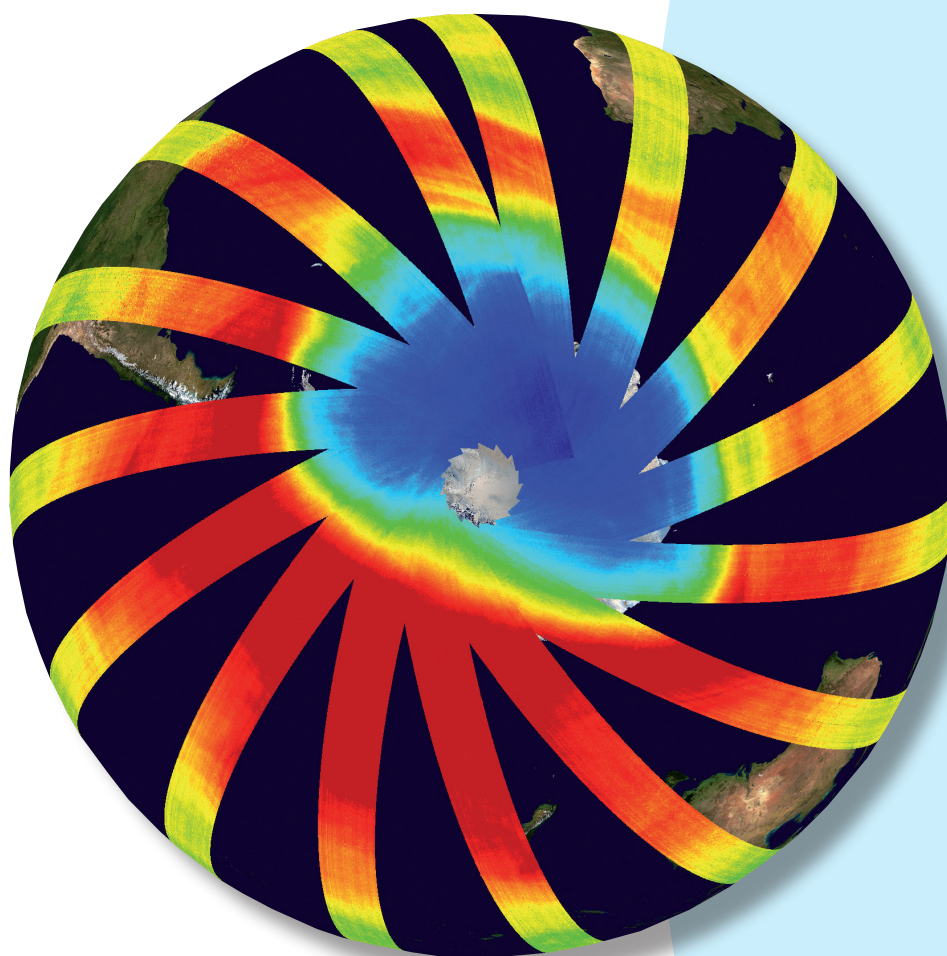


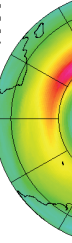
# Bescherming ozonlaag:

20 jaar effectief beleid - een welkome waarheid



*rivm*





# Bescherming ozonlaag:

## 20 jaar effectief beleid - een welkome waarheid

Het Montreal Protocol ter bescherming van de ozonlaag bestaat twintig jaar. Dankzij dit Protocol gebruiken we vrijwel geen ozonlaag afbrekende stoffen meer. De hoeveelheid van deze stoffen in de atmosfeer neemt de laatste jaren zelfs langzaam af. De ozonlaag vertoont echter nog geen duidelijk teken van herstel. Toch wordt volledig herstel verwacht halverwege deze eeuw. Het Montreal Protocol is een schoolvoorbeeld van succesvol wereldwijd milieubeleid. Naast minder uitstoot van ozonlaag afbrekende stoffen heeft het ook geleid tot minder uitstoot van broeikasgassen. Het Montreal Protocol levert tot nu toe zelfs een grotere bijdrage aan de beperking van de uitstoot van broeikasgassen dan het Kyoto Protocol.

### Twintig jaar bescherming van de ozonlaag

Twintig jaar geleden, op 16 september 1987, werd het Montreal Protocol van de Verenigde Naties opgesteld. Dit verdrag beschermt de ozonlaag door de productie van ozonlaag afbrekende stoffen terug te dringen.

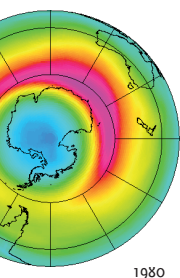
De ozonlaag beschermt het leven op aarde tegen schadelijk ultraviolet (UV) zonlicht. Sinds het begin van de jaren '80 is de ozonlaag dunner geworden als gevolg van de uitstoot van ozonlaag afbrekende stoffen zoals chloorfluorkoolstoffen (cfk's). In de ozonlaag worden cfk's door de UV-straling ontleed en het hierbij vrijkomende chloor breekt ozon af.

Een mondiale aanpak van dit probleem, waarbij constructief werd samengewerkt tussen wetenschappers, de milieubeweging, beleidsmakers en de industrie, leidde binnen enkele jaren tot het Montreal Protocol. Sindsdien is de productie van ozonlaag afbrekende stoffen sterk afgenomen en ook neemt sinds halverwege de jaren '90 de hoeveelheid van deze stoffen in de atmosfeer langzaam af. Het Montreal Protocol is een schoolvoorbeeld van succesvol mondiaal beleid, waardoor de aantasting van de ozonlaag met de negatieve gevolgen daarvan voor de mens en de natuur naar het zich nu laat aanzien beperkt blijven.

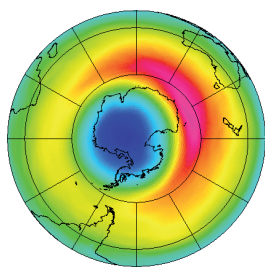
De ozonlaag vertoont echter nog geen duidelijk teken van herstel. Dit heeft verschillende oorzaken. Ten eerste is de afname in de hoeveelheid ozonlaag afbrekende stoffen nog maar klein. Daarnaast vertoont de ozonlaag natuurlijke variaties van jaar op jaar, waardoor een eventueel begin van herstel nu nog niet zou opvallen. Ten slotte wordt het herstel mogelijk vertraagd door de klimaatverandering als gevolg van het versterkte broeikaseffect.

In deze brochure wordt beschreven wat de gevolgen van het 20-jarige Montreal Protocol zijn voor de hoeveelheid ozonlaag afbrekende stoffen, de ozonlaag, de UV-straling in Nederland, het aantal gevallen van huidkanker en het klimaat.

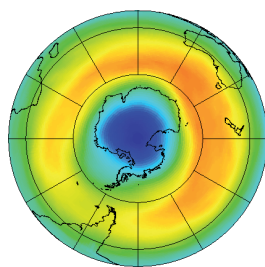




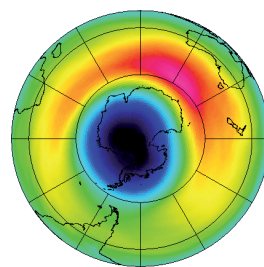
1980



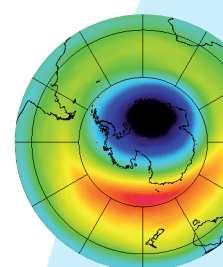
1983



1986



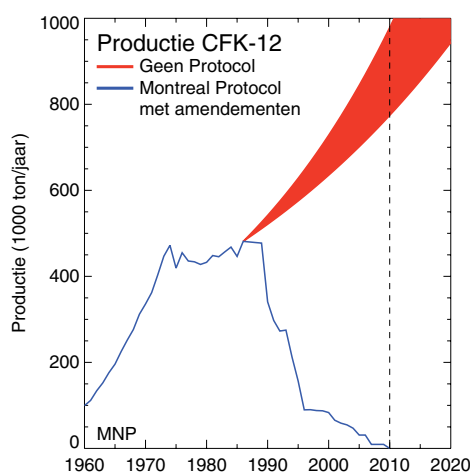
1989



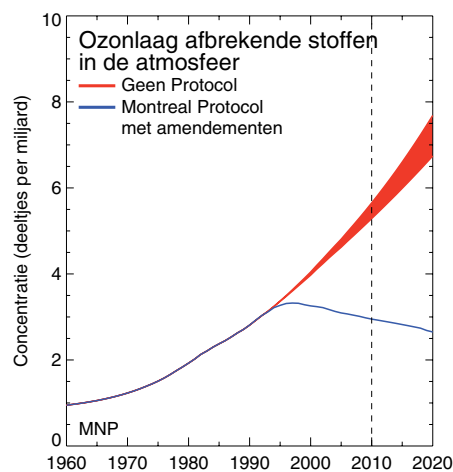
## CFK's: een wondermiddel met een nadeel

Cfk's zijn in de jaren '30 van de vorige eeuw ontwikkeld als koelmiddel voor koelkasten. In de jaren er na nam het aantal toepassingen snel toe en werden cfk's gebruikt als drijfgas in spuitbussen, voor het maken van schuimen en als reinigingsmiddel. Tot midden jaren '70 nam de wereldwijde productie van cfk's toe met 10-20% per jaar (Figuur 1). Cfk's werden gezien als een wondermiddel. Ze zijn chemisch stabiel, onbrandbaar, niet giftig en goedkoop te produceren. In 1974 ontdekten de latere Nobelprijswinnaars Molina and Rowland echter dat cfk's de ozonlaag kunnen aantasten. Het directe gevolg was dat de productie van cfk's tijdelijk niet meer toenam doordat nationale overheden cfk's in sommige toepassingen gingen verbieden en de consumenten minder spuitbussen met cfk's gingen gebruiken. Enkele jaren later nam de productie toch weer toe doordat er andere toepassingen werden gevonden en de productie in Azië op gang begon te komen. Na de totstandkoming van het Montreal Protocol in 1987 en van verscheidene amendementen in de jaren daarna is de productie sterk gedaald.

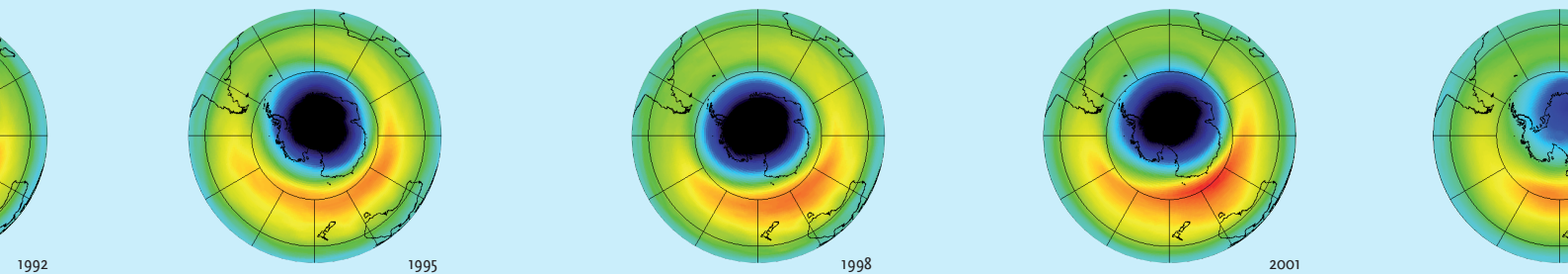
Vanaf halverwege de jaren negentig komen er in de atmosfeer minder cfk's bij dan er door UV-straling worden ontleed en neemt de hoeveelheid cfk's langzaam af (Figuur 2). Naar verwachting zal de daling zich de komende decennia voortzetten en zal de hoeveelheid ozonlaag afbrekende stoffen rond het midden van deze eeuw weer op het niveau zijn van voordat de ozonlaag werd aangetast. Zonder het Montreal Protocol zou de hoeveelheid ozonlaag afbrekende stoffen verder zijn gestegen en zou de ozonlaag veel meer zijn aangetast dan nu het geval is.



Figuur 1. De wereldwijde productie van CFK-12, een van de belangrijkste cfk's. De blauwe lijn toont de productie volgens het Montreal Protocol en later overeengekomen amendementen. De rode band toont hoe de productie gestegen zou kunnen zijn zonder het Montreal Protocol.

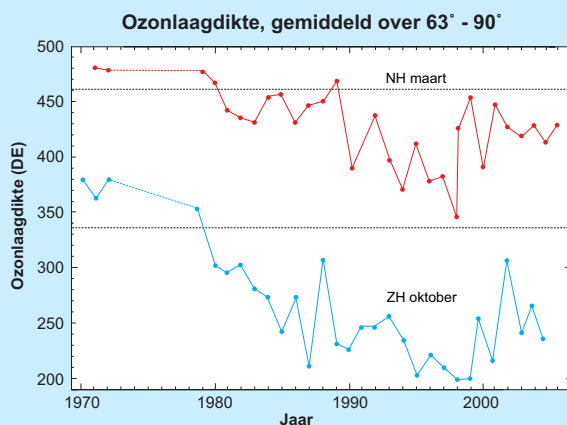


Figuur 2. De hoeveelheid ozonlaag afbrekende stoffen in de atmosfeer. De blauwe lijn toont de hoeveelheid volgens het Montreal Protocol en de later overeengekomen amendementen. De rode band toont hoe de hoeveelheid gestegen zou kunnen zijn zonder het Montreal Protocol.



## Het ozongat wordt nog niet kleiner

De ozonlaag bevat zeer weinig waterdamp en is daarom doorgaans onbewolkt. Wolken ontstaan hier alleen als het zeer koud is, onder de  $-80^{\circ}\text{C}$ . Vanwege hun kleur worden deze wolken parelmoerwolken genoemd. Ozon wordt afgebroken onder invloed van parelmoerwolken, zonlicht en het chloor uit de cfk's. Deze combinatie komt vooral voor aan het einde van de poolnacht in de ozonlaag boven het Zuidpoolgebied en, in mindere mate, het Noordpoolgebied. Boven het Zuidpoolgebied wordt sinds de jaren '80 in het voorjaar ruim de helft van de ozon afgebroken (Figuur 3). Dit wordt het 'ozongat' genoemd. Natuurlijke variaties in de atmosferische stromingen en temperatuur beïnvloeden de hoeveelheid ozon van jaar tot jaar. De 'wereldbolletjes' tonen de dikte van de ozonlaag boven het zuidelijk halfrond in een aantal oktobermaanden sinds 1980. Het ozongat is het gebied met lage ozonwaarden, blauw en zwart in de figuren. Ondanks de afname van de hoeveelheid ozonlaag afbrekende stoffen in de atmosfeer, vertoont de ozonlaag nog geen duidelijk teken van herstel. In 2006 was het ozongat zelfs groter dan ooit gemeten.

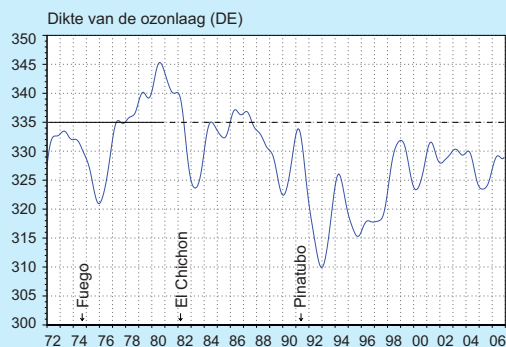


**Figuur 3.** De dikte van de ozonlaag gemiddeld over het Zuidpoolgebied, in oktober, en het Noordpoolgebied, in maart, gemeten vanaf verschillende satellieten, in Dobson eenheden. Eén Dobson eenheid is  $2,7 \times 10^{20}$  ozonmoleculen per  $\text{m}^2$ .

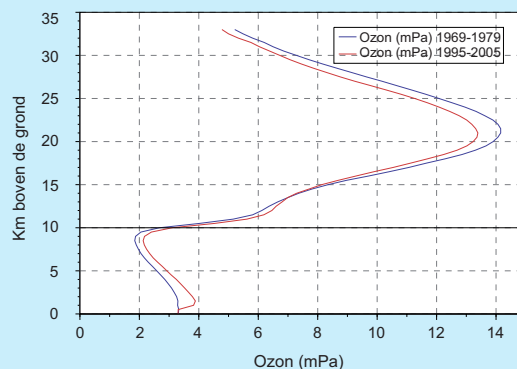
Ook boven Nederland en België leiden de cfk's tot ozonafbraak. De afbraak is minder sterk dan boven de poolgebieden en gebeurt op een andere manier.

**Figuur 4** toont de dikte van de ozonlaag boven Brussel vanaf 1971. De afname van de hoeveelheid ozon in de jaren '80 wordt toegeschreven aan de toename van de hoeveelheid cfk's. Opvallend zijn de lage waarden na de drie aangegeven vulkaanuitbarstingen, in het bijzonder in 1992-93 na de uitbarsting van de vulkaan Pinatubo. Deze lage waarden zijn waarschijnlijk deels het gevolg van zwaveldeeltjes afkomstig van de uitbarstingen. Deze deeltjes versterken de ozonafbrekende werking van ozonaantastende stoffen.

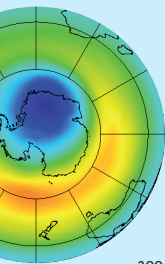
**Figuur 5** laat zien dat sinds de jaren '70 de hoeveelheid ozon in de ozonlaag is afgenomen en in de onderste luchtlag, beneden ongeveer 10 km hoogte, is toegenomen. Dit laatste is het gevolg van vervuiling door het verkeer en de industrie. Ozon is een giftig gas en toename hiervan in de lagere atmosfeer, waar het leven zich bevindt, is daarom schadelijk.



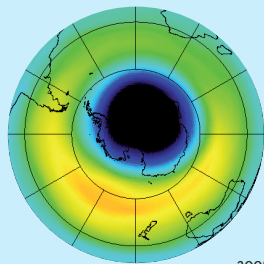
**Figuur 4.** De dikte van de ozonlaag in Brussel zoals gemeten sinds 1971 door het KMI, in Dobson eenheden. Variaties met een periode kleiner dan een jaar zijn weggelaten.



**Figuur 5.** Verticale verdeling van de ozonconcentratie (in milliPascal) in Brussel, gemiddeld over de jaren 1969-1979 (blauw) en 1995-2005 (rood).



2004



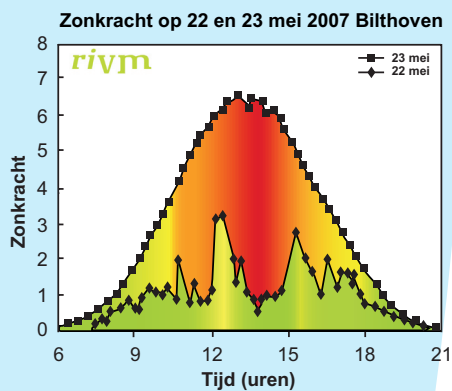
2006

Figuren wereldbollen. De dikte van de ozonlaag boven het zuidelijk halfrond in een aantal oktobermaanden sinds 1980, in Dobson eenheden.

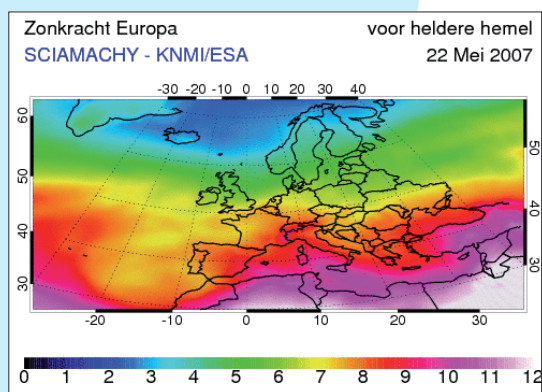


## UV-straling in Nederland

De ozonlaag beschermt het leven op aarde tegen schadelijke UV-straling van de zon. De zonkracht is een maat voor de intensiteit van de UV-straling. De zonkracht hangt sterk af van de zonshoogte en de hoeveelheden ozon, bewolking (Figuur 6) en stofdeeltjes in de atmosfeer. Ook een sneeuwdek kan de zonkracht beïnvloeden. In juni en juli is de zonkracht in Nederland het hoogst. De zonkracht rond het middaguur is dan gemiddeld ongeveer 4 en kan bij heldere hemel oplopen tot 8. De zonkracht in de traditionele vakantielanden rond de Middellandse Zee is in de zomer regelmatig groter dan 10 (Figuur 7). In de winter is de zonkracht in Nederland door de lage zonnestand meestal lager dan één.

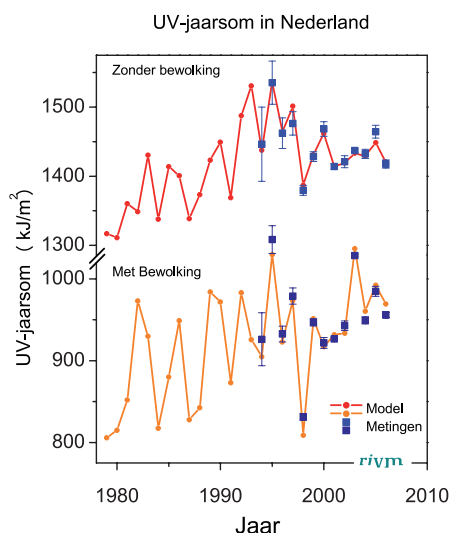


Figuur 6. Dagverloop van de zonkracht op twee opeenvolgende dagen in mei 2007, waarvan de eerste bewolkt en de tweede wolkeloos.

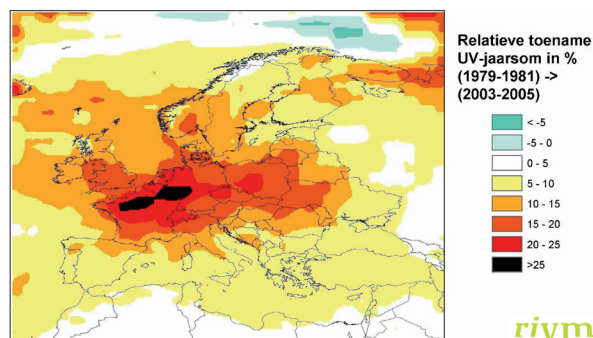


Figuur 7. De zonkracht bij heldere hemel en hoogste zonnestand in Europa op 22 mei 2007.

Met behulp van ozonmetingen en een schatting van de invloed van bewolking op de UV-straling, is de UV-jaarsom in Nederland in de afgelopen decennia berekend (Figuur 8). In de bovenste grafiek is de invloed van veranderingen in bewolking weggelaten, waardoor deze grafiek het beste de effecten van ozonveranderingen laat zien. De onderste grafiek toont de gecombineerde effecten van veranderingen in ozon en bewolking. De hoogste jaarsom in Nederland trad op in 1995 en 2003. In beide jaren was de ozonlaag relatief dun en in 2003 was bovendien de zomer zeer zonnig. Sinds het begin van de jaren '80 is de UV-belasting in Nederland met 5 tot 10 % toegenomen.



Figuur 8. UV-jaarsom in Nederland in de afgelopen decennia, zonder en met bewolkingseffecten.

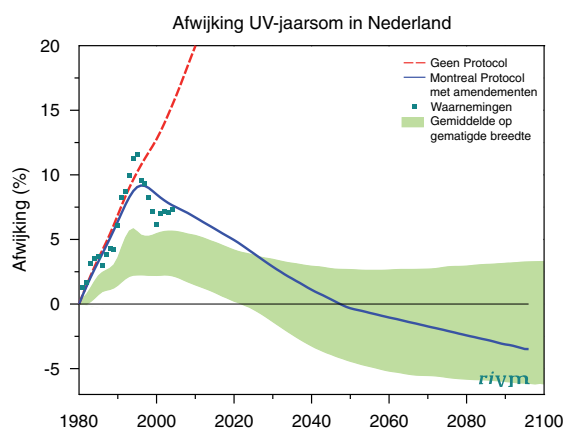


Figuur 9. Procentuele verschil tussen de gemiddelde UV-jaarsom in de jaren 2003-2005 en de jaren 1979-1981. Verschillen in bewolking kunnen leiden tot grote verschillen in de UV-jaarsom tussen verschillende jaren en tussen verschillende gebieden.

rivm

Veranderingen in de UV-jaarsom verschillen per regio (Figuur 9). De verschillen zijn het gevolg van regionale verschillen in de veranderingen in de hoeveelheid ozon en de bewolking. Figuur 10 toont de gevolgen van twee verschillende scenario's van het gebruik van ozonlaag aantastende stoffen voor de UV-jaarsom in

Nederland. De onzekerheid in de toekomstige ontwikkelingen hangt vooral samen met de onzekerheid in de invloed van klimaatverandering op het herstel van de ozonlaag. In de berekening is verondersteld dat geen verandering optreedt in de bewolking.



Figuur 10. De gevolgen van twee verschillende scenario's van het gebruik van ozonlaag aantastende stoffen voor de UV-belasting in Nederland: een scenario zonder maatregelen waarbij de historische groei van het gebruik van ozonaantastende stoffen is voortgezet, en het scenario volgens de huidige aangescherpte afspraken in het Montreal Protocol. De berekeningen zijn vergeleken met de uit waargenomen ozonveranderingen berekende veranderingen in de UV-belasting. De groene band geeft de gemiddelde UV-verandering op gematigde (noorder) breedten. De bandbreedte geeft de spreiding in resultaten van verschillende modellen (berekend op basis van de vierjaarlijkse WMO/UNEP rapportage over de ozonlaag).

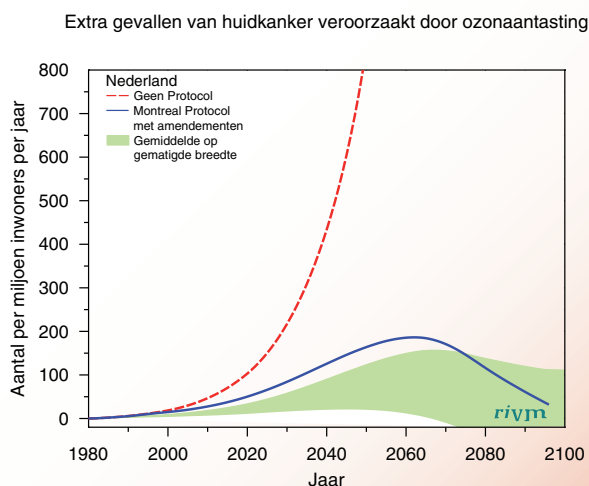
## Effecten van de toename in de UV-belasting

UV-straling heeft effecten op de gezondheid, maar ook op de natuur, gewassen en voedselketens. Zonbrand en sneeuwblindheid zijn voorbeelden van schadelijke gezondheidseffecten op korte termijn. Op lange termijn kan UV-blootstelling leiden tot huidveroudering en huidkanker en bijdragen aan staarvorming. In Nederland doen zich jaarlijks ongeveer 20000 nieuwe gevallen van huidkanker voor. Daarmee is huidkanker één van de meest voorkomende vormen van kanker. Aan huidkanker overlijden jaarlijks ongeveer 500 Nederlanders. Staar komt in Nederland veelvuldig voor. Jaarlijks vinden circa 80 tot 90 duizend staaroperaties plaats.

Naast schadelijke effecten heeft UV-straling ook een belangrijk positief gezondheidseffect: de vorming van vitamine-D. Tekorten aan vitamine-D kunnen leiden tot een verstoorde botopbouw ("Engelse ziekte" (rachitis) en osteoporose) en er zijn indicaties dat een tekort aan vitamine-D de kans op bepaalde vormen van kanker kan verhogen.

De toename in de UV-belasting leidt bij ongewijzigd gedrag tot een toename van het aantal gevallen van huidkanker. Figuur 11 toont het extra aantal gevallen

van huidkanker door ozonaantasting voor de verschillende scenario's van het gebruik van ozonaantastende stoffen. Zonder Montreal Protocol zou die toename rond het midden van deze eeuw ruim 1000 gevallen per miljoen inwoners per jaar zijn. Het aangescherpte Montreal Protocol leidt tot een aanzienlijk lagere toename van ongeveer 150 gevallen per miljoen inwoners per jaar.



Figuur 11. De berekende toename van het aantal gevallen van huidkanker in Nederland door ozonaantasting bij ongewijzigd gedrag, bij de verschillende scenario's van de UV-belasting als gegeven in Figuur 10.

### Is aantasting van de ozonlaag de oorzaak van klimaatverandering?

Nee. De ozonlaag wordt aangetast door de uitstoot van cfk's en vergelijkbare stoffen door de mens. Deze gassen blijven tientallen jaren in de atmosfeer. Enkele jaren na de uitstoot bereiken ze de ozonlaag. Via chemische reacties breken ze daar ozon af. Klimaatverandering wordt daarentegen veroorzaakt door de toename van de hoeveelheid broeikasgassen (voornamelijk kooldioxide, methaan en lachgas) door de mens. Deze gassen blijven ook lang in de atmosfeer aanwezig. Door de absorptie van infrarode straling, het broeikas effect, verwarmen ze de aarde.

Toch zijn aantasting van de ozonlaag en klimaatverandering niet geheel onafhankelijk van elkaar. Ten eerste absorberen cfk's ook infrarode straling en zijn, per molecuul gezien, zelfs veel sterkere broeikasgassen dan kooldioxide, methaan en lachgas. De gassen die de ozonlaag aantasten dragen momenteel 20% bij aan het versterkte broeikas effect. Ten tweede

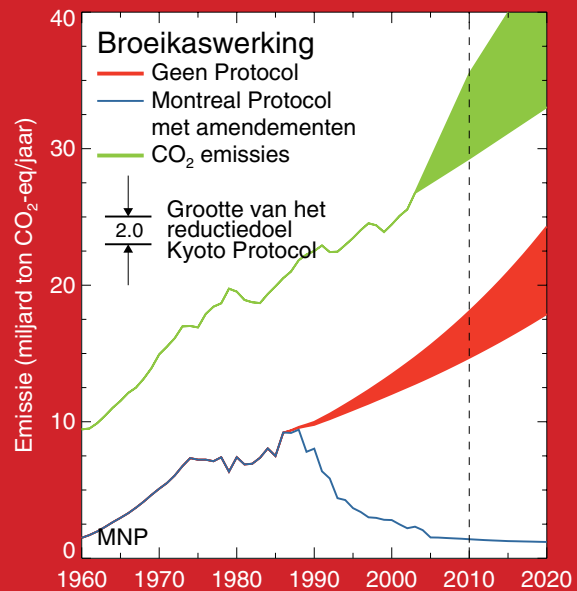
hebben veranderingen in de atmosfeer door het broeikas effect invloed op de ozonlaag. Door het versterkte broeikas effect warmt het aardoppervlak en de onderste 15 km van de atmosfeer op, terwijl de ozonlaag tussen 15 en 30 km hoogte juist afkoelt. Deze afkoeling kan, afhankelijk van de locatie, het herstel van de ozonlaag versnellen of vertragen. Klimaatverandering heeft ook effect op de luchtstromingen. Volgens de huidige inzichten neemt de aanvoer van cfk-rijke lucht van de lagere atmosfeer naar de ozonlaag toe, wat de verblijftijd van cfk's in de atmosfeer zou verkorten en zo het herstel van de ozonlaag zou bespoedigen. Ten slotte is er ook klimaatverandering mogelijk ten gevolge van de aantasting van de ozonlaag. Door de afbraak van ozon verandert de temperatuurverdeling in de ozonlaag. Sommige studies suggereren dat hierdoor boven de polaire gebieden in de late winter en de lente de westenwinden sterker worden, zowel in de ozonlaag als nabij de grond. In West-Europa zou het hierdoor in dit seizoen warmer worden.

### Montreal Protocol succesvol voor ozonlaag én klimaat

Het doel van het Montreal Protocol was en is het beschermen van de ozonlaag. Maar het Montreal Protocol heeft ook wezenlijk bijgedragen aan het beperken van het broeikas effect. Zonder het Montreal Protocol zou de broeikas werking van ozonlaag afbrekende stoffen ongeveer twee maal zo groot zijn geweest als nu en ongeveer de helft van die van kooldioxide (Figuur 12). Hiermee is ongeveer tien jaar gewonnen voor het klimaat. De beperking van het broeikas effect door het Montreal Protocol is vijf keer zo groot als het eerste doel van het Kyoto Protocol voor 2008-2012. Nieuwe maatregelen in het Montreal Protocol, zoals het vernietigen van cfk's in bestaande toepassingen en het gebruik van alternatieve gassen met een geringere ozonafbrekende en/of broeikas werking, leiden tot nog meer voordelen voor de ozonlaag en het klimaat. In de Europese Unie en in het kader van het Kyoto Protocol wordt gesproken over verdergaande vermindering van de uitstoot van broeikasgassen na 2012 met veel grotere klimaateffecten dan het Montreal Protocol.



Foto: iStockPhoto.com



Figuur 12. Broeikaswerking van ozonlaag afbrekende stoffen en van kooldioxide. De blauwe lijn toont de broeikaswerking van ozonlaag afbrekende stoffen volgens het Montreal Protocol en de later over-eengekomen amendementen. De rode band toont hoe de broeikaswerking van ozonlaag afbrekende stoffen gestegen zou kunnen zijn zonder het Montreal Protocol. De groene lijn toont de broeikaswerking van de toegenomen hoeveelheid kooldioxide. De beperking van het broeikas effect door het Montreal Protocol is vijf keer zo groot als het eerste doel van het Kyoto Protocol voor 2008-2012.

## Metingen van ozon en UV

Metingen zijn onmisbaar om de veranderingen en trends in de ozonlaagdikte en de UV-belasting op grondniveau te kunnen vaststellen. Metingen vanaf de grond en vanuit satellieten vullen elkaar hierbij aan. Nederland en België zijn actief op beide terreinen. Satellietmetingen zijn doorgaans iets minder nauwkeurig dan grondmetingen, maar beslaan wel de gehele aarde. Grondwaarnemingen vormen een belangrijke basis voor de validatie van satellietwaarnemingen.

### Ozonmetingen

Satellieten meten ozon op wereldwijde schaal sinds de jaren '70. De hoeveelheid ozon volgt uit het spectrum van het zonlicht dat door de atmosfeer wordt teruggekaatst en door de satellieten wordt opgevangen. Aanvankelijk werd ozon met Amerikaanse satellietinstrumenten gemeten maar sinds de jaren '90 heeft ook Nederland een sterke inbreng. Nederland heeft industriële bijdragen geleverd aan GOME (gelanceerd in 1995), SCIAMACHY (2002), OMI (2004) en GOME-2 (2006). De validatie van de SCIAMACHY metingen en de wetenschappelijke leiding van het OMI instrument zijn in Nederlandse handen. De satellietmetingen worden verwerkt tot dagelijkse wereldkaarten van de hoeveelheid ozon. Zo wordt onder meer de ontwikkeling van het ozongat gevolgd (Figuur 13).

De concentratie en de afbraak van ozon hangen sterk af van de hoogte. De RIVM stratosfeerlidar in Nieuw-Zeeland (Figuur 14) meet de verticale verdeling van de ozonconcentratie en de temperatuur in de stratosfeer (10-45 km hoogte) (Figuur 15). Een begin van herstel van de ozonlaag kan met dit instrument al in een vroeg stadium worden waargenomen. De verticale verdeling van ozon wordt ook gemeten met ozonsondes, die vanaf de grond met een weerballon worden opgelaten. Dit wordt gedaan door het KMI in Brussel en door het KNMI in De Bilt en in Paramaribo.

### UV-stralingsmetingen

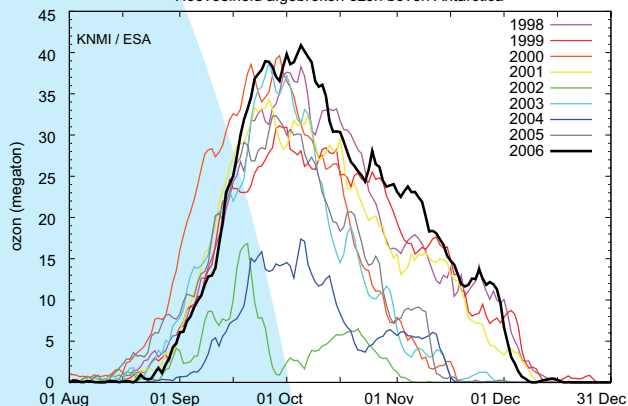
Bij de meest nauwkeurige metingen van de UV-straling en de zonkracht wordt gebruik gemaakt van geijkte spectrometers op grondniveau. Echter, dergelijke metingen zijn kostbaar en slechts beperkt voorhanden, in België vanaf 1989 en in Nederland vanaf 1993. Om langjarige trends te kunnen interpreteren worden de UV-metingen gecombineerd met metingen van de ozonlaagdikte en de bewolking.

## Jaar van de Aarde

Het jaar 2008 is door de Verenigde Naties uitgeroepen tot het Internationale Jaar van de Planeet Aarde. Een van de doelen is het verminderen van de risico's voor de samenleving van natuurlijke en door de mens veroorzaakte bedreigingen. Het Montreal Protocol ter bescherming van de ozonlaag is een goed voorbeeld hiervan. Het Jaar van de Aarde wordt in Nederland georganiseerd door een Nationaal Comité met 40 deelnemende instituten en organisaties.



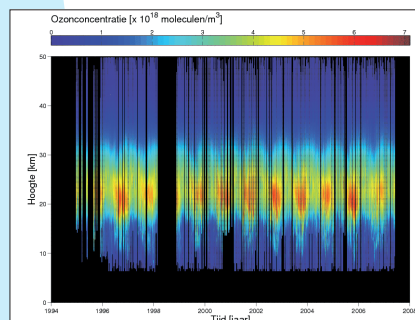
Hoeveelheid afgebroken ozon boven Antarctica



Figuur 13. Ontwikkeling van de hoeveelheid afgebroken ozon boven het Zuidpoolgebied in de jaren 1998-2006, gebaseerd op metingen door de GOME en SCIAMACHY satellietinstrumenten, uitgedrukt in miljoenen tonnen.



Figuur 14. Lidar in Nieuw Zeeland, waarmee met laserlicht de verticale verdeling van ozon wordt gemeten.



Figuur 15. Verticale verdeling van de ozonconcentratie (moleculen per m<sup>3</sup>) in Lauder, Nieuw-Zeeland, sinds 1995.

## Colofon

### Samenstelling

Peter Siegmund, Harry Slaper, Guus Velders, Hugo De Backer, met bijdragen van: Ronald van der A, Marc Allaart, Peter den Outer, Daan Swart, Pepijn Veeffkind, Michiel van Weele.

### Grafische vormgeving

Studio KNMI, Kim Pieneman

### Internet

Milieu- en Natuurcompendium: [http://www.mnp.nl/mnc/x-nl-o-b3\\_2.html](http://www.mnp.nl/mnc/x-nl-o-b3_2.html)  
UV-straling, actuele zonkracht: <http://www.rivm.nl/uv>  
Verwachting van ozon en zonkracht: <http://www.temis.nl>  
Ozontrends in Brussel: <http://ozone.meteo.be/ozone/trends.php>  
WMO/UNEP Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006: [http://www.wmo.ch/pages/prog/arep/gaw/ozone\\_2006/ozone\\_asst\\_report.html](http://www.wmo.ch/pages/prog/arep/gaw/ozone_2006/ozone_asst_report.html)

### Voorpagina

Het ozongat boven het Zuidpoolgebied als gevolg van de uitstoot van cfk's bereikte in oktober 2006 recordwaarden. Dit beeld laat ozonwaarden zien gemeten op 22 oktober 2006 met het Nederlands-Finse Ozone Monitoring Instrument (OMI) op de NASA Aura satelliet. Rood betekent veel ozon, blauw betekent weinig ozon. De metingen zijn met een speciale zoom-instelling verricht, met een voor ozon-satellietmetingen ongekend hoge resolutie van ongeveer 12 km. Doordat er met deze hoge resolutie is gemeten is er geen volledige bedekking, wat normaal wel het geval is. De metingen nabij de Zuidpool zijn door de lage zonnehoek minder nauwkeurig en zijn daarom in het beeld weggelaten.

© Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI), Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), met medewerking van het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI), september 2007.