



Samenvatting

De lucht klaren?

Advies over uitgangspunten en
beleid voor sturing op CO₂-
verwijdering uit de atmosfeer

10 juli 2024

WKR Wetenschappelijke
Klimaatraad

Samenvatting

Snelle en vergaande vermindering van broeikasgasuitstoot is essentieel om de ernstigste klimaatgevolgen te voorkomen. Daarnaast is CO₂-verwijdering noodzakelijk. De gevolgen van klimaatverandering door menselijke uitstoot van broeikasgassen worden steeds merkbaarder en ernstiger. In het klimaatakkoord van Parijs uit 2015 hebben alle landen afgesproken de mondiale temperatuurstijging te beperken tot ruim onder de 2°C, en te streven naar 1,5°C. Deze temperatuurlimieten vereisen van rijke landen, zoals de lidstaten van de Europese Unie waaronder Nederland, dat ze uiterlijk in 2050 niet meer bijdragen aan broeikasgasuitstoot. Daarom is in de Europese Klimaatwet afgesproken om uiterlijk in 2050 'klimaatneutraal' te zijn, wat betekent dat er net zo veel broeikasgas wordt uitgestoten als uit de atmosfeer verwijderd. Nederland heeft dit doel overgenomen in de Nederlandse Klimaatwet van 2019, waarin ook staat dat Nederland na 2050 'negatieve emissies' heeft, oftewel dat we meer broeikasgas uit de lucht verwijderen dan we uitstoten. Van alle broeikasgassen kan vooralsnog alleen CO₂ uit de atmosfeer gehaald worden. Nederland kan de doelen in de Klimaatwet dus alleen realiseren met behulp van CO₂-verwijdering. Het onderwerp van dit advies is met welke uitgangspunten en met welk beleid de Nederlandse overheid kan sturen op CO₂-verwijdering.

Het verwijderen van CO₂ uit de atmosfeer heeft twee rollen: het terugdringen van de temperatuuroverschrijding en het compenseren van de overgebleven uitstoot. De broeikasgasuitstoot kan voor veel maar niet voor alle activiteiten naar nul. Bovendien zal de wereldwijde uitstoot naar verwachting niet snel genoeg dalen om de stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde te beperken tot 1,5°C. Naast uitstootvermindering is het daarom nodig om broeikasgassen uit de lucht te verwijderen:

- ▶ Om de CO₂-concentratie in de atmosfeer te verlagen zodat de temperatuur minder snel oploopt of de temperatuurstijging zelfs teruggedraaid wordt. Hierdoor kan een eventuele overschrijding van de 1,5°C beperkt blijven, en kan de wereldgemiddelde temperatuurstijging aan eind van de eeuw weer onder de 1,5°C komen.
- ▶ Om het bereiken van klimaatneutraliteit door de uitstoot van broeikasgassen die niet te voorkomen is, oftewel de resterende uitstoot, te compenseren.

CO₂-verwijdering omvat opzettelijke activiteiten die langdurig netto CO₂ uit de atmosfeer verwijderen. Voorbeelden van methoden voor CO₂-verwijdering zijn aanplant van nieuwe bossen, gebruik van hout als bouw materiaal, omzetting van biomassa in combinatie met CO₂-afvang en geologische opslag in de

diepe ondergrond, directe afvang van CO₂ uit de lucht gecombineerd met geologische opslag, mineralisatie van CO₂ doordat het met mineralen reageert naar ander gesteente of bouw materiaal, en landbouwmethoden die het koolstofgehalte van de bodem verhogen. Methoden waarbij de CO₂ voor minstens enkele eeuwen wordt vastgelegd beschouwen we als permanente CO₂-verwijdering. Daaronder vallen geologische opslag in de diepe ondergrond en mineralisatie van CO₂. Methoden zoals bosaanplant, vastlegging van CO₂ in landbouwbodems of gebruik van biomaterialen in bijvoorbeeld de bouw, leggen CO₂ tijdelijk vast, waarschijnlijk slechts voor decennia. Bovendien bestaat het risico dat de CO₂ nog vroeger vrijkomt door bijvoorbeeld bosbranden of droogte. Dit beschouwen we als tijdelijke CO₂-verwijdering. CO₂-afvang en opslag (*carbon dioxide capture and storage*, oftewel CCS) of hergebruik (*carbon dioxide capture and utilisation*, oftewel CCU) van fossiele CO₂-uitstoot verminderen alleen de uitstoot en zijn geen CO₂-verwijdering.

CO₂-verwijdering kent beperkingen en risico's, zowel op het niveau van individuele methoden als voor het klimaatsysteem. Vrijwel alle nu bekende CO₂-verwijderingsmethoden vergen veel (duurzame) energie, veel land, of allebei. Hierdoor hebben veel methoden een

beperkt potentieel. Sommige methoden hebben ongewenste bijeffecten, zoals een negatieve invloed op natuur, wat het maatschappelijk draagvlak kan verminderen. Methoden die CO₂ permanent vastleggen worden nu nog niet op de benodigde schaal toegepast, onder meer omdat ze nog niet voldoende ontwikkeld of te duur zijn. Dit alles maakt het onzeker of CO₂-verwijdering in de praktijk op grote schaal zal worden toegepast.

Als uitstoters teveel vertrouwen op CO₂-verwijdering en het valt tegen, dan krijgen toekomstige generaties te maken met meer klimaatverandering. Gegeven de onzekerheden en risico's is er een kans dat CO₂-verwijdering niet in de vereiste omvang van de grond komt. Bovendien is er, ondanks de onzekerheden, een reële mogelijkheid dat uitstoters een verlaging van hun broeikasgasuitstoot uitstellen omdat ze erop rekenen dat de CO₂ later weer uit de atmosfeer wordt verwijderd. Dit alles zou ertoe leiden dat volgende generaties met meer klimaatverandering te maken krijgen. En zelfs als deze risico's en beperkingen te omzeilen zijn, kunnen er in het klimaatsysteem onomkeerbare gevolgen optreden als de temperaturen stijgen als CO₂-verwijdering te laat wordt toegepast.

Het vermijden van uitstoot is effectiever en biedt meer zekerheid voor het verminderen van klimaatrisico's dan CO₂-verwijdering. Beide zijn echter nodig, wat reden geeft om terughoudend te zijn met uitruil. Broeikasgassen waarvan de uitstoot is vermeden leveren zeker geen bijdrage aan klimaatverandering. De meeste maatregelen voor het verminderen van de uitstoot, zoals energiebesparing of zonne-energie, hebben minder negatieve bijeffecten dan de meeste CO₂-verwijderingsmethoden. Er zal een balans gevonden moeten worden tussen een snelle opschaling van (nieuwe) methoden van CO₂-verwijdering en uitstootvermindering. Het beleid voor CO₂-verwijdering moet niet of zo weinig mogelijk ten koste gaat van de inspanningen voor vermindering van de uitstoot.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert om maximaal in te zetten op het beperken van de uitstoot. Zo wordt de afhankelijkheid van CO₂-verwijdering om klimaatneutraliteit te bereiken klein gehouden. De Raad adviseert daarnaast om CO₂-verwijdering vooral in te zetten voor het beperken en terugdringen van een temperatuuroverschrijding.

Om de inzet van CO₂-verwijdering op grote schaal mogelijk te maken is overheidsingrijpen nodig. CO₂-verwijdering is een publiek goed: iedereen heeft er baat bij, niet alleen degene die het uitvoert. Bedrijven kunnen de voordelen van CO₂-verwijdering in de huidige situatie niet te gelde maken, waardoor er nu nog maar weinig wordt geïnvesteerd in de ontwikkeling en opschaling van permanente CO₂-verwijderingsmethoden. Er is beleid van de overheid nodig om te zorgen dat er vraag komt naar CO₂-verwijdering, zodat opschaling tijdig op gang komt. Vervolgens moet nationaal en Europees beleid ervoor zorgen dat CO₂-verwijdering op grote schaal en verantwoord wordt toegepast.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert de Nederlandse overheid om, in samenhang met Europees beleid, CO₂-verwijderingsbeleid te voeren.

Om te zorgen dat de uitstoot zoveel mogelijk daalt, is het verstandig limieten te stellen aan de hoeveelheid CO₂-verwijdering die gebruikt mag worden om resterende uitstoot te compenseren. CO₂-verwijdering zou zo weinig mogelijk moeten worden ingezet voor de compensatie van restemissies. Te grote inzet van CO₂-verwijdering kan ertoe leiden dat uitstoters vermijdbare uitstoot niet verminderen. Om de prikkel voor uitstootvermindering te houden, helpt het om vast te leggen hoeveel resterende uitstoot er in 2050 mag zijn. Daarmee ligt ook vast hoeveel CO₂-verwijdering er maximaal ter compensatie ingezet mag worden. Dit kan op Europees en nationaal niveau en per sector waarin de uitstoot plaatsvindt. De hoogte van de limiet zou met enige regelmaat moeten worden geëvalueerd en indien nodig herzien bij nieuwe ontwikkelingen, bijvoorbeeld als er nieuwe maatschappelijke of technologische mogelijkheden komen op het gebied van uitstootvermindering.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert de inzet van CO₂-verwijdering voor de compensatie van restemissies te beperken door daarvoor limieten te stellen op Europees, nationaal en sectoraal niveau.

Voor de compensatie van fossiele CO₂-uitstoot en andere broeikasgassen die lang in de atmosfeer blijven is alleen permanente CO₂-verwijdering geschikt. De wereld kent een korte koolstofcyclus van bijvoorbeeld planten die CO₂ opnemen en indirect weer uitstoten, en een lange, van bijvoorbeeld koolstof in fossiele brandstoffen die al miljoenen jaren geleden is vastgelegd. Door menselijke activiteiten zoals gebruik van die fossiele brandstoffen of kappen van oerbos, wordt de koolstof uit de lange cyclus vermengd met die van de korte. CO₂, dat lang in de atmosfeer blijft, hoopt zich dan op, wat leidt tot opwarming. Het minimaliseren van het vermengen van koolstof uit de lange met koolstof in de korte koolstofcyclus beperkt daarom klimaatrisico's. Daarnaast is een zeer lange opslagduur belangrijk voor sommige andere broeikasgassen, zoals lachgas of fluorverbindingen, die meerdere eeuwen of millennia in de atmosfeer blijven. De compensatie van deze broeikasgassen vereist een evenredige hoeveelheid permanente verwijdering van CO₂.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert om fossiele broeikasgasuitstoot en de uitstoot van broeikasgassen met een lange verblijftijd in de atmosfeer alleen te compenseren met permanente CO₂-verwijdering.

Vooral voor permanente methoden voor CO₂-verwijdering is beleid nodig voor opschaling en marktontwikkeling.

In tegenstelling tot tijdelijke CO₂-verwijderingsmethoden, wordt permanente CO₂-verwijdering nog niet op grote schaal toegepast. Daarom is er met name beleid nodig voor opschaling en marktontwikkeling voor permanente methoden voor CO₂-verwijdering.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert het Nederlandse CO₂-verwijderingsbeleid te richten op permanente methoden.

Ondanks de beperkte bijdrage aan de klimaatdoelen zijn er goede redenen om tijdelijke CO₂-verwijdering te stimuleren als onderdeel van beleid voor bijvoorbeeld natuurherstel of verduurzaming van bos- en landbouw.

Methoden voor tijdelijke CO₂-verwijdering, zoals (her)bebossing en vastlegging van CO₂ in landbouwbodems, zijn vaak verder ontwikkeld en goedkoper dan permanente methoden. De tijdelijke methoden hebben in Nederland echter een beperkt potentieel. Beleid dat tijdelijke CO₂-verwijdering in de land- en bosbouw bevordert, kan ongewenste effecten hebben op andere terreinen

zoals voedselproductie, biodiversiteit en ruimtegebruik. Bij beleid gericht op duurzaam bouwen, verduurzaming van de landbouw, natuurherstel en beperking van de bodemdaling kan vastlegging van CO₂ wel een positief bijeffect hebben.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert om tijdelijke CO₂-verwijdering in Nederland te stimuleren, maar alleen als onderdeel van ander beleid.

Er zijn verschillende mogelijke beleidsinstrumenten voor de realisatie en opschaling van permanente CO₂-verwijdering. Er bestaat een vrijwillige koolstofmarkt, waarop ook handel in CO₂-verwijderingscertificaten plaatsvindt. Maar de huidige vrijwillige markt is niet geschikt om de benodigde schaal en kwaliteit van CO₂-verwijdering te realiseren. Ten eerste is het onvoldoende duidelijk of die markt leidt tot langdurige, duurzame en daadwerkelijk extra CO₂-verwijdering. Het accent ligt op het compenseren van vooral fossiele uitstoot met relatief goedkope, tijdelijke CO₂-verwijdering. Ten tweede blijft de vrijwillige markt waarschijnlijk klein omdat de prikkel voor bedrijven om in CO₂-verwijdering te investeren beperkt en kwetsbaar is. De

overheid heeft diverse mogelijkheden om op andere manieren de vraag naar CO₂-verwijdering te ontwikkelen, bijvoorbeeld door CO₂-verwijderingscertificaten in te kopen, uitstoters te verplichten tot CO₂-verwijdering of door CO₂-verwijdering op te nemen in een emissiehandelssysteem. Een belangrijke voorwaarde voor de inzet van deze instrumenten is een betrouwbare certificering van CO₂-verwijdering. Europees beleid voor certificering is al in een vergevorderd stadium.

Nederland heeft er belang bij dat duurzame methoden voor permanente CO₂-verwijdering snel grootschalig beschikbaar komen.

Als rijk land, met een hoge huidige en historische uitstoot van broeikasgassen per hoofd van de bevolking, zal Nederland moeten bijdragen aan het terugdringen van een temperatuuroverschrijding. Ook heeft Nederland belang bij compensatie van waarschijnlijk moeilijk te reduceren resterende uitstoot van bijvoorbeeld een deel van de landbouw, industrie en luchtvaart. De Nederlandse overheid zou dus gericht beleid moeten voeren om de implementatie van verschillende methoden voor permanente CO₂-verwijdering te bevorderen. Om de klimaatdoelen te halen, zou dat al voor 2035 flink op gang moeten zijn gebracht. Een verplichting voor alleen Nederlandse uitstoters zou het Europese gelijke speelveld beïnvloeden.

Gerichte overheidsinkoop van CO₂-verwijderingscertificaten is op dit moment een geschikt instrument, omdat het relatief snel kan worden ingevoerd, niet ten koste gaat van uitstootvermindering en Nederlandse uitstoters niet benadeelt.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert een door de Nederlandse overheid geleid inkoopprogramma voor permanente CO₂-verwijdering te starten, om voor 2035 ervaring op te doen met diverse methoden van CO₂-verwijdering in Nederland.

Het is belangrijk dat naast Nederlands beleid ook Europees beleid voor CO₂-verwijdering snel van de grond komt.

Voor Nederland, als lidstaat met een relatief grote behoefte aan permanente CO₂-verwijdering, is het belangrijk dat er Europees beleid voor CO₂-verwijdering komt. Met Europees beleid kunnen meer mogelijkheden voor CO₂-verwijdering worden gebruikt, wat de kosten beperkt. Europees beleid kan ook weglek voorkomen en een gelijk speelveld voor uitstoters creëren. Het is dus in het belang van Nederland om in Europees verband snel goede afspraken te maken. Dat kan door als Nederland het voortouw te nemen voor de ontwikkeling van een Europese

strategie voor het creëren van vraag naar CO₂-verwijdering.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert de Nederlandse regering het initiatief te nemen om met andere lidstaten Europese beleidsinstrumenten voor het creëren van een vraag naar CO₂-verwijdering te onderzoeken, en hun invoering te stimuleren.

Aan eventuele opname van CO₂-verwijdering in het Europese emissiehandelssysteem (ETS) moeten scherpe voorwaarden worden gesteld. Uitstel van het moment van integratie vermindert de risico's op uitruil tussen CO₂-verwijdering en uitstootvermindering. Fossiele uitstoot van CO₂ die onder het ETS valt, gaat volgens het huidige beleid tussen 2040 en 2045 naar nul. Helemaal geen CO₂ meer uitstoten is echter voor sommige strategisch of economische belangrijke activiteiten op die termijn vrijwel onmogelijk. De resterende uitstoot vereist dan compensatie binnen het ETS om op nul uit te komen. Maar een te vroege integratie van CO₂-verwijdering in het ETS zou de prikkel voor om minder uit te stoten kunnen verkleinen. Om dit te

beperken zou CO₂-verwijdering alleen onder strenge voorwaarden in het ETS moeten worden ingezet: alleen als het gaat om permanente CO₂-verwijdering (want de uitstoot die het ETS reguleert bestaat geheel uit fossiele uitstoot) en als het echt niet anders kan, bijvoorbeeld als het ETS niet langer goed werkt omdat er beperkte mogelijkheden voor uitstootvermindering zijn. Als bovendien de inbreng van CO₂-verwijderingscertificaten in het ETS via de overheid verloopt kan de Europese Unie zorgen voor meer sturing op de inzet van CO₂-verwijdering in het ETS.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert om CO₂-verwijdering zo lang mogelijk uit het ETS te houden, om zo de prikkel voor emissiereductie zo lang mogelijk te behouden. Verder adviseert de Raad dat, als CO₂-verwijdering onderdeel wordt van het ETS, alleen de overheid CO₂-verwijderingscertificaten op de markt kan brengen.

Om de kosten van CO₂-verwijdering niet af te wentelen op toekomstige generaties is het redelijk dat de huidige uitstoters meebetalen aan CO₂-verwijdering die in de toekomst nodig is. Permanente CO₂-verwijdering die nu wordt gerealiseerd en

niet wordt ingezet voor compensatie van resterende uitstoot helpt mee met het beperken van temperatuuroverschrijding. Maar er is nu nog weinig permanente CO₂-verwijdering beschikbaar. Dus is het niet mogelijk huidige uitstoters te verplichten om al hun resterende CO₂ uit de atmosfeer te verwijderen. De meeste kosten voor CO₂-verwijdering worden daarmee doorgeschoven naar toekomstige generaties, die de uitstoot zelf niet hebben veroorzaakt. Om te voorkomen dat die onevenredig grote lasten van CO₂-verwijdering dragen, zouden er nu al voorzieningen moeten komen om de huidige uitstoters te laten bijdragen aan toekomstige CO₂-verwijdering. Dat kan op verschillende manieren. Voorbeelden zijn een fonds of extra investeren in het reduceren van de uitstoot. Er is meer onderzoek nodig om te bepalen wat de beste manier is.

Aanbeveling

De Wetenschappelijke Klimaatraad adviseert de overheid om ervoor te zorgen dat uitstoters vanaf nu bijdragen aan de toekomstige kosten van het beperken en terugdringen van de temperatuuroverschrijding, door hiervoor manieren te ontwerpen en in te voeren.

De lucht klaren?

Advies over uitgangspunten en beleid voor sturing op CO₂-verwijdering uit de atmosfeer

Wat is CO₂-verwijdering?

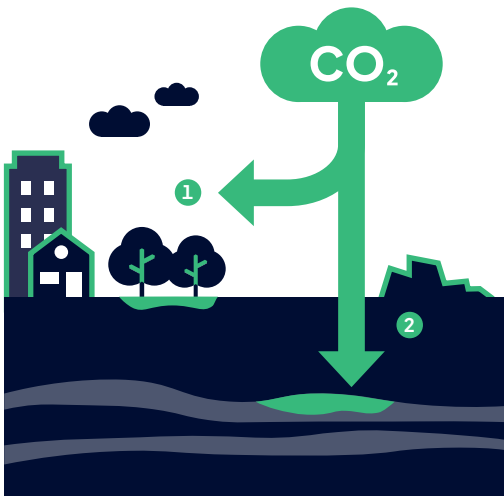
Het uit de atmosfeer halen en langdurig vastleggen van CO₂

Waar is het voor nodig?

- ▶ Voor het beperken en terugdringen van een temperatuuroverschrijding
- ▶ Om uitstoot te compenseren

Waar leg je CO₂ vast?

- 1 Tijdelijk in bossen, bodems en producten
- 2 Permanent diep onder de grond en in gesteenten



Welke uitgangspunten zijn belangrijk voor CO₂-verwijderingsbeleid?

- ▶ Zet maximaal in op het beperken van uitstoot
- ▶ Gebruik CO₂-verwijdering vooral voor het beperken en terugdringen van een temperatuuroverschrijding
- ▶ Richt CO₂-verwijderingsbeleid op permanente methoden
- ▶ Stimuleer tijdelijke CO₂-verwijdering als onderdeel van ander beleid
- ▶ Compenseer fossiele uitstoot met permanente CO₂-verwijdering

Wat is nodig voor CO₂-verwijdering?

- ▶ Nu starten
- ▶ Een actieve rol voor de overheid
- ▶ Nederlands én Europees beleid

Wat moet de overheid doen?

- ▶ Stel een limiet aan de hoeveelheid CO₂-verwijdering die mag worden ingezet voor compensatie
- ▶ Start een Nederlands inkoop-programma voor permanente CO₂-verwijdering
- ▶ Neem als Nederland samen met andere lidstaten het initiatief voor Europese beleidsinstrumenten die vraag naar CO₂-verwijdering creëren
- ▶ Houd CO₂-verwijdering zo lang mogelijk uit het Europese emissiehandelssysteem
- ▶ Zorg dat uitstoters vanaf nu bijdragen aan de toekomstige kosten voor het verminderen van een temperatuuroverschrijding



Colofon

De lucht klaren? *Advies over uitgangspunten en beleid voor sturing op CO₂-verwijdering uit de atmosfeer* is een advies aan de regering uit naam van de voltallige WKR.

WKR-rapport 002

De Wetenschappelijke Klimaatraad is ingesteld in november 2022. De WKR adviseert regering en parlement over de ontwikkeling van een klimaatneutrale en klimaatbestendige samenleving, op basis van brede wetenschappelijke inzichten en met oog voor andere maatschappelijke opgaven.

De Raad is als volgt samengesteld: prof. dr.ing. J.W. (Jan Willem) Erisman (voorzitter), prof.dr. H.C. (Heleen) de Coninck (plaatsvervangend voorzitter), dr. S. (Sanne) Akerboom, prof.dr. K. (Kornelis) Blok, prof.dr. M. (Marjolijn) Haasnoot, prof.dr. M. (Machiel) Mulder, prof.dr. W. (Wouter) Peters, dr. W.D. (Wieke) Pot, prof.dr. E.M. (Linda) Steg, prof. dr.ir. B. (Behnam) Taebi, dr. R.W. (Ruud) van den Brink (secretaris-directeur)

Voor de totstandkoming van dit advies is een expertmeeting belegd waaraan de volgende mensen hebben deelgenomen: Menno van Benthem (Ecorys), Holly Jean Buck (University at Buffalo), Mathias Fridahl (Linköping University), Conor Hicky (University of Oxford), Oliver Geden (Stiftung Wissenschaft und Politik), Bettina Kampman (CE Delft), Kiane de Kleijne (Eindhoven University of Technology), Margriet Kuijper (Independent consultant),

Kenneth Möllersten (KTH Royal Institute of Technology en IVL Swedish Environmental Research Institute), Felix Schenuit (Stiftung Wissenschaft und Politik), Samantha Eleanor Tanzer (TU Delft), Paul Zakkour (Carbon Counts). Ook is gesproken met beleidsmakers op het gebied van CO₂-verwijdering van de ministeries van Economische Zaken en Klimaat, Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit, en Infrastructuur en Waterstaat, en van de Europese Commissie. Dit advies weerspiegelt niet noodzakelijkerwijs de standpunten van geraadpleegde experts.

Ontwerp: OSAGE
Figuren: Studio TERP
Tekstredactie: Leene Communicatie

Foto's:
Omslag en colofon: Mischa Keijser

© *Wetenschappelijke Klimaatraad, Den Haag 2024.*

De inhoud van deze publicatie mag (gedeeltelijk) worden gebruikt en overgenomen voor niet-commerciële doeleinden. De inhoud mag daarbij niet veranderen. Citaten moeten altijd aangegeven zijn, bij voorkeur als: Wetenschappelijke Klimaatraad (2024). De lucht klaren? Advies over uitgangspunten en beleid voor sturing op CO₂-verwijdering uit de atmosfeer, WKR-rapport 002. Den Haag: WKR.

