

Resume for beslutningstagere af IPCC's Tredje Hovedrapport

Klimaændringer 2001: Begrænsning af drivhusgasser Arbejdsgruppe III

Dette resume, som er godkendt i detaljer på IPCC arbejdsgruppe III's møde (Accra, Ghana, 28 februar - 3. marts 2001) repræsenterer IPCC's formelt vedtagne standpunkt vedrørende begrænsning af drivhusgasser.

Resumeeet er baseret på et udkast udarbejdet af:

Tariq Banuri, Terry Barker, Igor Bashmakov, Kornelis Blok, Daniel Bouille, Renate Christ, Ogunlade Davidson, Jae Edmonds, Ken Gregory, Michael Grubb, Kirsten Halsnaes, Tom Heller, Jean-Charles Hourcade, Catrinus Jepma, Pekka Kauppi, Anil Markandya, Bert Metz, William Moomaw, Jose Roberto Moreira, Tsuneyuki Morita, Nebojsa Nakicenovic, Lynn Price, Richard Richels, John Robinson, Hans Holger Rogner, Jayant Sathaye, Roger Sedjo, Priyaradshi Shukla, Leena Srivastava, Rob Swart, Ferenc Toth, John Weyant

Indhold

Forord til den danske oversættelse	3
Introduktion	4
Begrænsningsudfordringens karakter	4
Mulighederne for at begrænse eller reducere udledningerne af drivhusgasser og øge kulstof-dræn	13
Omkostninger og side-gevinster ved begrænsningstiltag	17
Veje og midler til begrænsning	17
Mangler i vores viden	20

Forord til den danske oversættelse

Det nu nedlagte Energimiljøråd har taget initiativ til denne oversættelse af Resume for beslutningstagere af IPCC's Tredje Hovedrapport: "Klimaændringer 2001: Begrænsning af drivhusgasser". En arbejdsgruppe fra rådet har også 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 forskere fra hele verden, og panelets opgave er bl.a. at sammenstille og gøre status over eksisterende og anerkendt forskning, 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 ikke blevet mindre med udfaldet af klimaforhandlingerne - senest i Bonn på den genoptagne 6. Partskonference (COP6-bis) og i Marrakesh på den 7. Partskonference (COP7) i 2001 – der har givet grundlag for, at der nu er udsigt til, at Kyoto-protokollen kan blive ratificeret af så mange lande, at den kan træde i kraft.

Resumeeet for beslutningstagere fra Arbejdsgruppe II: "Klimaændringer 2001: Påvirkninger, tilpasning og sårbarhed" er tidligere oversat. Der er endvidere igangsat en oversættelse af resumeeet for beslutningstagere fra Synteserapporten, og DMI står for en oversættelse af resumeeet for beslutningstagere fra Arbejdsgruppe I: "Klimaændringer 2001: Det videnskabelige grundlag vedrørende klimaændringer".

Herudover vil der også blive udarbejdet en opdateret version af publikationen »IPCC og globale klimaændringer - en indføring« fra 1998, der er en mere populær indføring i IPCC og IPCC's arbejde.

IPCC's sekretariat har givet tilladelse til oversættelsen. Stig Meldgaard (Sun Media), har stået for oversættelsen, og Kirsten Halsnæs og Anne Olhoff (Forskningscenter Risø) har bidraget med kvalitetssikring heraf.

Maj 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

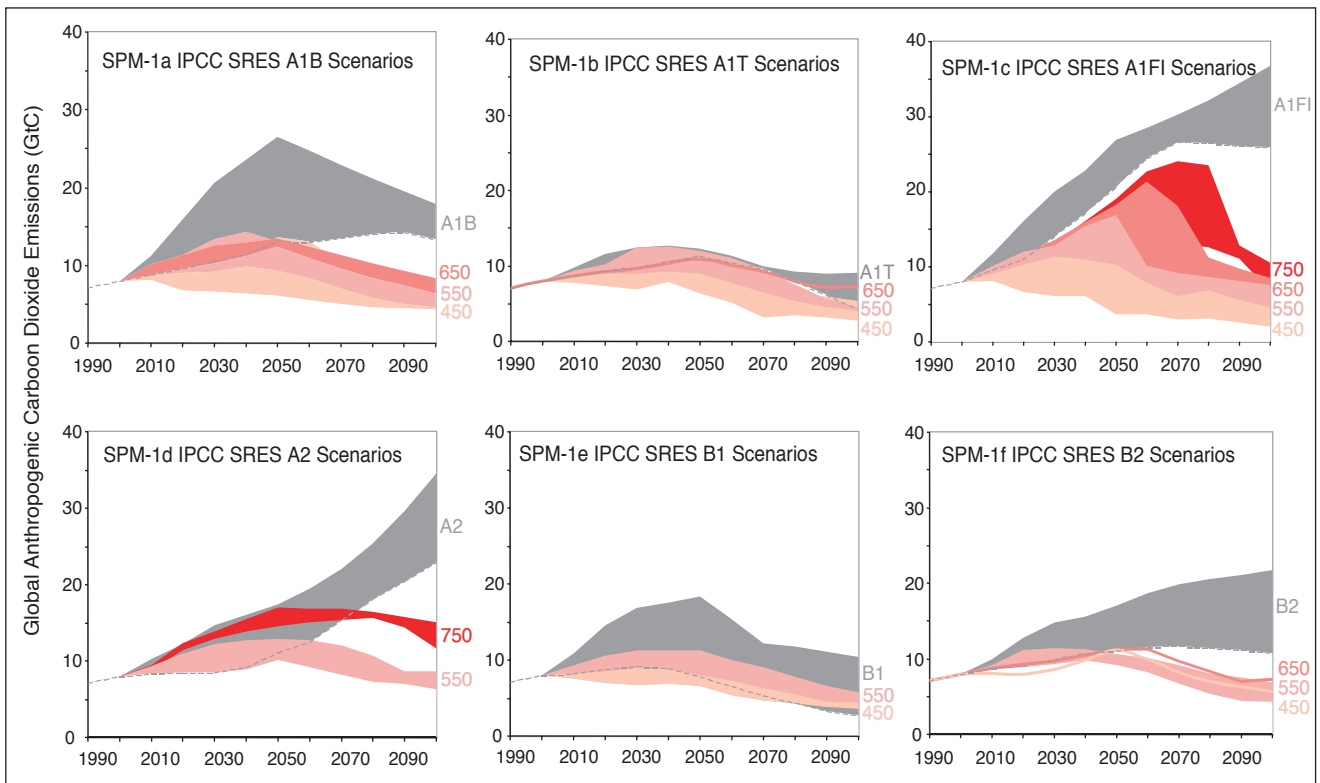
1. Denne rapport vurderer de videnskabelige, tekniske, miljømæssige, økonomiske og samfundsmæssige aspekter af begrænsningen af drivhusgasser. Forskningen i begrænsning¹⁾ af drivhusgasser er fortsat siden udgivelsen af IPCC's Anden Hovedrapport (SAR) under hensyntagen til politiske ændringer såsom UNFCCC's vedtagelse af Kyoto Protokollen i 1997. Hovedrapporten trækker også på en række specialrapporter fra IPCC, navnlig specialrapporten om luftfart og den globale atmosfære, den specielle rapport om metodiske og teknologiske spørgsmål ved teknologioverførsel (SRTT), den specielle rapport om udledningsscenarier og specialrapporten om arealanvendelse, ændringer i arealanvendelse og skovbrug (LULUCF).

Begrænsningsudfordringens karakter

2. Klimaændringer²⁾ er et problem med unikke karaktertræk. De er globale, langsigtede (op til adskillige århundreder) og involverer komplekse interaktioner mellem klimatiske, miljømæssige, økonomiske, politiske, institutionelle, samfundsmæssige og teknologiske processer. Dette kan have signifikante internationale og inter-generationelle virkninger i forhold til bredere samfundsmæssige mål som lighed og bæredygtig udvikling. Udvikling af reaktioner over for klimaændring er karakteriseret ved beslutningstagen under usikkerhed og risiko, herunder muligheden for ikke-lineære og/eller irreversible ændringer (afsnit 1.2.4, 1.3, 10.1.2, 10.1.4, 10.4.2)³⁾.

3. Alternative udviklingsveje⁴⁾ kan resultere i meget forskellige udledning af drivhusgasser. SRES (IPCC's Special Report on Emission Scenarios) og begrænsningsscenarierne vurderet i denne rapport tyder på, at begrænsningernes type, størrelsesorden, timing og deres omkostninger afhænger af forskellige nationale omstændigheder samt socioøkonomiske og teknologiske udviklingsveje og det ønskede stabiliseringsniveau for drivhusgasser i atmosfæren (se figur SPM-1 for et eksempel på totale CO₂-udledninger). Udviklingsveje, som fører til lave udledninger, afhænger af et bredt spektrum af politiske valg og kræver store politikændringer inden for andre områder end klimaændringer (afsnit 2.2.3, 2.3.2, 2.4.4).

4. Begrænsning af klimaændringer vil både blive påvirket af og vil påvirke bredere samfundsøkonomiske politikker og tendenser som fx dem, der er relateret til udvikling, bæredygtighed og lighed. Politikker til begrænsning af klimaændringer kan fremme bæredygtig udvikling, hvis de er i overensstemmelse med sådanne bredere samfundsmål. Nogle begrænsningsforanstaltninger kan give vidtgående gevinster på områder, der ligger uden for klimaændringer: De kan f.eks. reducere sundhedsproblemer, øge beskæftigelsen, reducere negative miljøpåvirkninger (såsom luftforurening), beskytte og fremme skove, jord og vandforsyning, reducere de subsidier og skatter, som forøger udledning af drivhusgasser, og kan fremkalde teknologiske ændringer og teknologispredning og dermed bidrage til bredere målsætninger for bæredygtig udvikling. Ligeledes kan udviklingsveje, som lever op til målene for bæredygtig udvikling, resultere i lavere niveauer for udledning af drivhusgasser (afsnit 1.3, 1.4, 2.2.3, 2.4.4, 2.4.5, 2.5, 7.2.2).



Globale, menneskeskabte udledninger

Figur SPM.1 Sammenligning mellem reference og stabiliseringsscenarier. Figuren er delt i seks dele, en for hver af referencescenarie grupperne fra specialrapporten om udledningsscenarier ("Special Report on Emissions Scenarios - SRES, se boks SPM.1). Hver del af figuren viser spændvidden af de totale globale CO₂-udledninger (i gigaton kulstof(GtC)) fra alle menneskeskabte kilder for SRES referencescenariegruppen (i grå nuancer) og spændvidden for de forskellige begrænsningsscenarier vurderet i TAR, som fører til en stabilisering i CO₂-koncentrationen på forskellige niveauer (i farvenuancer). Der vises scenarier for A1 familien, underopdelt i tre grupper (den balancerede A1B gruppe (figur SPM.1a), ikke-fossil brændsel A1T (figur SPM.1b) og intensiv fossil A1FI (figur SPM.1c)) med stabilisering af CO₂-koncentrationer på 450, 550, 650 og 750 ppmv; for A2 gruppen med stabilisering på 550 og 750 ppmv i figur SPM.1d, for B1 gruppen med stabilisering på 450 og 550 ppmv i figur SPM.1e og for B2 gruppen med stabilisering på 450, 550 og 650 ppmv i figur SPM.1f. Der findes ikke mulighed i litteraturen for at vurdere 1000 ppmv stabiliseringsscenarier. Figuren illustrerer, at gabet bliver større jo lavere stabiliseringsniveauet og jo højere basisudledningerne er. Forskellen mellem udledningerne i forskellige scenariegrupper kan være lige så store som gabet mellem reference- og stabiliseringsscenarierne inden for en scenariegruppe. Den stiplede linie angiver grænserne for de områder, hvor de overlapper.

5. Forskelle i fordelingen af teknologisk-, finansielt- og naturbaserede ressourcer mellem og inden for lande og regioner, og mellem generationer, såvel som forskelle i omkostninger ved begrænsninger er ofte hovedovervejelser i analysen af valgmuligheder for begrænsning af klimaændringer. Meget af debatten om den fremtidige differentiering af de enkelte landes

Box SPM.1 Udledningsscenarierne i IPCC's Special Report on Emissions Scenarios (SRES)

A1. Udviklingsforløb og scenariefamilie A1 beskriver en fremtidig verden med meget hurtig økonomisk vækst, et globalt befolkningstal, som toppe ved midten af århundredet og derefter falder, og en hurtig introduktion af nye og mere effektive teknologier. Større underliggende temaer er tilnærmelse mellem regioner, kapacitetsudbygning og øget kulturelt og socialt samspil med en væsentlig reduktion i de regionale indkomstforskelle pr. capita. A1 scenariefamilien udvikler sig i tre forskellige grupper, som beskriver alternative veje for teknologiske ændringer i energisystemet. De tre A1 grupper adskiller sig ved, hvor den teknologiske vægt lægges: intensiv fossil (A1FI), ikke-fossile energikilder (A1T) eller en balance mellem alle energikilder (A1B) (hvor balance defineres som ikke at gøre sig for afhængig af en bestemt energikilde og under forudsætning af, at der gælder den samme udviklingshastighed for alle energiforsynings- og "end-use" teknologier).

A2. Udviklingsforløb og scenariefamilie A2 beskriver en meget uensartet verden. Det underliggende tema er selvforsyning og bevarelse af den lokale identitet. Fødselsfrekvenserne imellem regionerne nærmer sig kun meget langsomt hinanden, hvilket resulterer i en fortsat vækst i befolkningstallet. Økonomisk udvikling er primært regionalt orienteret, og den økonomiske vækst pr. capita og teknologiske ændringer er mere fragmenterede og langsommere end i de andre udviklingsforløb.

B1. Udviklingsforløb og scenariefamilie B1 beskriver en konvergerende verden med det samme globale befolkningstal, som toppe ved midten af århundredet og derefter falder, som i udviklingsforløb A1, men med hurtige ændringer i den økonomiske struktur hen imod en service- og informationsøkonomi med reduktion i den materielle intensitet og introduktion af rene og ressource-effektive teknologier. Vægten er på globale løsninger på økonomisk, social og miljømæssig bæredygtighed, omfattende øget lighed, men uden supplerende klimainitiativer.

B2. Udviklingsforløb og scenariefamilie B2 beskriver en verden med vægt på lokale løsninger på økonomisk, social og miljømæssig bæredygtighed. Det er en verden med en fortsat vækst i befolkningstallet med en vækstrate, der er lavere end A2, med en middel økonomisk udvikling og langsommere og mere forskelligartede teknologiske ændringer end i B1 og A1 udviklingsforløbene. Mens scenariet også er orienteret imod miljøbeskyttelse og social lighed, er fokus på det lokale og regionale niveau.

Der er valgt et illustrativt scenario for hver af de seks scenariegrupper A1B, A1FI, A1T, A2, B1 og B2. Alle bør betragtes som ligeværdige.

SRES scenarierne omfatter ikke supplerende klimainitiativer, hvilket betyder, at der ikke er medtaget noget scenario, som udtrykkeligt forudsætter en gennemførelse af FN's Klimakonvention eller udslipsmålene i Kyoto Protokollen.

bidrag til begrænsning af klimaændringer og relaterede lighedsspørgsmål tager også disse forhold i betragtning⁵⁾. Udfordringen i at udforme et svar på klimaændringerne rejser et vigtigt lighedsspørgsmål, nemlig i hvilket omfang virkningerne af klimaændringer eller begrænsningspolitikker skaber eller forværrer uligheder både inden for og imellem lande og regioner. Stabiliseringsscenarier for drivhusgasser, der er vurderet i denne rapport (med undtagelse af dem, hvor stabilisering indtræffer uden nye klimapolitikker, f.eks. B1), antager, at udviklede lande og lande med overgangsøkonomier sætter grænser for og reducerer deres udslip af drivhusgasser først⁶⁾.

6. Lavere udledningsscenarier kræver ændrede mønstre for udvikling af energiresourcer. Figur SPM-2 sammenligner de kumulative kulstofudledninger mellem 1990 og 2100 for forskellige SRES-scenarier med kulstofindholdet i de globale fossile energireserver og -ressourcer⁷⁾. Figuren viser, at der er rigelige fossile energiresourcer, som på den måde ikke vil udgøre en begrænsning for kulstofudledningerne i det 21. århundrede. I modsætning til kulstofindholdet i de relativt store lagre af kul og ikke-konventionel olie og gas er kulstofindholdet i de påviste konventionelle olie- og gasreserver imidlertid meget mindre end de kumulative kulstofudledninger, som vil svare til en stabilisering af kuldioxid på 450 ppmv eller højere (henvisning til et bestemt koncentrationsniveau indebærer ikke en anbefaling af stabilisering på dette niveau). Disse resourcedata kan medføre en ændring i sammensætningen af energikilder og introduktion af nye energikilder i løbet af det 21. århundrede. Valget af energimix (sammensætning af energikilder) og de dermed forbundne investeringer vil bestemme, hvorvidt og i givet fald på hvilket niveau og til hvilken omkostning koncentrationen af drivhusgasser kan stabiliseres. I øjeblikket er de fleste investeringer rettet imod efterforskning og udbygning af konventionelle og ikke-konventionelle fossile ressourcer (afsnit 2.5.1, 2.5.2, 3.8.2, 8.3).

Mulighederne for at begrænse eller reducere udledningerne af drivhusgasser og øge kulstof-dræn

7. Siden SAR i 1995 er der gjort væsentlige fremskridt i teknologier, som kan medvirke til reduktion af udledningerne af drivhusgasser, og denne udvikling er sket hurtigere end forventet. Der sker fremskridt inden for et bredt spektrum af teknologier på forskellige udviklingsstadier, f.eks. markedsintroduktion af vindmøller, den hurtige afskaffelse af industrielle biproduktgasser som N₂O fra nylonproduktion og perfluorocarboner fra aluminiumsproduktion, biler med effektive hybridmotorer, videreudvikling af brændselsceller og demonstration af deponering af CO₂ i undergrunden. Teknologiske muligheder for reduktion af udledninger inkluderer øget effektivitet i energiforbrugende apparater og mere effektive energiforsyningssystemer, skift til brændsler med lavt kulstofindhold og til vedvarende biomassebrændsler, teknologier uden udslip, forbedret energistyring, reduktion af drivhusgasudledninger fra industrielle processer og fjernelse og lagring af kulstof (afsnit 3.5).

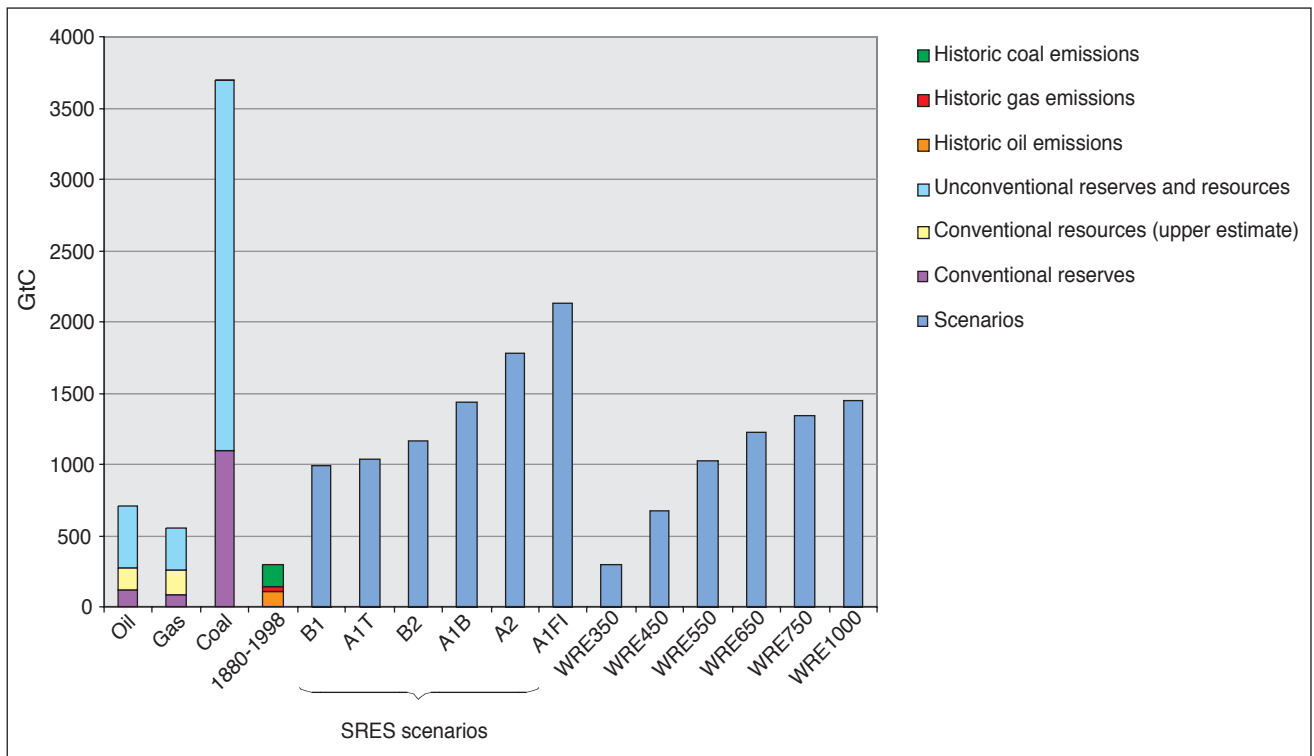
Tabel SPM-1 opsummerer resultaterne fra en lang række energisektorstudier, som primært er gennemført på projekt-, lands- eller regionsniveau med nogle få på globalt niveau, og

der er anført estimer for potentielle reduktionsmuligheder for drivhusgasser inden for tidsrammen 2010 til 2020. Nogle af hovedresultaterne er:

- Hundredvis af teknologier og forbedret energianvendelse som kan give en mere effektiv udnyttelse af energien i bygninger, på transportområdet og i produktionsprocesser, udgør mere end halvdelen af dette potentiale (afsnit 3.3, 3.4, 3.5).
- Frem til i hvert tilfælde år 2020 vil energiforsyningen være domineret af relativt billige og rigelige mængder af fossile brændsler. Naturgas vil, hvor transmission er økonomisk gennemførlig, spille en vigtig rolle i reduktionen af udledninger sammen med en øget energiomsætningseffektivitet og en øget brug af combined cycle og/eller kombineret el- og varmeproduktion (afsnit 3.8.4).
- Et vigtigt bidrag kan komme fra energiforsyningssystemer med lav kulstofintensitet baseret på biomasse fra skovdrift og biprodukter fra landbruget, på affald fra husholdninger og industri, på specielle biomasseplantager, hvor tilstrækkeligt med jord og vand er tilgængeligt, på metan fra lossepladser, på vindenergi og vandkraft samt gennem anvendelsen og gennem levetidsforlængelse af atomkraftværker. Efter 2010 kan det blive muligt at reducere udledning fra fossilt- eller biomassefyrede kraftværker væsentligt ved udskilning og deponering af kulstof før og efter forbrændingsprocessen. Betænkkeligheder med hensyn til miljø, sikkerhed og pålidelighed med hensyn til spredning af atomkraft-teknologier vil kunne begrænse brugen af nogle af disse teknologier (afsnit 3.8.4).
- I landbruget kan udledningerne af metan og lattergas reduceres, bl.a metan fra tarmgæring hos husdyr og fra rismarker og lattergas fra brugen af kvælstofgødning og husdyrgødning (afsnit 3.6).
- Afhængigt af anvendelsen kan udslip af fluor-holdige gasser minimeres ved brug af ændrede produktionsprocesser, forbedret genindvinding, genbrug og indeslutning, eller undgået ved brug af alternative kemiske forbindelser og teknologier (afsnit 3.5 og kapitel 3 appendiks).

De potentielle udledningsreduktioner for forskellige sektorer, som er angivet i tabel SPM-1, er aggregerede med henblik på at give et samlet skøn over de potentielle globale udslipsreduktioner, idet der - i den udstrækning det har været muligt ud fra den tilgængelige information i de underliggende analyser - er taget hensyn til mulige overlap mellem sektorer og teknologier. 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 (nettokapitalomkostninger, drift og vedligeholdelse) og den anden halvdel for en direkte nettoomkostning på op til 100 US\$/tCeq (1998-priser). Disse omkostningsskøn er baseret på beregninger med en diskonteringsrentefod på mellem 5 og 12 procent svarende til diskonteringsrenter, 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 (som dem,



Figur SPM.2 Kulstof i olie, gas og kulreserver og ressourcer sammenlignet med de historiske udledninger fra afbrænding af fossile brændsler 1860 - 1998 og med de kumulative kulstofudledninger fra en række SRES scenarier og TAR stabiliseringsscenarierne frem til 2100. Data for reserver og ressourcer er vist i søjlerne til venstre (afsnit 3.8.2). Ikke konventionel olie og gas omfattende tjæresand, skiferolie, andre tunge olier; metan fra kullejer, dyb (geopressured) gas, gas i vandførende lag, etc. Gashydrater (clathrates), som skønsmæssigt omfatter 12.000 GtC, er ikke vist. Scenariøsøjlerne viser både SRES referencescenarierne og scenarier, som fører til en stabilisering af CO₂-koncentrationen på forskellige niveauer. Vær opmærksom på, at selvom kumulative udledninger associeret med SRES scenarierne ved 2100 er de samme eller mindre end stabiliseringsscenarierne, indebærer det ikke, at disse scenarier tilsvarende fører til en stabilisering.

der er beskrevet i paragraf 18), øget forskning og udvikling, effektiv teknologioverførsel såvel som overvindelse af andre barrierer (paragraf 17). Disse spørgsmål vil sammen med omkostninger og gevinster, der ikke er inkluderet i denne vurdering, blive diskuteret i paragrafferne 11, 12 og 13.

De forskellige globale, regionale, sektor- og projekanalyser, som er vurderet i denne rapport, dækker forskellige analyseområder og bygger på forskellige forudsætninger. Der eksisterer ikke undersøgelser for alle sektorer og regioner. Intervallet af udledningsreduktioner, som er vist i tabel SPM-1, er udtryk for usikkerheden i de underliggende analyser, som de er baseret på (afsnit 3.3 - 3.8).

8. Skove, landbrugsjord og andre landbaserede økosystemer repræsenterer væsentlige muligheder for begrænsning af klimaændringer gennem kulstofbinding. Selv om disse

Tabel SPM.1 Skøn over de potentielle globale reduktioner i udledninger af drivhusgasser i 2010 og 2020 (afsnit 3.3 3.8 og kapitel 3 appendix)

Sektor		Historiske udledninger i 1990 (MtC _{eq} /år)	Historisk C _{eq} årlig vækstrate i 1990 - 1995 (%)	Potentielle udledningsreduktioner i 2010 (MtC _{eq} /år)	Potentielle udledningsreduktioner i 2020 (MtC _{eq} /år)	Direkte nettoomkostninger per ton undgået udslip af kulstof
Bygninger ^a	kun CO ₂	1.650	1,0	700-750	1.000-1.100	De fleste er mulige med negative direkte nettoomkostninger
Transport	kun CO ₂	1.080	2,4	100-300	300-700	de fleste analyser indikerer direkte nettoomkostninger mindre end 25 US\$/tC, men to peger på direkte nettoomkostninger overstigende 50 US\$/tC
Industri	kun CO ₂	2.300	0,4			
-energieffektivitet				300-500	700-900	Mere end halvdelen af det mulige har negative direkte omkostninger
-materiale effektivitet				~200	~600	Omkostninger er usikre
Industri	ikke-CO ₂ gasser	170		~100	~100	N ₂ O udslipsreduktionsomkostninger er 0 U-100 US\$/tC _{eq}
Landbrug ^b	kun CO ₂ ikke-CO ₂ gasser	210 1.250-2.800	n.a.	150-300	350-750	De fleste reduktioner vil koste mellem 0 og 100 US\$/tC _{eq} med begrænsede valgmuligheder med negative direkte nettoomkostninger.
Affald ^b	kun CH ₄	240	1,0	~200	~200	Omkring 75% af reduktionerne udgøres af genindvinding af metan fra opfyldninger til negative direkte nettoomkostninger; 25% til omkostninger på 20 US\$/tC _{eq} .
Montreal Protokol erstatnings anvendelser	ikke-CO ₂ - gasser	0	n.a.	~100	n.a.	Omkring halvdelen af reduktionerne skyldes forskelle i analyse basniveau og SRES basniveau værdier. Den resterende halvdel af de tilgængelige reduktioner er til direkte nettoomkostninger under 200 US\$/tC _{eq} .
Energiforsyn- ing og -kon- vertering	kun CO ₂	(1.620)	1,5	50-150	350-700	Begrænsede muligheder med negative direkte nettoomkostninger eksisterer. Der er mange tilgængelige muligheder for under 100 US\$/tC _{eq} .
Total		6.900-8.400 ^d		1.900-2.600 ^e	3.600-5.050 ^e	

Noter til tabel SPM1

- a) Bygninger inkluderer elektriske apparater, bygning og bygningsskal.
- b) Intervallet for landbrug skyldes hovedsageligt store usikkerheder omkring CH₄, N₂O og jordbundsrelateret CO₂. Affald domineres af metan fra opfyldninger, og de andre sektorer kunne vurderes med større præcision, da de domineres af fossilt CO₂.
- c) Inkluderet i sektorværdier ovenfor. Reduktioner inkluderer kun muligheder for elektricitetsproduktion (brændselsskift til gas/nuklear, optagning og oplagring af CO₂, øget kraftværkseffektiv og vedvarende energikilder).
- d) Totalen inkluderer alle sektorer gennemgået i kapitel 3 for alle seks gasser. Den ekskluderer ikke energi-relaterede CO₂-kilder (cementproduktion, 160 MtC; afbrænding af gas, 60 MtC; ændringer i brugen af jord, 600-1.400 MtC) og energi brugt til konvertering af brændsler i den samlede "end-use" sektor (630MtC). Hvis petroleumsrafinering og koksovngas tilføjes, ville de globale udledninger af CO₂ for 1990 øges med 12%. Bemærk at udslip fra skove samt deres mulige kulstofdræn ikke er medtaget.
- e) SRES basisscenarierne (for de seks gasser inkluderet i Kyoto Protokollen) viser en skala af udslip på 11.500 - 14.000 MtC_{eq} for 2010 og på 12.000 - 16.000 MtC_{eq} for 2020. Skønnene for udslipsreduktioner er mest sammenlignelige med basisudledningstendenser i SRES-B2 scenariet. De potentielle reduktioner inddrager normalt udskiftning af kapitalapparatet. De er ikke begrænsede til kost-effektive muligheder, men ser bort fra tiltag med omkostninger over 100 US\$/tC_{eq} (undtagen for Montreal Protokol gasser) eller tiltag, der ikke vil blive vedtaget ved brug af almindeligt accepterede politikker.

begrænsninger ikke nødvendigvis vil være permanente, vil bevarelse og optagelse af kulstof 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 lagre og c) erstatning af energiintensive bygningsmaterialer med bæredygtigt producerede biologiske materialer af træ og erstatning af fossilt brændsel med biomasse (afsnit 3.6.4.3). Bevarelse af truede kulstoflagre kan bidrage til at undgå udledninger, hvis bevarelse ét sted ikke blot fører til hurtigere frigivelse af kulstof andetsteds. Derfor er bevaring af eksisterende kulstoflagre kun en bæredygtig strategi til udledningsreduktion, hvis de samfundsmæssige drivkræfter for skovrydning og andre tab af kulstoflagre kan håndteres og kontrolleres. Optag af kulstof reflekterer den biologiske vækstdynamik - den vil ofte starte langsomt, derefter passere igennem et maksimum og så falde i løbet af årtier til århundreder. Bevaring af kulstoflagre og optag af kulstof resulterer i større kulstoflagre, men kan føre til højere fremtidige udledninger, hvis økosystemer bliver alvorligt påvirkede af enten naturlige eller direkte/indirekte menneskeskabte forstyrrelser. Selv om naturlige forstyrrelser normalt vil efterfølges af genoptagelse af kulstof, kan tiltag med det formål at imødegå sådanne forstyrrelser spille en vigtig rolle med hensyn til at begrænse kulstofudledningerne. Substitution af energiintensive materialer eller af fossile brændsler med træ og biomasse kan i princippet fortsætte i det uendelige. En hensigtsmæssig forvaltning af land til afgrøder, tømmer og vedvarende bioenergiproduktion kan øge den fordel, der opnås med hensyn til at begrænse klimaændringerne. Hvis man tager hensyn til konkurrencen om jord samt SAR og LULUCF vurderingerne, ligger det skønnede globale potentiale for biologiske begrænsningsmuligheder i størrelsesordenen 100 GtC (kumulativt) i år 2050 svarende til omkring 10 - 20% af de potentielle udledninger fra fossile brændsler i perioden. Der er dog 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 nye jordforvaltningsmetoder kan ske. 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\$ pr. tC til omkring 20 US\$ pr. tC i flere tropiske lande og fra 20 US\$ pr. tC 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 iværksættelsesomkostninger, landomkostninger, der tager højde for alternativt afkast, samt vedligeholdelse eller andre tilbagevendende omkostninger, som ofte udelades eller overses. Den lave ende af omkostningsskalaen har derfor præg af en undervurdering, men forståelsen og behandlingen af omkostningerne er dog blevet forbedret med tiden. Disse biologiske begrænsningsmuligheder kan have sociale, økonomiske og miljømæssige fordele ud over reduktionerne i den atmosfæriske CO₂, hvis de udføres på en hensigtsmæssig måde (f.eks. med hensyn til biodiversitet, beskyttelse af ferskvandsressourcer, en forøget bæredygtig jordforvaltning og lokal beskæftigelse). Hvis de imidlertid bliver implementeret på en uhensigtsmæssig måde, kan der være en risiko for negative virkninger (f.eks. tab af biodiversitet, ødelæggelse af lokalsamfund og forurening af grundvandsressourcer). Biologiske begrænsningsmuligheder kan reducere eller øge udledning af ikke-CO₂ drivhusgasser (afsnit 4.3, 4.4).

9. Der er ikke kun en enkelt strategi til at nå en fremtid med lave udledninger, og lande og regioner må selv vælge deres egen strategi. De fleste modelresultater peger på, at udnyttelse af i dag kendte teknologiske muligheder⁸⁾ kan lede til et bredt spektrum af stabiliseringsniveauer for atmosfærisk CO₂, f.eks. 550 ppmv, 450 ppmv eller lavere i løbet af de næste 100 år eller mere, men realisering af mulighederne vil også indebære samfundsmæssige og institutionelle ændringer. Scenarierne peger på, at for at opnå stabilisering på disse niveauer vil en meget væsentlig reduktion i verdens kulstofudledninger pr. BNP-enhed i forhold til 1990-niveauet være nødvendig. Teknologiske fremskridt og teknologioverførsel spiller en kritisk rolle i de stabiliseringsscenarier, der er vurderet i denne rapport. Hvad angår den afgørende energisektor, er næsten alle drivhusgasbegrænsningsscenarier og scenarier for stabilisering af drivhusgaskoncentrationer karakteriseret ved introduktion af effektive teknologier for både energiforbrug og -forsyning og ved brug af energikilder med lavt eller intet kulstofindhold. Imidlertid kan intet enkelt teknologisk valg tilvejebringe hele den nødvendige udledningsreduktion. Reduktion i kilder uden for energisektoren og ikke-CO₂ drivhusgasser vil også levere et væsentligt potentiale for udledningsreduktioner. Overførsel af teknologi mellem lande og regioner vil gøre udvalget af muligheder bredere på det regionale niveau, og de økonomiske fordele ved implementering af teknologierne i større omfang og afledte lære-effekter ved teknologianvendelsen vil sænke omkostningerne ved deres indførelse (afsnit 2.3.2, 2.4.5, 2.5.1, 2.5.2).

10. Social læring og innovation og ændringer i institutionelle strukturer kan bidrage til reducerede drivhusgasudledninger. Ændringer i kollektive regler og i individuel adfærd kan have betydelige virkninger på udledningerne af drivhusgasser, men finder sted inden for komplekse institutionelle, reguleringsmæssige og lovmæssige rammer. Adskillige undersøgelser peger på, at de nuværende incitamentsystemer kan tilskynde til resourceintensive

produktions- og forbrugsmønstre, som øger udledningerne af drivhusgasser i alle sektorer, f.eks. transport og boliger. På kort sigt er der mulighed for gennem social innovation at øve indflydelse på individuel og organisatorisk adfærd. På længere sigt kan sådanne innovationer i kombination med teknologiske ændringer yderligere forstærke det samfundsmæssige potentiale, specielt hvis præferencer og kulturelle normer ændrer sig hen imod en mere bæredygtig adfærd med mindre CO₂-udslip. Innovation af denne art støder ofte på modstand, hvilket der bl.a. kan tages højde for ved at sikre større offentlig deltagelse i beslutningsprocesserne. Dette kan hjælpe med at bidrage til nye veje til bæredygtighed og lighed (afsnit 1.4.3.3, 1.4.3.4, 5.3.7, 10.3.2, 10.3.4).

Omkostninger og side-gevinster⁹⁾ ved begrænsningstiltag

11. Opgørelse af omkostninger og gevinster ved begrænsningstiltag varierer alt efter, (i) hvordan velfærd måles, (ii) analysens rammer og metode og (iii) de underliggende forudsætninger, der er bygget ind i analysen. Derfor vil de opgjorte omkostninger og gevinster muligvis ikke repræsentere de faktiske omkostninger og gevinster ved at gennemføre begrænsningstiltag. Med hensyn til (i) og (ii) afhænger omkostninger og gevinster blandt andet af anvendelse af eventuelle skatteindtægter og af, hvordan og i hvilket omfang følgende elementer er taget i betragtning: implementerings- og transaktionsomkostninger, fordelingsmæssige virkninger, inddragelse af alle drivhusgasser, muligheder for ændringer i arealanvendelsen, gevinster ved reducerede klimaændringer, indirekte gevinster, “no-regret” muligheder¹⁰⁾ og værdisætning af externaliteter og ikke-markedsmæssige virkninger. Forudsætningerne inkluderer blandt andet:

- Demografiske ændringer, økonomisk vækstrate og struktur, vækst i menneskelig mobilitet, tekniske fremskridt som øget energieffektivitet og øget udbud af energikilder med lave omkostninger, fleksibilitet i kapital- og arbejdsmarkeder, priser, skattemæssige forvridninger i “no-policy” basisscenariet.

Metoder til opgørelse af omkostninger og gevinster og usikkerhederne forbundet hermed

Der er en række årsager til, at specifikke kvantitative opgørelser af omkostninger og gevinster ved reducerede drivhusgasudledning er kendetegnede ved signifikante forskelle og usikkerheder. SAR beskriver to typer af metoder til at opgøre omkostninger og gevinster: “bottom-up” metoden, der er bygget op som en vurdering af specifikke teknologier og sektorer som dem, der er beskrevet i paragraf 7, og “top-down” modelanalyser, som tager udgangspunkt i markedsökonomiske sammenhænge som dem, der er diskuteret i paragraf 13. Disse to metoder fører til forskelle i vurderingerne af omkostninger og gevinster, hvor forskellene dog er blevet indsnævrede siden SAR. Selv hvis disse forskelle blev elimineret, ville der stadig være andre usikkerheder tilbage. Betydningen af disse usikkerheder kan vurderes ved at undersøge effekten af en ændring i en given

- Niveau og tidsramme for udledningsmålet.
- Forudsætninger vedrørende virkemidler til implementering, f.eks. omfanget af “emissions trading” (handel med udslipskvoter), Clean Development Mechanism (CDM) og Joint Implementation (JI), regulering og frivillige aftaler¹¹⁾ og de dermed forbundne transaktionsomkostninger.
- Diskonteringsrenter: den lange tidshorisont gør forudsætningerne om diskonteringsrenten kritiske, og der er stadig ikke enighed om valget af diskonteringsrente, selvom den videnskabelige litteratur udviser en stigende interesse for diskonteringsrenter, som falder over tid, og som på den måde giver større vægt til gevinster, som kan indhøstes på længere sigt. Der skal skelnes mellem sådanne diskonteringsratser og de højere rentesatser, som den private sektor bruger til vurdering af markedstransaktioner.

12. Nogle kilder til udslip af drivhusgasser kan begrænses uden eller med negative nettoomkostninger for samfundet, når politiske tiltag kan udnytte “no-regret” muligheder (afsnit 7.3.4, 9.2.1):

- *Markedsfejl.* Formindskelse af eksisterende markedsfejl eller institutionelle fejl og andre barrierer, som står i vejen for indførelse af omkostningseffektive, udledningsreducerende foranstaltninger, kan sænke de private omkostninger målt i forhold til dagens niveau. Dette kan også reducere det samlede omkostningsniveau for den private sektor.
- *Inddirekte gevinster.* Drivhusgasreducerende foranstaltninger vil have en virkning på andre samfundsmæssige områder. For eksempel vil reducerede drivhusgasudledninger i mange tilfælde resultere i en sideløbende reduktion af den lokale og regionale luftforurening. Det er sandsynligt, at begrænsningsstrategier også vil berøre transportsektoren, landbrug, jordforvaltningspraksis og affaldshåndtering og vil have en virkning på andre vigtige samfundsmæssige problemer så som beskæftigelse og energiforsyningssikkerhed. Imidlertid vil ikke alle disse effekter være positive; et omhyggeligt valg af strategi og design af indsatsområder kan medvirke til at sikre positive effekter og minimere negative konsekvenser. I nogle tilfælde kan størrelsen af de indirekte gevinster ved en drivhusgasreduktion være sammenlignelige med omkostningerne ved disse og vil dermed udvide “no-regret” mulighederne, selvom opgørelserne heraf er svære at foretage og varierer kraftigt (afsnit 7.3.3, 8.2.4, 9.2.2, 9.2.4, 9.2.8).
- *Dobbelt dividende.* Instrumenter (som skatter og udbudte forureningstilladelser) giver offentlige indtægter. Hvis disse indtægter anvendes til at finansiere reduktioner i eksisterende, forvridende skatter (provenutilbageførsel), vil indtægterne reducere de samfundsøkonomiske omkostninger ved drivhusgasreduktion. Størrelsesordenen af denne reduktion i omkostninger afhænger af den eksisterende skattestruktur, typen af skattenedsættelser, beskatning af arbejdsmarkedet og metoden, der anvendes til at tilbageføre skatteindtægter. Under visse forudsætninger er det muligt, at de økonomiske fordele vil overstige omkostningerne ved begrænsningerne (afsnit 7.3.3, 8.2.4, 9.2.2, 9.2.4, 9.2.8).

13. Opgørelserne af omkostningerne ved at implementere Kyoto Protokollen for Annex B lande varierer fra studie til studie og mellem regioner som indikeret i paragraf 10 og afhænger især af forudsætningerne vedrørende brugen af Kyoto mekanismerne og deres samspil med nationale reduktionsforanstaltninger. Den altovervejende del af de globale

analyser, som har beregnet og sammenlignet disse omkostninger, bruger internationale energi-økonomi modeller. Ni af disse analyser peger på følgende virkninger på BNP¹²⁾ (afsnit 7.3.5, 8.2.2, 9.2.1):

Annex II lande¹³⁾: Uden anvendelse af handel med udslipkvoter mellem Annex B lande¹⁴⁾ viser størstedelen af de globale analyser en reduktion af det forventede BNP på omkring 0,2% til 2% i 2010 for forskellige Annex II regioner. Ved fuld handel med udslipkvoter (emissions trade) mellem Annex B lande bliver den skønnede reduktion i BNP¹⁵⁾ i 2010 på mellem 0,1% og 1,1%. Disse analyser bygger på en lang række forudsætninger, som er omtalt i paragraf 11. Modeller, hvis resultater er refereret i nærværende paragraf, forudsætter fuld handel med udslipkvoter uden transaktionsomkostninger. Resultaterne for scenarier, som ikke tillader Annex B handel, antager fuld handel inden for hver af regionerne. Modellerne inkluderer ikke kulstofbinding eller andre drivhusgasser end CO₂. De medtager ikke CDM mekanismen, reduktionsmuligheder med negative omkostninger, indirekte gevinster eller målrettet tilbageførsel af skatteindtægter.

For alle regioner er omkostningerne også afhængige af følgende faktorer:

- Begrænsninger i brug af Annex B handel, høje transaktionsomkostninger ved iværksættelse af mekanismerne og ineffektiv national implementering kan hæve omkostningerne.
- Inddragelse af "no-regret" mulighederne¹⁰⁾ identificeret i paragraf 12 i nationale politikker, brug af CDM, dræn og inddragelse af andre drivhusgasser end CO₂ kan sænke omkostningerne. Omkostningerne for individuelle lande kan udvise større variationer.

Modellerne viser, at Kyoto mekanismerne er vigtige som instrument til at kontrollere risikoen for høje omkostninger i enkeltlande, og de kan som følge heraf komplementere nationale politik-instrumenter. På samme måde kan de minimere risikoen for ulige internationale virkninger og hjælpe til at gøre marginale reduktionsomkostninger ensartede. De globale modelanalyser, der er omtalt ovenfor, viser nationale marginalomkostninger forbundet med at leve op til Kyoto målene på fra ca. 20 US\$/tC og op til ca. 600 US\$/tC uden handel med udslipkvoter og fra ca. 15 US\$/tC til ca. 150 US\$/tC med Annex B handel. Omkostningsreduktionerne, som opnås med disse mekanismer, kan afhænge af den detaljerede implementeringsmåde inklusive konsistensen mellem nationale og internationale mekanismer, begrænsninger og transaktionsomkostninger.

Overgangsøkonomier: For de fleste af disse lande vil virkningen på BNP spænde fra at være en ubetydelig effekt op til at være en stigning på flere procent. Dette afspejler mulighederne for en øget energieffektivitet, som ikke er tilstede i Annex II lande. Under forudsætning af en drastisk øget energieffektivitet og/eller fortsat økonomisk tilbagegang i nogle lande, kan de tildelte kvoter overstige de fremskrevne udledninger i den første forpligtelsesperiode. I disse tilfælde viser modellerne et øget BNP på grund af indtægter fra de tildelte emissionskvoter. Imidlertid vil en opfyldelse af Kyoto Protokollen for nogle overgangsøkonomier have en lignende virkning på BNP som for Annex II lande.

14. *Analyser af omkostnings-effektivitet med en tidsramme på 100 år vurderer, 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 en stor indflydelse på de absolutte omkostninger.* Mens der er en moderat stigning i omkostningerne ved at gå fra et stabiliseringsniveau på 750 ppmv til et niveau på 550 ppmv, vil der være en større stigning i omkostningerne ved at gå fra 550 ppmv til 450 ppmv medmindre udslippene i basisscenariet er meget små. Disse resultater har dog ikke indarbejdet mulighederne for kulstofoptagelse, andre drivhusgasser end CO₂ og den mulige afledte virkning på teknologiske ændringer, der kan fremkomme ved mere ambitiøse mål for reduktion¹⁶⁾. Omkostninger forbundet med hvert koncentrationsniveau afhænger af adskillige faktorer, inklusive diskonteringsrenten, den tidsmæssige fordeling af udledningsreduktionerne, de anvendte politikker og virkemidler og i særdeleshed valget af basisscenarie: for scenarier, som f.eks. er karakteriserede ved fokus på lokal og regional bæredygtig udvikling, vil de totale omkostninger ved at stabilisere på et bestemt niveau være signifikant lavere end for andre scenarier¹⁷⁾ (afsnit 2.5.2, 8.4.1, 10.4.6).

15. *Ved enhver form for indsats for at begrænse udledning af drivhusgasser vil de økonomiske omkostninger og gevinster være ulige fordelt mellem forskellige sektorer; omkostningerne ved begrænsningstiltag kan i varierende grad reduceres ved velvalgte politikker.* Det er normalt lettere at identificere aktiviteter, som vil lide økonomiske tab som følge af omkostninger, i forhold til dem, der vil få fordel af gevinster, og de økonomiske omkostninger er umiddelbare, mere koncentrerede og mere sikre. Med begrænsningspolitikker vil kul, sandsynligvis olie og gas samt bestemte energiintensive sektorer, såsom stålproduktion, mest sandsynligt lide økonomiske tab. Andre industri-sektorer, inklusive den vedvarende energisektor, kan forventes at få fordele i det lange løb på grund af prisændringer og tilgængelighed af finansielle og andre ressourcer, som ellers ville være afsat til kul-intensive sektorer. Politikker, som fjernelse af støtteordninger til fossile brændsler, kan øge de totale samfundsmæssige fordele gennem gevinster i økonomisk effektivitet, mens brugen af Kyoto mekanismerne kan forventes at reducere de økonomiske netto-omkostninger ved at opnå Annex B målene. Andre typer politikker, f.eks. undtagelsesordninger for kul-intensive industrier, omfordeler omkostningerne, men øger samtidig de totale samfundsmæssige omkostninger. De fleste analyser viser, at de fordelingsmæssige konsekvenser af en kulstofskat kan have negative indkomsteffekter for lav-indkomst grupper, medmindre skatteindtægter bruges direkte eller indirekte til at kompensere for sådanne effekter (afsnit 9.2.1).

16. *Udledningsbegrænsninger i Annex I lande har veletablerede omend varierende "spillover" effekter på ikke-Annex I lande¹⁸⁾* (afsnit 8.3.2, 9.3.1, 9.3.2).

- *Olie-eksporterende, ikke-Annex I lande: Analyser benytter forskellige mål for omkostninger, inklusive bl.a. reduktioner i det fremskrevne BNP og reduktioner i fremskrevne olieindtægter¹⁹⁾.* Den analyse, der viser de laveste omkostninger, viser reduktioner på 0,2% i den fremskrevne BNP uden udslipshandel og mindre end 0,05% i den fremskrevne BNP med Annex B kvotehandel for år 2010²⁰⁾. Det studie, som rapporterer de højeste omkostninger, viser, at de forventede indtægter ved salg af olie vil falde med 25%

uden handel med udslip og med 13% med Annex B handel med udslip i 2010. Disse analyser tager ikke hensyn til politikker og tiltag²¹⁾ ud over Annex B kvotehandel, som kunne formindske virkninger for ikke-Annex I, olieeksporterende lande, og de tenderer derfor mod at overestimere både omkostningerne for disse lande og de totale omkostninger. 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: Disse kan blive påvirket ugunstigt ved nedgang i deres eksport til OECD-lande og ved en øget pris på de kulstof-intensive og andre produkter, de fortsætter med at importere. Disse lande kan have fordel af en reduktion af brændselspriser, øget eksport af kulstof-intensive produkter og overførsel af miljøvenlige teknologier og know-how. Netto-balancen for et givet land afhænger af, hvilke af disse faktorer der dominerer. På grund af denne kompleksitet er fordelingen af vindere og tabere stadig usikker.*
- *Kulstof lækager²²⁾. 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 lækager i størrelsesordenen 5% - 20% (afsnit 8.3.2.2). Undtagelsesregler, f.eks. for energi-intensive industrier, gør de højere modelskøn for kulstof-lækager usandsynlige, men vil til gengæld hæve de aggregerede omkostninger. Overførsel af miljømæssigt miljøvenlige teknologier og know-how, der ikke er inkluderet i modellerne, kan føre til mindre lækager og kan specielt på længere sigt opveje lækagerne.*

Veje og midler til begrænsning

17. En succesfuld implementering af de muligheder, der er for at begrænse udledninger af drivhusgasser, kræver overvindelse af mange tekniske, økonomiske, politiske, kulturelle, sociale, adfærdsmæssige og/eller institutionelle barrierer, som forhindrer den fulde udnyttelse af de teknologiske, økonomiske og sociale muligheder i begrænsningspolitikkerne. De potentielle muligheder for begrænsning og typerne af barrierer kan variere efter region og over tid. Dette skyldes de store forskelle i kapaciteten til at gennemføre reduktionstiltag. De fattige har i alle lande begrænsede muligheder for at tage nye teknologier i brug eller for at ændre deres sociale adfærd, specielt hvis de ikke er en del af pengeøkonomien, og de fleste lande kunne have fordele af innovativ finansiering og reformer af institutioner samt af fjernelse af handelsbarrierer. I de industrialiserede lande ligger de fremtidige muligheder 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 (afsnit 1.5, 5.3, 5.4).

18. National klimapolitik kan være mere effektiv, hvis den kan udvikles som en portefølje af politiske instrumenter til at begrænse eller reducere udledningerne af drivhusgasser. Porteføljen af nationale, klimapolitiske instrumenter kan inkludere - alt efter nationale

forhold – udlednings-/kulstof-/energiskatter, omsættelige eller ikke-omsættelige tilladelser, indførelse og/eller fjernelse af subsidier, pant- eller genbrugssystemer teknologi- eller effektivitetsstandarde, energimix krav, produktforbud, frivillige aftaler, offentligt forbrug og investeringer samt støtte til forskning og udvikling. Regeringer kan have forskellige vurderingskriterier, hvilket kan lede til forskellige porteføljer af virkemidler. Den videnskabelige litteratur giver generelt ikke præferencer til nogen specielle virkemidler. Markedsbaserede virkemidler kan i mange tilfælde være omkostningseffektive, specielt hvor der er udviklet kapacitet til at administrere dem. Standarder for energieffektivitet og -ydeevne bruges i vid udstrækning. De kan være effektive i mange lande og til tider gå forud for markedsbaserede virkemidler. Frivillige aftaler er på det seneste blevet hyppigere brugt, i visse tilfælde som en forløber for introduktion af mere restriktive midler. Informationskampagner, miljømærkning og grøn markedsføring alene eller kombineret med støtteordninger er noget, der i stigende grad lægges vægt på for at informere og påvirke forbruger- og producentadfærd. Offentlig og/eller privat forskning og udvikling er vigtig for at fremme langsigtet anvendelse og overførsel af teknologier til begrænsning, der går videre end det eksisterende markeds- eller økonomiske potentiale (afsnit 6.2).

19. Effektiviteten af strategier til begrænsning af klimaændringer kan øges, når klimapolitikker bliver integreret med andre politiske målsætninger for national og sektorpolitisk udvikling og ændres til mere generelle strategier for opnåelse af langsigtede sociale og teknologiske ændringer, som både er nødvendige for en bæredygtig udvikling og for reducerede drivhusgasudledninger. Ligesom klimapolitikker kan give afledte gevinster, som øger velfærden, kan andre politikker end klimapolitikker medføre klimamæssige fordele. Det er måske muligt at reducere udledningerne af drivhusgasser signifikant ved at forfølge klimapolitiske mål gennem generelle samfundsøkonomiske politikker. I mange lande kan kulstof-intensiteten i energisystemet variere afhængigt af generelle programmer for udvikling af energi-infrastrukturen, prisstrukturer og skattepolitikken. Indførelse af "state of the art" miljøvenlige teknologier kan især give mulighed for en miljøvenlig udvikling og på samme tid undgå drivhusgas-intensive aktiviteter. Speciel opmærksomhed kan støtte overførsel af disse teknologier til små og mellemstore virksomheder. Desuden kan inddragelse af afledte gevinster i sammenhængende nationale udviklingsstrategier reducere de politiske og institutionelle barrierer for klimaspecifikke tiltag (afsnit 2.2.3, 2.4.4, 2.4.5, 2.5.1, 2.5.2, 10.3.2, 10.3.4).

20. Koordinerede tiltag mellem lande og sektorer kan hjælpe med at reducere reduktionsomkostningerne og kan håndtere konkurrencehensyn, potentielle konflikter med internationale handelsregler og kulstoflækage. En gruppe lande, som ønsker at begrænse deres samlede udledning af drivhusgasser, kunne f.eks. enes om at indføre veludvalgte internationale redskaber. De redskaber, der vurderes i denne rapport, og som er udviklet i Kyoto Protokollen, er handel med udslipkvoter (emissions trading), Joint Implementation (JI) og Clean Development Mechanism (CDM). Andre internationale instrumenter, ligeledes vurderet i denne rapport, omfatter koordinerede eller harmoniserede udslips-/kulstof-/energiskatter, en udslips-/kulstof-/energiskat, teknologi- og produktionsstandarde, frivillige aftaler med industrien, direkte overførsler af finansielle ressourcer og teknologi og koordineret tilvejebringelse af gode rammebetingelser som f.eks. ved en reduktion af sub-

sidier til fossile brændsler. Nogle af disse har kun været overvejet i visse regioner indtil nu (afsnit 6.3, 6.4.2, 10.2.7, 10.2.8).

21. Beslutningstagen i forhold til klimaændringer er i væsentlighed en fortløbende proces, som finder sted under generel usikkerhed. Litteraturen peger på, at velgennemtænkte risikostyringsstrategier kræver omhyggelige overvejelser af konsekvenserne (såvel de miljømæssige som de økonomiske), deres sandsynlighed og samfundets holdning til risici. Det sidste vil sandsynligvis variere fra land til land og måske endda fra generation til generation. Denne rapport bekræfter derfor, hvad SAR fandt frem til, at værdien af bedre information om klimaændringsprocesser og -konsekvenser og samfundets svar på disse sandsynligvis vil være stor. Beslutninger om korttids-klimapolitikker foretages løbende, mens stabiliseringsmålet for koncentration af drivhusgasser stadig debatteres. Litteraturen foreslår en skridt-for-skridt løsning rettet mod at stabilisere koncentrationen af drivhusgasser. Det vil også medføre en afbalancering af risikoen for enten utilstrækkelig eller overdreven handling. Det relevante spørgsmål er ikke "hvad er bedst i de næste 100 år", men snarere "hvad er den bedste kurs på kort sigt på baggrund af de forventede langtidsklimaændringer og de tilknyttede usikkerheder (afsnit 10.4.3).

22. Denne rapport bekræfter resultaterne i SAR med hensyn til, at tidlige tiltag, inklusive en portefølje af udledningsbegrænsninger, teknologisk udvikling og en reduktion af den videnskabelige usikkerhed, vil øge fleksibiliteten, når man bevæger sig hen imod en stabilisering af de atmosfæriske koncentrationer af drivhusgasser. Den ønskelige sammensætning af tiltag vil variere med såvel tid som sted. Økonomiske modelstudier afsluttet siden SAR indikerer, at et gradvist skift på kort sigt fra verdens nuværende energisystem henimod en økonomi med mindre kulstofudledning vil minimere de omkostninger, der er forbundet med for tidlig skrotning af kapitalapparat. Det vil også give tid til teknologisk udvikling, og man vil undgå at blive fastlåst til tidlige stadier af teknologier med lave udledninger, som er i hastig udvikling. På den anden side kan hurtige, kortsigtede tiltag mindske de miljømæssige og menneskelige risici ved hurtige klimaændringer.

Det vil også stimulere en hurtigere spredning af eksisterende teknologier med lave udledninger, give stærke incitamenter til de fremtidige teknologiske ændringer allerede på kort sigt, hvilket vil hjælpe med til at undgå en fastlåsning til kulstof-intensive teknologier og vil tillade en senere stramning af målene, hvis det skulle vise sig ønskeligt i lyset af udviklingen i den videnskabelige indsigt (afsnit 2.3.2, 2.6.3, 8.4.2, 10.4.2, 10.4.3).

23. Der er en nær forbindelse mellem den miljømæssige effektivitet af et internationalt regime, klimapolitikkernes omkostningseffektivitet og ligheden i aftalen. Et internationalt aftalesystem kan tilrettelægges på en måde, som både forøger dets effektivitet og dets lighed. Den videnskabelige litteratur vedrørende dannelsen af koalitioner i internationale aftalesystemer, der er vurderet i denne rapport, præsenterer forskellige strategier, som understøtter disse mål inklusive, hvordan man gør det mere attraktivt at tilslutte sig et aftalesystem gennem en hensigtsmæssig fordeling af indsats og tilvejebringelse af incitamenter. Mens analyser og forhandlinger ofte fokuserer på at reducere systemomkostninger, anerkender den videnskabelige litteratur også, at udviklingen af et effektivt aftalesystem på klima-

området nødvendigvis må være opmærksom på bæredygtig udvikling og ikke-økonomiske emner (afsnit 1.3.2, 10.2.4).

Mangler i vores viden

24. Der er blevet gjort fremskridt siden de forrige IPCC udredninger i forståelsen af de videnskabelige, tekniske, miljømæssige, økonomiske og sociale aspekter af begrænsninger af klimaændringer. Imidlertid er yderligere forskning nødvendig for at styrke fremtidige udredninger og reducere usikkerhederne så meget som muligt med henblik på at sikre at tilstrækkelig information er tilgængelig ved udformning af politikker på klimaområdet. Dette omfatter også forskning i udviklingslande.

Følgende har høj prioritet med henblik på yderligere at indsnævre gabet mellem den nuværende viden og beslutningstagernes behov:

- Yderligere forskning i potentialet for regional-, national- og sektorspecifikke muligheder for teknologiske og sociale fornyelser. Dette inkluderer forskning i muligheder og omkostninger på kort sigt, mellemlangt sigt og langt sigt for både CO₂ og ikke-CO₂, ikke-energi begrænsningsmuligheder, indsigt i teknologispredning for forskellige regioner, identificering af muligheder for social innovation, som fører til formindskede drivhusgasudledninger, sammenhængende analyser af virkningerne af begrænsningstiltag for kulstofstrømme ind og ud af det terrestriske system samt en vis indledende udforskning af "geo-engineering" området.*
- Økonomiske, sociale og institutionelle problemer forbundet med reduktion af drivhusgasser i alle lande. Prioriterede områder omfatter: analyser af regionsspecifikke muligheder og barrierer, konsekvenserne af vurderingerne af lighedsmæssige forhold, hensigtsmæssige metoder og forbedrede data til begrænsning af drivhusgasser og opbygning af kapacitet til integrerede studier samt styrkelse af fremtidig forskning og vurdering, specielt i udviklingslande.*
- Metoder til at analysere mulighederne for drivhusgasreduktion og deres omkostninger, der særligt lægger vægt på sammenligneligheden af resultaterne. Eksemplerne omfatter: karakterisering og måling af barrierer, som hæmmer tiltag for reduktion af drivhusgasser; udvikling af modeller til analyse af drivhusgasreduktion med henblik på ensartethed, reproducerbarhed og tilgængelighed; modellering af teknologiske læreprocesser; forbedrede analyseværktøjer til at vurdere inddirekte gevinster, f.eks. opdeling af reduktionsomkostninger på drivhusgasser og andre forureningskilder; systematisk analyse af omkostningernes afhængighed af forudsætningerne i basisscenarier for alternative drivhusgas-stabiliseringsscenarier; udvikling af rammer for analyse af beslutninger, der inddrager usikkerheder såvel som samfundsmæssige og økologiske risici i klimabeslutningsprocesser; forbedring af globale modeller og analyser, deres forudsætninger og deres konsistens i behandlingen og beskrivelsen af ikke-Annex I lande og regioner.*
- Evaluering af drivhusgasreduktion i sammenhæng med spørgsmålet om udvikling, bæredygtighed og lighed. Eksempler omfatter: udforskning af alternative udviklingsveje inklusive bæredygtige forbrugsmønstre i alle sektorer, inklusive transportsektoren; integreret analyse af begrænsninger og tilpasning; identifikation af mulige synergieffekter imellem*

eksplicitte klimapolitikker og generelle politikker til at fremme en bæredygtig udvikling; integrering af lighed inden for og mellem generationer i analyse af drivhusgasreduktion; betydning af lighedsmæssige vurderinger; analyse af videnskabelige, tekniske og økonomiske konsekvenser af forskellige udformninger af internationale regimer til opnåelse af stabilisering.

Noter:

- 1) "Begrænsning" (minigation) er defineret som en menneskeskabt indgriben for at reducere kilderne til udslip af drivhusgasser eller at øge kulstofbinding.
- 2) "Klimaændringer" (climate change) refererer i IPCC sammenhæng til enhver ændring af klimaet over et tidsrum, hvad enten ændringen skyldes naturlige variationer eller er et resultat af menneskelig aktivitet. Brugen her adskiller sig fra den måde, hvorpå ordet er brugt i FN's Klimakonvention, hvor "klimaændringer" refererer til en ændring i klimaet, der direkte eller indirekte kan tilskrives menneskets aktivitet, som ændrer sammensætningen af den globale atmosfære, og som ligger ud over den naturlige variation i klimaet observeret over sammenlignelige perioder.
- 3) "Afsnit" refererer til rapportens hovedbind.
- 4) I denne rapport refererer "alternative udviklingslinjer" (alternative development paths) til en variation af mulige scenarier for samfundsmæssige værdier og forbrugs- og produktionsmønstre i alle lande, omfattende, men ikke begrænset til, en fortsættelse af de nutidige tendenser. Disse udviklingslinjer omfatter ikke supplerende klimainitiativer, hvilket betyder, at intet af de omfattede scenarier eksplicit forudsætter implementering af FN's Klimakonvention eller udslipsmålene i Kyoto Protokollen, men de indeholder forudsætninger om andre politikker, som indirekte har indflydelse på udslippene af drivhusgasser.
- 5) Strategier til opnåelse af lighed er blevet klassificeret i mange forskellige kategorier, inklusive kategorier baseret på fordeling, resultat, udvikling, rettigheder, ansvar, fattigdom og muligheder, reflekterende de forskellige opfattelser af fairness, som danner grundlag for at bedømme politiske processer og deres resultater.
- 6) Udledning fra alle regioner afviger fra basisniveauet på et eller andet tidspunkt. Globale udledninger afviger tidligere og i højere grad ved relativt lave stabiliseringsniveauer eller ved relativt høje underliggende basisscenarier. Sådanne scenarier er usikre, indeholder ikke information om lighedsmæssige konsekvenser og om, hvordan sådanne ændringer kan opnås, eller hvem der skal bære omkostningerne.
- 7) "Reserver" (reserves) er forekomster, som er identificerede og vurderede som økonomisk og teknisk set mulige at indvinde med dagens teknologier og priser. "Ressourcer" (resources) er forekomster, som er mindre sikre ud fra geologiske eller økonomiske vurderinger, men som betragtes som potentielt mulige at indvinde inden for den forudsete tekniske og økonomiske udvikling. De totale ressourcer inkluderer begge kategorier. Ud over det er der yderligere mængder stammende fra usikre forekomster og/eller med ingen eller usikker økonomisk betydning inden for en overskuelig fremtid. Disse betegnes som "yderligere forekomster" (additional occurrences) (SAR, arbejdsgruppe II). Eksempler på ikke-konventionelle fossile brændselsressourcer inkluderer tjæresand, skiferolie, andre tunge olier, metan i kulforekomster, dybtliggende gasforekomster under højt tryk, gas i vandførende lag etc.
- 8) "Kendte teknologiske muligheder" (known technological options) refererer til teknologier, som i dag findes i drift eller som pilotanlæg, og som der henvises til i de begrænsningsscenarier, der diskuteres i denne rapport. Begrebet inkluderer ikke nye teknologier, som vil kræve drastiske teknologiske gennembrud. Det kan derfor betragtes som et konservativt skøn, når man tager scenarieperiodernes længde i betragtning.

- 9) "Inddirekte gevinster" (ancillary benefits) er afledte eller sideeffekter af politikker, der udelukkende er rettede imod drivhusgasreduktion. Sådanne politikker har en virkning ikke blot på udslip af drivhusgasser, men også på efficiensen i ressourceudnyttelsen, for eksempel i form af reduktion af lokal og regional luftforurening forbundet med brugen af fossile brændsler, og på områder som transport, landbrug, jordforvaltning, beskæftigelse og brændselssikkerhed. Til tider refereres der til disse gevinster som "inddirekte virkninger" (ancillary impacts) for at afspejle, at der i visse tilfælde kan være tale om omkostninger i stedet for gevinster.
- 10) I denne rapport såvel som i SAR er "no-regret" muligheder defineret som de reduktionspolitikker, hvis gevinster f.eks. i form af reducerede energiomkostninger eller reducerede udledninger af forurening lokalt eller regionalt, er lig med eller større end deres samfundsmæssige omkostninger, uden at gevinsterne ved undgåede klimaændringer er taget med i betragtning.
- 11) En frivillig aftale er en aftale mellem en regeringsmyndighed og en eller flere private parter, såvel som en ensidig forpligtelse, anerkendt af en offentlig myndighed, til at nå miljømæssige mål eller til at forbedre miljømæssig adfærd ud over det aftalte.
- 12) Mange andre analyser, som mere præcist inddrager de enkelte landes særpræg og forskellighed i politiske mål, giver en bredere vifte af skøn over nettoomkostninger (afsnit 8.2.2).
- 13) Annex II lande: Gruppe af lande inkluderet i Annex II til FN's Klimakonvention, omfattende alle de udviklede lande, der er medlemmer af OECD.
- 14) Annex B lande: Gruppe af lande inkluderet i Annex B i Kyoto Protokollen, som har tilsluttet sig målene for deres udslip af drivhusgasser. Disse omfatter alle Annex I lande (med rettelser foretaget i 1998) bortset fra Tyrkiet og Hviderusland.
- 15) Mange målestokke kan bruges til at afspejle omkostninger. Hvis for eksempel de udviklede landes årlige omkostninger, som er 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 antagelserne). Dette svarer til en virkning på den økonomiske vækstrate på mindre end 0,1 procent point.
- 16) Afledte teknologiske fremskridt er et forskningsområde under udvikling. Intet af den videnskabelige litteratur, der er gennemgået i TAR vedrørende CO₂-koncentrationer og omkostninger over en 100-års periode, viser resultater fra modeller, der inddrager afledte teknologiske ændringer. Modeller med afledte teknisk fremskridt viser i visse tilfælde, at koncentrationer over en hundredeårs periode kan variere for samme vækst i BNP, men med forskellige politikker (afsnit 8.4.1.4).
- 17) Se figur SPM-1 vedrørende reference-scenariernes indflydelse på størrelsen af den krævede begrænsningsindsats for at opnå et givet stabiliseringsniveau.
- 18) "Spill-over" effekter omfatter kun økonomiske effekter, ikke miljømæssige effekter.
- 19) Detaljer om de seks analyser, der er redegjort for, kan findes i tabel 9.4 i den underliggende rapport.
- 20) Disse beregnede omkostninger kan udtrykkes som forskelle i BNP vækstrater i perioden 2000 - 2010. Uden omsættelige kvoter reduceres BNP vækstraten med 0,2 procent point/år; med Annex B omsættelige kvoter reduceres vækstraten med mindre end 0,005 procent point/år.
- 21) Disse politikker og mål inkluderer: Dem, der gælder for andre drivhusgasser end CO₂-gasser og kilder uden for energisektoren for alle gasser, kulstofoptag, omstrukturering af industri (f.eks. fra energiproducent til leverandør af energitjenester), brug af OPEC's markedsdominans og tiltag (f.eks. fra Annex B parter) relateret til finansiering, forsikring og overførsel af teknologi. Hertil kommer, at analyserne typisk ikke inddrager følgende politikker og effekter, som kan reducere de totale omkostninger ved begrænsning af

klimaændringer: brug af skatteindtægter til at reducere skattebyrder eller finansiere andre begrænsnings-tiltag, miljømæssige afledte fordele ved at reducere brugen af fossile brændsler og tilskyndelse til teknologiske ændringer.

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