



Universiteit Utrecht

Faculteit Geowetenschappen



Oratie

De Aarde is blauw

Gert-Jan Reichart



Universiteit Utrecht

De Aarde is blauw

Inaugurele rede in verkorte vorm uitgesproken bij de aanvaarding van het
ambt van hoogleraar in de Mariene Geologie aan de faculteit Geowetenschappen van de
Universiteit Utrecht, op 29 Juni 2015 door
Gert-Jan Reichart

COLOFON

ISBN

978 90 6266 473 3

Uitgave

Universiteit Utrecht, 2017

Grafische verzorging

C&M (8962) – Faculteit Geowetenschappen – Universiteit Utrecht

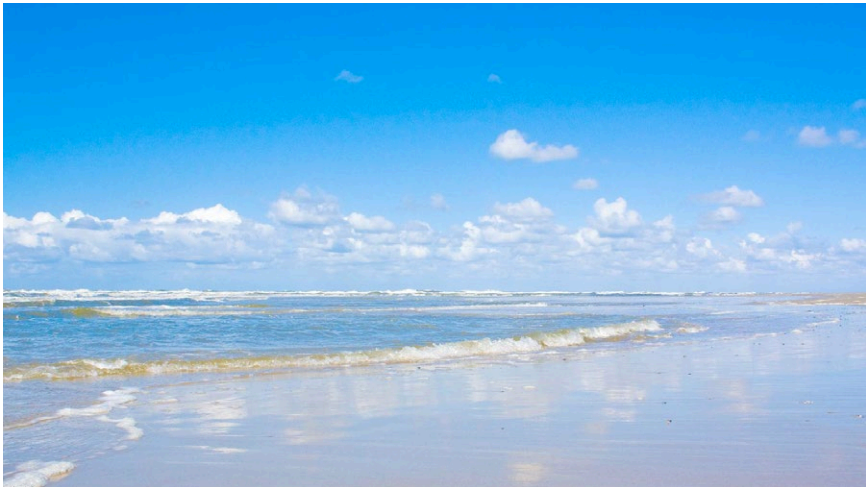
Omslag

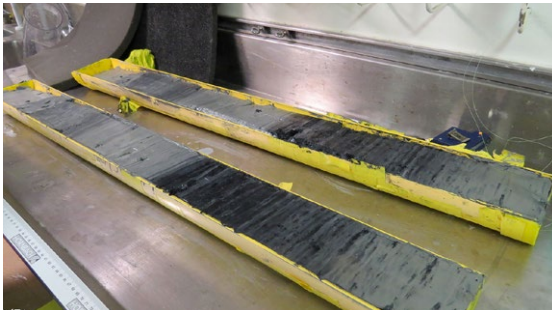
© Gert-Jan Reichart

Mijnheer de Rector Magnificus, beste collega's, studenten, familie, vrienden, jongens en meisjes,

Mijn leerstoel is getiteld Mariene Geologie en richt zich op het bestuderen van de processen op het grensvlak tussen de zee en de vaste aarde. De kust is hiervan maar een klein deel, het meeste bevindt zich diep onder het zeeoppervlak op de bodem van de oceaan. Deeltjes die rond dwarrelen in de oceaan regenen op een gegeven moment uit naar de zeebodem en vormen daar dikke sedimentaire pakketten. Tijdens het neerregenen en ook daarna zijn talrijke biologische, fysische en chemische processen betrokken bij het transport en het omzetten van deze deeltjes. De uiteindelijk afgezette sedimenten op de oceaanbodem bestaan uit een mengsel van allerlei restanten van wat er in de water kolom leefde en korrels afkomstig van vertering van de aarde, de anorganische deeltjes. Omdat deze sedimenten door de tijd heen zich opstapelen vormen ze in feite een tijdslijn vanuit het geologische verleden naar het heden, en de deeltjes waaruit het sediment bestaat zijn een afspiegeling van de toestand van de oceaan op het moment van afzetting. Als we dus weten hoe de verschillende anorganische deeltjes en de fossiele resten van organismes gerelateerd zijn aan de oceaanstoestand op dat moment kunnen we de milieu condities afleiden voor dat moment, zoals bijvoorbeeld het dan heersende klimaat.

Meestal vind ik dit genoeg uitleg over wat ik doe en ik merk ook dat langere uitweidingen hierover niet altijd op prijs worden gesteld..... Maar vandaag ga ik dat dan toch doen.





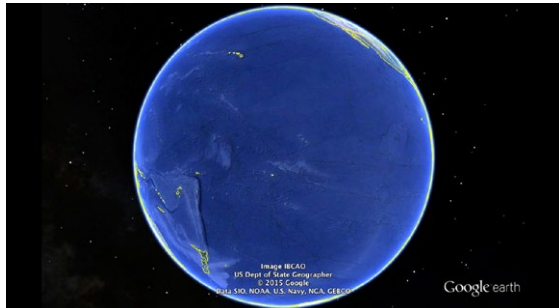
Mijn passie voor het doen van onderzoek ligt bij het ontwikkelen en toepassen van methodes voor het reconstrueren van de oceaan en het klimaat in het verleden. De reden hiervoor is, naast pure academische interesse, dat hierin volgens mij onze beste kansen liggen om inzicht te krijgen in hoe onze aarde de komende decennia zich verder zal ontwikkelen. Hoe zuur zal de oceaan worden als gevolg van de opname van CO_2 , hoe zal de temperatuur zich ontwikkelen, welke toenames in neerslag en seizoen contrasten kunnen we verwachten? Voorspellingen hiervan aan de hand van modellen zijn afhankelijk van de juiste processen die in deze modellen zijn ingebakken en keer op keer komen we er achter dat er fundamentele processen ontbreken, dan wel niet goed worden begrepen. De geologische realiteit biedt de mogelijkheid om vergelijkbare condities in het verleden te bestuderen en daaruit te leren hoe en waarom onze aarde verandert als gevolg van de mens zijn activiteiten.

Een van de centrale vragen voor de mensheid is op dit moment hoe ons klimaat zich zal ontwikkelen onder de invloed van de toegenomen en de nog steeds toenemende atmosferische CO_2 . Op dit moment is er in deze zaal zo'n 1000 ppm CO_2 aanwezig, en dat zal straks als professor Sluijs zijn rede uitspreekt nog wel iets hoger zijn. Opmerkelijk overigens dat deze huis-tuin-en-keuken meter 960 ppm als hoog en niet als heel hoog kwalificeert. Deze hoeveelheid CO_2 is deels afkomstig van de natuurlijke CO_2 , deels van fossiele brandstoffen en deels van uw adem.

Het omzetten van CO_2 in organisch materiaal en weer terug in CO_2 bepaalt op kortere tijdschalen de hoeveelheid atmosferische CO_2 , ook hier in deze zaal. Op een langere tijdschaal, veel langer dan de duur

$p\text{CO}_2$



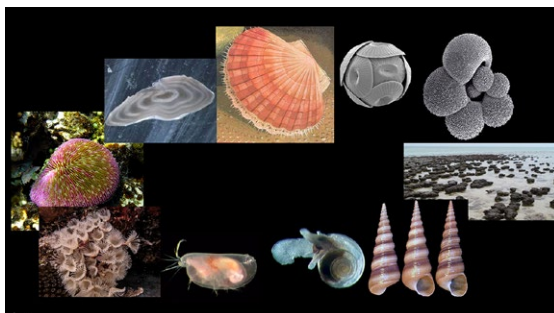


van deze oratie, is het onder pre-antropogene omstandigheden, dus voor de industriële revolutie, echter vooral de oceaan die bepaalt hoeveel CO_2 er in de atmosfeer zit. Meer dan 70% van het oppervlak van onze planeet bestaat uit water. Onder de juiste hoek bekeken zie je van de aarde slechts water en kleine randjes continent. Voor CO_2 is dat eigenlijk nog veel extremer en 98% van de wereldwijd aanwezige CO_2 zit in opgeloste vorm in de oceaan. Van de door de mens extra geproduceerde CO_2 is inmiddels dan ook al $1/3^{\text{de}}$ opgenomen door de oceaan en als de mens ophoudt met bij te dragen aan de CO_2 uitstoot zou een aanzienlijk deel van onze extra CO_2 alsnog in de oceaan verdwijnen. Uiteindelijk zal op tijdschalen die voor ons en onze kinderen niet relevant zijn alle extra CO_2 opgenomen worden door de oceaan en daar verdwijnen door reacties met de zeebodem. Hierbij speelt kalk een belangrijke rol. Het zelfde kalk dat U kent van bijvoorbeeld schelpen en koralen.

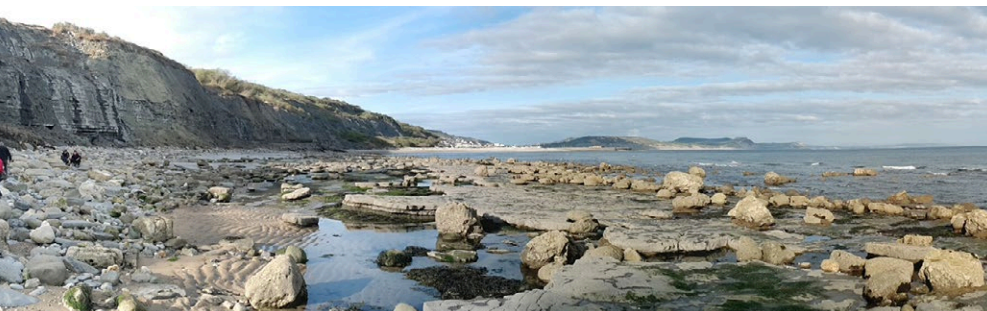
Het maken van een kalkskelet lijkt een hele toer voor organismen. Ze zien er vaak ingewikkeld en mooi versierd uit en soms worden er verschillende kalk soorten door elkaar gebruikt. De gevormde kalk skeletjes zijn soms net kleine kunstwerkjes en hebben daarmee menig student verleid tot een carrière in de stratigrafie. De kunstige vormen en soms grote hoeveelheden kalk die gebruikt worden suggereren dat het bouwen van zo'n schelp een hele inspanning is. Dat is het voor veel organismen ook wel waard, zo wordt je tenminste niet zo makkelijk opgegeten. Maar niet alle organismen die een kalkskelet bouwen doen dit om te voorkomen dat ze worden opgegeten, er zijn ook andere redenen, zoals het bijsturen van het drijfvermogen om de juiste positie in de waterkolom te behouden en het buiten houden van ziektes, of het zich nestelen op een bepaalde locatie. Het maken van kalkskeletten is een heel algemeen gebruikte strategie, toegepast door allerlei mariene en sommige op het land levende organismen.

Het maken van kalkskeletjes is iets wat al vroeg in de evolutie is ontstaan, zo'n 600 tot 700 miljoen jaar geleden. Daarvoor werd ook al op grote schaal kalk neergeslagen, maar dat was niet vrijwillig. Voor de zogenaamde georganiseerde kalkskelet vorming vormden stromatolieten gigantische hoeveelheden kalk, die neersloeg rond deze algjes als gevolg van hun koolstof fixatie. De daarbij behorende verandering van het carbonaat evenwicht: hoge pH en min of meer gelijkblijvende alkaliniteit, veroorzaakte de neerslag van kalk rond deze algjes en deze raakten zo ingesloten. Vervolgens groeide de volgende generatie algjes dan bovenop deze tombes en zo werden en worden deze stromatolieten gevormd. Stromatolieten komen namelijk nog steeds voor, maar niet meer zo erg veel. Als je de vorming van je eigen skelet niet kan sturen, is kalkvorming namelijk eigenlijk iets heel vervelends. Doordat de algen elke keer opgesloten raken moeten ze of ontsnappen of ze gaan dood aan hun eigen succes. Het kunnen sturen van kalkvorming is dus een heel belangrijke stap in de evolutie en lag waarschijnlijk aan de basis van de grote Cambrische explosie van soorten, ongeveer 500 miljoen jaar geleden. Er zit veel kalk in de oceanen en nu konden de organismen dit gebruiken en zich verder ontwikkelen.

Het neerslaan van grote hoeveelheden kalk heeft ook een grote invloed op de cyclus van de elementen die daarbij betrokken zijn. Denk bij grote hoeveelheden dus aan echt grote hoeveelheden, zoals de klifkusten van Normandië en Zuid Engeland zoals hier op deze foto, die slechts de rafelrandjes zijn van een enorme kalkdeken die grote delen van het continent bedekt. Kalk bestaat uit het element calcium gebonden aan een zogenaamd carbonaat ion. Dit carbonaat ion is afkomstig van opgelost CO_2 in zeewater, dat reageert met het water. Het neerslaan van grote hoeveelheden kalk zorgt dus op geologische tijdschalen ook voor het opslaan van grote hoeveelheden koolstof op de bodem van de zee.



Kalkvorming

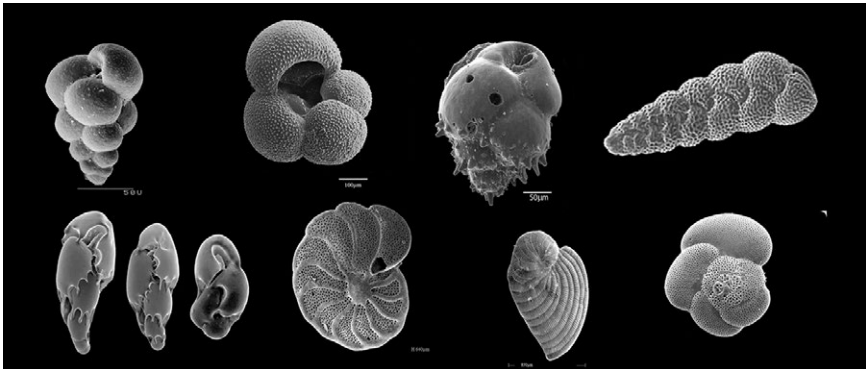


Jura kalk kliffen Lyme Regis

Voor geologen zijn sedimentlagen op de zeebodem met daarin de fossielen een belangrijke bron van informatie. Je kan die fossielen verzamelen en deze vertellen je bijvoorbeeld hoe oud een bepaald gesteente is en ook soms waar en hoe het gesteente is afgezet. Fossielen kunnen heel indicatief zijn voor het afzettingsmilieu. Daarnaast is het verzamelen van fossielen natuurlijk gewoon leuk en daarmee belangrijk om studenten gemotiveerd te houden. Een ad hoc ingelast uurtje fossielen verzamelen tijdens veldwerk heeft een buitengewoon heilzaam effect op de sfeer in een groep studenten. Interesse voor fossielen is vaak belangrijk geweest voor de studie keuze en daar kan je als opleiding dus maar beter rekening mee houden.

Hoewel sommige fossielen erg indicatief kunnen zijn voor een specifiek milieu heb je voor een gedegen, kwantitatieve, reconstructie van het milieu wel erg veel fossielen nodig. Meer dan je normaal gesproken in staat bent bij elkaar te rapen, zelfs als je geholpen wordt door een cohort studenten. Het is daarom veel praktischer om micro fossielen





Foraminiferen

te gebruiken. In een grammetje sediment kan je er daar al gauw een paar duizend van vinden. Je kan daarmee dus veranderingen in een veel hogere resolutie door de tijd bestuderen – je hebt immers genoeg aan een kleiner monster- en je hebt een betere statistische basis. Traditioneel is er weinig liefde tussen de vakgebieden die zich richten op de carbonaat en organische fossiel domeinen. Ik spreek dus vaak over dinoflagellaten als zijnde vormeloze organische zakken, terwijl de palynologen die dezelfde vormeloze zakken wondertjes van de natuur noemen. Misschien onze laatste hoop voor een betrouwbare $p\text{CO}_2$ barometer, maar toch.

Als je zoekt naar microfossielen die een kalkskelet maken dan zijn foraminiferen het meest algemeen voorkomend. Foraminiferen, dat zijn kleine eencellige organismen die veelal een kalkskeletje bouwen en ze zijn op twee manieren belangrijk voor ons soort werk. Aan de ene kant spelen ze door het vormen van kalk een belangrijke rol in de mondiale koolstof cyclus, aan de andere kant bevat de chemische samenstelling van dat kalk belangrijke informatie over de omstandigheden, fysisch, chemisch en biologisch, ten tijde van de vorming van dat kalk. De koppeling van deze twee basis gegevens maakt dat foraminiferen een centrale rol spelen in mijn onderzoek.

Technische ontwikkelingen waardoor we bepaalde parameters kunnen meten die we daarvoor nog niet konden meten hebben altijd een belangrijk onderdeel van mijn werk uitgemaakt. Er is in een voortdurende honger naar nieuwe of beter bepaalde parameters om de veranderingen in ons klimaat in het verleden beter te begrijpen. De centrale vraag is uiteraard hoe warm het zal worden bij hoeveel CO_2 en hoe snel dat zal gaan. Straks gaat

Appy meer vertellen over methodes om CO₂ in het verleden te bestuderen. Ik wil het hier nu hebben over hoe we de temperatuur kunnen bepalen in het verleden.

Hoe doe je dat dan eigenlijk? Hoe bepaal je temperatuur aan de hand van fossiele foraminiferen schelpjes? Dat kan bijvoorbeeld door te kijken wat voor soorten foraminiferen er op een bepaald moment voorkomen. Net als bij grotere organismen doen sommige soorten het beter als het koud is, andere als het warmer is. Dat is jaren de manier geweest om temperatuur reconstructies te maken. Later kwamen daar de stabiele zuurstof isotopen en nog weer later de inbouw van sommige sporen elementen bij. Omdat aan isotopen fractionatie en sporen element verdelingen thermodynamische wetten ten grondslag liggen, werden deze chemische methodes als betrouwbaarder gezien. Je meet de samenstelling van iets en vervolgens krijg je daar gewoon een getal uit, zonder dat allerlei ecologische en biologische processen een rol spelen. Dit noemen we proxies, een meetbare grootheid die gebruikt wordt om een parameter in het verleden te reconstrueren. Het meten is weliswaar lastig, maar dat win je dan weer terug doordat de interpretatie makkelijk is.

Helaas, dat hebben we maar heel kort durven denken. Al snel bleek dat er allerlei biologische processen een belangrijke rol spelen voor de signalen die we meten. Omdat foraminiferen levende organismen zijn, een soort van bioreactors, zorgt dat leven zelf ook voor allerlei extra effecten op de isotopen en de verdeling van sporen metalen. Dat wisten we al door allerlei verschillen die we konden bepalen tussen de berekende theoretische waarden en de gemeten waarden, maar het waren nieuwe technische ontwikkelingen die pas echt goed duidelijk maakten hoe weinig we eigenlijk begrijpen van hoe een foraminifeer zijn schelp maakt, en met welke factoren je allemaal rekening moet houden als je de temperatuur in het verleden nauwkeurig wilt bepalen.

Een van de technische ontwikkelingen die voor mij belangrijk is geweest is de mogelijkheid om de chemische samenstelling van individuele foraminiferen schelpjes te meten. Dat maakte het opeens mogelijk allerlei nieuwe processen en parameters te bestuderen. Eerder was er voor een meting aan de chemie van foraminiferen schelpjes een behoorlijke hoeveelheid kalk nodig. Ongeveer 0.25 mg. Dat lijkt niks, maar daar moet je toch 50 van die beestjes voor bij elkaar peuten. Ook dat is nog wel doenlijk, maar het sluit ook meteen een heleboel informatie uit. Eind vorige eeuw kreeg ik de kans om naar Harvard te gaan en te werken met een laser ablatie ICP-MS, waarmee je de chemie op een hele kleine schaal, micrometers, kan bepalen. Ik werkte mee aan een onderzoeksvoorstel om ook zo'n apparaat in Utrecht te kunnen kopen en deze heeft voor ons allerlei nieuw onderzoek mogelijk gemaakt.

Dezelfde biologische processen die zorgen voor een verandering in isotopen fractionatie en de chemische samenstelling van de schelpjes van de foraminiferen kunnen nu op een veel kleinere en voor deze vraagstelling vaak meer relevante schaal bepaald worden. Ik had het geluk dat ik indertijd door Frans Jorissen werd uitgenodigd om naar de Universiteit van Bordeaux te komen. Het werk indertijd heeft de basis gelegd voor ons huidige gezamenlijke onderzoek naar de effecten van ecologie op de chemische samenstelling van foraminiferen schelpjes.

Doordat we nu de verschillen binnen een populatie van individuen of zelfs binnen een organisme kunnen bepalen konden we opeens allerlei processen bestuderen die daarvoor buiten bereik lagen. Zoals het verschil tussen de gemiddelde temperatuur en de jaarlijkse cyclus in temperatuur. Of, als je kijkt naar foraminiferen die tijdens hun levenscyclus door de waterkolom heen zakken, verschillen in de temperatuur opbouw van de oceanen. Beide belangrijke parameters, niet alleen voor het kalibreren en testen van klimaatmodellen, maar ook voor fundamenteel inzicht in de processen die ingrijpen op het klimaat. Dat het nu op aarde gemiddeld 15 graden is zegt de meeste mensen niet veel. Je wilt weten hoe warm het deze zomer wordt, vooral daar waar je je vakantie geboekt hebt, of hoe nat, of hoe koud de winters gaan worden.

Het soort hoge resolutie metingen van de chemie die we tegenwoordig kunnen uitvoeren maakt het ook mogelijk om het effect van de biologie van het organisme zelf te bestuderen op de schelp samenstelling. Dit is al vele decennia het onderzoeksveld van Jelle Bijma. Over de jaren heen hebben we naast de nodige culinaire avonturen ook zeer nuttig werk gedaan om te ontrafelen hoe foraminiferen hun schelp maken. Tijdens deze zogenaamde biomineralisatie pompt de foraminifeer de elementen die hij nodig heeft voor het bouwen van zijn schelp actief naar daar waar hij een nieuwe kamer wil maken. Het bestuderen van dat proces en de chemie die daar bij komt kijken heeft tot fundamenteel nieuw inzicht geleid in de manier waarop foraminiferen dat doen. Dat is belangrijk voor het begrijpen van de relaties die we zien in proxies tussen de gemeten waarden en de doelparameters. Maar, zo mogelijk nog veel belangrijker, ook in het begrijpen van hoe kalkvorming wel of niet beïnvloed wordt door de omgeving. Recent onderzoek van Lennart de Nooijer laat bijvoorbeeld zien dat doordat foraminiferen actief koolstof kunnen pompen ze als gevolg van de oceanverzuring (extra CO_2) waarschijnlijk beter kalk kunnen maken. Een compleet contra intuïtieve reactie. Je zou immers verwachten dat onder zure omstandigheden kalk oplost. Daarmee is dit van cruciaal belang om het gevolg van oceanverzuring te voorspellen. En daarmee dus ook de biologische koolstof pomp. Het onderzoek naar de fundamentele processen van kalkvorming staat nog in de kinderschoenen en is van groot belang om toekomstige veranderingen in de koolstof

kringloop te kunnen voorspellen. Uiteindelijk is het de oceaan die zal bepalen hoeveel CO₂ er in de atmosfeer blijft. De aarde is namelijk blauw.

Terug naar het reconstrueren van de temperatuur: hoe doen we dat? Dat doen we door met een laser minuscule gaatjes te schieten in het kalk skelet van een foraminifeer en het daarbij verwijderde materiaal op een gas stroom naar een massaspectrometer te vervoeren en daar meten we dan de exacte samenstelling en deze kalibreren we met de parameters die we willen reconstrueren. In dit geval dus de temperatuur. Dat hebben we voor een groot aantal verschillende soorten gedaan en rekening houdend met allerlei aspecten kunnen we dit soort reconstructies nu tot zeker 90 miljoen jaar terug uitvoeren. Ook hebben we de inbouw van verschillende elementen aan verschillende parameters kunnen koppelen en zodoende een steeds vollere gereedschapskoffer kunnen opbouwen. Tegelijkertijd lopen we uiteraard tegen steeds nieuwe problemen aan.

De steeds toenemende behoefte aan een hogere analytische resolutie lag enkele jaren terug ook aan de basis van een gezamenlijk voorstel met Jack Middelburg voor een NanoSIMS faciliteit in Utrecht. Het is de bedoeling dat deze faciliteit naast het werk aan gelabelde culturen ook het onderzoek naar biomineralisatie naar een volgende niveau zal tillen. De precieze relatie tussen organische verbindingen en verhoogde sporen metaal concentraties bijvoorbeeld. Maar ook inhomogeniteit in de isotoopverdeling binnen een foraminiferen schelp. Een heel nieuw nano-universum aan onderzoeksmogelijkheden ligt hierbij in het verschiet.

Ook in het toepassen van proxies in de mariene geologie is de laatste jaren veel vooruitgang geboekt. Het kunnen meten van individuele exemplaren geeft bijvoorbeeld potentieel ook inzicht in sommige snelle processen. Zie je bij een plotse verandering bijvoorbeeld ook individuen met intermediaire waarden, of bestaat de populatie alleen uit waarden van de begin en eind situatie? In het laatste geval is de verandering schijnbaar instantaan verlopen. We zijn nog maar net begonnen met het toepassen van dit soort technieken in de geologische record. Er zijn nog heel veel vraagstukken die in zijn blijven liggen en die we nu op deze manier kunnen aanpakken. Niet alleen voor temperatuur, maar er zijn ook proxies voor zuurstof in het bodemwater, de zuurgraad van het zeewater, nutriënten concentraties en misschien zelfs voor het zoutgehalte. Ik denk dat het werk op het grensvlak tussen proxy ontwikkeling en toepassing nog maar net begint.

De afgelopen jaren is het geld voor zeegaand onderzoek helaas gestaag achteruit gegaan. Op de een of andere manier is het belang van de zee en oceaan niet duidelijk voor het bredere publiek en helaas ook niet zo voor de beleidmakers. Ik denk dat dit komt omdat



de meeste mensen zich de uitgestrektheid en het belang van de oceanen niet kunnen voorstellen. Het jezelf kunnen voorstellen van een dergelijke omvang is ook lastig. De meeste mensen kennen de zee alleen kijkend vanaf de kust. Daardoor bestaat de zee in de perceptie van de meerderheid uit een strook van hooguit 10 kilometer breed langs de continenten. En gevoelsmatig waarschijnlijk zelfs nog veel minder omdat je kijkend vanaf de kust slechts het zeeoppervlak ziet. Dat komt er dus op neer dat in de belevingswereld van de mens de zee meestal maar 1/200^{ste} van de aarde uitmaakt. 10 kilometer ten opzichte van een gemiddelde doorsnee van de continenten van 2000 kilometer. In werkelijkheid zult U ongetwijfeld weten dat de zee 70% van de aarde bedekt. Een factor 1000 verschil dus bijna tussen wat er ervaren wordt en werkelijkheid. Het is lastig om een gevoel te ontwikkelen voor de uitgestrektheid en de enorme impact van de zee zonder deze ooit aan de lijve ondervonden te hebben.

Als je kijkt naar de beschikbare ruimte voor leven, de biosfeer, is dat verschil nog veel groter. In verhouding tot de 30 meter boven en maximaal 10 meter onder het aardoppervlak waar we leven vinden op het land, biedt de oceaan over de volle gemiddeld 4 kilometer diepte ruimte aan leven. Honderd maal meer dus. In biologisch opzicht is het verschil tussen wat de gemiddelde mens ervaart bij de zee en hoeveel zee er werkelijk is dus een factor 100.000. Dat is een verschil in belevingswereld en werkelijkheid die je zelfs met een 21-delige documentaire serie met een fransman met rood mutsje niet recht gebreed krijgt.

In schril contrast met het zojuist beschreven verschil in belang en beleving van de zee staat de huidige snelle kolonisatie (tussen aanhalingstekens) van de zee. De oceaan vormt

vandaag, in de 21^{ste} eeuw, de ‘final frontier’ voor de mensheid. De olie industrie is al sinds de jaren 70 van de vorige eeuw bezig met boringen op zee. In eerste instantie in ondiepe shelf zeeën zoals de Noordzee en tegenwoordig op steeds grotere diepte en ook in extremere uithoeken, zoals op de Noordpool. De Noordzee staat inmiddels naast booreilanden ook vol met windmolens. En ook de mijnbouw industrie heeft de oceaan ontdekt als bron voor grondstoffen. De Europese Unie heeft bedacht dat voor bepaalde strategische grondstoffen de zee de beste mogelijkheden biedt. Aan alle kanten breidt de industrie dus uit in de richting van de oceanen. Deze industriële uitbreidingen richting de zee gaan op het moment sneller dan de toename van inzicht in de oceanen. Grote delen van de oceaan zijn binnenkort onherroepelijk veranderd zonder dat we ooit de kans hebben gekregen hun natuurlijke staat in kaart te brengen, laat staan te begrijpen.

Tot op vandaag de dag hebben we minder dan 5% van de oceanbodembodem in kaart gebracht en dat ook nog eens met een lagere resolutie dan bijvoorbeeld het oppervlak van de planeet Mars. Dat is niet alleen een gevolg van verschil in inzet en geld maar ook van de contrasterende omstandigheden. Mars is namelijk rood, de kleur van de ijzer oxides die een flinterdunne coating vormen op de zich daar bevindende korrels in een uiterst ijle atmosfeer. De Aarde daar en tegen is blauw, en dat komt doordat zij grotendeels bedekt is met een 4 kilometer dikke deken van water. Dat water maakt het uiterst lastig om erin en eronder te kijken. De Aarde is een lastige planeet om te bestuderen, en al helemaal als je het mariene domein wilt bestuderen.

Voor het bestuderen van de oceanen heb je daarom zeer specialistische apparatuur nodig. Apparatuur die uiterst gecompliceerde techniek combineert met degelijkheid. De meeste apparatuur waarvan je denkt dat het wel tegen een stootje kan is op zee toch binnen de kortste keren stuk. Om apparatuur voor gebruik op zee te ontwerpen en te bouwen heb je mensen nodig die weten hoe het is om er ook op zee mee te werken. Dit is vaak op jarenlange ervaring gebaseerd. Het bewaken van deze ervaring zou daarom volgens mij een belangrijk uitgangspunt moeten vormen in het Nederlandse zeegaande onderzoek. De nationale faciliteiten voor zeegaand onderzoek zou een groter deel van de wetenschappelijke populatie en ook de Nederlandse overheid en het bedrijfsleven aan het hart moeten gaan.

Hierbij ben ik al aan mijn dankwoord gekomen. Degene die mij enthousiast heeft gemaakt voor het onderzoek naar foraminiferen is in eerste instantie onze huidige rector, Bert van der Zwaan geweest. Dank daarvoor, het is nooit gaan vervelen. Ondanks dat ik een micropaleontoloog was heeft Cees van der Weijden mij een baan gegeven als promotie student in de geochemie. Een combinatie waar ik ook vandaag de dag nog de vruchten pluk. Als wetenschappelijk mentor tijdens mijn promotie en ook daarna heeft Jan Willem Zachariasse een cruciale rol gespeeld. Vanuit een compleet ander vakgebied dan dat waarin ik zou promoveren heeft hij mij uiterst kundig begeleid. Van hem heb ik geleerd dat hoe dan ook alles in de wetenschap met een vraag hoort te beginnen. Frits Hilgen wil ik bedanken voor het feit dat hij me in de wetenschap heeft weten te houden. Op een cruciaal moment heeft hij mij een aanstelling gegeven die een overbrugging vormde naar een nieuw postdoc project en uiteindelijk een aanstelling aan de universiteit. Zowel Jan de Leeuw als Jaap Damsté hebben mij duidelijk gemaakt dat je nooit te veel in je eigen comfort zone moet blijven zitten binnen het onderzoek. Ik heb met veel plezier bijna 10 jaar als organisch geochemicus gewerkt in Utrecht. En het was uiteindelijk Henk Brinkhuis die mij weer terug gehaald heeft naar het mariene onderzoek. Waarvoor uiteraard, ondanks alles, mijn dank.

Ik wil graag al mijn collega's zowel op het NIOZ als bij de universiteit bedanken voor de fijne samenwerking.



Ik heb gedurende mijn loopbaan minstens net zo veel geleerd van mijn studenten als van mijn mentors. Bedankt daarvoor.

Ik wil mijn ouders bedanken voor de nooit aflatende steun in mijn leven, tijdens mijn studie en ook nu nog.

Ten slotte wil ik Lian, de vrouw van mijn leven, bedanken. Lian je bent echt geweldig.

Ik heb gezegd!



Prof. Dr. Gert-Jan Reichart (1966) werd geboren in Amsterdam. Hij studeerde geologie aan de Universiteit Utrecht waar hij in 1997 promoveerde. Voor zijn promotieonderzoek bestudeerde hij aan de hand van sedimentkernen veranderingen in het moessonklimaat. Na een postdoc aan de Universiteit Utrecht ging hij werken bij het Alfred Wegener Instituut in Bremerhaven, Duitsland. Hier bestudeerde hij hoe mariene eencellige organismen calciumcarbonaat precipiteren en effect op de mondiale koolstof kringloop. Ook bestudeerde hij inbouw van sporenmetalen in calciumcarbonaat om veranderingen in de oceaan en het klimaat in het verleden te reconstrueren. In 2005 begon Gert-Jan Reichart als Universitair Docent bij de vakgroep organische geochemie in Utrecht. Hier werkte hij aan de ontwikkeling en toepassing van moleculaire proxies voor het klimaat, biogeochemische cycli in zee, in meertjes en op het land. Met een zogenaamde HIPO beurs van de Universiteit Utrecht kon hij onderzoek opzetten naar de relatie tussen het klimaat en het voorkomen van orkanen. In 2012 ging hij werken bij het Koninklijk Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek (NIOZ) als afdelingshoofd van de afdeling Ocean Systems en werd tegelijkertijd aangesteld als deeltijdhoogleraar Marine Geologie aan de Universiteit Utrecht. In zijn oratie 'De Aarde is blauw' behandelt Reichart de rol van de oceaan in de mondiale koolstofkringloop en hoe calcificerende organismen daar een belangrijke rol in spelen, zowel voor het reconstrueren daarvan in het verleden, als direct via de verschillende carbonaat evenwichten. Daarnaast wijst hij op het belang van de oceanen in biogeochemische cycli en het klimaat en dus te investeren in marien onderzoek.