

Energiegebruik in Nederland 1990-2019

in een notepad

Energiegebruik in Nederland 1990-2019

Peter van der Sluijs

Schrijver: Peter van der Sluijs
Coverontwerp: Peter van der Sluijs
ISBN: 9789464183535
© Peter van der Sluijs

Leeswijzer

Gemak dient de mens. Daarom hier de leeswijzer om dit boek optimaal te benutten. Dit boek beschrijft het energiegebruik in Nederland sinds 1990 en de CO₂ uitstoot die daarbij ontstaan is. Het gaat dus niet om alle CO₂ uitstoot in Nederland, maar alleen de uitstoot door energiegebruik.

Voor iedereen die alleen de grote lijnen wil weten is het voldoende om de samenvattingen te lezen die aan het begin van ieder deel zitten.

Voor iedereen die nieuw is in de wereld van energie of meer wil weten over energie en broeikas effect is het eerste deel een aanrader. Hier wordt uitgelegd:

- wat energie is
- wat het broeikas effect is
- hoe een energieketen in elkaar zit
- welke doelen Nederland sinds 1990 afgesproken heeft.

Het tweede deel is bedoeld voor iedereen die over 2019 in detail wil weten waar:

- De energie vandaan komt
- De energie naar toe gaat
- De energie op gebaseerd is
- De CO₂ uitstoot door komt
- De hernieuwbare energie naar toe gaat.

Het derde deel is voor iedereen die wil weten hoe de energie en CO₂ uitstoot zich sinds 1990 ontwikkeld heeft. Daarbij geldt dat hoe verder je in deel 2 en 3 komt hoe gedetailleerder de informatie.

Voor de echte liefhebbers van getallen en voor maximale transparantie zijn er dan nog de bijlages. Hier staan extra gegevens die niet in detail in het boek besproken worden. Ik raad dit aan voor de echte liefhebber (of de wantrouwende geest die het zelf wil narekenen). Tenzij anders aangegeven is alle data afkomstig van het CBS [CBS01].

Samenvatting

In 2007 heeft de Europese Unie de zogenaamde 20-20-20 doelstellingen afgesproken [EU01]. Hier verplicht de EU zichzelf ten opzichte van 1990 in 2020 :

- 20% minder broeikasgassen (zoals CO₂) uit te stoten
- 20% van de gebruikte energie uit hernieuwbare bronnen (zon, wind, biomassa) te halen
- 20% minder energie te gebruiken.

In dit boek bespreken we waar Nederland staat met zijn energieverbruik en hoe dit sinds 1990 veranderd is. We kijken daarbij eerst naar Nederland in zijn geheel. Daarna kijken we in detail hoe dit in verschillende sectoren verlopen is. Hierbij wordt vooral gebruik gemaakt van de feitelijke informatie van het Centraal bureau voor de statistiek en Eurostat¹.

Broeikasgassen

De totale uitstoot van broeikasgassen in CO₂ equivalenten² ligt in 2019 bijna 15% lager dan in 1990. Dit komt vooral door een halvering van de uitstoot van lachgas (N₂O) en methaan (CH₄). Daar staat tegenover dat CO₂ uitstoot door energiegebruik met maar 5% gedaald is. Als gevolg hiervan is het aandeel van energie in het Nederlandse broeikaseffect gestegen van 72% naar 80%. dat betekent dat in 2018 80% van het Nederlands broeikaseffect het gevolg is van CO₂ uitstoot door energieverbruik. De uitstoot van N₂O en CH₄ door energieverbruik is minder dan 1% en verwaarlozen we hier. N₂O en CH₄ komt voor ongeveer de helft van de landbouw. Het lijkt onwaarschijnlijk dat Nederland in 2020 de totale uitstoot met 20% weet te verminderen.

Jaar	1990	2018	2019	verandering
CO ₂ door energie	154.218	150.304	146.290	- 5,1%
CO ₂ andere bron	9.122	10.856	onbekend	+19%
N ₂ O	60	29	onbekend	-52%
CH ₄	1.274	694	onbekend	-46%
Totaal CO ₂ equivalent	215.055	188.172	183.138*	-14,8%

Tabel 1: Uitstoot van broeikasgassen in Kton door Nederland [CBS02]. *) aanname dat CO₂ uit andere bron, N₂O en CH₄ uitstoot in 2019 gelijk was aan 2018.

De beperkte daling van de CO₂ uitstoot door energie komt vooral door de uitstoot in de elektriciteitsproductie (35% van de CO₂ uitstoot), die per saldo nauwelijks afnam. De uitstoot van wegverkeer (20% van de CO₂ uitstoot) nam zelfs met 20% toe. Samen veroorzaken ze in 2019 meer dan de helft van de CO₂ uitstoot door energie. De uitstoot van de industrie is vrijwel gelijk aan 1990, ondanks een forse groei in activiteiten. De dalende uitstoot komt vooral door woningen (-25%) en landbouw (-60%). Ook de visserij en dienstensector zijn minder gaan uitstoten, maar niet zo sterk als woningen en landbouw.

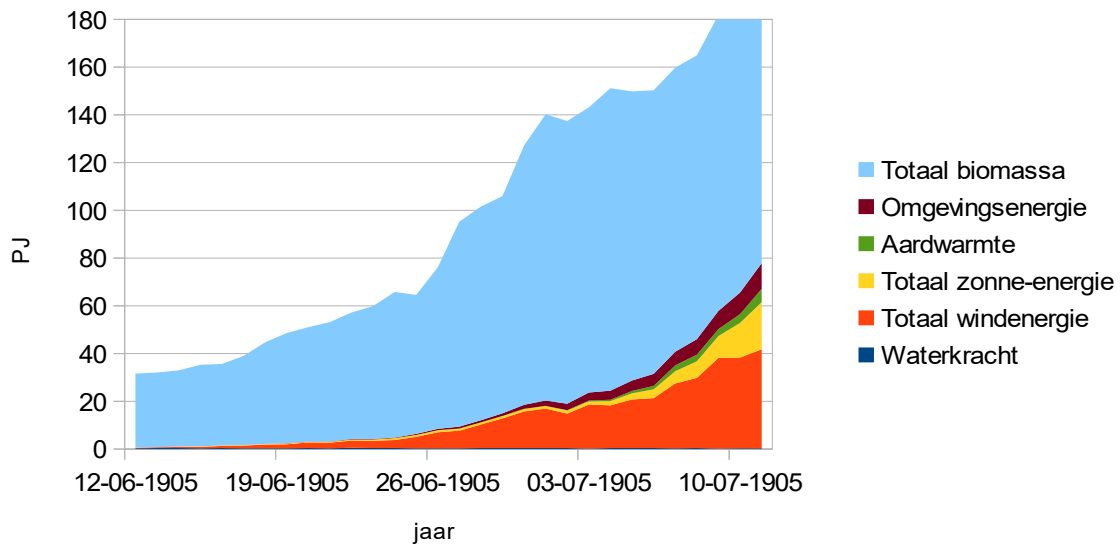
Hernieuwbare energie

In 1990 kwam 1,1% van de energie uit hernieuwbare bronnen. Dit was bijna allemaal biomassa (hout, mest, gft). Ondanks een forse groei van biomassa en later wind ligt het aandeel hernieuwbare energie in 2019 nog maar op 7,5%. De extra hernieuwbare energie dekte daarmee de groei in energievraag van Nederland sinds 1990. Dit is op zich een prestatie. Het betekent ook dat we op het punt staan dat hernieuwbare energie de bestaande fossiele energie verdringt. Toch is

¹ ec.europa.eu/eurostat

² Hierbij wordt het broeikaseffect van andere gassen zoals N₂O en CH₄ omgerekend in kg CO₂.

onwaarschijnlijk dat het aandeel hernieuwbare energie in Nederland in 2020 op 20% uitkomt. De tweede doelstelling zal daarmee waarschijnlijk niet gehaald worden.



Figuur 1: ontwikkeling hernieuwbare energie sinds 1990 in Nederland.

Energiebesparing

In 2019 gebruikte Nederland ruim 7% meer energie dan in 1990. Het is daarmee onwaarschijnlijk dat Nederland in 2020 op 20% energiebesparing uitkomt. Opvallend is dat zowel de industrie als de woningen minder energie gebruiken dan in 1990. De groei komt vooral door de energiesector en de vervoersector die fors meer zijn gaan verbruiken.

Jaar	1990	2019	verandering
NL energievraag huishoudens	471.210 GJ	386.000 GJ	-18%
Energievraag per woning	71.860 GJ	49.975 GJ	-30%
NL Energievraag Nederlanders	191.800 GJ	177.000 GJ	-7,8%
Energievraag per € BNP	10,3 GJ/€	4,2 GJ/€	-59%

Tabel 2: Ontwikkeling relatieve energievraag in Nederland op basis van CBS data.

Als we wat meer in detail kijken ontstaat een iets ander beeld. We zien dan dat de energievraag van een gemiddelde woning meer dan 30% lager ligt dan in 1990. De gemiddelde woning voldoet daarmee ruimschoots aan het energiebesparingsdoel. Zelfs als de energievraag van de nieuwe woningen die sinds 1990 gebouwd zijn meegenomen wordt is de absolute energievraag van alle woningen in Nederland samen nog met 10% gedaald.

De energievraag die nodig is per € BNP ligt zelfs 60% lager dan in 1990. De meeste economische groei sinds 1990 is dus zonder groeiende energievraag gelukt.

We kunnen daarmee concluderen dat Nederland als geheel geen van de 2020 doelstellingen zal halen. Landbouw, Industrie en huishoudens zijn op de goede weg. De energiesector en vervoersector zijn de probleemgevallen. Hier moet de de groeitrend nog omgebogen worden.

Inhoudsopgave

Leeswijzer	5
Samenvatting	6
DEEL I: Inleiding en basisbegrippen	
1. Inleiding	13
2. Introductie broeikasgassen	14
3. Introductie in energie	20
4. Introductie energieketen	24
5. Energie- en uitstootdoelen	31
DEEL II: Energie in 2019	
6. Samenvatting	37
7. Energiebalans	40
8. Energiesector	50
9. Eindgebruikers industrie	56
10. Andere eindgebruikers	70
11. Niet energetisch verbruik	77
12. Naar Nederland	79
13. Naar buitenland	83
DEEL III: Ontwikkeling 1990-2019	
14. Samenvatting	89
15. Energiedragers	91
16. Energiesector	99
17. Eindgebruikers industrie	105
18. Andere eindgebruikers	119
19. Niet energetisch gebruik	128
20. Bronnen	131
DEEL IV: Bijlagen	
A) Berekening broeikaseffect	135
B) Uitstoot van energiedragers	136
C) Omreken tabel energie	138
D) Definities energieverbruik	140
E) Greenhouse Gas protocol	144
F) Broeikasgassen Nederland	145
G) Biobrandstof wegverkeer	147
H) Stromen energieketens	148
I) Ontwikkeling BBP	150
J) Ontwikkeling woningbouw	151
K) Ontwikkeling bevolking	152
L) Totaal aanbod energie	154
M) Omzetting energie	157
N) Eigen verbruik energiesector	160
O) Energieverbruik industrie	163
P) Vervoer	166
Q) Overige afnemers	169
R) Grondstof voor producten	172

DEEL I

Inleiding en basisbegrippen energie en broeikaseffect

1. Inleiding

Iedereen weet dat Nederland een handelsland is. Als ergens geld te verdienen is, kom je wel een Nederlander tegen. Minder mensen weten dat Nederland ook een energieland is. Er wordt jaarlijks bijna vier keer zoveel energie in Nederland verhandeld als we zelf gebruiken. Dat is een hele prestatie omdat we met binnenlandse energiewinning maar net de helft van de Nederlandse energievraag kunnen dekken. Het grootste deel van deze energiestromen zorgt uiteindelijk voor de uitstoot van broeikasgassen. Een forse groei van duurzame energie en energiebesparing kan daarmee grote gevolgen hebben voor Nederland. In dit boek laten we zien wat Nederland met al deze energie doet.

Voor we daaraan beginnen is er eerst een introductie in de wondere wereld van de broeikasgassen. We laten zien wat het broeikaseffect is en waarom we niet zonder kunnen. Ook laten we zie welke gassen op welke manier bijdragen aan dit broeikaseffect en waar deze gassen vandaan komen.

Daarna duiken we in de energiewereld. Hier ontdekken we wat alle energitermen betekenen. Ook geven we een beeld van hoeveel energie eigenlijk in Nederland gebruikt wordt als je het allemaal op een hoop gooit. Als je als weet hoe je een PetaJoule omzet in kWh en hoeveel CO2 een m3 aardgas veroorzaakt kan je dit hoofdstuk overslaan. Tenzij je natuurlijk wilt weten hoeveel Amsterdam Arena's je moet vullen met olie om de Nederlandse energievraag te dekken.

Dan gaan we met ketens aan het werk. We beginnen met het in kaart brengen van de energie die door Nederland stroomt. Als we weten welke energie Nederland in- en uitgaat, kunnen we schatten wat Nederland zelf gebruikt. Vervolgens laten we zien waar die energie binnen Nederland naartoe gaat. Omdat energie meer dan 80% van de CO2 uitstoot veroorzaakt, krijgen we daar ook een goed beeld van. Net als van de duurzame energie. Pas als we weten hoeveel en welke energie waar gebruikt wordt, kunnen we gericht actie ondernemen. Daarnaast voorkom je zo dat je veel tijd, geld (en energie) verspilt aan partijen die er eigenlijk niet toe doen in het energieplaatje. Of die juist al goed op weg zijn. Hiervoor gebruiken we 2019 als meetjaar.

SPOILER ALERT

De slechtste partijen op gebied van broeikasgassen en energiebesparing zijn de vervoersector en de Energiesector.

Dit deel sluit af met een hoofdstuk over afspraken die Nederland in de loop der jaren heeft gemaakt over zijn energieverbruik en CO2 uitstoot.

2. Introductie Broeikasgassen

Door het broeikaseffect is de aarde met gemiddeld 15 graden Celsius aangenaam warm [KNMI01]. Als het broeikaseffect niet bestond zou het op aarde ongeveer 33 graden kouder zijn. De aarde zou er dan uitzien zoals de zuidpool. Tropische dagen zitten er dan voor Nederland niet meer in. Aan de andere kant hebben we dan wel ieder jaar weer een Elfstedentocht.

Het broeikas effect werkt hetzelfde als het raam in je huis. Zonlicht (lichtenergie) komt door het raam je huis binnen. Als het licht op je bank valt, dan warmt het je bank op (warmte). Hoe donkerder je bank hoe meer lichtenergie in warmte omgezet kan worden. De bank geeft vervolgens zijn warmte weer af aan de omgeving, die kouder is³. Daardoor wordt ook de vloer en de lucht in je kamer warmer. In je kamer is het dan warmer dan buiten. De warmte in je kamer wil daarom ook de koudere buitenlucht verwarmen. Het probleem is echter dat het raam een groot deel van de warmte terugkaatst. Natuurlijk verlies je wel wat warmte omdat (de buitenkant van) het raam zelf koud is maar dat is veel minder dan wanneer je het raam open zet (en de warmte dus niet terugkaatst). Bovendien is het minder dan de warmte die erbij komt door het zonlicht dat je kamer inschijnt.

In de lucht gebeurt iets vergelijkbaars. Licht komt door de atmosfeer (het raam) en valt op aarde (de bank). De aarde warmt op. Als de zon ondergaat komt er geen warmte meer bij, maar geeft de aarde zijn warmte weer af aan de atmosfeer (het raam) en de ruimte (buiten), waar het veel kouder is dan op aarde. Door broeikasgassen gaat die warmte minder snel verloren naar de ruimte.

De belangrijkste gassen die voor dit broeikaseffect (of isolatie) zorgen, zijn [IPCC01]⁴:

- Waterdamp (H₂O), veroorzaakt 22 graden opwarming [KNMI02]
- Koolstofdioxide (CO₂), veroorzaakt 3,3 graden opwarming [KNMI03]
- Methaan (CH₄), veroorzaakt 2,2 graden opwarming [KNMI04]
- Lachgas (N₂O), veroorzaakt 2 graad opwarming
- Ozon (O₃), veroorzaakt minder dan 1 graad opwarming [KNMI05]
- Koofluorwaterstoffen (CFC), veroorzaakt minder dan 1 graad opwarming

2.1 Waterdamp

Waterdamp zorgt voor ongeveer 2/3 van het huidige broeikaseffect. De waterdamp in de lucht zorgt ervoor dat het 22 graden warmer is dan zonder broeikaseffect. Het is daarmee het belangrijkste broeikasgas in de lucht. Dit komt omdat de waterdamp het effect van temperatuursveranderingen versterkt. Als de temperatuur iets stijgt, dan kan de lucht meer waterdamp vasthouden⁵. Daardoor stijgt de temperatuur nog wat meer waardoor er nog meer waterdamp in de lucht kan komen. Dit werkt ook de andere kant op. Als de temperatuur van de lucht daalt, kan er minder waterdamp in de lucht blijven. Je krijgt dan regen. Daardoor koelt het nog meer af, waardoor er nog minder waterdamp in de lucht kan blijven. Enzovoort. Tot iets weer voor opwarming zorgt.

2.2 Koolstofdioxide

Na waterdamp is koolstofdioxide (CO₂) het tweede broeikasgas. CO₂ werkt net als het raam in je

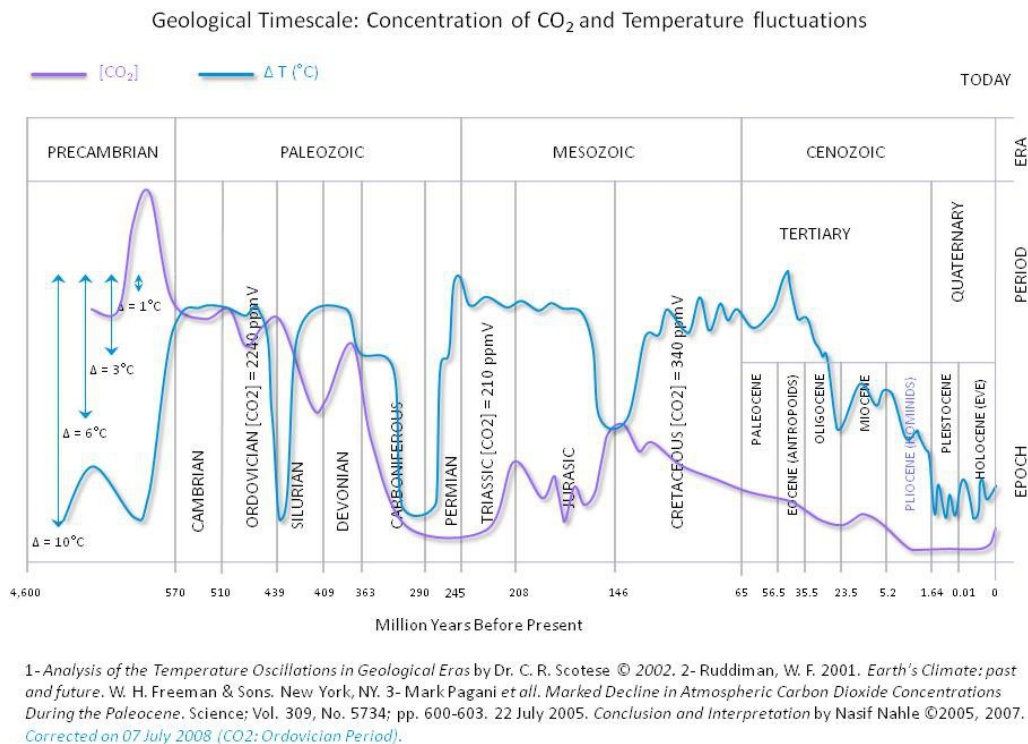
³ Dit heet thermodynamica.

⁴ Gebaseerd op broeikaseffect tov CO₂ en concentratie in atmosfeer.

⁵ Dit is de wet van Clausius-Clapeyron

huis. Het is transparant voor licht, maar niet voor warmte. Het neemt deze warmte juist op. Dus in plaats van dat de warmte verdwijnt naar de ruimte, verwarmt het de CO₂ in de lucht. Daardoor wordt de lucht warmer. Meer CO₂ betekent dat er meer warmte in de lucht kan blijven.

Planten gebruiken CO₂ om te groeien. Meer CO₂ betekent ook dat planten sneller groeien. Daarnaast blijkt dat als er meer CO₂ in de lucht zit, planten minder water verliezen [SCI01]. De stijging van CO₂ in de lucht zorgt er daardoor voor dat de aarde groener wordt [NASA01]. Als deze planten doodgaan kunnen de restanten na miljoenen jaren worden omgezet in steenkool (100-250mln jaar [NG01]), olie (65-150mln jaar [SCI02]) of methaan (Aardgas). Door het verbranden van deze fossiele brandstoffen komt de CO₂ vrij die miljoenen jaren geleden uit de atmosfeer gehaald is.



Figuur 2: Ontwikkeling CO₂ en temperatuur sinds het ontstaan van de aarde [SCOT01].

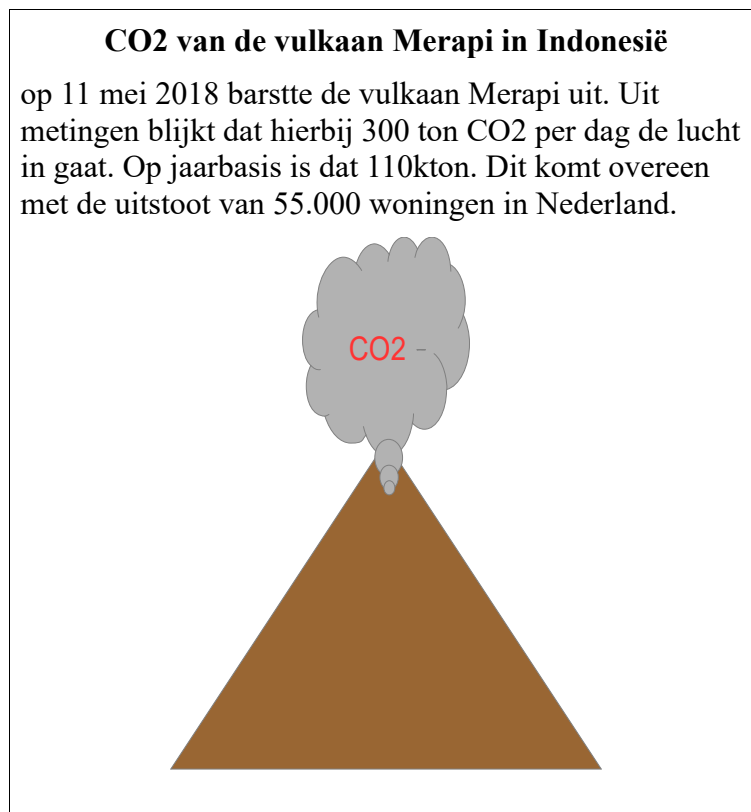
Mensen produceren CO₂ vooral door bij het verbranden van deze fossiele brandstoffen (lang dode planten), maar ook door de planten die vandaag bestaan te verbranden (biomassa). Het verschil is dat de CO₂ die vrijkomt bij het verbranden van biomassa kort geleden uit de lucht is gehaald. Er is discussie of kort geleden nu 20 jaar, 40 jaar of 100 betekent. Het idee is in alle gevallen dat dit “kortcyclisch” is. Dat betekent dat je over een periode van 20/40/100 jaar netto geen CO₂ aan de lucht hebt toegevoegd. Je hebt alleen de CO₂ teruggegeven die de plant er eerst uit gehaald heeft. Hierbij geldt natuurlijk hoe korter de tijd hoe kleiner de verstoring van de CO₂ concentratie. Je houdt natuurlijk wel het probleem dat bij verbranding andere stoffen (NO_x, fijnstof,..) vrijkomen, net als bij fossiele brandstoffen.

Daarbij zijn er nog andere bronnen van CO₂. Alle mensen en dieren produceren CO₂ als ze uitademen. De gemiddelde mens ademt per dag zo ongeveer 1,15kg CO₂ uit⁶. Gelukkig wordt dit voor 100% gecompenseerd door de CO₂ die eerst door ons voedsel is opgenomen. Dit geldt zowel voor de groente als voor het vlees. Dieren eten immers ook planten.

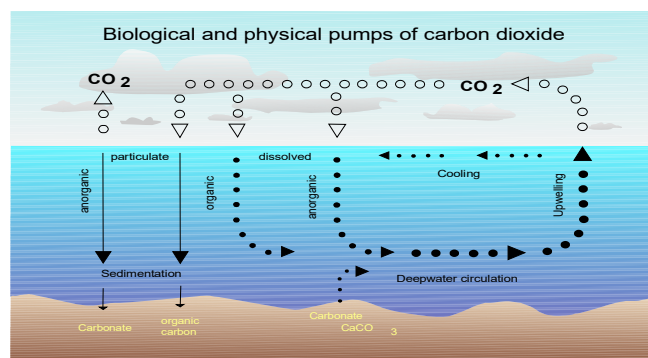
⁶ Dit komt overeen met circa 7Mton per jaar voor Nederland.

Daarnaast zijn er nog natuurlijke bronnen van CO₂. Deze zorgen ook voor extra CO₂ in de atmosfeer, zonder dat dit gecompenseerd wordt. Dit zijn vooral [IEA01]:

- Actieve vulkanen
- Verwerking van stenen (geologische processen)



Behalve door planten verdwijnt er ook CO₂ uit de lucht omdat de oceanen CO₂ opnemen. In feit is dit de grootste opnemer van CO₂ uit de atmosfeer. In de volgende figuur [McS01 is te zien hoe dit werkt. Hierbij geldt dat hoe kouder het water is, hoe meer CO₂ er opgenomen kan worden. Daarnaast is er een vergelijkbaar biologisch proces waarbij CO₂ door plankton omgezet wordt in calcium carbonaten (koraal) dat vervolgens naar de zeebodem zakt.



Figuur 3: Co2 en de oceaan (By derivative work: McSush (talk)CO2_pump_hg.png: Hannes Grobe 21:52, 12 August 2006 (UTC), Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany - CO2_pump_hg.png, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4956173>).

2.3 Methaan

Methaan is de derde bron van het broeikaseffect. Als molecuul is methaan veel beter in staat om warmte vast te houden dan CO₂. Over een periode van 20 jaar gekeken is het broeikaseffect van 1kg methaan gelijk aan 84kg CO₂. Als je over een periode van 100 jaar kijkt, dit gebruikt het IPCC05, is het nog steeds een factor 28⁷. Ongeveer 60% van deze uitstoot komt door de mens [SCI03].

Van nature stoten moerassen, venen en (herkauwende) planteneters methaan uit. Daarnaast zorgt de mens voor methaan uitstoot door:

- Rijstbouw (eigenlijk een soort moeras),
- Afvalverwerking (rottend GFT afval) ,
- Veeteelt (koeischeten),
- Winning van steenkool, olie en aardgas.

Rijst groeit het beste in ondiep water. Dit zijn eigenlijk een soort kunstmatige moerassen. Net als in echter moerassen heb je hier de juiste omstandigheden, veel biomassa en weinig zuurstof, voor microben om methaan te produceren.

Ook vuilnisbelten en rioolzuivering produceren methaan. De natuurlijke materialen, groente fruit tuinafval, maar ook urine en ontlasting vergisten hier in een omgeving zonder zuurstof. Hier gebeurt ongeveer hetzelfde als in de rijstvelden. De microben zetten al deze biomassa om in methaan.

Het houden van dieren zorgt op twee manieren voor extra methaan in de lucht. Aan de ene kant produceren deze dieren mest. Als je deze mest verzameld en opslaat, krijg je dezelfde omstandigheden als in een rioolzuivering. Net als uit de menselijke urine en ontlasting ontstaat hier methaan. Daarnaast produceren veel planteneters zelf ook methaan. De gegeten planten worden door microben in de maag van de dieren omgezet. Hierbij ontstaat methaan dat door de dieren als boeren of scheten in de lucht komt. Dit gebeurt overigens ook in het wild bij grote planteneters als olifanten en bizons. Meer dieren betekent dus meer uitstoot van methaan.

Bij het vormen van steenkool wordt vaak ook methaan (aardgas) gevormd. Deze zitten dan als gasbellen tussen de steenkool. Als de steenkool gewonnen wordt, komt dit gas vrij. Dit methaan, vaak mijngas genoemd, kan tot explosies in een mijn leiden en wordt daarom zo snel mogelijk uit de mijn gezogen. Dit lekken van methaan komt niet alleen voor in een actieve kolenmijn, maar ook in een verlaten kolenmijn.

Bij het vormen van olie gebeurt hetzelfde. Bij een olieput wordt daarom de methaan afgevangen en de lucht in geblazen. Al gebeurt het tegen steeds vaker dat het afgefakkeld (verbrand) wordt. Hierbij ontstaat uit 1kg methaan ongeveer 2,8kg CO₂. Dit is 10% van het broeikaseffect van methaan.

Methaan verdwijnt uit de lucht op drie manieren. Een klein deel wordt opgenomen door bacteriën in bosgrond en moerassen. In moerassen wordt echter veel meer methaan geproduceerd dan opgenomen. In de praktijk is het dus vooral bosgrond dat methaan opneemt.

Daarnaast wordt methaan in de lucht afgebroken. Laag in de atmosfeer reageert methaan met hydroxyl (OH) en vormt water en CO₂. Dit is een langzaam proces. Het duurt zo bijna 10 jaar voor methaan verdwenen is. Als de methaan hoog in de atmosfeer komt gebeurt hetzelfde, maar veel langzamer. Hier duurt het wel 120 jaar voor de methaan verdwenen is. Je hebt dan natuurlijk nog wel CO₂ over.

2.4 Lachgas

Een ander broeikasgas is lachgas (N₂O). Lachgas zorgt voor ongeveer 6% van het broeikaseffect [SPR01]. De concentratie in de lucht is maar een duizendste van CO₂. 1Kg lachgas is even goed in

⁷ Het CBS gebruik deze factor voor de bijdrage van methaan aan het broeikaseffect.

het vasthouden van warmte als 265-298kg CO₂ [IPCC05]. Daarom is het effect van lachgas in de praktijk toch merkbaar.

Lachgas komt vooral vrij in de landbouw door bemesting van de grond. Dit gebeurt zowel door kunstmest als gewone mest. Ook ontstaat lachgas bij verbranding van stoffen. Ook sommige industriële processen leveren lachgas op als bijproduct. Tenslotte ontstaat er ook lachgas in rioolwaterzuiveringen, vooral door de urine.

In de natuur zijn het vooral bacteriën in de grond en de oceaan die lachgas produceren.

Lachgas is een erg stabiel gas. Het wordt alleen hoog in de atmosfeer afgebroken. Daarbij breekt het echter ook de ozonlaag af, wat tot meer Ultraviolette straling op aarde leidt. Al met al een vervelende stof.

Een lachgaspatroon (8gram) gebruiken geeft hetzelfde broeikas effect als 2-2,5kg CO ₂ . Voor deze uitstoot moet je 24uur film kijken op een Apple smartphone.
--

2.4 Ozon

De rol van ozon (O₃) in het broeikas effect is een bijzondere. Het ozon dat laag in de atmosfeer zit houdt warmte vast en zorgt zo voor het broeikas effect. Aan de andere kant houdt ozon hoog in de atmosfeer ultraviolette straling (UV) tegen. Minder van deze straling, waar je bruin van wordt, kan daarmee op de grond in warmte omgezet worden. Omdat maar 8% van het zonlicht UV is, is dit effect op de temperatuur klein.

Hoog in de atmosfeer wordt ozon gemaakt door UV en zuurstof. Uit drie zuurstofmoleculen ontstaan 2 ozon moleculen.

Dicht bij de grond ontstaat ozon door reacties van vluchtige organische stoffen (VOS) en UV licht. Hiervoor zijn stikstofoxiden (NO_x) nodig als katalysator. VOS krijg je vaak bij onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen. Bij die verbranding ontstaat ook NO_x. Bij hoge concentraties NO_x, dus weinig wind, en veel (stationair) draaiende auto's, dus veel VOS, ontstaat ozon. Het ozon molecuul kan maar kort bestaan, vaak enkele uren. Ozon bij de grond kan dus snel ontstaan, maar ook snel verdwijnen.

2.5 Koofluorwaterstoffen

De laatste bron van het broeikas effect zijn koofluorwaterstoffen (Cfk's). Dit is een hele familie van gassen die niet van nature voorkomen maar altijd door de mens gemaakt zijn. Zij dragen op twee manieren bij aan het broeikas effect. Aan de ene kant breken Cfk's hoog in de atmosfeer ozon af waardoor er meer UV straling op aarde komt⁸. Daarnaast hebben deze stoffen een heel lange levensduur en zijn deze stoffen erg goed in het vasthouden van warmte. 1Kg CFK kan evenveel warmte vasthouden als 5000-14.000kg CO₂.

⁸ Dit verschijnsel is verantwoordelijk voor het zogenaamde 'ozon gat'. Om dit tegen te gaan is in 1987 in Montreal (canada) afgesproken om stoffen die de ozonlaag afbreken uit te faseren.