



Het klimaat verandert. En de wetenschap kan steeds beter uitleggen hoe dat komt. Uit nieuwe inzichten blijkt dat de realiteit erger is dan we dachten. Natuurlijk, er zijn nog onzekerheden. Maar dit weten we zeker:

Het is de schuld van de mens

Het klimaat verandert in een tempo en op een manier die we *niet* kunnen verklaren aan de hand van de welbekende 'natuurlijke krachten', maar *wel* als we kijken naar ons handelen, en dan met name hoe wij fossiele brandstoffen en het land gebruiken. Ons doen en laten is de belangrijkste reden dat het klimaat verandert. Bedenk: de afgelopen 6.500 jaar koelde de aarde gestaag af, daarna kwam de industriële revolutie en begon ze op te warmen.

Nu al leidt opwarming tot grote schade

De klimaatverandering is geen probleem van de toekomst, maar brengt nu al schade toe aan het menselijk leven, gezondheid, gebouwen, economieën. Dat komt onder meer door meer extreme warmte, meer verwoestende bosbranden, meer orkanen, een stijgende zeespiegel en heviger smog. Klimaatverandering grijpt ook steeds directer in op ecosystemen, die daardoor geen tijd hebben om zich aan de nieuwe omstandigheden aan te passen.

De Verenigde Naties hebben zich tot doel gesteld om „gevaarlijke antropogene verstoring van het klimaatsysteem” te vermijden. Maar we zitten al in de gevaarzone.

Daarom is de maximale gemiddelde temperatuurstijging van twee graden Celsius boven het pre-industriële niveau, zoals we wereldwijd hebben afgesproken, niet 'veilig'. De huidige stijging is ongeveer 1 graad Celsius en nu al lopen we gevaar. Die twee graden zijn niet meer dan een rond getal waarover deskundigen het

Het klimaat staat er nog slechter voor dan u denkt

We kunnen het klimaat steeds beter meten. Dat is het goede nieuws. Het slechte nieuws is dat het klimaat er veel slechter voorstaat dan we dachten, zegt *John P. Holdren*, de belangrijkste wetenschapsadviseur van Obama.

begin deze eeuw eens zijn geworden. Alleen maar omdat we dachten dat we niet in staat waren op een minder hoge temperatuurstijging uit te komen.

De schade is te beperken

De door de mens veroorzaakte klimaatverandering zal nog tientallen jaren aanhouden, in sommige opzichten wel honderden of duizenden jaren, ongeacht wat mensen vanaf dit moment doen om de uitstoot van schadelijke gassen en stoffen te verminderen. Dat komt door de zeer lange atmosferische levensduur van CO₂; de lange tijd die de oceanen nodig hebben om een temperatuursevenwicht te bereiken met de atmosfeer en de nog langere tijd die de grote landschappen nodig hebben om zich aan te passen aan de oceaan en atmosfeer.

Toch zal de verwachte schade veel kleiner zijn als alle landen op de wereld tot een snellere en verder gaande vermindering van hun uitstoot komen.

Extreme hitte wordt normaal

U herinnert zich waarschijnlijk de hittegolf in Zuid-Europa van 2003, die delen van Spanje, Italië en Frankrijk trof en waardoor naar schatting tussen de 35.000 en 70.000 mensen vroegtijdig overleden. Voorheen kwam een dergelijke hittegolf eens in de tweehonderd jaar voor, zo blijkt uit analyses - maar dat was voordat de mens de gemiddelde oppervlaktetemperatuur liet oplopen. Daarna kwam zo'n hittegolf eens in de honderd jaar voor. Maar vanaf 2040 krijgen we om het jaar met extreme hitte te maken en in 2070 zal de extreem hete zomer van 2003 zelfs als een gewoon koele zomer gelden.

Extreme regenval wordt normaal

We zullen meer extreme regenbuien krijgen en de hoeveelheid neerslag die tijdens zo'n bui valt, zal toenemen. In veel gevallen zal dat leiden tot overstromingen, aardverschuivingen en andere vormen van wateroverlast. Natuurkundig is dit verschijnsel vrij eenvoudig te

verklaren: een warmere atmosfeer houdt meer vocht vast.

Aantal bosbranden neemt toe

Waarschijnlijk zal ook het aantal hevige bosbranden toenemen, en zullen deze branden omvangrijker zijn dan voorheen. Dit komt door de combinatie van hitte, droogte en dode bomen. Deze tendens - met de bijbehorende schade aan gebouwen, luchtvervuiling en de uitstoot van broeikasgassen - laat zich al in veel gebieden zien, maar manifesteert zich misschien wel vooral in het Noordpoolgebied, dat twee (of meer) keer sneller opwarmt dan de rest van de wereld en waar voor het eerst in de moderne tijd zelfs de toendra brandt.

Tropische koraalriffen zullen sterven

Tropische koraalriffen lopen gevaar door de opwarming van de oceaan en de verzuuring (en ook nog door dynamiet, ankers van cruiseschepen, enzovoort). De kans dat we het merendeel van het tropisch koraalrif hebben gedood als de oppervlaktetemperatuur met gemiddeld 1,5 graad Celcius stijgt, lijkt mij op grond van alle publicaties meer dan vijftig procent. Deze riffen vormen overigens het op een na grootste reservoir van biodiversiteit ter wereld, na de tropische wouden. En juist deze twee ecosystemen worden bedreigd door de klimaatverandering.

Zeespiegel stijgt meer dan verwacht

Ten slotte is het ook waarschijnlijk dat de gemiddelde stijging van de mondiale zeespiegel in de rest van deze eeuw eerder hoger dan lager dan de laatste prognoses uitvalt - eerder 1 tot 2 meter hoger. Het Amerikaanse oceanische overheidsinstituut (NOAA) ging al in 2012 uit van een zeespiegelstijging van maximaal 2 meter in 2100.

Wat kan er nog meer gebeuren?

De klimaatwetenschap kent een aantal 'kantelpunten' waarvan wetenschappers nog niet met zekerheid kunnen zeggen dat ze zullen plaatsvinden. Maar ze zijn, helaas, al te zeer mogelijk. Wat kan er ge-

beuren?

Er dreigt een massale uitstoot van methaan en koolstof door de opwarming van het Noordpoolgebied. Alleen al in de noordelijke permafrost bevindt zich twee- à driemaal zoveel koolstof als in de huidige atmosfeer en er zijn steeds meer aanwijzingen dat een groot deel van de ontdoende permafrost als methaan naar buiten komt.

Een snelle afbraak van de Groenlandse en Antarctische ijskap zou kunnen leiden tot een sterk versnelde zeespiegelstijging. We krijgen steeds meer inzicht in de mechanismen waardoor dit kan gebeuren, maar nog niet genoeg om het tempo te voorspellen. De afgelopen 20.000 jaar is er na een ijstijd tweemaal een periode geweest waarin de gemiddelde mondiale zeespiegel een stijging van 2 tot 4 meter per eeuw vertoonde.

De grote atmosferische en/of oceanische circulatiepatronen kunnen drastisch

In het Arctisch gebied brandt de toendra, voor het eerst in de moderne tijd

verschuiven. Daardoor zou in sommige gebieden de temperatuur en neerslagpatronen kunnen veranderen. Dat kan grote gevolgen hebben voor de landbouwproductie.

Temperatuurstijging van het zeewater, verzuring doordat er steeds meer CO₂ door de oceanen wordt opgenomen, zuurstofuitputting, circulatieveranderingen, overbevissing en andere aanslagen kunnen leiden tot een wereldwijde instorting van het voedselweb in de zeeën als gevolg.

Dit zijn de oplossingen

Een snelle en scherpe uitstootreductie is noodzakelijk. Deze moet gepaard gaan met manieren om CO₂ te 'recyclen' (bijvoorbeeld in kassen) en/of op te slaan in oude gasvelden. Dat is technisch moge-

Klimaat De People's Climate March

Vandaag, zaterdag 29 april, tijdens de People's Climate March in Washington en tientallen andere Amerikaanse steden, protesteren de deelnemers tegen de plannen van president Donald Trump op het gebied van klimaatverandering. Trump wil geen restricties op de uitstoot van broeikasgassen door (kolen)centrales en wil steenkool- en oliewinning ruim baan geven. Trump, die eerder zijn twijfel uitsprak over door de mens veroorzaakte klimaatverandering, overweegt bovendien uit het klimaatakkoord van Parijs (2015) te stappen.

Zonder deelname van de VS wordt de kans om te zorgen dat de aarde minder dan twee graden opwarmt (ten opzichte van het begin van de industriële revolutie) waarschijnlijk onhaalbaar. Er zijn dit weekeinde ook klimaatmarsen in honderden steden in Europa en elders op de wereld. In Amsterdam wordt zondag voor het klimaat gedemonstreerd.

lijk, maar er moet nog veel gebeuren om die techniek ook op grote schaal toe te passen.

Geo-engineering, het bewust en groot-scheeps ingrijpen in het klimaatsysteem van de aarde, bijvoorbeeld door zwavel in hogere luchtlagen te pompen, ijzer op oceanen om algengroei te stimuleren of spiegels in woestijnen om zonlicht terug te kaatsen, zou een matigende uitwerking op het klimaat kunnen hebben. Maar deze technieken zijn nog lang niet klaar. We moeten nog veel meer onderzoek verrichten, vooral naar de kosten en mogelijke onverwachte bijwerkingen.

Aanpassing aan klimaatverandering wordt de laatste tien jaar als min of meer even belangrijk gezien als het voorkomen ervan door reductie van broeikasgassen. Ja, we moeten ons voldoende matigen in het gebruik van fossiele brandstoffen om te ontkomen aan een onbeheersbare klimaatverandering, maar we moeten ons ook voldoende aanpassen om doeltreffend om te gaan met de veranderingen waaraan niet te ontkomen valt.

Het goede nieuws is dat door slimme maatregelen de uitstoot de afgelopen jaren verminderd of afgevlakt is. En in december 2015 hebben in Parijs bijna 200 landen zich verbonden tot een uitstootreductie volgens nationaal bepaalde doelstellingen. Maar het zal moeilijk worden om de Parijse afspraken tot 2025-2030 na te komen. En dat is nog maar het begin.



John P. Holdren is hoogleraar milieuwetenschap aan Harvard University en was van 2009-2017 directeur van het bureau voor wetenschaps- en technolo-

giebeleid van het Witte Huis, en in die functie de belangrijkste wetenschapsadviseur van ex-president Obama. Dit is een bewerkt versie van zijn lezing ter afsluiting van een wetenschappelijk congres over klimaatverandering aan Princeton University op 4 april 2017.

