

## Broeikasgassen, klimaat en meten: hoe, wat en waarom van ICOS-nl.

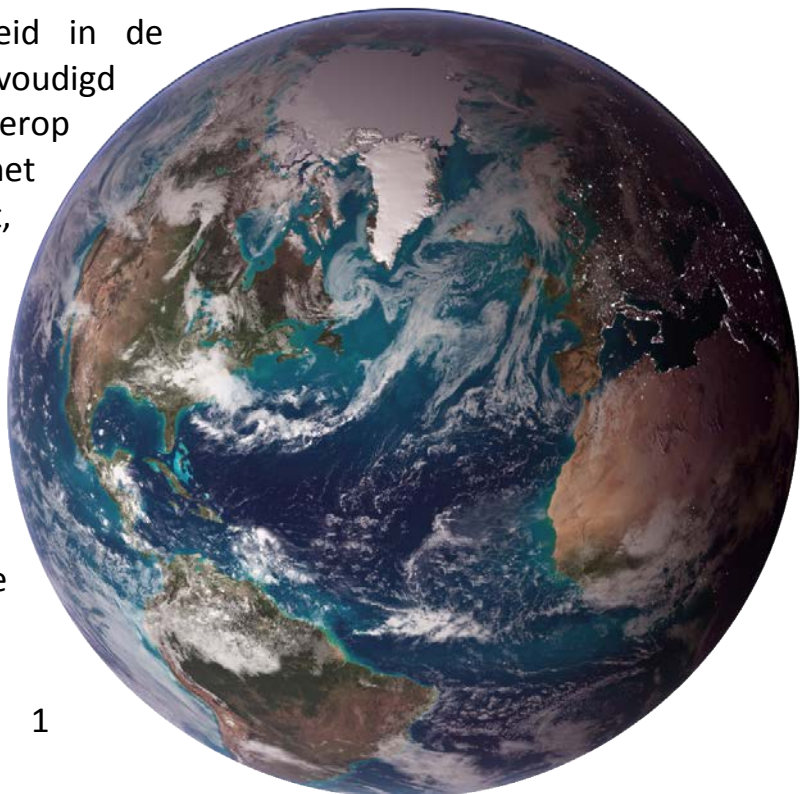
Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt het gas kooldioxide vrij. Sinds de industriële revolutie is daardoor de hoeveelheid kooldioxide in de atmosfeer met maar liefst 50% toegenomen en de verwachting is dat deze hoeveelheid in het jaar 2100 ruim verdubbelt, bij niet al te drastische wijzigingen in de trend van energiegebruik uit fossiele brandstoffen.

### Een warm bad voor het leven

Waterdamp, kooldioxide en de zogenaamde overige broeikasgassen zijn gassen met een goede eigenschap: ze absorberen een deel van het infrarode zonlicht en de warmte die de aarde weer uitstraalt en houden daarmee de aarde aangenaam warm. Zonder deze gassen zou de aarde nu ongeveer 33 graden koeler zijn. De toename van kooldioxide in de atmosfeer geeft een opwarming die weer leidt tot meer verdamping en meer waterdamp in de atmosfeer. Een belangrijk deel van het broeikaseffect van waterdamp is dus gekoppeld aan dat van kooldioxide.

### Tot hier toe heeft Gaia ons geholpen

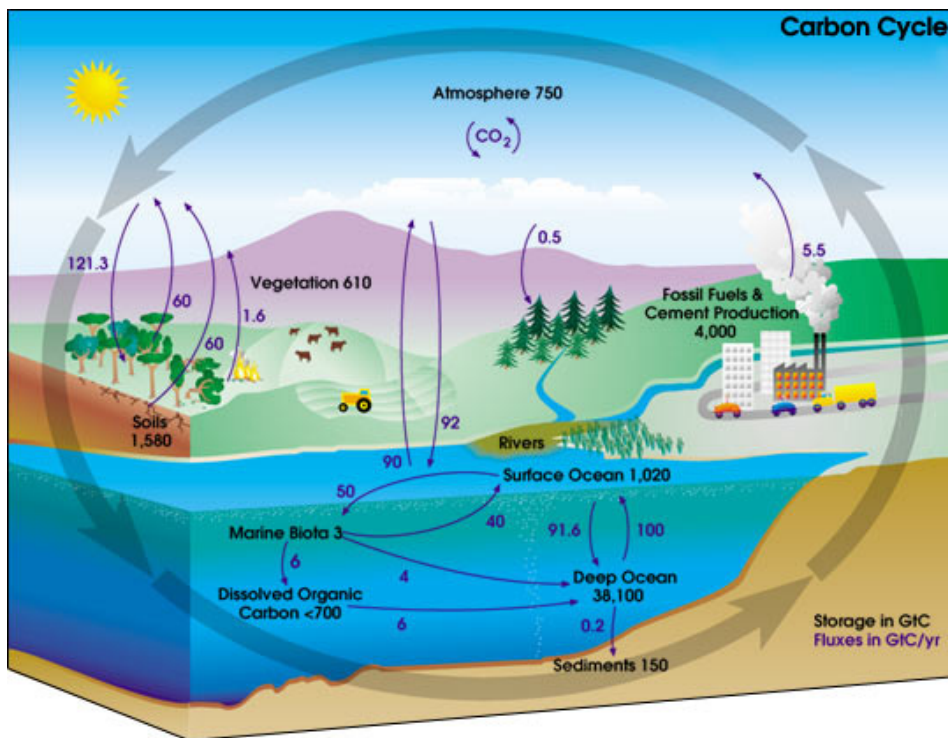
De planten en de oceanen hebben sinds de industriële revolutie meer dan de helft van alle door de mens uitgestoten kooldioxide opgenomen. Zonder deze opname zou de kooldioxide in de atmosfeer nu al verdubbeld en zou de hoeveelheid in de atmosfeer in het jaar 2100 verviervoudigd zijn. Recente waarnemingen wijzen erop dat dit deel van de kooldioxide dat het aardsysteem gratis voor ons opslokt, niet gegarandeerd is en wel eens zou kunnen afnemen, onder andere omdat de oceaan door de opname van kooldioxide verzuurd en dit de opname vertraagd. In zo'n scenario blijft een groter deel van de uitgestoten kooldioxide in de atmosfeer, lopen de kooldioxide



concentraties sneller op en versnelt klimaatverandering.

De hoeveelheid kooldioxide die de landsystemen jaarlijks opnemen is sterk variabel en onze kennis over de bepalende processen is nog maar zeer gering. Ten opzichte van de grootte van de stromen kooldioxide van en naar de atmosfeer en de buffer van de totale hoeveelheid kooldioxide in de atmosfeer zijn de buffers op het land en de oceaan gigantisch. Kleine verschuivingen ten gevolge van klimaatverandering of menselijke beïnvloeding (ontbossing, grootschalig overschakelen op teelt van biomassa) kunnen leiden tot relatief sterk veranderende stromen van of naar de atmosfeer en dus sterke veranderingen in kooldioxide.

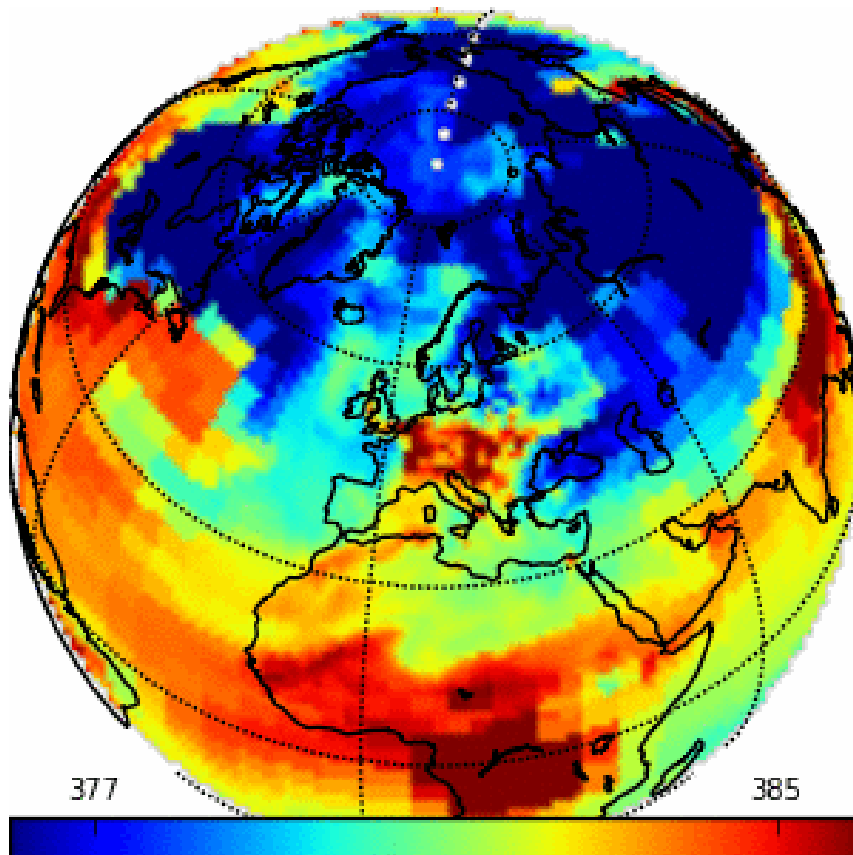
Recent onderzoek heeft uitgewezen dat extra kooldioxide in de atmosfeer vrij snel (binnen een jaar) tot een nieuwe stabiele hogere concentratie leidt, maar dat de verdere opname in de diepere oceanen zeer langzaam verloopt zodat het duizenden jaren zal duren voordat na emissiebeperkingen de concentratie weer naar de oude niveaus gedaald is.



Figuur 1 Overzicht van de globale koolstofbalans (1990's) met in zwart de omvang van de reservoirs in Gigatonnen koolstof (1 Gigaton = 1 000 000 000 kg), en in blauw de gemiddelde huidige omvang van de jaarlijkse uitwisselingsstroom in gigatonnen per jaar. Van de jaarlijkse stroom van kooldioxide emissies uit fossiele bronnen van 5.5 Gt/jaar wordt dus ongeveer 2.8 Gt/jaardoor het aardsysteem opgenomen. De totale stromen die de aarde jaarlijks met 'ademen' rondpompt is ongeveer 210 Gigaton, de kleine onbalans van ongeveer 1% door onze fossiele emissies veroorzaakt dus de huidige stijging van de kooldioxide in de atmosfeer. De verwachting is dat deze menselijke emissie nog zal stijgen naar 7-9 Gt/jaar bij business as usual. Bron: Sarmiento & Gruber, 2007

### Meten en modelleren

We weten nog niet goed genoeg welke factoren in het aardsysteem die snelle en langzame opname van kooldioxide precies bepalen en hoe dat zich in de toekomst zal ontwikkelen. Het enige echte houvast dat we hebben zijn de waarnemingen van de concentraties van kooldioxide in de atmosfeer en het patroon daarvan in tijd en ruimte. Door deze waarnemingen te koppelen aan modellen die het transport in de atmosfeer beschrijven, kunnen we afleiden waar en hoe de opname van kooldioxide plaatsvindt. Het eventueel teruglopen van de opnamecapaciteit of vrijkomen van extra emissies in het aardsysteem kunnen we zo vaststellen. Deze aanwijzingen zijn belangrijk om op tijd maatregelen te kunnen nemen tegen gevolgen van klimaatverandering. En het zou natuurlijk ook kunnen meevallen, bijvoorbeeld door negatieve terugkoppelingen waardoor bijvoorbeeld planten meer kooldioxide gaan opnemen. Ook is het belangrijk de rol van tropische ontbossing op de uitstoot van kooldioxide te kunnen waarnemen en bijvoorbeeld tijdig emissies van methaan door smeltende permafrost te kunnen vaststellen.



Figuur 2 Door het CarbonTracker-EU model (WUR) geoptimaliseerde concentraties van kooldioxide gebruikmakend van de grondwaarnemingen, fossiele emissieschattingen en een biosfeermodel gecombineerd met atmosferisch transport.

### **Niet bij kooldioxide alleen**

Want naast kooldioxide is ook de uitstoot van andere broeikasgassen door menselijke invloeden sterk toegenomen. De belangrijkste door de mens extra in de atmosfeer gebrachte broeikasgassen zijn methaan (uit rijstvelden, vuilstort en herkauwers), lachgas (productie van kunstmest, mestgebruik in de landbouw) en halogeenkoolwaterstoffen (spuitbussen, airconditioners, koelinstallaties, brandvertragers). Omdat de bronnen van deze gassen diffuus zijn, is de schatting van de uitstoot erg onzeker.

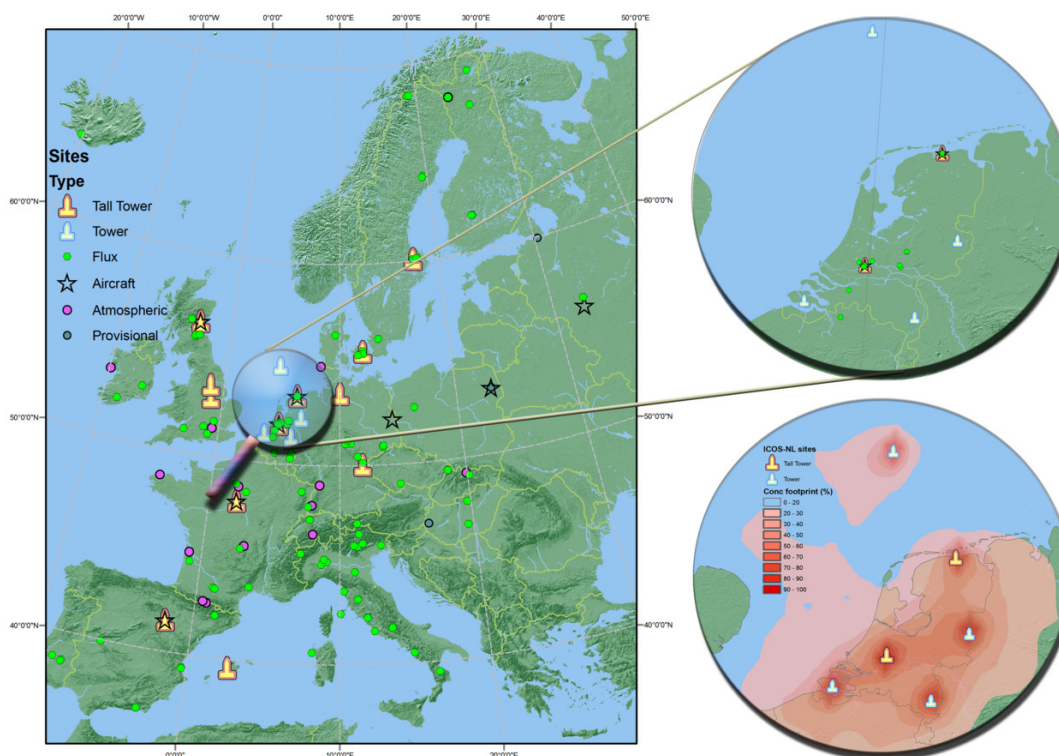
### **Metingen en de rol van ICOS**

Om onze kennis over het Aardsysteem te kunnen verbeteren en betere voorspellingen te kunnen doen, zijn waarnemingen nodig. Sinds 1953 meet men kooldioxide in de atmosfeer, eerst op één plek op Hawaii, later op steeds meer plekken op de wereld, ook in Europa. Dankzij nationale en Europese research projecten is sinds de negentiger jaren in Nederland en Europa een netwerk van observatiepunten van hoge kwaliteit opgezet. Zo is de wereldwijd langste meetreeks van broeikasgassen vanaf hoge masten nu afkomstig van de Nederlandse meetmast te Cabauw. Financiering vanuit kortdurende projecten is echter heel moeizaam en gaat ten koste van de ruimte voor gebruik van die metingen voor het onderzoek. Om de kwaliteit en continuïteit te borgen en te komen tot een uniform netwerk van voldoende ruimtelijke dekking is het Europese ICOS (Integrated Carbon Observing System) initiatief gestart.

ICOS wil als onderdeel van het globale klimaatobservatie programma GCOS de infrastructuur bieden voor die waarnemingen in Europa. Inmiddels prijkt ICOS hoog op de Europese ESFRI roadmap voor grootschalige onderzoeksinfrastructuur en is nu in de voorbereidende fase. Eind 2012/begin 2013 zal ICOS de operationele fase ingaan. Reeds vele landen van Europa hebben middelen toegezegd voor deze operationele fase van ICOS.

### **ICOS-nl: ICOS goes Dutch**

Nederlandse onderzoekers spelen in de opzet voor ICOS een leidende rol en hebben het ICOS-nl consortium gevormd om de Nederlandse bijdrage aan ICOS te vorm te geven. Op dit moment leiden Nederlandse onderzoekers uit ICOS-nl het Europese COCOS project en het Europese InGOS infrastructuur project voor overige broeikasgassen. ICOS-nl staat ook hoog op de Nederlandse roadmap voor Grootschalige Onderzoeksinfrastructuur.



**Figuur 3** Het ICOS-nl plan voor de Nederlandse bijdrage aan de Europese observatie infrastructuur van ICOS. De rode gloed rond de stations in het plaatjes rechtsonder geeft aan in welke mate het station de emissies uit het omliggende gebied kan detecteren. Bron: ICOS-nl

In de komende call van 31 augustus 2011 van NWO voor grootschalige infrastructuur zal ICOS-nl een voorstel doen voor de zo belangrijke inbreng van Nederlandse onderzoekers in ICOS. Nederland wil de leiding nemen bij de zogenaamde Carbon Portal Faciliteit binnen ICOS. Via deze Portal worden de ICOS metingen verzameld en omgerekend tot broeikasgasbalansen. De resultaten worden vervolgens via de Carbon Portal aan wetenschappers en beleidsmakers gepresenteerd.

Met behulp van de waarnemingen in Nederland leveren we niet alleen een bijdrage aan het Europese en wereldwijde netwerk, maar zullen we ook de Nederlandse broeikasgasbalans met sterk verbeterde nauwkeurigheid gaan vaststellen. Deze informatie zal helpen bij:

- **het verifiëren van de reductie in kooldioxide uit fossiele bronnen en de emissies van overige broeikasgassen, zoals methaan**
- **het monitoren van de globale koolstofcyclus, en met name de rol van ontbossing in de tropen**
- **het beter en meer kosteneffectief kunnen afstemmen van adaptatie maatregelen op de natuurlijke dynamiek van het aardsysteem.**
- **Het beter begrijpen van de uitwisseling van broeikasgassen aan het aardoppervlak, en de invloed van klimaatverandering daarop**

Naast het gebruik van hoogwaardige rekenmodellen richt het ICOS-nl consortium zich ook op nieuwe technieken om informatie over de broeikasgassen te verzamelen. Voorbeelden zijn het gebruik van nieuwe innovatieve en meer kosteneffectieve meetmethoden en calibratie en validatie van satellietgegevens.



Figuur 4 Beter late adaptatie dan vroege waarschuwingen? Bron: AFP

### **Kooldioxide en klimaat: een zeer korte geschiedenis van het aardsysteem.**

Kooldioxide is op zich een onschadelijk en van nature veel voorkomend gas. Pas bij concentraties die meer dan tien keer de huidige aardse concentraties zijn wordt het gas vervelend voor mens en dier. In de verre historie heeft de atmosfeer nog veel grotere hoeveelheden kooldioxide bevat, maar dankzij de ontwikkeling van het leven op aarde is geleidelijk aan, in een proces dat honderden miljoenen jaren nam, heel veel daarvan opgenomen door minieme zeediertjes en als kalkzandsteen (Krijt) in het sediment neergeslagen (denk aan de krijtrotsen van Dover en het Centraal Massief van Frankrijk) en later ook door planten omgezet in vaste koolstofproducten en zuurstof (tijdperk Carboon), waardoor het dierenleven op aarde mogelijk werd. In deze periode werd dus ook in de aardkorst de voorraad fossiele brandstoffen in de vorm van olie, gas en kolen aangelegd uit die vaste plantaardige koolstofproducten. Doordat kooldioxide uit de atmosfeer verdween koelde de aarde af en werd de atmosfeer minder vochtig. Veel water werd als ijs opgeslagen op de polen, Groenland en gletsjers, waardoor de aarde meer zonlicht ging reflecteren en verder afkoelde, de oceanen daalden en meer land ontstond.

De laatste miljoen jaar is de hoeveelheid kooldioxide in de atmosfeer min of meer stabiel en relatief laag maar gaat wel enigszins op en neer, in gelijke tred met de gemiddelde temperatuur op aarde. In warme en vochtige periodes is er veel, in koude periodes (ijstijden) is er relatief weinig kooldioxide in de atmosfeer. De variaties in de globale temperatuur lijken voornamelijk te komen door de schommelingen in de stand van de aarde in zijn baan ten opzichte van de zon. In de laatste tienduizend jaar kon de mensheid zich sterk ontwikkelen door de gematigd warme temperaturen in een zogeheten interglaciaal, de tijd tussen twee ijstijden in. De laatste miljoen jaar overheersen de koude periodes, de warme interglaciaal periodes zijn meestal vrij kort (op de geologische schaal, nl tien- tot dertigduizend jaar); die waarin we nu leven is pas kort aan de gang, namelijk ongeveer twaalfduizend jaar. Enkele tientallen jaren geleden waren er wetenschappers die voorspelden dat we binnenkort zouden afglijden naar een nieuwe ijstijd, nu denkt men daar veelal anders over en is het de vraag of met de door de mens verhoogde hoeveelheden kooldioxide in de atmosfeer ooit (binnen een tijd van een miljoen jaar) nog wel een ijstijd mogelijk is, en we per abuis de aarde misschien wel voor zeer lange en voor de mensheid onafzienbare tijd de warme kant op geduwd hebben.

**Meer informatie:**

<http://www.icos-infrastructure.eu>  
<http://www.icos-infrastructure.nl>  
<http://www.ingos-infrastructure.eu>  
<http://www.cocos-carbon.org>

**Contact:**

Han Dolman  
 VU - Vrije Universiteit Amsterdam  
[han.dolman@vu.nl](mailto:han.dolman@vu.nl)

Alex Vermeulen  
 ECN - Energieonderzoek Centrum Nederland  
[a.vermeulen@ecn.nl](mailto:a.vermeulen@ecn.nl)

Institute	VU-A	RUG	ECN	WUR	Alterra	UU	KNMI	SRON
Logo								
PI	Han Dolman	Harro Meijer	Alex Vermeulen	Maarten Krol	Eddy Moors	Thomas Röckmann	Fred Bosveld	Sander Houweling

**Business partners:**



Earth Networks, Inc