



Oratie

HoeZee?!

Appy Sluijs



Universiteit Utrecht

HoeZee?!

Inaugurele rede in verkorte vorm uitgesproken bij de aanvaarding van het
ambt van hoogleraar in de Paleoceanografie aan de faculteit Geowetenschappen
van de Universiteit Utrecht, op 29 juni 2015 door
Appy Sluijs

COLOFON

ISBN

978 90 6266 426 9

Uitgave

Universiteit Utrecht, 2016

Grafische verzorging

C&M (8961) – Faculteit Geowetenschappen – Universiteit Utrecht

Mijnheer de Rector Magnificus, beste collega's, studenten, familie, vrienden.

Veel van mijn collega's die werken op het gebied van klimaatverandering en ik zelf merken een wereld van verschil tussen de maatschappelijke en de wetenschappelijke discussie over klimaatverandering.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change is het instituut van de verenigde naties dat elke 6 jaar de wetenschappelijke literatuur over klimaatverandering samenvat. Het IPCC is helder: de stijging van de CO₂ concentratie komt door de mens en veroorzaakt opwarming. In de maatschappelijke discussie wordt dit dus onterecht in twijfel getrokken. Maar, onze kennis is nog niet genoeg om accurate toekomstprojecties te maken.

De grote vragen zijn natuurlijk: hoe warm gaat het worden en hoe snel zal het klimaat veranderen? Het antwoord op die vragen hangt af van twee factoren. Ten eerste, hoeveel CO₂ gaan we in de toekomst produceren? Dit hangt af van maatschappelijke en economische dynamiek en die is bijzonder lastig goed te voorspellen. Momenteel stoten we per jaar zo'n 10 petagram aan koolstof in de vorm van CO₂ uit. Dit is 1×10^{16} gram. Een ongrijpbaar getal.

Het is net zoveel als het gewicht van 2 miljard Afrikaanse olifanten. Maar dat helpt u niet het getal concreet te maken. Flinker bultruggen. Daarvan passen er 330 miljoen van in 10 petagram. 25 miljoen tot de nok toe gevulde van de allergrootste Boeing 747s.



IPCC rapporten uit 1990, 1995, 2001, 2007 en 2013



2 miljard grote Afrikaanse olifanten



330 miljoen flinke bultruggen



25 miljoen afgeladen 747's



4 miljoen gevulde 50 meter baden



1 x 67P/
Tsjerjoemov-Gerasimenko komeet

Menselijke CO₂ uitstoot per jaar (in gram C)

4 miljoen gevulde 50 meter baden. Dames en heren, jaarlijks stoten wij ongeveer deze komeet uit aan koolstof. Hier hebben we een *lander* op neergezet vorig jaar. Er cirkelt op basis van zwaartekracht een satelliet omheen. Nog steeds abstract? Het is per persoon per jaar ongeveer 1400 kilo aan koolstof in de vorm van CO₂ als we het gelijk over de wereldbevolking verdelen. Dat is ongeveer een Opel Vectra. Overigens is dat maar 2 keer de hoeveelheid papier die Gert de Lange tot de verhuizing op zijn kamer had verzameld. En, mijnheer de rector, het is ongeveer gelijk aan de jaarlijkse hoeveelheid bureaucratie waar een hoogleraar mee te maken heeft.

Oftewel, we stoten gigantisch veel CO₂ uit; deze uitstoot kan in de toekomst toe- en afnemen afhankelijk van onze beslissingen. Daarom gaat het IPCC voor klimaatprojecties uit van verschillende emissiescenario's voor de komende eeuwen.

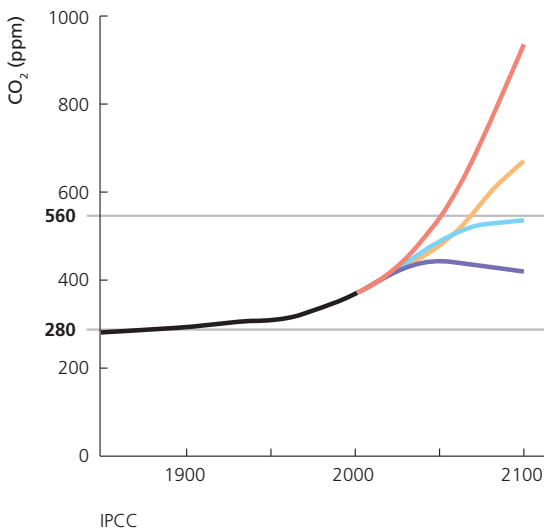
In de figuur rechts ziet u het jaartal op de horizontale as en de CO₂ concentratie op de verticale as. Zwart zijn metingen, de kleuren zijn toekomstprojecties op basis van 4 emissiescenario's. De scenario's leiden tot zeer verschillende CO₂ concentraties in de atmosfeer voor de komende eeuw, variërend tussen 400 en 1000 deeltjes per miljoen.

CO₂ emissie is dus EEN ding. Ten tweede hangt de mate van opwarming af van hoe gevoelig de temperatuur precies is voor de toename in CO₂. Dit is een natuurkundige vraag.

Voor de industriële revolutie was de CO₂ concentratie 280 deeltjes per miljoen. Als onze uitstoot niet sterk gereduceerd wordt zal ergens deze eeuw de CO₂ concentratie verdubbeld zijn naar 560 ppm.

Volgens het IPCC veroorzaakt die verdubbeling op termijn een opwarming van tussen 1.5 en 4.5 graden. Om een indruk te geven van wat dat is stel ik u nu de vraag: Was het dit voorjaar warm of koud? Het was 0.3°C kouder dan gemiddeld. Maar vorig voorjaar hadden we prachtig weer, toch? Toen was het gemiddeld 1.8 graden warmer dan gemiddeld. In 2013 was het voorjaar bijzonder koud, weet u nog? We hadden winterjassen aan tot in juni. Toen was het 2.1 graden kouder dan gemiddeld. Oftewel, 2 graden is gigantisch veel. Het verschil tussen 1.5 graden en 4.5 graden opwarming is dus, inderdaad, het verschil tussen een ijskap op Groenland of het afsmelten daarvan. En uiteindelijk een zeespiegelstijging van meters op de meeste plekken.

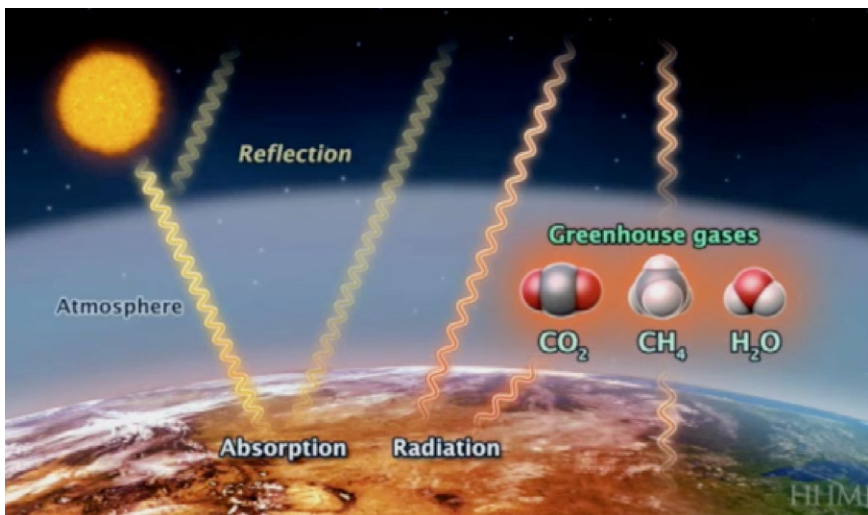
Klimaatgevoeligheid is dus het toverwoord. Veroorzaakt een verdubbeling van de CO₂ concentratie een opwarming van 1.5 graad, 4.5 graden of een waarde daar tussenin? Al



sinds eind jaren 70 wordt deze vraag door natuurkundigen benaderd door middel van klimaattheorie. Dit zit als volgt in elkaar. De zon schijnt licht naar de aarde. Een deel van dit licht wordt gereflecteerd, bijvoorbeeld door sneeuw. Een ander deel van het licht wordt aan het aardoppervlak omgezet in warmte. Dit is de zonnwarmte die we voelen. Deze warmte wordt weer uitgestraald naar de dampkring. Maar daarin zitten gassen die deze warmte opnemen en weer naar alle kanten uitzenden, dus ook terug naar het aardoppervlak.

Hierdoor blijft een deel van de warmte dus 'hangen', als in een broeikas, vandaar de naam broeikasgassen. Waterdamp is het belangrijkste broeikasgas, daarna CO_2 . Als de CO_2 concentratie stijgt versterkt dus het broeikaseffect en blijft meer warmte 'hangen' rond het aardoppervlak. Als de natuurkundigen getallen invoeren in deze processen dan blijkt dat een verdubbeling van de CO_2 concentratie leidt tot 1.1 graad opwarming. Nou, dat is dan dat; valt alles mee toch? Maar de hogere temperatuur zorgt er ook voor dat er meer waterdamp in de lucht blijft zitten voordat het uitregent. Oftewel, als gevolg van de opwarming door CO_2 stijgt ook de waterdamp concentratie en warmt het nog verder op. Dit is een van de vele zogenaamde 'feedbacks', of 'terugkoppelingen' in het klimaatstelsel. Veel van deze feedbacks versterken de opwarming, zoals waterdamp, waardoor we veel meer opwarming verwachten dan 1.1 graad bij een verdubbeling van de CO_2 concentratie. Er zitten flink wat onzekerheden in deze feedbacks, vandaar de onzekerheid tussen 1.5 en 4.5 graden.

Op basis van data en modellering hebben aardwetenschappers en natuurkundigen de afgelopen decennia ontzettend veel progressie gemaakt wat betreft het identificeren en begrijpen van feedbacks. Maar de onzekerheid wat betreft klimaatgevoeligheid in het laatste IPCC rapport (tussen 1.5 en 4.5 graden) is identiek aan het beroemde rapport van Charney en collega's uit 1979. Dit leert ons twee dingen: 1) wetenschap is geen



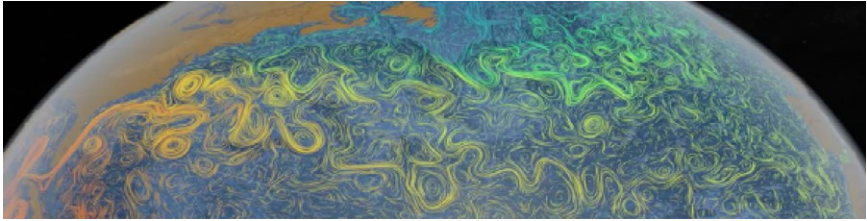
machine waarvan je kunt verwachten dat als je aan de voorkant wat geld investeert, aan de achterkant de uitvindingen van de band komen rollen. 2) We moeten om klimaatgevoeligheid te bepalen wellicht de enorme vooruitgang gebruiken die is gemaakt in het begrip van klimaatveranderingen in het verleden.

Om de kansen van het verleden bloot te leggen gebruik ik graag een zin uit een veldwerkverslag van een student: *“In de afgelopen 550 miljoen jaar is er in Zuid Limburg veel gebeurd.”* Geen speld tussen te krijgen. Ook in het verleden steeg de CO₂ concentratie wel eens, door natuurlijke oorzaak. De vraag is dus: hoeveel steeg de temperatuur toen? Cruciaal hier is dat dit geen model of projectie van de werkelijkheid is, het IS de werkelijkheid, alleen de werkelijkheid van het verleden. Dit brengt mij tot mijn eerste stelling:

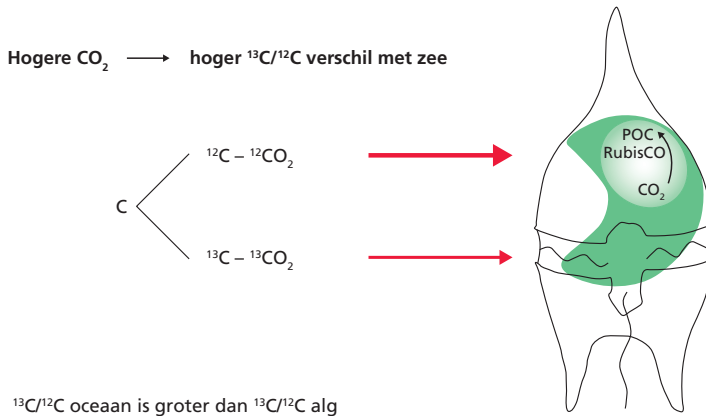
“Het grootste voordeel van het verleden is dat het al gebeurd is, ECHT gebeurd, op DEZE aarde.”

Klimaatgevoeligheid in het verleden wordt een van de grote thema's binnen mijn leerstoel Paleocyanografie over de komende jaren. Het vakgebied hing al een tijdje in de lucht maar ging in Nederland een jaar of 5 geleden echt goed van start, toen Eelco Rohling, Henk Dijkstra en ik hierover een internationale workshop organiseerden bij de KNAW. We nodigden paleoklimatologen uit, en een aantal van de beste natuurkundigen, onder wie Jim Hansen (nee, niet die van de muppets). Precies zoals we verwacht hadden was na een lezing van een natuurkundige en een van een aardwetenschapper de verwarring compleet. De natuurkundigen en de aardwetenschappers spraken elkaars taal niet. Dit tot grote ergernis maar ook vermaak van onszelf. Je lacht wat af als je elkaar niet begrijpt. Journalist Martijn van Calmthout, die de workshop bijwoonde, schreef daar later in de Volkskrant nog een geweldig artikel over. Nadat we een gemeenschappelijke taal hadden afgesproken bleek vrij snel dat het verleden zich gedraagt zoals we op basis van klimaattheorie verwachtten: Een verdubbeling van de CO₂ concentratie leidde ook in het verleden tot een opwarming van tussen de 1.5 en 4.5 graden. De taal en deze conclusie publiceerden we vervolgens als team in een groot artikel in het tijdschrift *Nature*. Ik zie dit artikel als het begin van een systematisch, multidisciplinair vakgebied genaamd Paleoklimaatgevoeligheid. Nu dus kijken of we dit vakgebied tot zulke hoogten kunnen tillen dat we de onzekerheid voor de toekomst kunnen verkleinen.

Wat we dus willen hebben van zo'n klimaatverandering uit het verleden, is goede informatie over temperatuur en broeikasgasconcentraties, met name CO₂. Dan kunnen we klimaatgevoeligheid berekenen. Liefst ook willen we goede informatie over de feedbacks zodat we begrijpen waarom de klimaatgevoeligheid was wat 'ie was.



Vorig jaar ging over deze thematiek een 10-jarig onderzoeksprogramma genaamd het Netherlands Earth System Science Center, of NESSC, van start, gefinancierd door het rijk door een zogenaamde zwaartekracht subsidie. Gert-Jan Reichart en andere collega's zorgen dus voor goede temperatuurreconstructies. Ik ga proberen ook bij te dragen aan betere reconstructies van CO_2 concentraties in de atmosfeer. En wat zegt mijn familie dan: Moeije lekker doen joh! Hier is een manier waarop we dat proberen. De oplossing ligt HOEZEE, in zee, maar hoe?



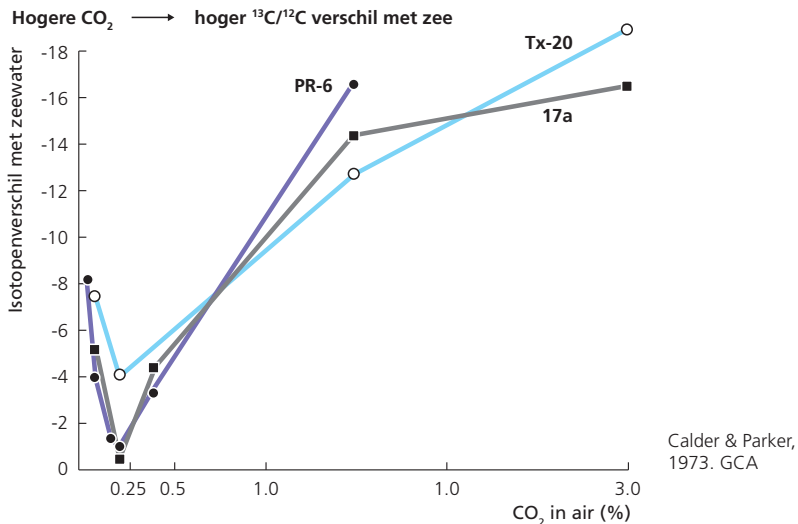
De oceaan: daar is ie dan eindelijk. Ze overstroomt constant een onuitputtelijke bron van vragen. Lord Byron, een Britse dichter zei: “Roll on, deep and dark blue ocean, roll. Ten thousand fleets sweep over thee in vain. Man marks the *EARTH* with ruin but his control stops with the shore.” Toen Byron dit zei in het begin van de 19^e eeuw klopte dit. Maar stopt onze controle wel bij de kust of hebben we inmiddels meer grip op de oceaan? Dit leidt tot mijn tweede stelling:

De kennis uit het verleden is goed genoeg om toekomstprojecties van klimaatverandering te verbeteren.

Om u uit te leggen hoe we CO_2 proberen te reconstrueren met behulp van het oceanenverleden moet ik eerst iets over biologie en scheikunde vertellen.

Als algen in de oceaan fotosynthese doen, nemen ze CO_2 op uit zeewater en daar maken ze vervolgens het weefsel van waaruit ze bestaan. Maar dit doen ze niet helemaal willekeurig. Koolstof, de kern van het molecuul CO_2 , heeft twee vormen: de isotopen met de massa 12 en 13. (ik laat het minuscule beetje ^{14}C buiten beschouwing). Er is dus $^{12}\text{CO}_2$ en $^{13}\text{CO}_2$ in de lucht en in de oceaan. Blijkt dat algen makkelijker $^{12}\text{CO}_2$ vastleggen dan $^{13}\text{CO}_2$. De $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ verhouding van CO_2 in de oceaan is dus hoger dan de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ verhouding van de alg. Rond het jaar 1970 lieten verschillende wetenschappers voor het eerst zien dat algen nog meer $^{12}\text{CO}_2$ opnemen bij hogere concentraties van CO_2 . Dan wordt de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ verhouding van algen dus nog lager, en het verschil met zeewater nog groter.

Hier ziet u 42 jaar oud werk van Calder en Parker. Hoe hoger de CO_2 concentratie van het water waarin de algen groeien, hoe groter het verschil in $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ verhouding tussen het water en de algen.

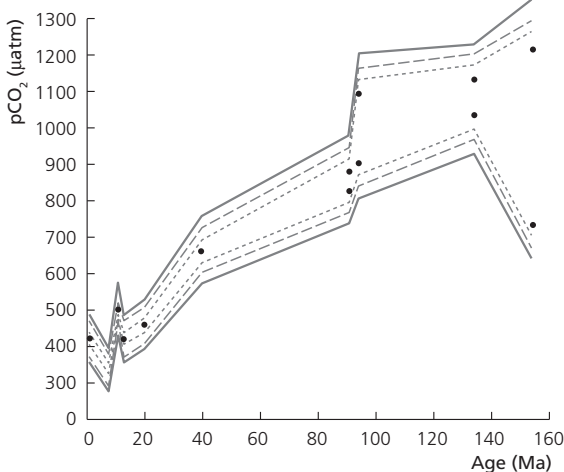


Fossiele resten van algen vinden we terug in sedimenten op de zeebodem. De $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ verhouding daarvan is dus een maat voor de concentratie CO_2 in het zeewater. Omdat de CO_2 concentratie in zeewater in verhouding staat tot de CO_2 concentratie in de lucht, kun je dus ook CO_2 als broeikasgas in de atmosfeer bestuderen.

De eersten die dit deden waren John Hayes en zijn toenmalige studente Kate Freeman begin jaren 90. Ze maten de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ verhouding van moleculen die van algen afkomstig waren en die over de afgelopen 160 miljoen jaar (horizontale as) in het sediment bewaard waren gebleven. Vervolgens rekenden ze deze waarden om naar CO_2 in de atmosfeer (verticale as). U ziet al, in de afgelopen 160 miljoen jaar is er veel gebeurd en niet alleen in Zuid Limburg.

Maar al snel bleek weer eens het gelijk van Voltaire: *“The progress of rivers to the ocean is not so rapid as that of man to error.”* Er kleefden meer onzekerheden aan deze methode dan eerst gedacht. Is de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ verhouding niet ook afhankelijk van andere zaken, zoals temperatuur, hoe de alg groeit, hoe groot hij is en of hij CO_2 opneemt of andere vormen van koolstof. En reageert de ene soort alg niet anders dan de andere? De methode van Freeman en Hayes is daardoor inmiddels sterk verfijnd maar een aantal onzekerheden blijft omdat we in het sediment echt alleen maar die moleculen konden meten en we van het oorspronkelijke organisme weinig meer zien.

$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ algenmoleculen als maat voor CO_2



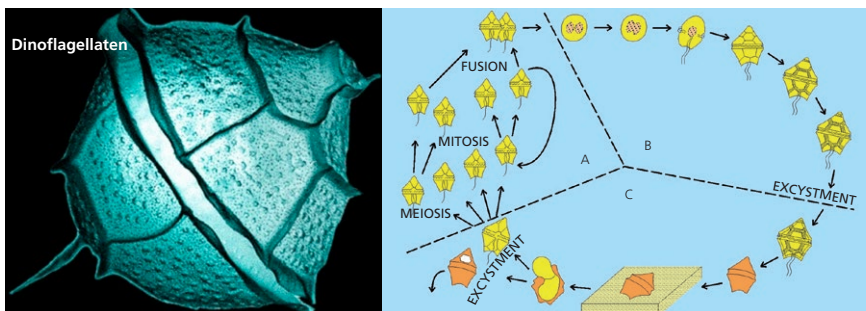
Freeman & Hayes, 1992. GBC

Daarom ben ik met deze problematiek aan de slag gegaan binnen mijn onderzoeksbeurzen afkomstig van het Darwin Center for Biogeosciences en de Europese Commissie (note: wij halen als Nederlandse wetenschap veel meer geld uit Europa dan wij aan onderzoekgeld in Europa stoppen).

Stelling 3: *Wetenschappers zijn Nederlands Kampioen Europamelken, dus eigenlijk zou de PVV ons moeten omarmen!*

Traditioneel is er weinig liefde tussen de vakgebieden die zich richten op de carbonaat en organische fossiel domeinen. Ik spreek dus vaak over foraminiferen als zijnde de troep die ik oplos voor ik aan het werk ga, terwijl de carbonaat micropaleontologen dezelfde troep wondertjes van de natuur noemen. Misschien onze laatste hoop voor een betrouwbare temperatuur proxy, maar toch. Binnen dit project draait het dus om, hoe kan het ook anders, dinoflagellaten. Dinoflagellaten zijn eencelligen die in grote getalen in de oceaan leven. Vele soorten doen aan fotosynthese, ze nemen dus CO₂ op en maken daar algenweefsel van. In sedimenten vinden we ook moleculen terug van dinoflagellaten maar het wordt nog veel mooier!

Dit plaatje laat een sterk gesimplificeerde levenscyclus zien van de dinoflagellaten waarmee wij werken. Een aantal weken van het jaar zwemmen ze rond in de oppervlakte-oceaan waar ze fotosynthese doen. Dan, als door goddelijke interventie ingegeven, besluiten ze seks te hebben. Deze versmelting is completer dan bij de mens; het is letterlijk, om met de Spice Girls te spreken: “*when two become one*”. Twee cellen worden er een en deze besluit een paar maanden rust te nemen na de grote inspanning. Hij werpt zijn flagellen af waarmee hij zwom, bouwt een plastic voetbal om zichzelf heen en zinkt langzaam richting de zeebodem. Daar wacht hij tot de condities weer goed zijn en dan PLOP kruipt



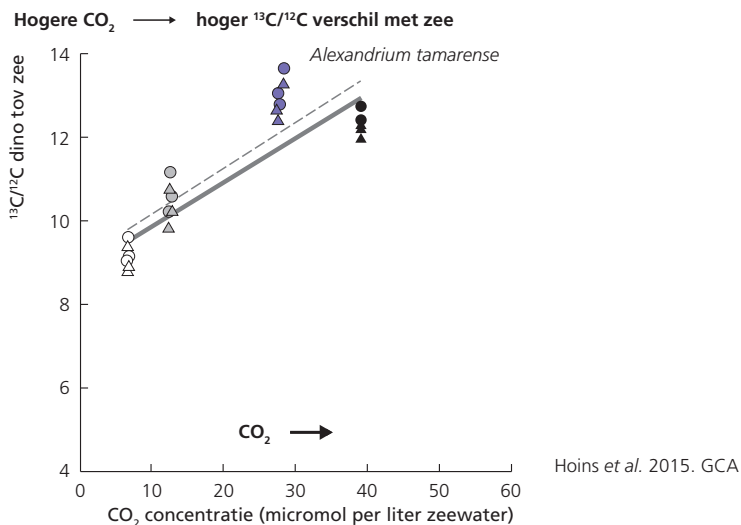
hij uit zijn voetbal, zwemt weer naar het zeeoppervlak en gaat weer fotosynthese doen. Cruciaal hier is de plastic voetbal, ofwel de dinocyst. Net als de *Plastic Soup* is deze moeilijk afbreekbaar met als gevolg dat hij deel uit gaat maken van het sediment. We vinden dinocysten terug in zeebodemmodder tot tenminste 240 miljoen jaar oud.

Stelt u zich voor, u bent zo'n dinoflagellaat. Eentje die 100 miljoen jaar geleden in de oceaan rondzwom. Middenin het dinosaurustijdperk. Neem even de tijd En bedenk dan: wat gaat u doen? Juist! Fotosynthese! U neemt ^{13}C en ^{12}C op uit de oceaan. Hoe hoger de CO_2 concentratie hoe lager de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ verhouding van uw dinoflagellatenlichaampje. U hebt seks met uw naaste. Aan geslachtsdiscriminatie doen dinoflagellaten niet, al voorkomen ze wel incest. Dan bouwt u uw plastic honeymoonsuite: de cyst. Omdat u de cyst maakt met uw eigen weefsel is dus ook de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ verhouding van de cyst is een maat voor de CO_2 concentratie. Honderd miljoen jaar later boren wij met een schip, zoals deze van het International Ocean Discovery Program, het sediment op waar uw honeymoonsuite gepreserveerd is gebleven. En voor u het weet wordt deze vriendelijk aangekoekeloerd door ondergetekende, waarna ik hem rücksichtslos vernietig voor een $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ meting ter reconstructie van de CO_2 concentratie tijdens uw leven, ergens in het Krijt tijdperk.

Mooi bedacht, maar werkt het ook echt zo? Om dit uit te zoeken heeft promovenda Mirja Hoins de afgelopen jaren verschillende soorten dinoflagellaten die al heel lang in de oceanen rondzwemmen in het lab laten groeien in zeewater met verschillende concentraties CO_2 .



*Boorschip JOIDES Resolution.
IODP/William Crawford*



Dit is een figuur uit haar paper van dit voorjaar. Inderdaad blijkt: hoe hoger de CO₂ concentratie (horizontale as) hoe groter het verschil in ¹³C/¹²C verhouding tussen water en alg (verticale as). Deze relatie is dus, in principe, bruikbaar om op basis van de fossiele cysten CO₂ te reconstrueren. De biologie doet dus wat 'ie moet doen.

Sinds een half jaar kunnen we behoorlijk goed de ¹³C/¹²C ratio meten van individuele cysten. Gert-Jan Reichart heeft bedacht hoe het kon, Linda van Roij heeft het gebouwd en ik heb het betaald. Ieder zijn rol. Bedenk dit even: het gaat om holle plastic zakjes met een doorsnede van 50 micrometer en een dikte van enkele micrometers. Een heel dun, hol schijfje haar eigenlijk. Dinocysten hebben een massa van minder dan 100 nanogram; dat is 0,0000001 gram. En daar dus de ¹³C/¹²C verhouding van meten. Dat kon nog niemand op deze wereld. Wij zijn dus nu de enigen op aarde die dit kunnen. Dit biedt een andere promovenda, Mariska Datema dus nu wel de kans om te testen of de cysten van de verschillende soorten wel netjes de ¹³C/¹²C ratio hebben die we verwachten op basis van de CO₂ concentratie in de oceaan van nu. En of de ¹³C/¹²C ratio van de cysten wel netjes de toename van de CO₂ concentratie laten zien die optrad toen de laatste ijstijd eindigde. Als dat allemaal werkt, dan kunnen we dus echt CO₂ reconstrueren. En dan kunnen promovendi Joost Frieling, Tjerk Veenstra, Margot Cramwinckel, Robin van de Ploeg en Carolien van der Weijst deze relaties gebruiken om te bepalen hoe sterk

de CO₂ concentratie veranderde in de tijdsperiodes die zij onderzoeken tijdens hun promotietrajecten.

Maar we kunnen nog veel meer doen met deze nieuwe apparatuur. De ¹³C/¹²C verhoudingen onderscheidt allerlei verschillende organismen en aspecten van ecosystemen in de huidige oceaan. Door allerlei kleine organische dingetjes uit sedimenten te meten kunnen we dus, denk ik, beter inzicht krijgen over hoe ecosystemen in het verleden werkten. Die thematiek wil ik de komende 5 jaar uitdiepen.

U ziet het, je reconstrueert het verleden niet zomaar. We hebben te maken met biologische, natuurkundige en scheikundige processen, op allerlei tijdschalen, gebundeld in de aardwetenschappen. Maar dit werk is wel cruciaal. We hebben die informatie over CO₂ en temperatuur uit het verleden nodig om betere toekomstprojecties te maken van klimaatverandering. Het is oneindig veel beter dan, om met collega Jerry Dickens te spreken, “*just running around blindly to ultimately conclude: “Djee, look what happened!”*” Dat kunnen we ons niet veroorloven.

Maar wetenschap gaat over dingen die we NIET weten. We weten dus ook niet zeker OF we, en zoja, wanneer we de vooruitgang maken die onzekerheden verkleint. Wetenschap is echter wel onze enige kans.

Het overzien en oplossen van deze complexe materie heeft zeer gedreven, gepassioneerde, u kunt ook zeggen waanzinnige, onderzoekers nodig. Onderzoekers die misschien niet zozeer de maatschappelijke uitdaging willen oplossen maar die intrinsiek gemotiveerd zijn om het klimaatstelsel in al zijn complexiteit te begrijpen. Dit is een belangrijk onderscheid en brengt mij tot Stelling 4:

Betere toekomstprojecties zullen niet komen van hen die de klimaatproblematiek het hoofd willen bieden maar van wetenschappers die het klimaatstelsel willen begrijpen.

Dit geldt overigens niet alleen voor klimaatverandering maar ook voor alle andere maatschappelijk relevante onderzoeksthema's. Cruciale vooruitgang vindt niet alleen plaats waar de toepassing ligt.

En dus, pas op, nu word ik sarcastisch, bezuinigt het rijk al decennia lang op universiteiten en het fundamenteel, nieuwsgierigheidsgedreven onderzoek dat daar plaatsvindt. Een efficiëntieslag is allang niet meer te maken. Helaas speelt deze trend ook in veel andere westerse landen. Het gevolg op lange termijn zal zijn dat we als mensheid minder goed in

staat zijn om maatschappelijke problemen goed het hoofd te bieden, laat staan op te lossen. Velen hier aanwezig zouden hier, net als ik, het komende uur kunnen vullen met een serie geweldige argumenten om te ondersteunen wat ik zojuist zei. Velen onder u, zoals mijn collega's van De Jonge Akademie hebben dat ook gedaan, in opiniestukken, op televisie en in direct gesprek met ministers en staatssecretarissen. Universiteitsbestuurders delen de argumenten. De KNAW ook. NWO ook, en zelfs het bedrijfsleven! Oftewel, iedereen wil het maar deze regering, net als de vorige ... ehm, stuk of 10? doen het niet. Er wordt bezuinigd en herverdeeld richting pragmatisch toepassingsgericht werk zoals gebeurt in de Economische Topsectoren.

Zelfs de politieke partijen die inzien dat onderzoek de samenleving verder brengt staan achter dit kortzichtige beleid. De komende jaren gaat er daardoor in Nederland niet alleen minder, maar ook minder goed en zeker minder innovatief onderzoek gebeuren. Wij kunnen niet veel anders dan blijven uitleggen waarom lange termijn investeringen belangrijk zijn voor de maatschappij.

De Economische Topsectoren, wie zit daar in de huidige vorm nog op te wachten? Wetenschap omvat alles, inclusief de economie. Het is verdedigbaar om geld te reserveren voor onderzoek naar de grote maatschappelijke uitdagingen, zoals klimaatverandering, vergrijzing en voedselzekerheid. Maar gebruik dan vooral de hele wetenschap, van plantenveredelaar tot filosoof, van socioloog tot paleoceanograaf, om nieuwe ideeën uit te werken. Ik roep u allen op om dit keihard blijven roepen totdat dit idee in de tas van de volgende formateur komt.

Een vehikel om dat de bewerkstelliging zie ik in de Nationale Wetenschapsagenda. Velen van u hebben vragen gesteld aan de wetenschap.

Een totaal van 11.765 vragen is door allerlei mensen ingediend. En er zijn te gekke vragen gesteld, zoals: "Kunnen we de vorm van de aarde zodanig veranderen dat we tijd winnen?", of: "Wat is het antwoord op het leven, het universum en alles?" Iemand?? En, "hoeveel boterhammen zijn er op de wereld?" Toch zijn de meeste ingediende vragen legitiem, onderzoekbaar en actueel. Dit is dus het allereerste document dat reflecteert wat Nederland belangrijk vindt. De bijna 12 duizend vragen zijn nu door wetenschappers in 5 jury's (ik maakte deel uit van 1 hiervan) ingedeeld in grotere overkoepelende vragen, 248 in totaal. Hier zit nog wel wat overlap in maar de notie dat hier 200 echt grote, maatschappelijk gedragen vragen bij zitten brengt mij tot Stelling 5:

De Nationale Wetenschapsagenda moet leiden tot het verbreden van Economische Topsectoren tot Maatschappelijke Topsectoren.

Dit wordt, veel meer dan alleen industrie, gedragen door de hele maatschappij. Dan is er ook budget om aan deze uitdagingen te werken. De politici zijn nu aan zet en dus ligt hier een kans voor het grijpen; laten we ze helpen.

Ik doe dit werk omdat ik het geweldig vind om erachter te komen hoe het werkt hier op aarde. Het spreekt sterk tot mijn verbeelding. Deze pootafdruk van zo'n 58 miljoen jaar oud, van een nijlpaardachtige is gevonden op Spitsbergen. Hoort daar niet! En dus spreekt ze tot de verbeelding. Ook bij onze vriend Marc Cornelissen, die onlangs samen met Philip de Roo omkwam in het Canadese poolgebied; ook zijn verbeelding werd getroffen toen hij deze foto maakte.

Ons vakgebied is jong maar wordt langzaam aan volwassen van een kwalitatieve, beschrijvende, hypothetiserende wetenschap tot een meer kwantitatief geheel. Die stap is cruciaal om echt belangrijk te worden voor de maatschappij, en dus ook bestaansrecht te hebben in de toekomst. Daar zijn we nog niet en we moeten keihard werken om naar Paleoeceanografie 2.0 te gaan.

Met ontzettend veel plezier en passie begeleid ik daarom promovendi en studenten, doceer ik en ruzie ik met collega's over de anderhalve te besteden cent. Ik mis mijn



Foto: Marc Cornelissen

microscopio wel eens maar ik lach veel. Ook in ons nieuwe afgekeurde gebouw, dat momenteel met netten wordt omhangen zodat de brokken beton die er vanaf breken niet de hersenpannetjes van onze studenten vermorzelen. Het is echt geweldig om in zo'n dynamische omgeving met elkaar heel goed na te kunnen denken over nieuwe dingen. Ik vind het, gezien de kwaliteit van ons wetenschapsveld in Utrecht, heel erg bijzonder dat de Faculteit Geowetenschappen en de Universiteit Utrecht het vertrouwen in mij hebben om de Paleocyanografie door te ontwikkelen. Dank daarvoor.

Stelling 6: Ik vind betere bruggetjes naar mijn dankwoord dan Rob Trip naar het weer.

Ik wil ook graag de eerdergenoemde promovendi bedanken maar ook die al gepasseerd zijn, Niels van Helmond, Sander Houben en Peter Bijl, die allemaal nog onderzoek doen. Ik dank ook mijn meest naaste collega's, Francesca en Bas. Mijn collega's die mij vanaf het begin wetenschappelijk hebben gekneed, en soms gebeukt als de klei hard dreigde te worden. Ik noem Jim Zachos, Stephen Schellenberg, Luc Lourens, Jerry Dickens, Jaap Sinninghe Damste, Stefan Schouten, Simone Galeotti en later ook Gert-Jan Reichart, Caroline Slomp en Jack Middelburg.

Stelling 7: We hebben inderdaad sterk behoefte aan niet-westerse allochtonen in onze wetenschap.

Als jongste van de 652 hoogleraren aan deze universiteit mag IK het zeggen: 'De studenten van tegenwoordig'... Maar ik dank hen zeer voor wat ik van hen leer. Ik dank alle mensen die mij hebben geholpen te komen tot effectieve wetenschapscommunicatie. En in het bijzonder De Jonge Akademie voor een geweldig steile leercurve op het gebied van de relatie tussen wetenschap, maatschappij, beleid en interdisciplinariteit. En uiteraard dank ik die man die voor mij alle mogelijke deuren heeft geopend, mijn wetenschappelijke vader Henk Brinkhuis.

Daarnaast dank ik mijn niet-wetenschappelijke kneders, veppers, smaakmakers en woudlopers. Mijn familie, die altijd een grote rol speelt, en in het bijzonder oma Sophie, Fieke en haar mannen, en Jos en Puck. Jullie zijn wie ik ben, en meer. En Grietje, jij bent de allerleukste.

Ik heb ... nog niet alles gezegd.

Jullie zijn met heel veel en dat vinden Gert-Jan en ik geweldig. De meesten van jullie zijn hier omdat wij elkaar met regelmaat zien. Als we zo meteen naar de kloostertuin hiernaast

gaan om te borrelen, voel dan vooral NIET de neiging om ons met z'n allen tegelijk te komen feliciteren. We zien jullie ongetwijfeld tijdens de borrel of tijdens het kleine feestje daarna met iets uitgedund gezelschap. In het allerergste geval zien wij ons de volgende keer, wat voor de meesten deze week nog is. Mocht u iets voor een van ons hebben meegebracht, laat dat vooral achter met uw naam erop, maar ook de naam van een van ons zodat Gert-Jan en ik daar geen ruzie over krijgen.

Ik besluit met een heldere quote van Kurt Vonnegut, die ik volledig onderstreep: *I tell you, we are here on Earth to fart around, and don't let anybody tell you different.*

Ik heb gezegd.

Referenties

- Calder, J. A., and Parker, P. L., 1973, Geochemical implications of induced changes in C¹³ fractionation by blue-green algae: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 37, no. 1, p. 133-140.
- Freeman, K. H., and Hayes, J. M., 1992, Fractionation of carbon isotopes by phytoplankton and estimates of ancient CO₂ levels: *Global Biogeochemical Cycles*, v. 6, p. 185-198.
- Hoins, M., Van de Waal, D. B., Eberlein, T., Reichart, G.-J., Rost, B., and Sluijs, A., 2015, Stable carbon isotope fractionation of organic cyst-forming dinoflagellates: Evaluating the potential for a CO₂ proxy: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 160, p. 267-276.
- IPCC, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Fifth Assessment Report.



Prof. Dr. Appy Sluijs (1980) werd geboren in Woerden, Nederland. Hij studeerde Biologie aan de Universiteit Utrecht waar hij in 2006 cum laude promoveerde. In zijn proefschrift beschreef hij veranderingen in klimaat, koolstofcyclus en ecologie ten tijde van een extreme en snelle klimaatverandering 56 miljoen jaar geleden. Met een NWO Veni Vernieuwingsimpuls kon hij aan de Universiteit Utrecht zijn onderzoek uitbreiden naar andere tijdsperiodes. In 2009 werd hij aangesteld als Universitair Docent bij het Departement Biologie, waar hij een jaar later een ERC Starting Grant ontving. Met deze Europese beurs ontwikkelde Sluijs een nieuwe methode om CO_2 -concentraties in het geologische verleden te reconstrueren op basis van de chemie van dinoflagellaten en hun fossielen. In 2012 verhuisde Sluijs binnen Utrecht naar het departement Aardwetenschappen (Faculteit Geowetenschappen), waar hij in 2014 werd aangesteld als hoogleraar Paleooceanografie: de wetenschap van het geologische verleden van oceanen.

Tussen 2009 en 2014 was Appy Sluijs lid van De Jonge Akademie van de KNAW, waarvan hij de laatste twee jaar bestuurslid was. Naast de wetenschap is hij zeer actief op het gebied van wetenschapscommunicatie en -beleid. Hij verschijnt regelmatig in de media in het maatschappelijk debat over klimaatverandering.

In zijn oratie 'HoeZee?!' behandelt Sluijs hoe we het verleden van de oceaan gebruiken om toekomstprojecties van klimaatverandering te verbeteren. Ook gaat hij in op het belang van nieuwsgierigheidsgedreven onderzoek voor de samenleving, en het structureel achterblijven van publieke investeringen daarin.