



Sbs

Klimaatverandering

oktober 1990

Inleiding

Sinds het begin van deze eeuw is de wereldbevolking enorm gegroeid en zijn ook de menselijke activiteiten sterk toegenomen. Een deel van die activiteiten gaat gepaard met de uitstoot van gasen die de eigenschap hebben dat ze de warmte-uitstraling van het aardoppervlak vasthouden. De gevolgen daarvan noemt men het broeikas-effect. Sommige van die gasen zijn overigens al van nature in de dampkring aanwezig.

Het is niet uitgesloten dat de toegenomen hoeveelheden van deze zogeheten broeikasgasen in de dampkring hebben bijgedragen tot de stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde. Volgens geleerden is het sinds de jaren tachtig van de vorige eeuw 0,3 à 0,6 °C warmer geworden. Als dat inder-

daad zo is, dan zal aanhoudende uitstoot het broeikas-effect versterken. Dat leidt weer tot een verdere opwarming, die ons klimaat wel eens aanzienlijk zou kunnen beïnvloeden.

Over het klimaatgedrag is nog maar weinig bekend. Het is dan ook niet zeker welk verband er bestaat tussen de toename van de broeikasgasen in de dampkring en een klimaatverandering. Het risico daarvan neemt men echter zeer serieus. Veel geleerden, regerings- en opinieleiders erkennen dat maatregelen niet langer op zich mogen laten wachten.

Een van de voornaamste broeikasgasen is kooldioxide (CO₂). Aangezien de stijging van het CO₂-gehalte in de atmosfeer door verbranding van fossiele brandstoffen

in de hand wordt gewerkt, is het broeikas-effect een vraagstuk waar de energie-industrie niet omheen kan. Deze brochure bevat wetenschappelijke informatie ter verduidelijking van het dilemma waarmee de beleidsmakers worden geconfronteerd. Ook worden de mogelijke maatregelen tegen een dreigende klimaatverandering kort besproken. Tot slot volgt een overzicht van de gevolgen van het broeikas-effect voor de energie-industrie en een toelichting van het standpunt van de Shell-maatschappijen.

'Klimaatverandering' is een uitgave in de Shell Brochure Serie. Van onderstaande, eerder in deze serie verschenen brochures zijn - zolang de voorraad strekt - nog exemplaren verkrijgbaar:

- Petrochemie (april 1990)
- Metalen (juli 1990)
- Energie in kort bestek (september 1990)

U kunt uw aanvraag richten aan Shell Nederland B.V., afdeling PAS/14, Postbus 1222, 3000 BE Rotterdam.



Uitgave: Shell Nederland B.V.
© Shell - oktober 1990
ISBN 90-6644-114-3

Afkortingen

v.o.e.d. = vaten olie-equivalent per dag
BNP = Bruto Nationaal Produkt
CFK's = chloorfluorkoolwaterstoffen
CGE* = centraal geleide economieën
Gt = Gigaton (1 miljard ton)
IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change
OESO = Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling
ppmv = parts per million (volume)

ppbv = parts per billion (volume)
pptv = parts per trillion (volume)
RIVM = Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
UNEP = United Nations Environment Programme
N.B.: Billion = miljard; trillion = biljoen (1000 miljard)

* Albanië, Bulgarije, China, de voormalige DDR, Hongarije, Mongolië, Noord-Korea, Polen, Roemenië, de Sovjetunie, Tsjecho-Slowakije en Vietnam. Deze indeling wordt thans alleen gemakshalve gebruikt bij het verzamelen van statistische gegevens.

Het broeikas-effect

De aarde en haar dampkring kunnen we zien als een broeikas. Sommige gasen in die dampkring laten het zonlicht door, maar absorberen een deel van de infrarode warmtestraling die het aardoppervlak, na opwarming door dat zonlicht, uitstraalt.

Als er geen broeikasgasen waren, zou de aarde onbewoonbaar zijn, met een gemiddelde oppervlaktetemperatuur van circa -20 °C. Dank zij het feit dat broeikasgasen van nature in de dampkring voorkomen, wordt de lucht boven het aardoppervlak met gemiddeld zo'n 35 °C opgewarmd. Dit verschijnsel is het broeikas-effect in de strikte zin van het woord, maar tegenwoordig wordt de uitdrukking meestal gebruikt

voor extra opwarming die misschien ontstaat als gevolg van menselijke activiteiten.

Broeikasgasen

De belangrijkste broeikasgasen zijn waterdamp (H₂O), kooldioxide (CO₂), methaan (CH₄) en distikstofdioxide (N₂O), die in de natuur voorkomen, en de chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's), die door de mens worden gemaakt. Ook ozon is een belangrijk broeikasgas, maar de invloed daarvan is moeilijk nauwkeurig te bepalen. De broeikaswerking van waterdamp verloopt hoofdzakelijk via ingewikkelde terugkoppelingsmechanismen met de andere broeikasgasen.

Figuur 1 geeft onder meer informatie over de broeikaswerking van de afzonderlijke gasen. Hieronder verstaan we de opwarming per gewichtseenheid als deze gasen vrijkomen in de huidige atmosfeer. De broeikaswerking wordt berekend uit de stralingseigenschappen van een gas en de levensduur in de dampkring. Ze varieert met de periode die men hanteert, omdat elk gas een ander cumulatief effect op de warmtebalans heeft. Zo vermindert het cumulatieve effect van 1 kg methaan die nu uitgestoten wordt, in vergelijking met CO₂, naarmate we een langere periode beschouwen.

De feitelijke invloed van een gas hangt dus af van de totaal uitgestoten hoeveelheid en de broeikas-

Figuur 1
De belangrijkste broeikasgasen*

Gas		CO ₂	CH ₄	CFK-11	CFK-12	N ₂ O
Concentratie	Pre-industrieel	280 ppmv	0,79 ppmv	0	0	280 ppbv
	Thans	353 ppmv	1,72 ppmv	280 pptv	484 pptv	310 ppbv
Levensduur in de dampkring		(50-200)	10	65	130	150
Temperatuurverhogende werking t.o.v. CO ₂ **	20 jaar	1	63	4500	7100	270
	100 jaar	1	21	3500	7300	290
	500 jaar	1	9	1500	4500	190
Bijdrage tot totale stralings-effect 1980-1990		Procent	55	15	24 (alle CFK's)	6

* Gegevens ontleend aan IPCC-Werkgroep I
** Relatief opwarmingseffect van 1 kg gas op basis van de huidige atmosfeer (1 kg CO₂ = 1)

werking ervan. Figuur 1 laat de bijdrage zien van elk gas aan een eventueel broeikas effect op basis van de uitstoot in de jaren tachtig.

Kooldioxide (CO₂)

Kooldioxide is een belangrijke factor in de koolstofcyclus: de voort-

durende uitwisseling van koolstof tussen land, zee en dampkring. Naar schatting is circa 450 miljard ton koolstof (450 Gigaton, Gt) in verschillende vormen opgeslagen in landvegetatie, ongeveer 730 Gt in de dampkring en zo'n 580 Gt in de bovenste lagen van het zee-water. Men neemt aan dat de totale hoeveelheid koolstof in de zee

meer dan 30.000 Gt bedraagt. Per jaar wordt circa 100 Gt koolstof tussen de dampkring en de zee uitwisseld en ongeveer 50 Gt tussen de dampkring en het land.

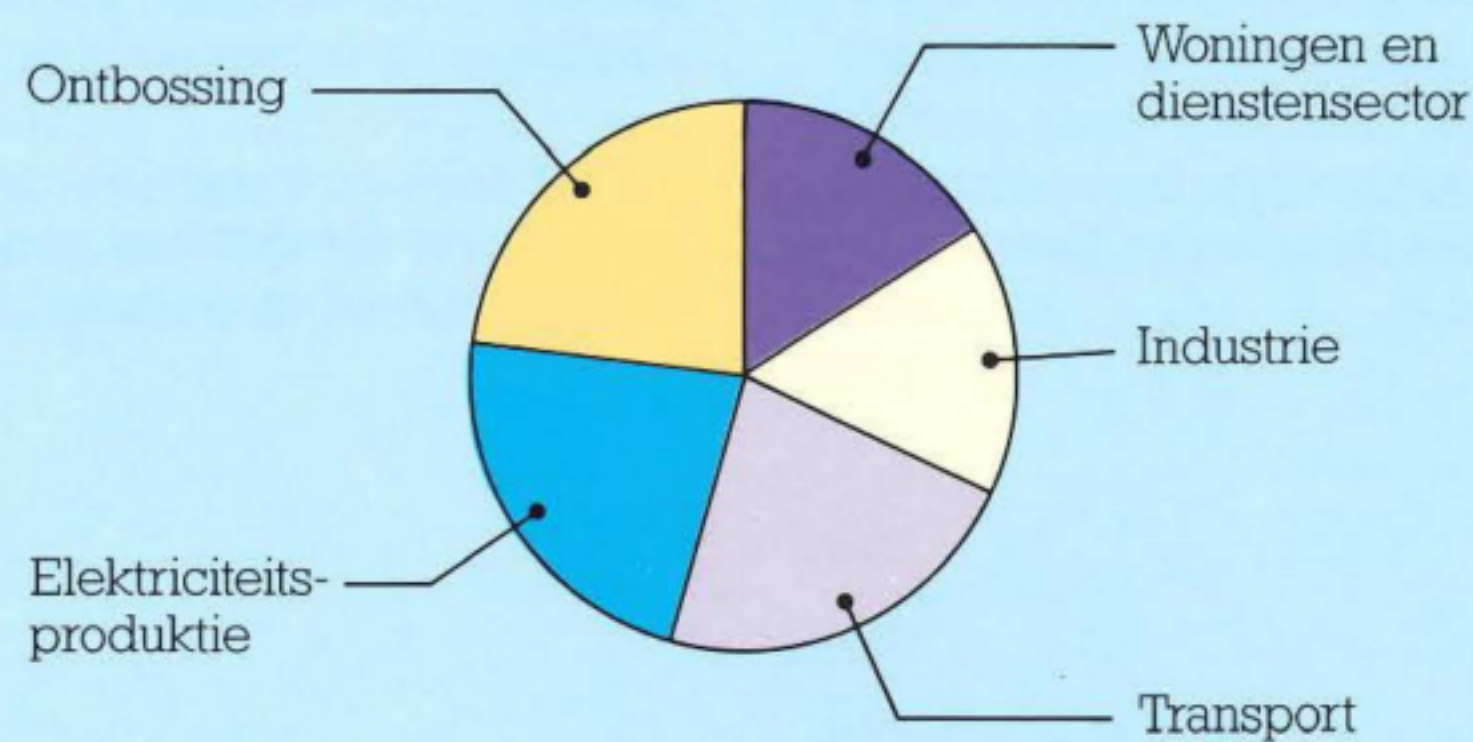
Jaarlijks komt ongeveer 6 Gt koolstof als CO₂ in de atmosfeer terecht door verbranding van fossiele brandstof in vervoermiddelen, bij stroomopwekking en bij energieverbruik in industrie, woningen en de dienstverlenende sector. De bijdrage per sector is afgebeeld in figuur 2(a). Door ontbossing komt daar jaarlijks nog eens 1 à 2 Gt bij. Uit figuur 2(b) blijkt dat ongeveer de helft van de door fossiele brandstof veroorzaakte koolstofuitstoot plaatsvindt in de OESO-landen.

Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat het CO₂-gehalte in de dampkring is gestegen van een pre-industrieel niveau van 280 delen per miljoen volumedelen (ppmv) tot meer dan 350 ppmv in 1989. Analyse van in poolijs opgesloten lucht en de in Mauna Loa (Hawaii) gemeten atmosferische concentraties tonen aan dat het CO₂-gehalte in de atmosfeer tussen 1750 en 1950 geleidelijk steeg, en daarna veel sneller (figuur 3). Schattingen op basis van boormonsters uit het ijs in Vostok, in Oost-Antarctica, wijzen erop dat het CO₂-gehalte in de dampkring gedurende de 160.000 jaar vóór 1900 niet hoger is geweest dan 300 ppmv (figuur 4).

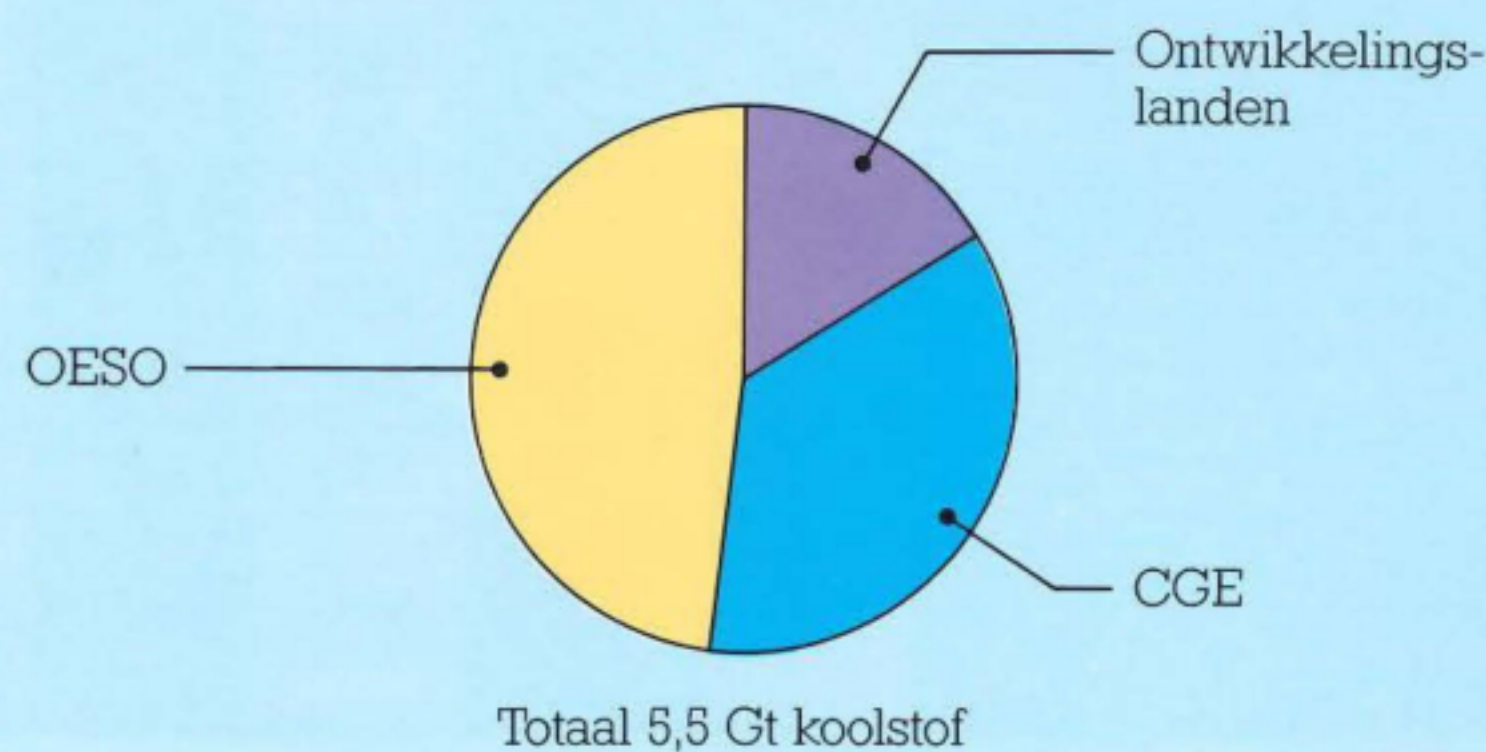
Groeiende bomen nemen CO₂ uit de dampkring op. Ze leggen koolstof vast door fotosynthese, zij het dat een 'volwassen' bos door ademen evenveel CO₂ aan de atmosfeer afstaat als opneemt. Door

Figuur 2(a)
Bronnen van door de mens veroorzaakte CO₂-uitstoot 1980-1985

Bron: Britse Department of the Environment



Figuur 2(b)
Koolstofemissie in 1987 door gebruik van fossiele brandstof, per regio



afname van het bosareaal vermindert dus de hoeveelheid koolstof die op het land kan worden opgeslagen.

Als bomen worden verbrand, keert de opgeslagen koolstof in de vorm van CO₂ in de atmosfeer terug, en wel veel sneller dan via de natuurlijke processen.

Methaan (CH₄)

Methaan is het op een na belangrijkste broeikasgas. De uitstoot ervan komt voornamelijk door anaërobe ontleding van organische stoffen (bijvoorbeeld in moerassen en rijstvelden), ontleding van biomassa, herkauwers (zoals vee) en termieten. Methaan komt ook vrij bij de winning van steenkool, mineralen, olie en gas en bij activiteiten (transport, eindgebruik) op het gebied van aardgas (figuur 5). Er bestaat enige zorg dat een lichte temperatuurstijging de aanzet zou kunnen zijn tot het vrijkomen van aanzienlijke hoeveelheden methaan die nu nog zijn opgesloten in de zogenaamde permafrost op het noordelijk halfrond, waardoor het broeikas effect extra zou worden versterkt.

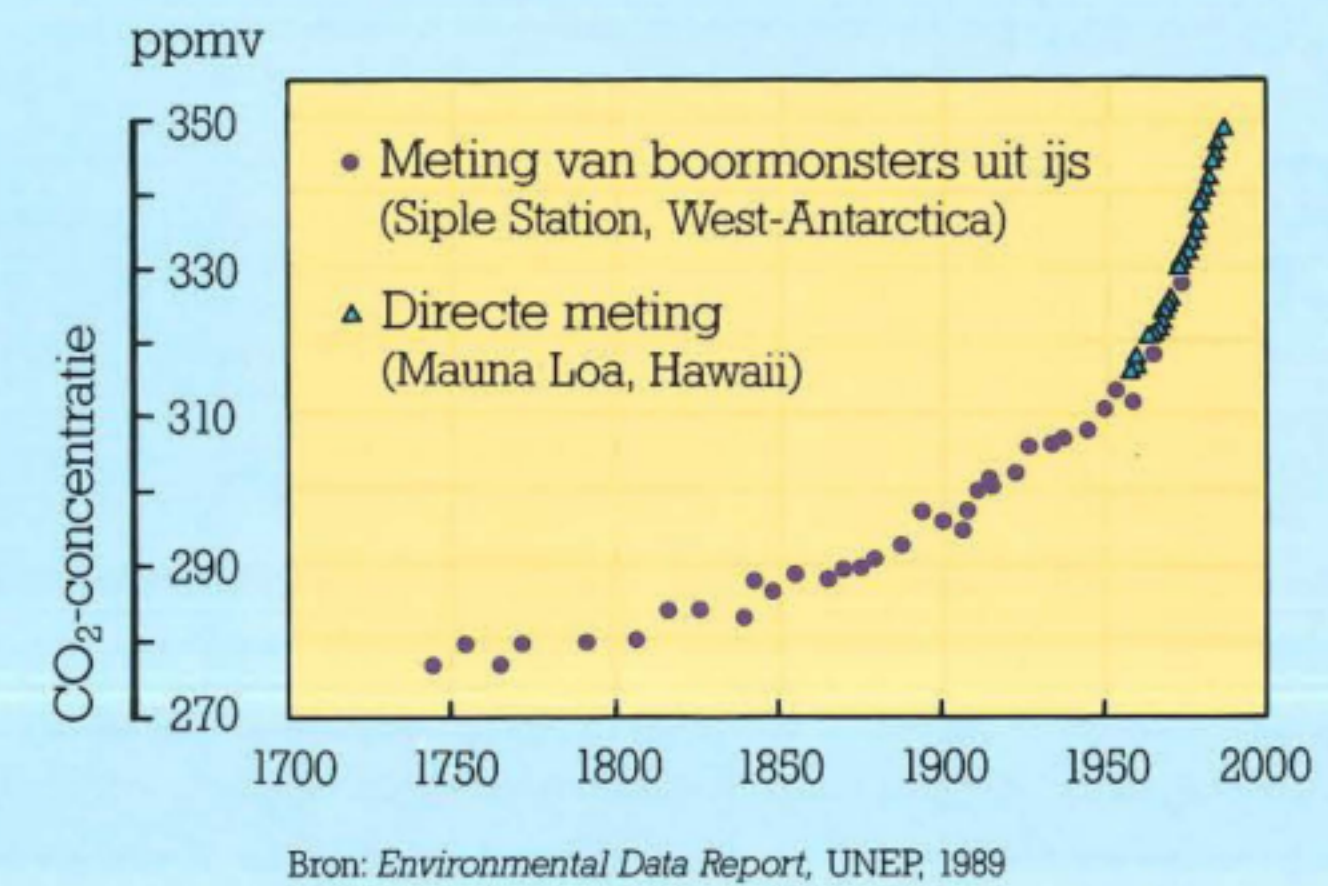
De CFK's

CFK's zijn door de mens gemaakte chemische stoffen die worden gebruikt als koelmiddel, oplosmiddel, blaasmiddel bij de schuimproductie en als drijfgas in spuitbussen. Ze zijn niet alleen een bedreiging voor de beschermende ozonlaag om onze planeet, maar hebben bovendien - per molecuul - de krachtigste broeikaswerking.

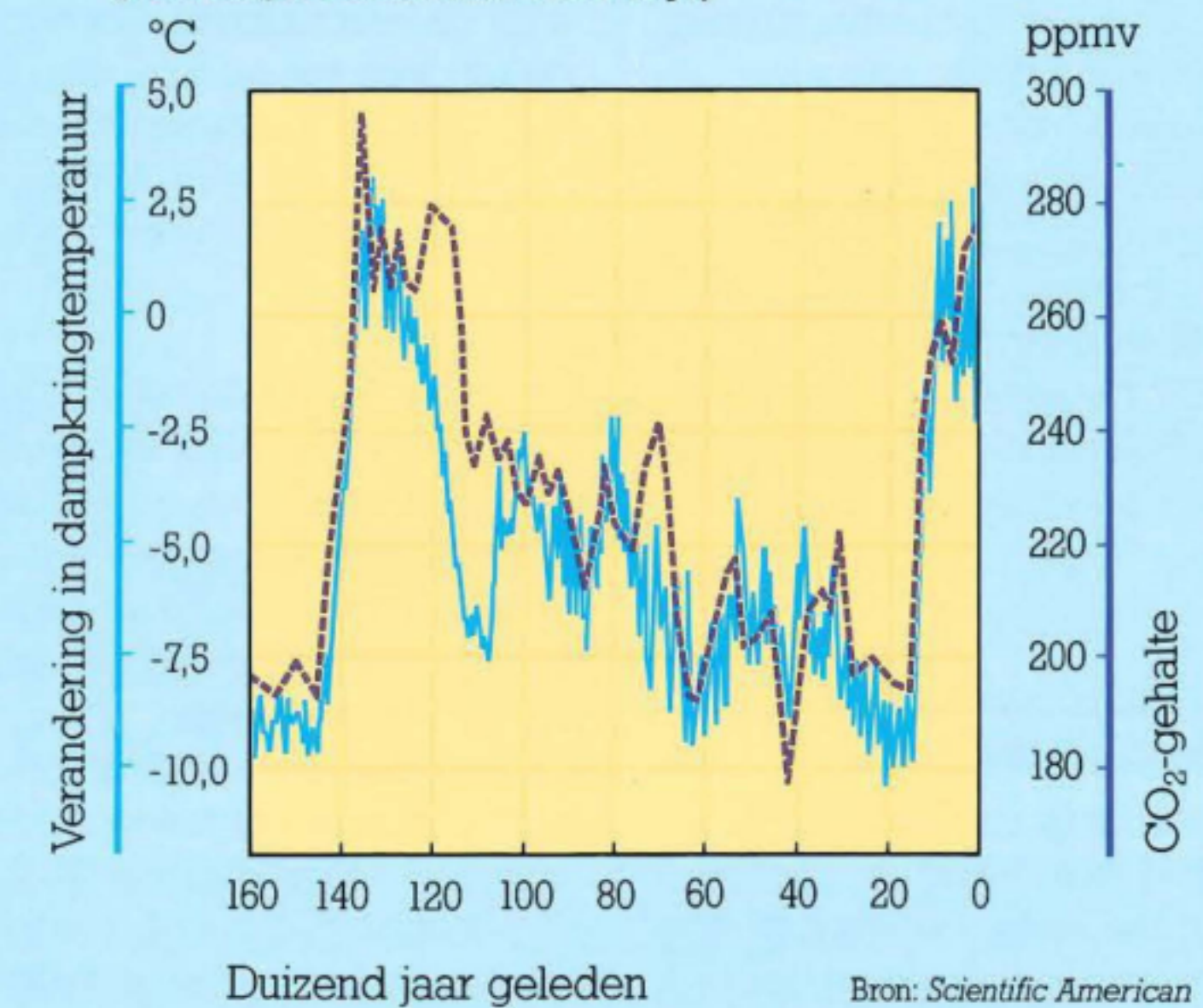
N₂O (distikstofoxide)

De bronnen van N₂O zijn minder goed bekend. Hoewel het gas vrijkomt als bijproduct bij de verbranding van fossiele brandstof, is dat waarschijnlijk niet de hoofdoorzaak van de aanwezigheid van N₂O in de atmosfeer. Men neemt aan dat de verbranding van biomassa en de landbouw de belangrijkste bronnen zijn.

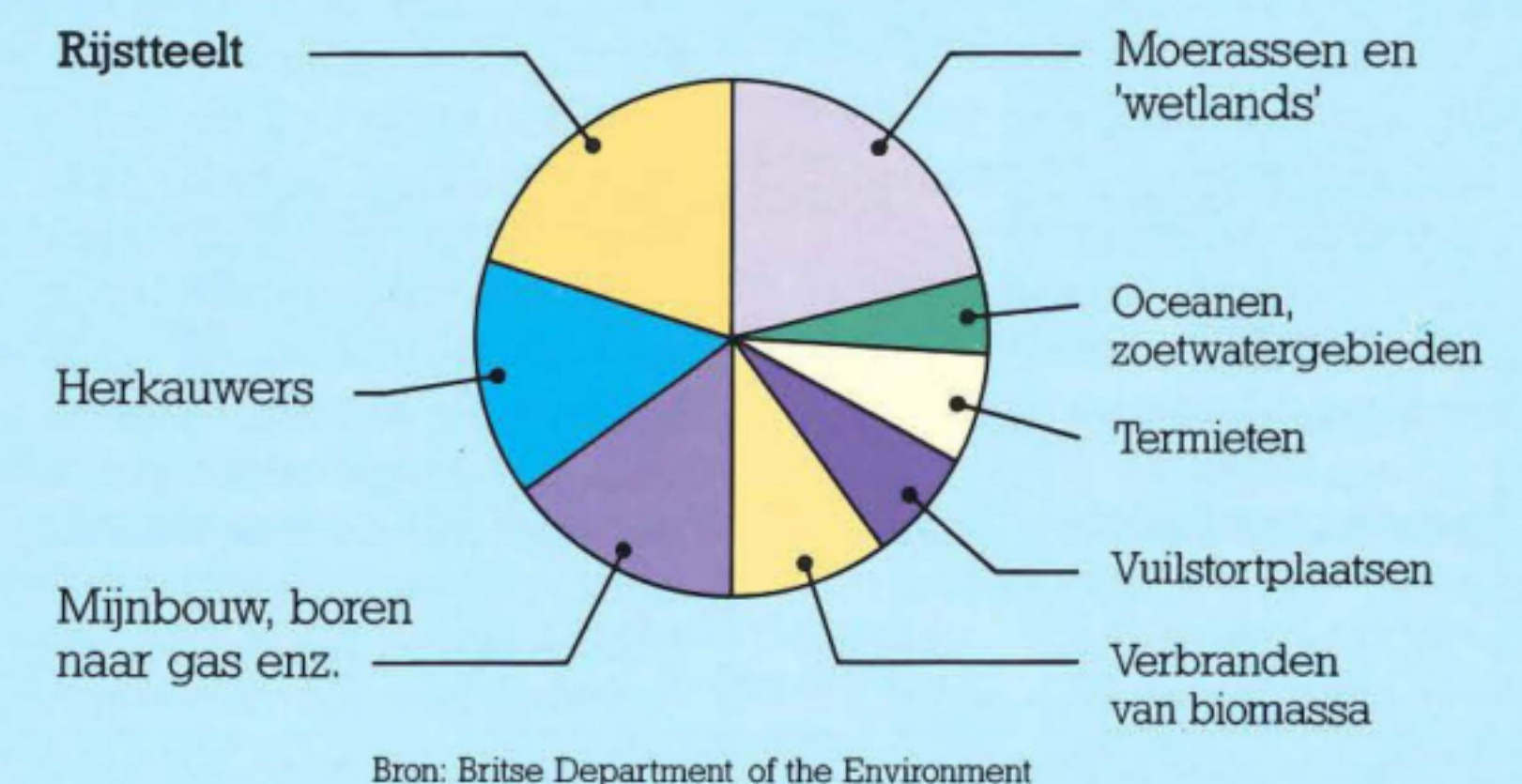
Figuur 3
Kooldioxideconcentratie in de dampkring vanaf 1750



Figuur 4
Wereldtemperatuur en atmosferische CO₂ vóór 1900 (Vostok, boormonsters uit ijs)



Figuur 5
Methaanbronnen



Bewijzen, gevolgen en tegenmaatregelen

Eind vorige eeuw waren geleerden al bezorgd dat toename van het CO₂-gehalte in de atmosfeer, als gevolg van het steenkoolverbruik, zou kunnen leiden tot versterking van het broeikas-effect. Tegenwoordig denkt men dat de gemiddelde temperatuur op aarde tussen 1890 en 1940 inderdaad met ongeveer 0,4 °C is gestegen (figuur 6), al zijn er andere schattingen die een geringere stijging aangeven. Tussen 1940 en 1970 veranderde de gemiddelde temperatuur op aarde vrijwel niet. Gegevens die in de jaren tachtig zijn verzameld, laten echter een duidelijk stijgende tendens zien (figuur 6). De vijf wereldwijd gemiddeld warmste jaren van deze eeuw vielen in de laatste tien jaar.

Hoe was het vroeger?

Het is belangrijk dat dit temperatuurgedrag in historisch perspectief wordt geplaatst. Nauwkeurige temperatuurmetingen zijn echter pas de laatste paar honderd jaar gedaan. Wat er aan gegevens is, komt bovendien uit relatief weinig bronnen en is niet eenduidig, zodat een schatting van de gemiddelde temperatuur op aarde niet erg nauwkeurig is. Zeker is, dat er snelle regionale temperatuurwijzigingen zijn geweest. Zo kwam circa 10.000 jaar geleden een ijstijd ten einde toen de noordelijke Atlantische Oceaan in 50 jaar ongeveer 6 °C warmer werd.

In de laatste ijstijd was het aan de polen 4 tot 7 °C kouder dan nu. Nadien heeft het klimaat opmerkelijke veranderingen vertoond (althans naar menselijke maatstaven). Van de laat-Romeinse tijd tot 1250

was de temperatuur in Europa duidelijk hoger dan nu. Ze daalde weer in de 'kleine ijstijd', van 1300 tot 1700, toen gletsjers in gebergten snel groeiden, Noord-Europa strenge winters kende en Scandinavische nederzettingen in Groenland en op Newfoundland moesten worden verlaten. Het smelten van de gletsjers sinds ongeveer 1800 wijst op een algemene opwarming die tendens volgend op de 'kleine ijstijd'. Vanuit dit perspectief zijn de recentere temperatuurschommelingen niet bijzonder opmerkelijk.

De bepaling van het natuurlijke verloop van het klimaat op aarde, en van oorzaken en gevolgen, is uiterst moeilijk. Eerdere schommelingen zijn toegeschreven aan een breed scala van oorzaken, waaronder variaties in de baan van de aarde rondom de zon, vulkanische activiteit en storingen in de zonneactiviteit. In feite liggen de recente temperatuurwijzigingen binnen de grenzen van de normale schommelingen.

Computermodellen

Met de computer trachten we ons een beeld te vormen van het toekomstige klimaat op de aarde, wereldwijd en per regio. Voor nauwkeurige voorspellingen van temperatuurwijzigingen zijn de huidige computermodellen echter nog niet ver genoeg. Van veel belangrijke terugkoppelingsmechanismen, zoals de wisselwerking tussen zee en dampkring en de bufferwerking van wolken, is nog zo weinig bekend, dat de rol daarvan bij computermodellen van geringe betekenis is.

Recente modelberekeningen, uitgaand van de veronderstelling dat de toekomstige emissie op het huidige niveau blijft, wijzen op een mogelijke opwarming ten opzichte van het pre-industriële niveau met 1,4 tot 2,8 °C in het jaar 2030 (figuur 7). Andere modelberekeningen komen uit op afwijkende temperatuurstijgingen.

Tot nu toe wijkt de waargenomen temperatuurstijging van geen van deze modelberekeningen af, maar dat bewijst nog niet dat er sprake is van een versterkt broeikas-effect. We zijn nog niet in staat om natuurlijke variaties in het klimaat te onderscheiden van een eventuele invloed van menselijk handelen. Misschien wordt dat de komende 10 tot 15 jaar mogelijk door voortdurende klimaatmetingen, -onderzoek en verfijning van de computermodellen.

Het IPCC

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is in 1988 gevormd op een gezamenlijk initiatief van het United Nations Environment Programme (UNEP) en de World Meteorological Organization. Meer dan 100 landen zijn in het IPCC vertegenwoordigd of geven daaraan daadwerkelijk steun.

Veel vooraanstaande beleidsadviseurs en wetenschappelijke deskundigen uit de hele wereld zijn actief bij het werk van het IPCC betrokken. De organisatie is opgedeeld in drie internationale werkgroepen, elk belast met één aspect van het thema klimaatverandering (figuur 8).

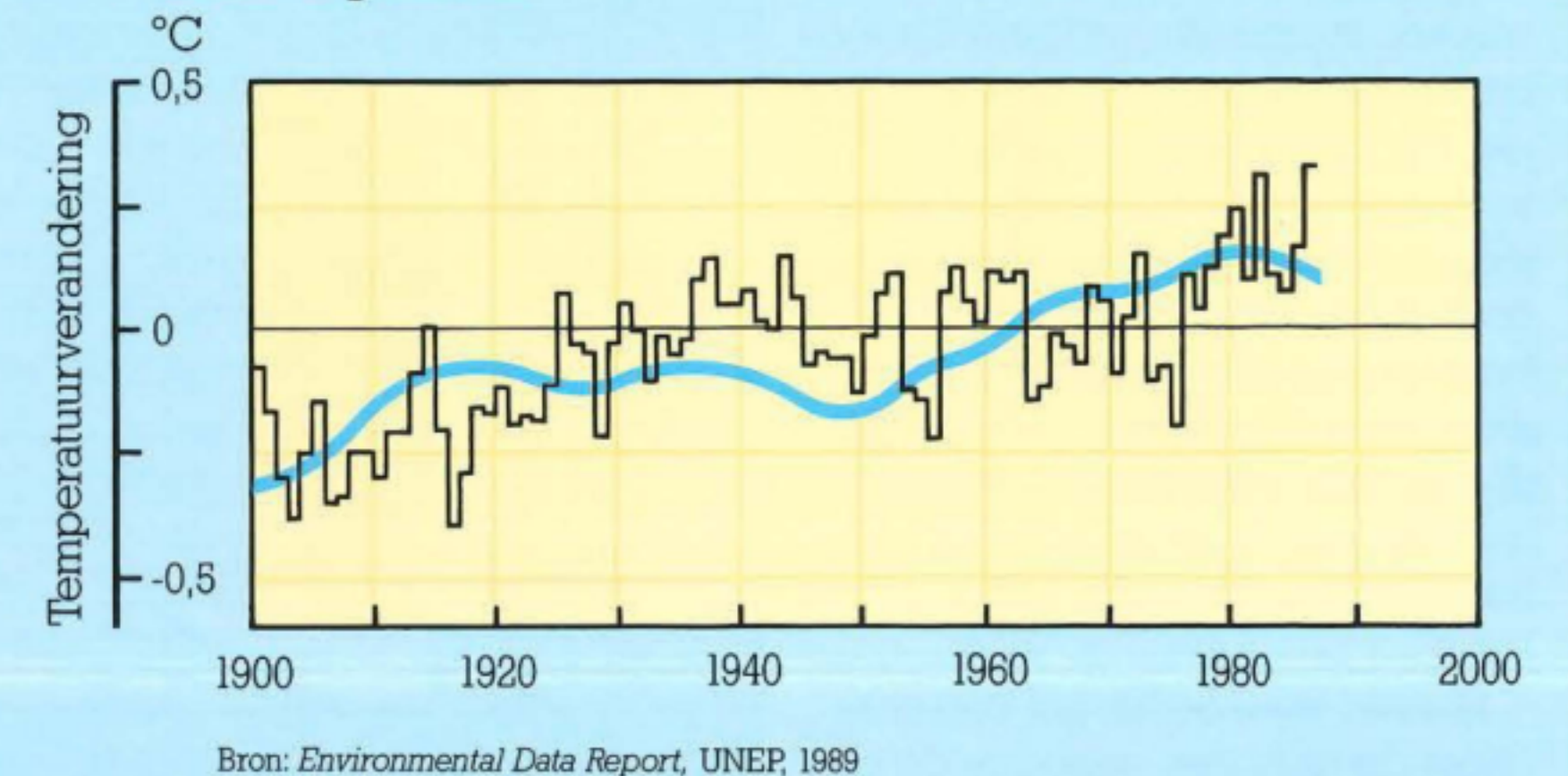
Werkgroep 1 van het IPCC heeft een uitgebreide wetenschappelijke studie van de klimaatverandering gemaakt, die op een vergadering in mei 1990 is afgerond. De conclusie is, dat door de mens veroorzaakte uitstoot het gehalte aan broeikasgassen in de dampkring aanzienlijk laat toenemen en dat dit tot opwarming van het aardoppervlak leidt. De voorspellingen van Werkgroep 1, weergegeven in figuur 7, betekenen de meest verstaande internationale wetenschappelijke consensus tot nu toe. Het rapport zegt:

"De uitstoot als gevolg van menselijk handelen verhoogt het gehalte in de dampkring van de broeikasgassen kooldioxide, methaan, de CFK's en distikstofoxide aanzienlijk. Deze toename zal het broeikas-effect versterken, wat - gemiddeld over de aarde - leidt tot een extra opwarming van het oppervlak. De hoeveelheid waterdamp, het belangrijkste broeikasgas, zal hierdoor toenemen, waardoor het effect nog verder wordt versterkt."

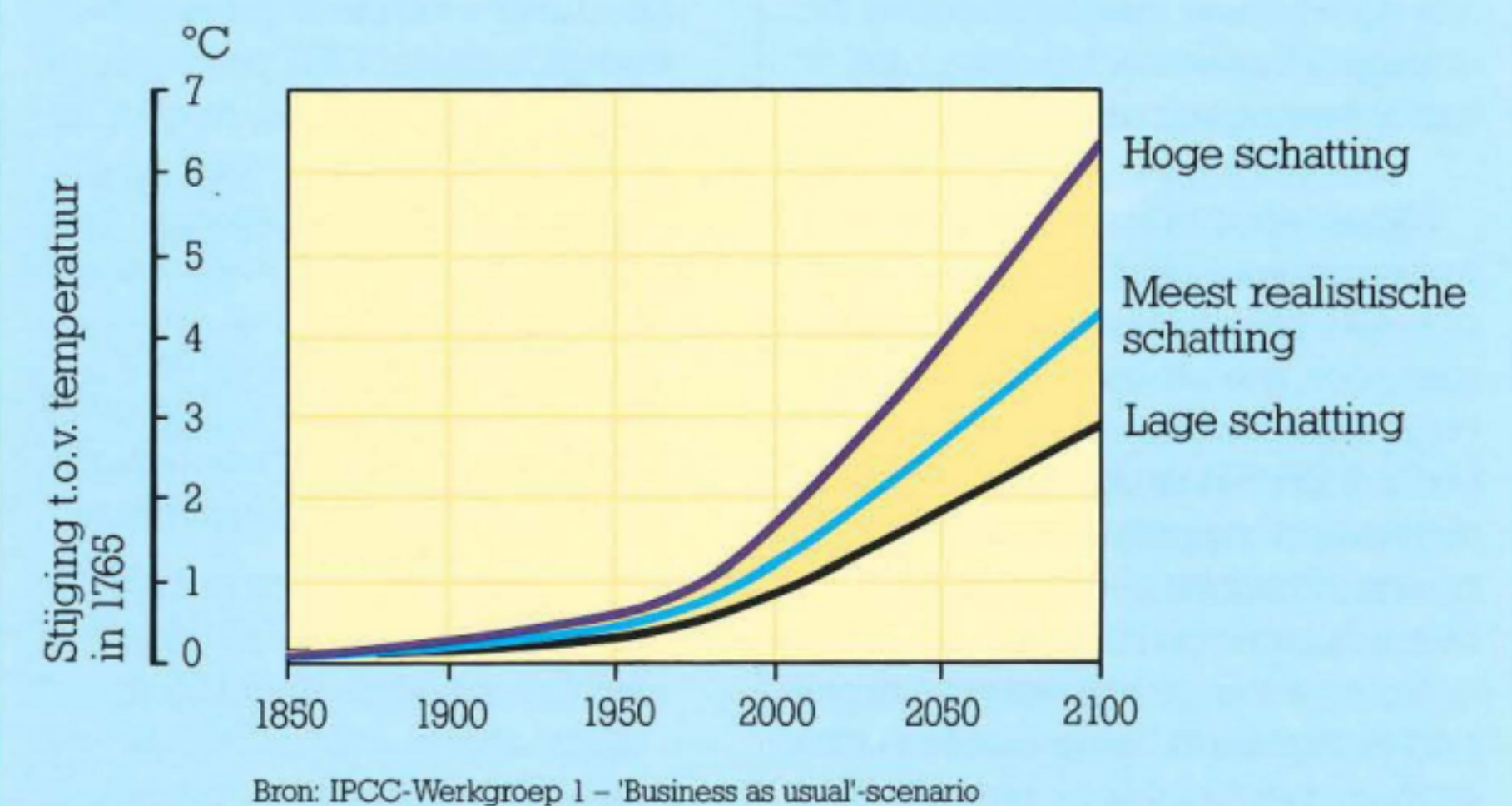
Hoewel veel vooraanstaande geleerden ervan overtuigd zijn dat het versterkte broeikas-effect bestaat, erkennen zij dat er grote onzekerheid is over omvang, tijdstip en spreiding van eventuele effecten. Als die er komen, zijn ze pas over tien jaar of meer waarneembaar. Er ligt een aanzienlijke periode (wellicht tientallen jaren) tussen de toename van de broeikasgassen en hun uiteindelijk effect op het klimaat. Daardoor kan het tegen de tijd dat het versterkte broeikas-effect sluitend is bewezen, wel eens te laat zijn om er nog iets tegen te doen.

De gevolgen van een klimaatverandering en de eventueel te treffen beleidsmaatregelen zijn onderwerp van studie van twee internationale IPCC-werkgroepen, die worden voorgezeten door deskundigen uit respectievelijk de Sovjetunie en de Verenigde Staten. Het werk van de drie werkgroepen wordt gepresenteerd en besproken op de in oktober/november 1990 in Genève te houden World Climate Conference.

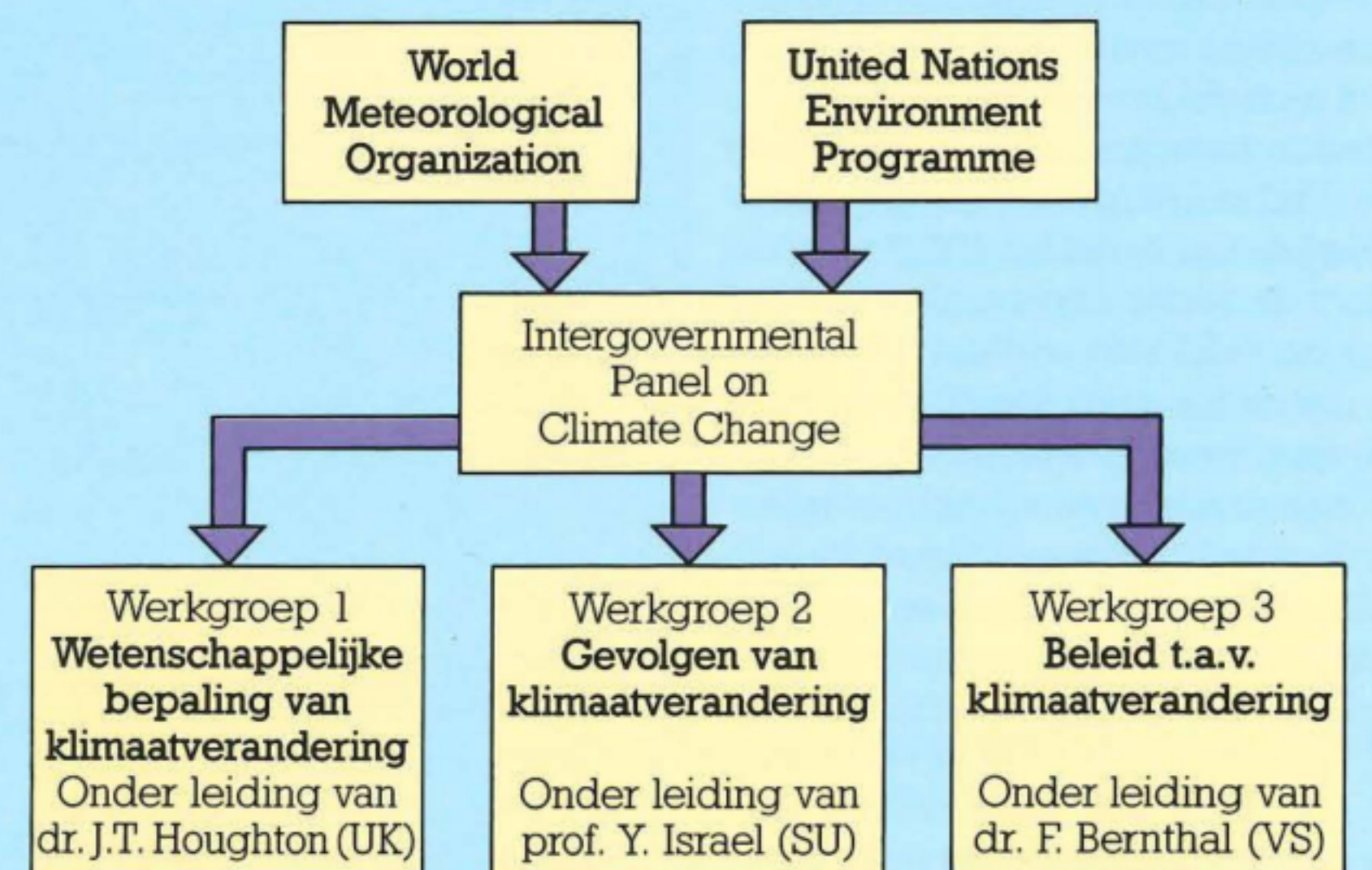
Figuur 6
Gemeten jaarlijkse verandering van de gemiddelde wereldtemperatuur



Figuur 7
Voorspelde verandering van de gemiddelde wereldtemperatuur



Figuur 8
Werkgroepen van het IPCC



Mogelijke gevolgen

De gevolgen van een eventuele verdere temperatuurstijging zijn onzeker en nog steeds onderwerp van discussie. Algemeen wordt aangenomen dat de zeespiegel zal stijgen (figuur 9) en dat van veel ecosystemen het evenwicht zou kunnen worden verstoord. De zeespiegel is al ongeveer 15 cm hoger dan in 1900, hoofdzakelijk doordat het zeewater is uitgezet door de hogere zeewatertemperatuur.

Hoewel men onder het broeikas-effect dikwijls een gemiddelde opwarming verstaat, zal de temperatuurstijging waarschijnlijk niet overal gelijk zijn. De wintertemperatuur zou bijvoorbeeld aan de polen veel sterker kunnen stijgen dan aan de evenaar. Regionale veranderingen kunnen echter nog niet met zekerheid worden voorspeld.

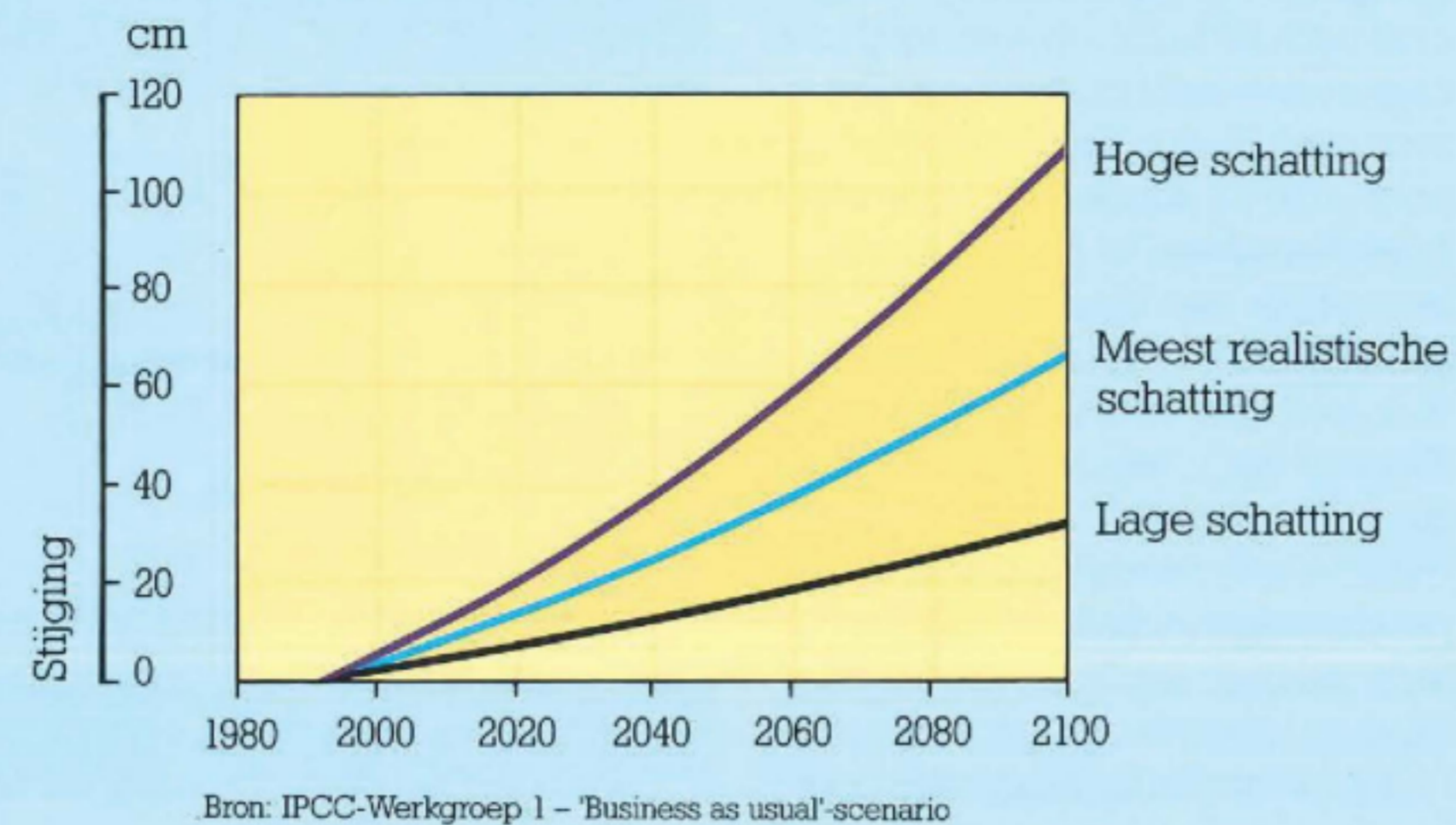
Natuurverschijnselen kunnen het weerpatroon overal op aarde beïnvloeden, met soms ernstige problemen voor wie afhankelijk is van stabiele weersystemen. Een snel veranderend klimaat zou bepaald dramatische gevolgen voor de aardbewoners hebben. Velen zijn dan ook van mening dat de potentiële dreiging van een klimaatverandering te ernstig is om te wachten tot er meer bewijzen voor zijn.

Tegenmaatregelen

Algemeen wordt ingezien dat de uitstoot van de voornaamste broeikasgassen moet worden beperkt, wil men de kans op verdere versterking van het broeikas-effect verkleinen. Volgens schatting van Werkgroep 1 van het IPCC zou de door de mens veroorzaakte uitstoot aan moeilijk afbreekbare broeikasgassen met meer dan 60 procent moeten worden verminderd om de concentratie ervan op het huidige niveau te stabiliseren. Tot nu toe zijn allerlei maatregelen voorgesteld, waaronder:

- het bevorderen van zuiniger en efficiënter energieverbruik;
- de geleidelijke afschaffing van de productie en het gebruik van CFK's;

Figuur 9
Voorspelde stijging van de zeespiegel

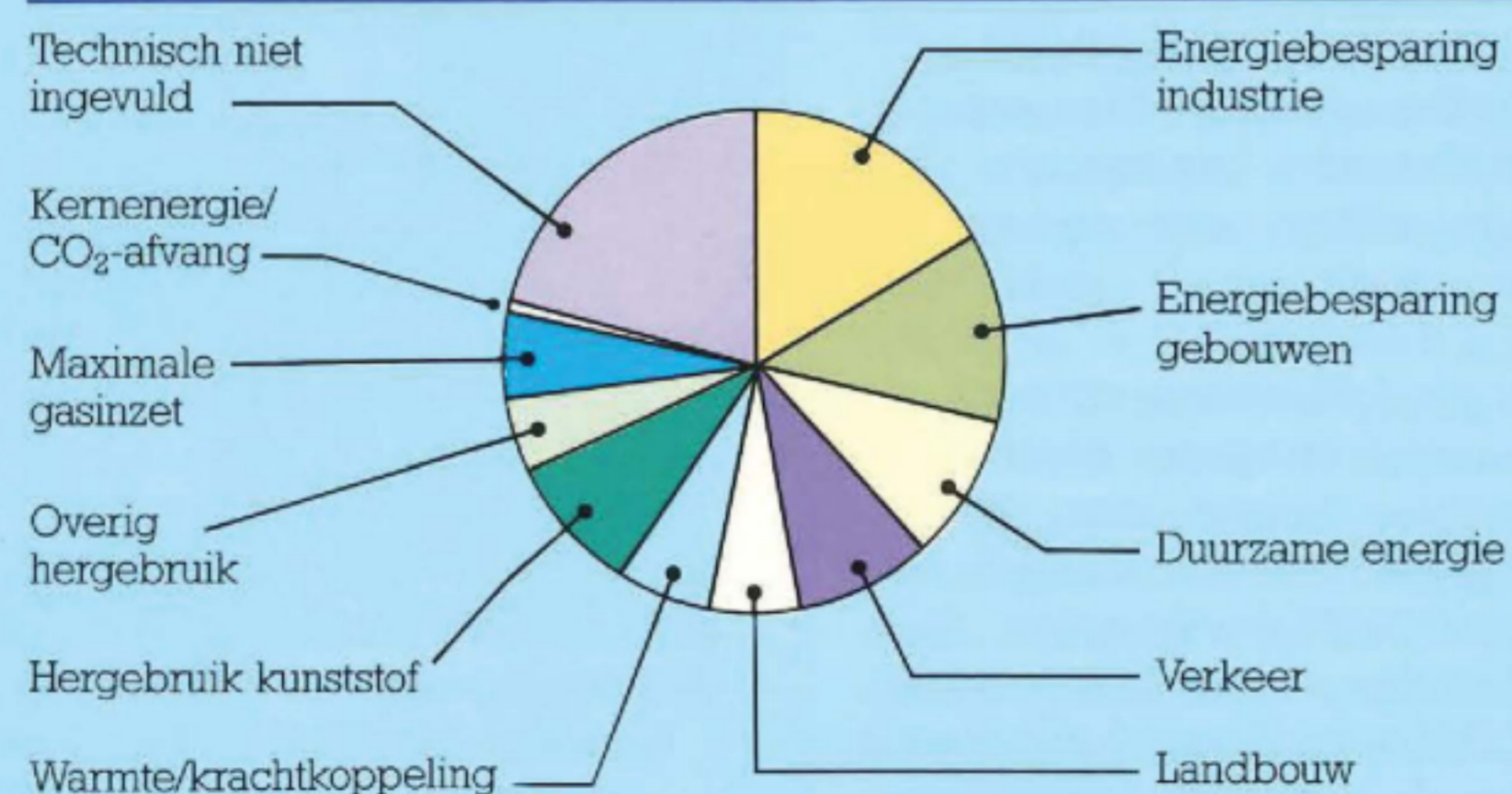


- het overschakelen op brandstoffen die per eenheid geleverde energie minder CO₂ produceren;
- meer gebruik maken van kernenergie en duurzame energiebronnen;
- het stopzetten van de vernietiging van het regenwoud en een begin maken met een omvangrijk herbebossingsprogramma;
- het veranderen van landbouwmethoden om de uitstoot van methaan en distikstofoxide te verminderen en het kappen van bossen te beperken;
- meer steun voor research op het gebied van niet-fossiele brandstof (zonne-energie, biomassa, wind- en waterkrachtenergie, getijden-, waterstof- en kernenergie).

Op een in juni 1988 in Toronto gehouden internationale conferentie over het klimaat kwamen de deelnemers (waaronder overheidsvertegenwoordigers en wetenschappers) overeen om op te roepen tot

Figuur 10
Verlaging van de Nederlandse CO₂-uitstoot

Bijdrage tot doel



Doel: verlaging met 50 procent binnen 20 jaar

verlaging van de CO₂-uitstoot in het jaar 2005 met 20% ten opzichte van het niveau van 1988. De helft van deze vermindering beoogde men te verwezenlijken met maatregelen voor efficiënter energieverbruik en andere vormen van energiebesparing. Men verwachtte dat de resterende 10% kon worden bereikt door overschakeling op niet-fossiele brandstof en brandstof met een lager koolstofgehalte.

Efficiënter energieverbruik

Het is zinvol om het effect van enkele van de genoemde maatregelen met elkaar te vergelijken. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) heeft hierover voor de Nederlandse situatie (figuur 10) enkele berekeningen gemaakt. Hoewel de studie uitwijst dat met de huidige technologie geen 50% reductie in 20 jaar gehaald kan worden, maakt ze wel veel duidelijk. Van alle middelen om de CO₂-uitstoot te verlagen, is efficiënter energieverbruik verreweg het belangrijkste, zowel in doelmatigheid als in uitvoerbaarheid binnen het Nederlandse sociaal-economisch kader. Andere studies hebben soortgelijke resultaten opgeleverd.

Economische en juridische maatregelen

Gebruik makend van het marktmechanisme kan men met diverse economische maatregelen – zoals emissiebelasting op fossiele brandstof ('CO₂-heffing') – efficiënter energieverbruik en overschakeling op andere brandstof bevorderen. In een aantal Europese landen zijn voorstellen gedaan om door invoering van een CO₂-heffing het broeikas-effect tegen te gaan. Nederland en Finland hebben al een bescheiden vorm van milieubelasting.

Het doel van emissiebelasting is de consument – inclusief de industrie – ertoe aan te zetten om de uitstoot van vervuilende gassen te verlagen. Dit kan door iedereen via een energieheffing tot zuiniger verbruik aan te sporen, maar ook door bepaalde verbruikers (zoals elektriciteitsproducenten) via be-

lastingsdifferentiatie ertoe te brengen om op brandstof met een lager koolstofgehalte over te gaan. In sommige landen bestaat al een complex stelsel van belastingen en subsidies op energiebronnen. Zo geven de OESO-landen in uiteenlopende mate overheidssteun aan onder andere kernenergie. Elk gezamenlijk internationaal streven naar het juiste evenwicht in het beleid om de mogelijke dreiging van een klimaatverandering tegen te gaan, moet daarom beginnen met herziening en integratie van de bestaande nationale belasting- en subsidieregelingen.

Al lijken sommige OESO-regeringen het meest voor de belastingmethode te voelen, voor de beleidsmakers staan nog vele andere economische en juridische wegen open. Voorbeelden hiervan zijn: subsidies of belastingverlichting op investeringen, verhandelbare emissievergunningen, rechtstreekse overheidsinvesteringen of hulp in de vorm van toelagen, maar ook regels (zoals normen voor apparatuur en uitstootlimieten).

Het Protocol van Montreal

Bezorgdheid om de gevolgen van het dunner worden van de ozonlaag was in september 1987 aanleiding tot het opstellen en ondertekenen in Montreal door 46 landen van een protocol bij het uit 1985 stammende Verdrag van Wenen ter Bescherming van de Ozonlaag.

Op een in juni 1990 in Londen gehouden vervolgvergadering werd het Protocol van Montreal aangescherpt met de eis tot volledige uitbanning in het jaar 2000 van vijf CFK's (inclusief CFK-11 en CFK-12) en drie broomfluorkoolwaterstoffen ('halonen', gebruikt in brandblusapparatuur), en werden koolstoftetrachloride en methylchloroform aan de lijst van verboden stoffen toegevoegd.

In juni 1990 was het Protocol door 59 landen geratificeerd en zegden India en China op de vergadering te Londen ondertekening toe. Voorts werd overeenstemming bereikt over de stichting van een

fonds van 160 miljoen dollar om ontwikkelingslanden te steunen bij de overschakeling op alternatieven voor CFK's.

Hoewel de mogelijke CFK-ervangers zelf ook broeikasgassen zijn, zijn ze minder schadelijk dan de 'harde' CFK's. Daardoor heeft de voorziene vermindering van het gehalte in de dampkring van harde CFK's en halonen geleid tot een iets gunstiger voorspelling van de stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde.

Het politieke klimaat

Het Protocol van Montreal geeft aan tot welke graad van internationale samenwerking men in staat is als het gaat om een wereldwijd milieurisico. De Verenigde Naties hebben al stappen ondernomen om een kader te scheppen voor een klimaatconventie, waar kan worden onderhandeld over specifieke protocollen inzake de CO₂-uitstoot.

Het is echter duidelijk dat het komen tot overeenstemming over, en vervolgens het uitvoeren van zo'n protocol zeer moeilijk zal verlopen wegens de ingrijpende gevolgen ervan voor het nationale beleid van de betrokken landen op het gebied van energie, industrie en transport. Niettemin hebben hooggeplaatste Amerikaanse en Westeuropese regeringsfunctionarissen onlangs verklaard dat zij een efficiënter energieverbruik ondersteunen en het standpunt onderschrijven dat de 'externe' milieukosten van productie, transport en verbruik van brandstoffen in hun prijzen tot uitdrukking moeten komen.

In een wereldomvattend klimaatverdrag moeten de financiële en technische problemen van de ontwikkelingslanden worden opgenomen. Het overdragen van 'schone' en energie-efficiënte technologie naar de ontwikkelingslanden is noodzakelijk, wil hun economische groei aanhouden, zonder uitbreiding van de lokale of wereldomvattende milieuproblematiek.

Gevolgen voor de energie-industrie

Het debat over klimaatverandering heeft nog een andere dan een wetenschappelijke kant. De roep om politieke actie – zonder nog langer te wachten op meer wetenschappelijk bewijsmateriaal – wordt sterker. Sommige mogelijkheden, zoals bevordering van efficiënter energieverbruik, herziening van het brandstofprijnsbeleid, stopzetting van de ontbossing en verlaging van de zwavel- en stikstofoxiden-uitstoot, kan men als aantrekkelijk en gerechtvaardigd beschouwen, ook als de vrees voor een klimaatverandering uiteindelijk ongegrond zou blijken. Een voorgesteld kaderverdrag over het klimaat moet een systematische basis verschaffen voor actie die er wellicht toe leidt dat landen duidelijk omschreven toezeggingen doen om de komende decennia hun emissies van broeikasgassen terug te dringen.

Invloed op de vraag naar fossiele brandstof

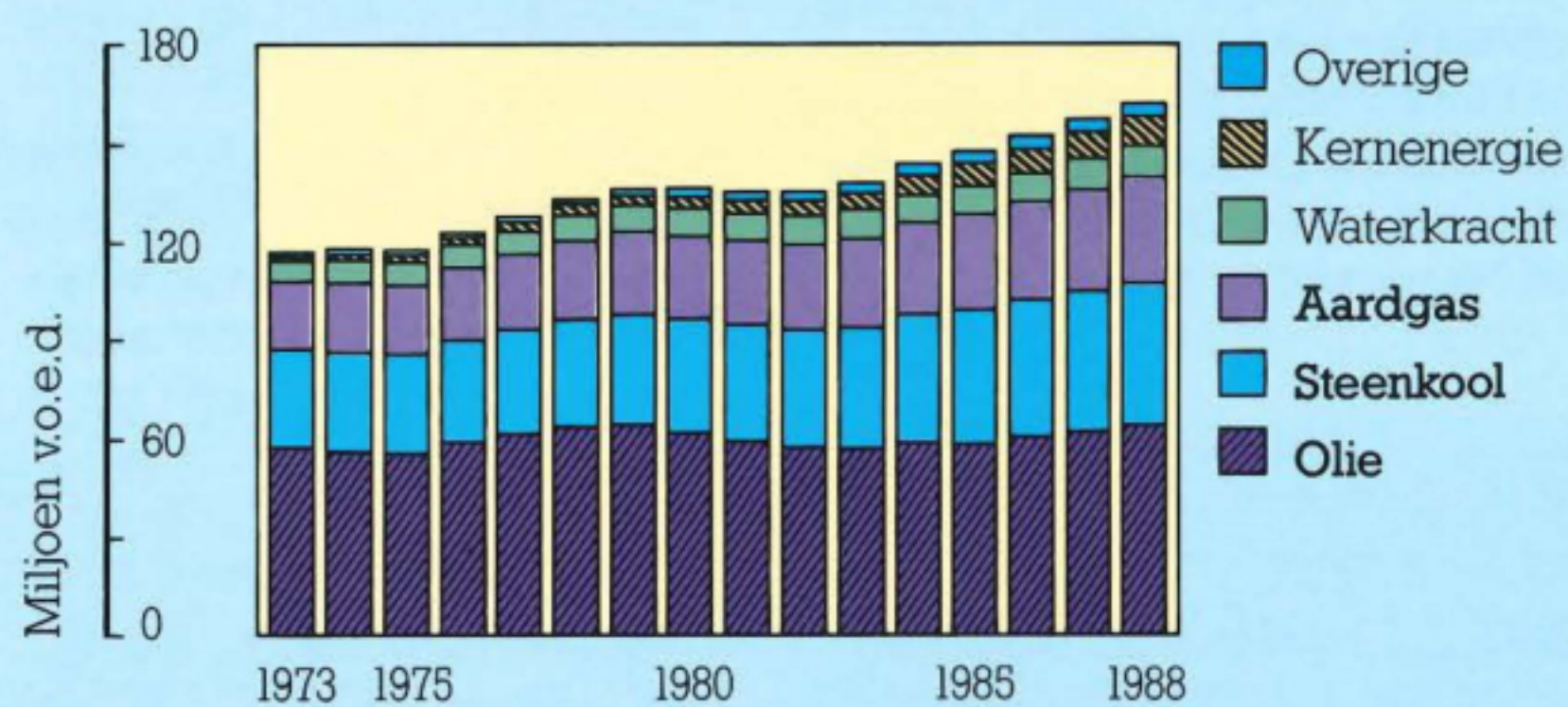
Als de bezorgdheid over de mogelijke gevolgen van het broeikas-effect tot uiting komt in overheidsmaatregelen (op lokale of regionale schaal), zal dat zeker invloed hebben op de vraag naar fossiele brandstoffen. Efficiënter energieverbruik zal de vraag naar alle fossiele brandstoffen verminderen. Hetzelfde geldt als er een prijsbeleid komt waarin de met verschillende brandstoffen samenhangende 'externe' kosten sterker tot uitdrukking worden gebracht. De vraag naar vloeibare brandstof zal bijvoorbeeld dalen als er auto's met efficiëntere motoren worden gemaakt. Dit zal overigens geleidelijk gaan, omdat oudere, minder

efficiënt werkende auto's niet allemaal tegelijk worden vervangen.

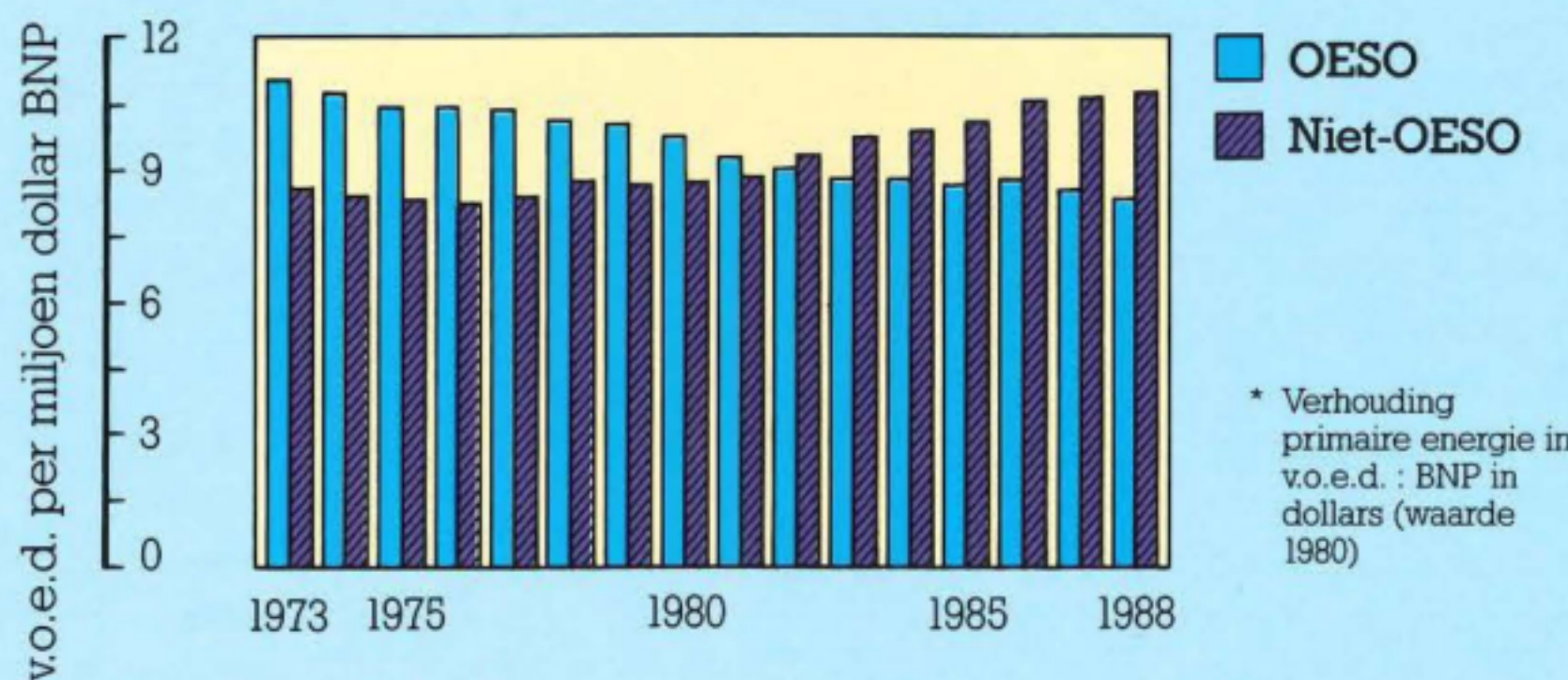
Steenkool is de belangrijkste brandstof voor elektriciteitsopwekking, maar is tevens de grootste CO₂-producent per eenheid geleverde energie. Regeringen zouden daarom programma's kunnen invoeren om aardgas in plaats van steenkool te gebruiken voor de

elektriciteitsopwekking. Het aandeel van steenkool in het toekomstige gebruik zou dus kunnen dalen, terwijl de vraag naar aardgas dan zou stijgen. De bekende winbare steenkoolreserves zijn echter groot en zullen bij het huidige verbruikstempo veel later opraken dan de olie- en aardgasreserves. Bij een brandstoffenbeleid moet men deze feiten in aanmerking ne-

Figuur 11
Wereldvraag naar primaire energie



Figuur 12
Energie-intensiteit*



* Verhouding
primaire energie in
v.o.e.d. : BNP in
dollars (waarde
1980)

men, bijvoorbeeld door het accent te verschuiven naar efficiënter steenkoolverbruik en andere methoden (zoals kolenvergassing) om de CO₂-uitstoot daarvan tot een minimum te beperken.

Bovendien vertegenwoordigen voorzieningen voor de winning, distributie en omzetting van brandstof een enorme, vele tientallen jaren bestrijkende infrastructurele investering. Elk beleid dat bestaande systemen op grote schaal wil reorganiseren, zoals totale vervanging van steenkool door aardgas, moet rekening houden met de daarvoor benodigde kosten en de beschikbaarheid van materialen en vakkundig personeel.

De rol van de energie-industrie

Energie is een basisbehoefte van

een geïndustrialiseerde samenleving. In de afzienbare toekomst zal de verbranding van fossiele brandstof dan ook een centrale rol blijven spelen bij de energievoorziening van de wereld (figuur 11).

Door de groeiende wereldbevolking en de grotere economische activiteit zal de vraag naar primaire energie (en dus naar fossiele brandstoffen) op korte termijn waarschijnlijk toenemen. Het is moeilijk om dit in overeenstemming te brengen met de wens om de CO₂-uitstoot te verlagen. Het vinden van een oplossing voor dit dilemma is een van de belangrijkste uitdagingen voor de huidige samenleving.

Er zijn nog volop mogelijkheden voor een efficiënter energieverbruik. Als de overheid programma's invoert of naar economische middelen grijpt om dat aan te moedigen, kan de energie-industrie

daar op veel manieren op inspelen. Ze beschikt immers over de benodigde technische kennis, die bovendien voor nieuwe kansrijke mogelijkheden kan zorgen. Op deze kennis werd een beroep gedaan in het begin van de jaren zeventig, toen de aanvoer van olie in het gedrang kwam en de ontwikkelde landen werden aangespoord tot efficiënter energieverbruik.

Zoals figuur 12 laat zien, is de energie-intensiteit (de verhouding tussen vraag naar primaire energie en BNP) sinds 1973 in de OESO-landen gestaag gedaald, maar in de niet-OESO-landen gestegen. Voor de multinationale energie-maatschappijen is misschien wel een belangrijke rol weggelegd bij de overdracht van energiebesparingstechnologie naar de ontwikkelingslanden.

Bij het opmaken van een soort 'klimaatveranderingsverzekering' hoort een beoordeling van de risico's. Shell-maatschappijen zijn zich bewust van de complexe aard van de materie en de nog onvoldoende wetenschappelijke kennis, maar menen dat er genoeg aanwijzingen zijn voor een bedreiging van het milieu. Daarom zouden regeringen er verstandig aan doen een begin te maken met het nemen van passende maatregelen. Met name dienen ze middelen te overwegen die – broeikas-effect of niet – op zichzelf gunstig voor het milieu zijn, zoals efficiënter energieverbruik en herbebossing.

Shell-maatschappijen blijven de wetenschappelijke en politieke ontwikkelingen op de voet volgen en nemen deel aan het openbare debat over het broeikas-effect. Dank zij het internationale karakter van hun bedrijf en hun vakkennis verkeren ze in een gunstige positie om objectieve informatie aan een groot publiek beschikbaar te kunnen stellen en gefundeerde discussie te stimuleren. Ook zijn Shell-maatschappijen effectieve 'kanalen' voor technologie-overdracht en -opleiding.

'Binnenshuis' leveren Shell-maatschappijen hun bijdrage via de geleidelijke afschaffing van harde CFK's, het minder affakkelen van aardgas, pogingen om het afblazen of weglekken van gas te voor-

komen, en een efficiënter energieverbruik bij hun werkzaamheden. Bij enkele Shell-activiteiten wordt al vele jaren gewerkt aan een lager energieverbruik. Zo is de energiebehoefte op door Shell geëxploiteerde raffinaderijen de laatste 20 jaar met de helft gedaald. Voorts bevorderen Shell-maatschappijen het elementair onderzoek dat nodig is om de wetenschappelijke onzekerheden rond klimaatverandering weg te nemen.

Efficiënter energieverbruik blijkt de populairste en snelst uitvoerbare manier om de CO₂-uitstoot te verminderen. Shell-maatschappijen hebben in dit opzicht veel te bieden. Ze hebben energiebeheersystemen ontwikkeld, elektriciteitscentrales die werken met warmte-/krachtkoppeling, of met kolenvergassing in combinatie met gas- en stoomturbines.

Kolenvergassing is de meest veelbelovende manier om het rendement van kolencentrales te verbeteren. In 1989 kozen de N.V. Samenwerkende elektriciteits-productiebedrijven het Shell Coal Gasification Process voor een 250 MW demonstratiecentrale. Sommige Shell-maatschappijen, zoals het Britse Emstar Limited en Shell Industrial Energy Management B.V. in Nederland, verlenen meer in het algemeen diensten op het gebied van energie-beheer.

