

NNV-bestuursstandpunt over de samenhang tussen klimaatverandering en energiegebruik

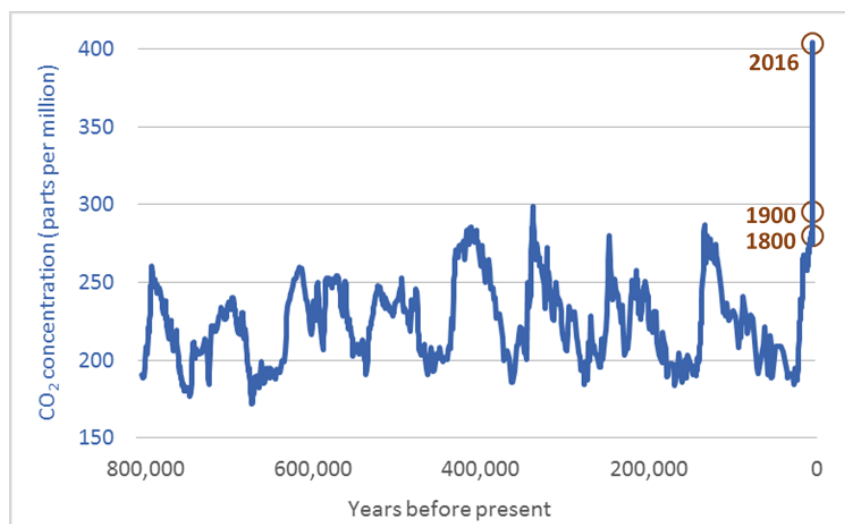
Het klimaat is een complex systeem waarin fysische, chemische en biologische processen op elkaar inwerken. Die complexiteit biedt grote uitdagingen aan de wetenschap, maar binnen de onzekerheden die nog bestaan geven we hieronder een overzicht van de stand van zaken.

Wetenschap is nooit af, en de antwoorden die wetenschappers vinden zijn altijd omgeven met onzekerheden en roepen nieuwe vragen op. Voor buitenstaanders is dat vaak aanleiding tot verwarring. Bovendien vraagt politieke besluitvorming om heldere antwoorden.

Natuurkunde speelt een belangrijke rol in het vraagstuk rond de samenhang tussen de uitstoot van broeikasgassen door menselijke activiteit en de verandering van het klimaat wereldwijd. De processen die leiden tot het broeikaseffect worden door natuurkundigen bestudeerd, en de modellen die de effecten ervan op het klimaat beschrijven worden (mede) door natuurkundigen ontwikkeld. Ook spelen natuurkundigen een grote rol bij de ontwikkeling van niet-fossiele energiebronnen.

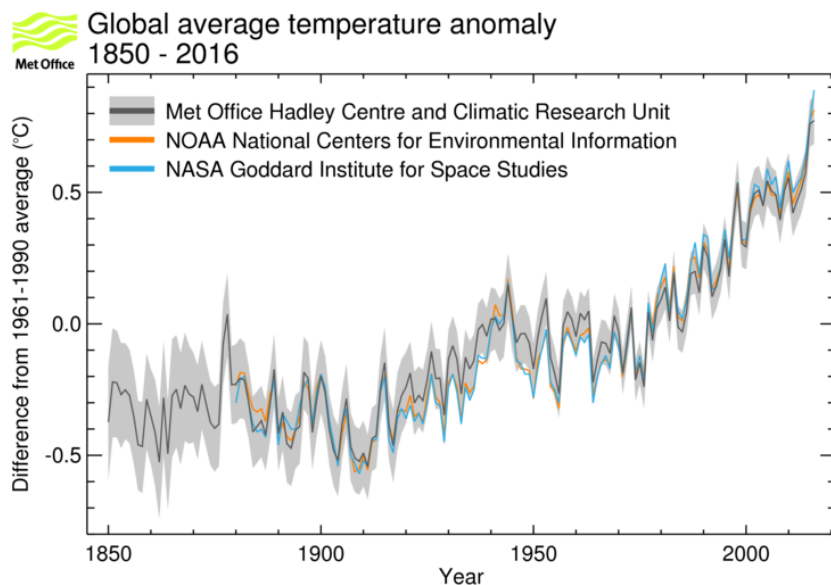
Vanuit deze verantwoordelijkheid vatten we hieronder de belangrijkste conclusies samen waarover brede consensus bestaat in de wetenschap.

1. De concentratie van kooldioxide in de atmosfeer wordt al vele jaren nauwgezet gemeten en gevolgd. Sinds de laatste honderd jaar vertoont deze concentratie een zeer sterke stijging, een stijging die veel sterker is dan in vele duizenden eeuwen voor onze tijd. De concentratie is nu gestegen tot een waarde die hoger is dan enige waarde gemeten voor de afgelopen 800.000 jaar (zie figuur 1).



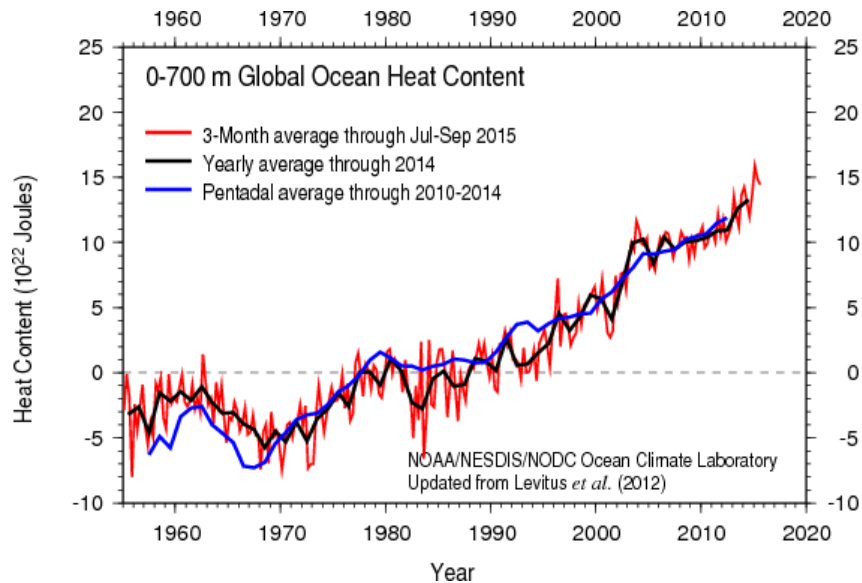
Figuur 1: Verloop van de concentratie van kooldioxide in de atmosfeer in de afgelopen 800,000 jaar. Bron: Scripps Institution of Oceanography

2. De oorzaak van de recente sterke stijging van de concentratie kooldioxide is vooral gelegen in de verbranding van fossiele brandstoffen, waarmee voorraden koolstof die diep opgeborgen lagen in de aardkorst worden teruggebracht in de atmosfeer.
3. De toegenomen concentratie aan kooldioxide heeft invloed op fysische, chemische en biologische processen op aarde. Ze heeft een gunstig effect, bijvoorbeeld waar ze de groei van gewassen bevordert. De belangrijkste zorg betreft het effect op het wereldwijde klimaat via het zogenoemde versterkte broeikaseffect, met mogelijk negatieve gevolgen voor grote gebieden op aarde.
4. Het broeikaseffect is een begrip dat al langer bekend is, ook buiten de context van kooldioxide. Het broeikaseffect beschrijft de 'deken' die onze atmosfeer vormt en die de warmte op aarde vasthoudt. Het is dus, vooral, een gunstig mechanisme dat helpt om de gemiddelde temperatuur op aarde voor de mens leefbaar te houden. Zonder dit natuurlijke broeikaseffect zou de gemiddelde temperatuur op aarde ongeveer 30° Celcius lager zijn. Keerzijde van de medaille is dat een te sterk broeikaseffect leidt tot een dusdanig grote temperatuurstijging dat die tot grote veranderingen leidt in de leefbaarheid van vele dichtbevolkte gebieden op aarde.
5. Er zijn veel gassen die een bijdrage leveren aan dit broeikaseffect, waarvan waterdamp de belangrijkste is. Kooldioxide (CO₂) absorbeert straling in delen van het spectrum die waterdamp openlaat. Een toename van kooldioxide in de atmosfeer versterkt daarom het broeikaseffect. Omdat het totale broeikaseffect ongeveer 30° Celsius bijdraagt kan ook een kleine versterking ervan al snel enkele graden bedragen.
6. De wereldgemiddelde temperatuur wordt bepaald door middeling van een groot aantal lokale metingen, over vele jaren gevolgd. Hierbij wordt bijvoorbeeld gecorrigeerd voor het effect van verstedelijking op de thermometers die geplaatst zijn binnen de bebouwde kom. Figuur 2 laat zien dat de gemiddelde temperatuur op aarde ongeveer een graad is toegenomen sinds het begin van de industriële revolutie.



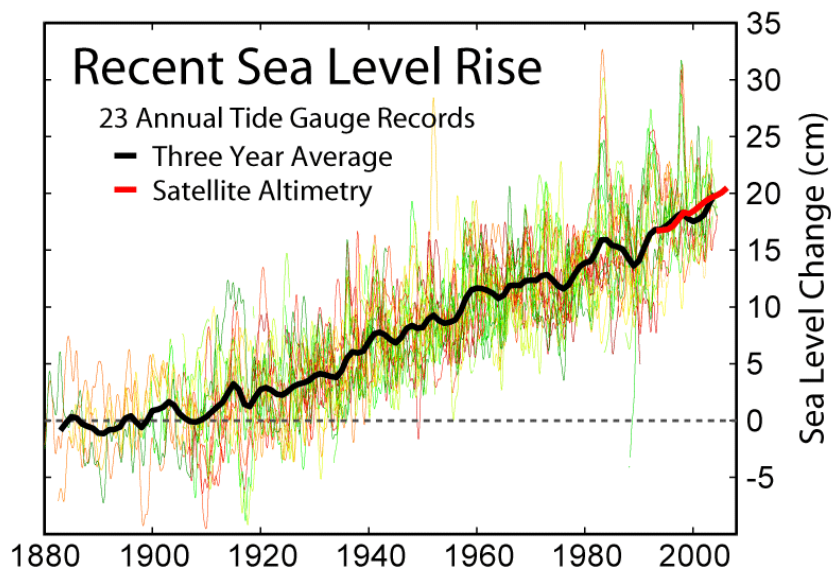
Figuur 2. Verloop van de wereldgemiddelde temperatuur, ten opzichte van 1961-1990. Bron: UK Met Office, Hadley Centre.

7. De meeste warmte wordt niet vastgehouden door de atmosfeer (ca. 1%), maar komt in de oceanen terecht (ca. 93%), zie figuur 3. De oceanen vormen een buffer die ervoor zorgt dat het klimaatsysteem met een grote traagheid reageert.



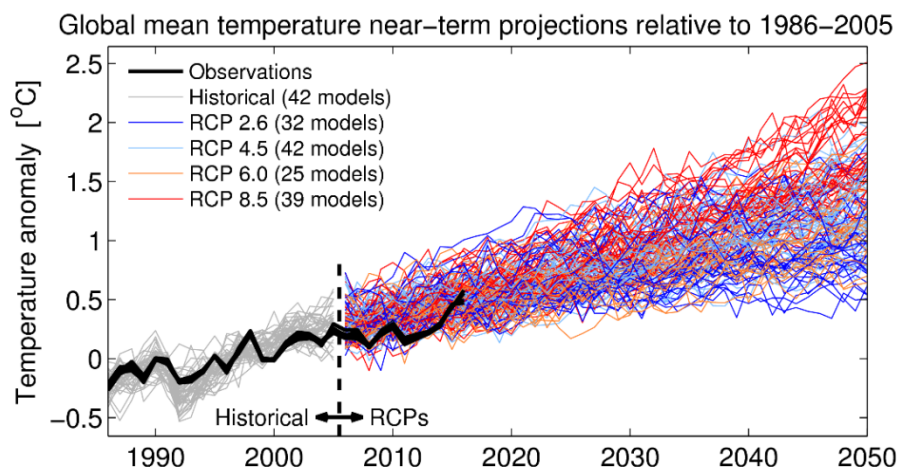
Figuur 3. Verloop van de hoeveelheid warmte opgeslagen in de oceanen, t.o.v. de periode 1955-2006.

8. Het warme zeewater zet uit en dat leidt tot stijging van de zeespiegel. Daarnaast komt er meer zeewater bij door smelten van ijsmassa's op land. Dit effect vinden we terug in het verloop van het gemeten zeeniveau, zie figuur 4.



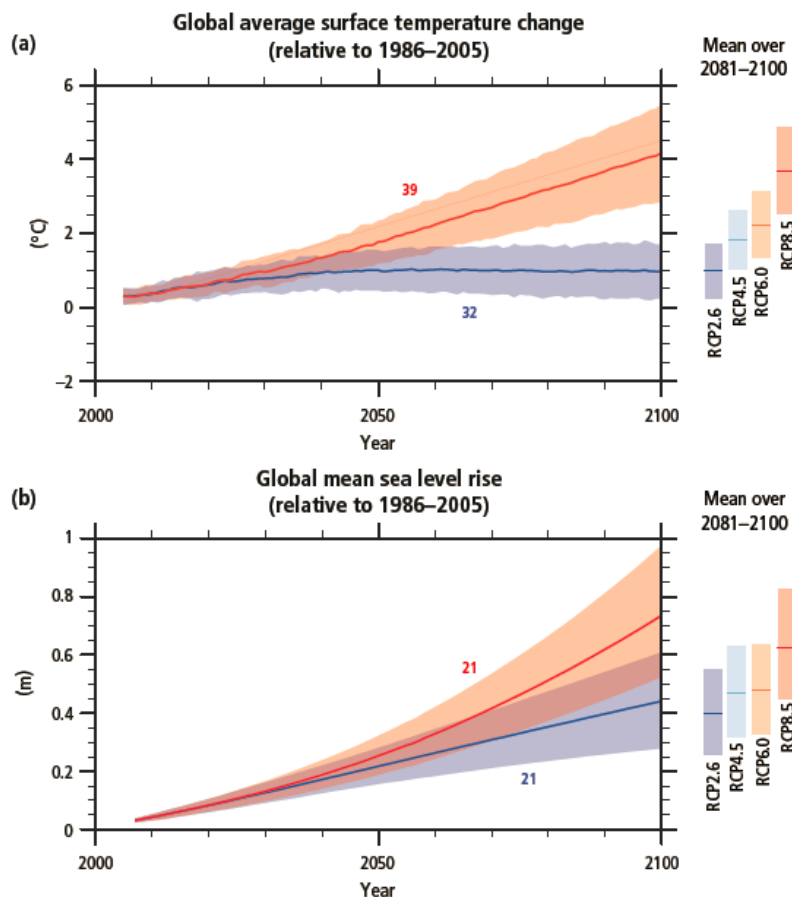
Figuur 4. Wereldgemiddeld zeeniveau, ten opzichte van 1880-1900. Bron: Wikipedia - Image created by Robert A. Rohde / Global Warming Art, based on data from Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL).

9. Het inschatten van de effecten van toegenomen concentraties kooldioxide in de atmosfeer op de wereldgemiddelde temperatuur is niet eenvoudig. Er zijn veel op elkaar ingrijpende factoren en processen die in rekening moeten worden gebracht. Alle beschikbare kennis over deze processen wordt verwerkt in computermodellen, waarmee de verwachte ontwikkeling van het klimaat zo goed mogelijk wordt berekend. Figuur 5 geeft een overzicht van de waargenomen temperatuur (punten links) en de uitkomsten van berekeningen op basis van scenario's voor modellen gemaakt tussen 1990 en 2007 (spaghetti rechts). De grote variatie tussen de modellen toont de mate van onzekerheid in de scenario's, waarin overigens een van de grootste onzekerheden ligt in de aannames ten aanzien van economische ontwikkelingen en het internationale beleid tot beperking van de uitstoot van kooldioxide. De gemeten wereldtemperatuur voor 2016 ligt midden in de band van de scenariowaarden.



Figuur 5. De gekleurde lijnen geven ontwikkelingen van de wereldtemperatuurverandering, zoals eerder berekend in AR5 (2013). De waargenomen temperaturen in de daarop volgende jaren (zwarte curve na de zwarte stippellijn) vallen binnen de berekende ontwikkeling. Bron: Updated version of IPCC AR5 Figure 11.25a. Observational datasets (HadCRUT4.5, Cowtan & Way, NASA GISTEMP, NOAA GlobalTemp, BEST). <https://www.climate-lab-book.ac.uk/>

10. Figuur 6 geeft een overzicht van de uitkomsten van de modellen voor de periode tot het eind van deze eeuw, met betrekking tot de wereldtemperatuur en de gemiddelde zeespiegelstijging. De verschillende kleuren onderscheiden de verschillende scenario's, variërend van een pad met onbegrensde inzet van fossiele brandstoffen (rood) tot een pad met het meest stringente scenario ter beperking van broeikasgassen (blauw). Ingrijpende maatregelen zullen nodig zijn om de gemiddelde temperatuurstijging tot 2° C te beperken. Hoewel een paar graden temperatuurverandering niet veel lijkt, zal het grote veranderingen teweeg brengen. De klimaatverandering zal zich niet op alle plaatsen op aarde op dezelfde manier voordoen. De opwarming is veel sterker op het noordelijk halfrond, en de verandering van het klimaat leidt op andere plaatsen tot grote droogte of juist extreme neerslag. Door de snelheid waarmee deze veranderingen zich voltrekken zal het moeilijk zijn voor bevolkingsgroepen om zich aan de veranderingen aan te passen.



*Figuur 6. Ontwikkeling van de wereldtemperatuur en het zeespiegelniveau zoals verwacht op basis van modellen.
 Bron: IPCC Assessment Report 2013.*

11. Voor beleidsmakers is het belangrijk om mee te wegen dat de tijdschaal waarop het klimaatsysteem reageert buitengewoon lang is. Wanneer we vandaag de uitstoot van fossiele kooldioxide volledig zouden kunnen stoppen dan zou de concentratie van CO₂ in de atmosfeer pas na enkele eeuwen terug zijn op de evenwichtswaarde. Voor de wereldtemperatuur en het niveau van de zeespiegel zijn die tijdschalen nog langer. Verder is er een aantal verschijnselen bekend dat tot onomkeerbare verandering van het klimaat kan leiden bij stijging van de wereldgemiddelde temperatuur, waaronder het instabiel worden van landmassa's ijs op Antarctica en het smelten van de permafrost in Siberië en het noorden van Canada.

Wetenschap is mensenwerk. Alle betrokken wetenschappers zijn zich zeer goed bewust van de tekortkomingen, en staan open voor gefundeerde kritiek. De technieken die we hanteren voor het meten van temperaturen, ijsmassa's, zeespiegelniveaus en andere belangrijke parameters worden voortdurend verbeterd. Ook wordt er hard aan gewerkt om de modellen te verbeteren. De wetenschap kan geen honderd procent zekere antwoorden bieden, maar levert het best mogelijke antwoord op de dringende vragen over de verwachte klimaatverandering en de samenhang met de uitstoot van kooldioxide in de atmosfeer. Op basis van het uitgebreide en zorgvuldige proces van de

beoordeling van de resultaten verdienen de klimaatwetenschappers, verenigd in het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), hierin onze steun en vertrouwen.

Vastgesteld door het Algemeen Bestuur van de NNV, dd. 27.09.2017

nederlandse



natuurkundige vereniging