, ettersom de økonomiske og institusjonelle forholdene i disse landene er mindre gunstige enn i industrilandene.

Økosystemenes følsomhet

Økosystemene inneholder jordens reservoar av arter og genetisk mangfold. De sørger blant annet for mat, medisiner, energi, nedbryting av avfall og forurensninger, i tillegg til å gi muligheter for rekreasjon og turisme. Klimaendringer vil føre til at mange økosystemers sammensetning og geografiske fordeling vil endres. Trolig vil det skje en reduksjon i det biologiske mangfoldet og i de godene som økosystemene bidrar med. Det kan ta flere århundrer før enkelte økosystemer oppnår ny likevekt, selv etter at klimasystemet har nådd en ny balanse.

Ved en global oppvarming på 1 til 3.5°C over de neste hundre år, vil økosystemene trolig forskyve seg nordover mot polene og mot høyere liggende strøk. Enkelte skogstyper kan forsvinne, mens det kan bli etablert nye artssammensetninger og i sin

tur nye økosystemer. Anslagsvis 1/3 av verdens skogsareal forventes å bli utsatt for betydelige endringer. Det forventes størst endringer i vegetasjonssamfunnene på høye breddegrader og minst i tropiske områder.

Ifølge Arbeidsgruppe II kan ørkenene bli mer ekstreme ved at de blir varmere uten at fuktigheten øker. Det er videre beregnet at mellom en tredjedel og halvparten av isbreene kan forsvinne i løpet av de neste hundre år. Dette vil blant annet få konsekvenser for vannføringen i elver og tilførsel til vannkraftverk og jordbruk.

En global oppvarming vil føre til store variasjoner i jordbruksproduksjonen mellom regioner. Studier tyder på at den globale matvareproduksjonen vil kunne opprettholdes, mens den *geografiske fordelingen* av matproduksjonen vil endres. Slike regionale endringer i produksjonsmønsteret kan føre til økt risiko for sult og hungersnød i enkelte områder.

I dag bor 46 millioner mennesker i flomutsatte områder. En stigning i havnivået på 50 cm vil øke dette tallet til 92 millioner; en stigning på 1 meter vil øke det til 118 millioner mennesker (en har da sett bort i fra forventet befolkningsvekst). Tap av areal kan bli betydelig for utsatte kyst- og øystater som Nederland, Bangladesh og Majuro-atollen (Marshall-øyene). Utviklingsland er mest sårbare overfor endringer i havnivået fordi de har dårligst utbygde beskyttelsessystemer. Økt havnivå kan føre til at store deler av befolkningen i utsatte land må flytte.

Klimaendringer forventes å ha vidtrekkende helseeffekter og kan komme til å medføre betydelige tap av menneskeliv. Mulige direkte effekter er flere sykdomstilfeller og dødsfall som følge av hyppigere, mer intense og langvarige hetebølger. Eksempler på indirekte helseeffekter av klimaendringer er økning i infeksjonssykdommer som spres med smittebærere (f.eks. malaria og gulfeber). En økning i temperaturen på 3 til 5°C forventes å føre til 50-80 millioner nye tilfeller av malaria per år. Til sammenligning er i dag 500 millioner mennesker smittet av malaria.

Tiltak for utslippsbegrensninger og tilpasning

Klimapanelet har kommet fram til at det ved hjelp av kjent teknologi er mulig å redusere utslippene av drivhusgasser betydelig og samtidig oppnå økonomiske gevinster. Dette kan blant annet skje ved energieffektivisering. Studier viser at med dagens teknologi er det mulig å oppnå en energieffektivisering på fra 10 til 30% uten at det medfører store kostnader. Innen år 2100 vil verdens kommersielle energisystemer være skiftet ut minst to ganger. Dette gir gode muligheter til å endre energisystemet uten for store omstillingskostnader.

Arbeidsgruppe II foreslår en rekke sektorspesifikke tiltak. Innenfor jordbruket kan en blant annet møte fremtidige klimaendringer ved å forbedre forvaltningen av landbruksjord, samle opp metan fra gjødselslagre og bruke gjødsel på en mer effektiv måte. Aktuelle tiltak i skogsektoren for å redusere nettoutslippene er å bevare det nåværende skogdekket ved å redusere avskogingstakten, etablere "ny" skog, samt å erstatte fossile brensler med bioenergi.

I dag er det mange områder i verden der nødvendig teknologi og informasjon er svært begrenset. Mulighetene for å velge de mest kostnadseffektive tilpasningsstrategiene vil være avhengig av tilgjengelighet på teknologi og finansielle ressurser. Det ligger derfor et potensiale i å bedre denne tilgjengeligheten. I tillegg vil forhold som kultur, utdanningsnivå, forvaltning og lovgivning, både nasjonalt og i internasjonale organer, innvirke på mulighetene for effektive tiltak.

4.3 Hovedkonklusjoner fra Arbeidsgruppe III

Rapporten fra Klimapanelets arbeidsgruppe III gir en oversikt over sosiale og økonomiske virkninger av klimaendringer. Rapporten påpeker at det er vanskelig å finne frem til gode klimatiltak på grunn av den store usikkerheten rundt klimaendringene. I tillegg er det vanskelig å vurdere effekten av klimatiltak fordi det tar lang tid fra man setter i verk et tiltak til man merker virkningene.

Hva er gode klimatiltak?

Klimapanelet peker på viktigheten av å benytte indirekte tiltak, som for eksempel avgifter, for å motivere til utslippsreduksjoner. Det vises også til en rekke muligheter for å redusere klimagassutslipp gjennom å fremme investeringer i ny teknologi. Generelt kan man si at en god strategi for å motvirke klimaendringer kjennetegnes ved at man velger tiltak som er fleksible. På denne måten holder man alle muligheter åpne for å kunne nyttiggjøre seg ny kunnskap på området.

Hva koster det å forebygge klimaendringer?

Rapporten fra arbeidsgruppe III viser at ved å effektivisere energiforbruket kan utslippene av klimagasser allerede i dag reduseres betydelig. For eksempel foregår det en omfattende subsidiering av energi i svært mange land. Dette bidrar til å opprettholde klimagassutslippene i tillegg til at slik subsidiering er dyrt. Hvis subsidieringen av energi opphørte, ville prisen på energi stige og forbruket reduseres. Rapporten påpeker også at i flere land kan en innføre ny teknologi som vil redusere utslippene av klimagasser uten store kostnader.

Hvis man ønsker å stabilisere utslippene av drivhusgasser på et bestemt nivå, må man belage seg på å betale noe for det. De fleste studier viser at slike utgifter vil utgjøre en reduksjon i bruttonasjonalprodukt (BNP) på mellom 1 og 3% i år 2010 dersom en går inn for stabilisering nå. Det brukes mange ulike modeller for å gjøre slike kostnadsoverslag og en bør derfor være forsiktig med å tillegge slike beregninger for stor vekt. Det er ikke alltid hovedhensikten å lage et anslag på hva en forventer at kostnadene vil bli. Poenget med slike analyser er ofte å vurdere mulighetene for *tiltak* og hvilke *effekter* de kan tenkes å få.

Hva kjennetegner en god klimapolitikk?

Noe av det viktigste som er kommet ut av den økonomiske forskningen frem til i dag er å finne frem til *kostnadseffektive* tiltak. Kostnadseffektivitet vil si at en velger den billigst mulige måten å nå et mål, for eksempel reduksjon av utslipp til et bestemt

nivå. I klimasammenheng betyr det at uansett hvem som skal betale for tiltakene, bør klimagassutslippene reduseres i de landene der det koster minst.

Et kostnadseffektivt tiltak kan være å ha et system med omsettbare utslippskvoter til alle land. Dette innebærer at hvert land får tillatelse til å slippe ut en viss mengde klimagasser. Dersom landene ikke har behov for å slippe ut så mye som kvoten tillater, kan de selge deler av den i et marked. Vil de slippe ut mer, må de kjøpe utslippstillatelser av andre land, som dermed må redusere sine utslipp i forhold til det opprinnelig tillatte. Et slikt system vil sikre at alle land som deltar bestreber seg på å gjøre det de kan for å få sine utslipp så lave som mulig. Det er imidlertid mange praktiske problemer forbundet med omsettbare utslippskvoter og det er uvisst når og om slike tiltak kan bli virkelighet.