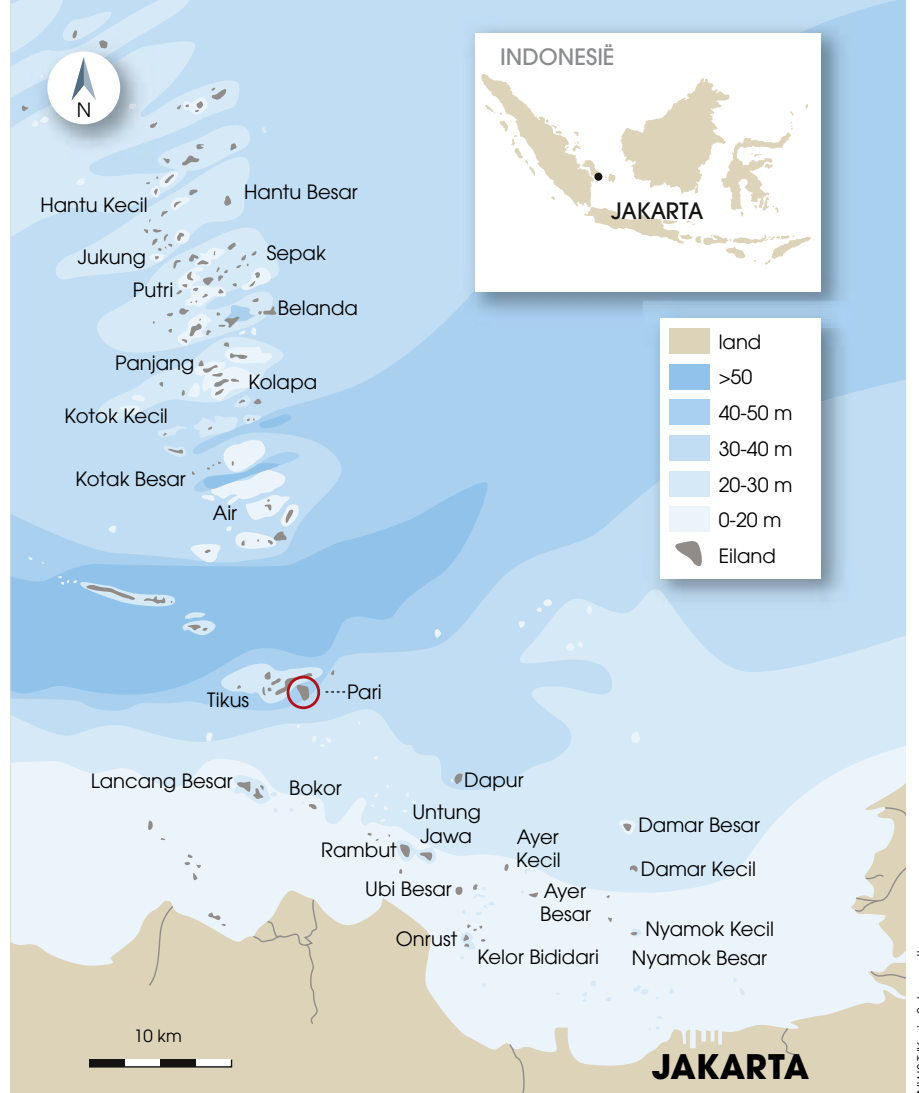




# De gordel van koraal

De koraalriffen van Indonesië werden al in de koloniale tijd bestudeerd door Nederlandse biologen. Vorig jaar onderzocht een expeditie van Naturalis en lokale onderzoekers voor de vierde maal sinds 1983 tientallen eilandjes onder de rook van Jakarta om te inventariseren wat er nog over is van de natuurlijke rijkdommen. De situatie is zorgelijk, maar niet hopeloos.

*Arnout Jaspers*



NW&T/Karin Schwandt

‘Een gordel van smaragd’, noemde Multatuli het eilandenrijk Indonesië toen de Nederlanders het er nog voor het zeggen hadden. De benaming past op kleinere schaal ook bij de sliert eilandjes die zich van Jakarta naar het noorden uitstrekt. Nederlanders onderzochten deze ‘Duizend Eilanden’ al toen Jakarta nog Batavia heette. De eilandjes hadden toen namen als ‘Onrust’, ‘Leiden’ en ‘Alkmaar’. ‘Onrust’ heet nog steeds zo, ‘Alkmaar’ heeft nu een Indonesische naam en ‘Leiden’ bestaat niet meer, het is geërodeerd tot onder de zeespiegel.

Tussen de Nederlandse en Indonesische wetenschap bestaat nog steeds een speciale band. Naturalis organiseert met Indonesische collega’s elke twee jaar een expeditie om de mariene flora en fauna van Indonesië te bestuderen.

Het moderne Jakarta heeft met dat koloniale verleden gebroken; de speedboot naar het basiskamp van de expeditie, het eilandje Pari, vertrekt uit een naast een pretpark gelegen jachthaven, waar de boten van de nieuwe

rijken blasé hun aangroei liggen te vermeerderen.

Dat Naturalis niet alleen een natuurmuseum is maar ook een wereldwijd opererend onderzoekscentrum, is niet algemeen bekend. Behalve de verslaggever van *Natuurwetenschap&Techniek* reist ook de nieuwe zakelijk directeur van Naturalis mee om met eigen ogen te zien wat zo’n expeditie inhoudt. Na een paar kilometer varen zijn we onder de deken van smog boven de hoofdstad uit en krijgt de omgeving z’n tropische kleuren terug. De met palmen begroeide eilandjes waar we tussendoor varen zijn soms niet groter dan een voetbalveld en steken hoogstens een paar meter boven het water uit. Ze zijn het product van de koraalriffen, die golfslag en stroming breken, waardoor dood koraal, zand en sediment kunnen aanslibben.

De Javazee waarop wij, en veel andere kleine scheepjes, nu varen is nog maar 18.000 jaar oud. Voordien was dit gebied land, net als veel zeestraten tussen de Indonesische eilanden, omdat

tijdens de laatste ijstijd het peil van de oceaan 120 meter lager lag. De ondiepste gedeelten liepen zelfs pas 6000 jaar geleden onder.

De tijdschaal waarop de mens dit landschap verandert, is nog veel korter. De ongebreidelde groei van Jakarta en het afval van z’n tien miljoen inwoners dat de baai in stroomt, oefenen een toenemende ecologische druk uit op de Duizend Eilanden. De boottocht naar Pari levert bij aankomst meteen een schokeffect op: de blauwgroene zee rond het eilandje is zo ver het oog reikt bezaaid met petflesjes en brokken piepschuim, alsof we een vuilnisbelt binnenvaren.

Is het al zó erg? Nee, dat gelukkig niet. De ‘vuilnisbelt’ blijkt van dichtbij een zeewierkwekerij en het ‘afval’ zijn de drijvertjes van de touwen waarlangs het wier groeit, dat om de maand wordt geoogst door de eilandbewoners.

Pari is tweehonderd meter breed en ruim een kilometer lang, een kwetsbare terp van zand en koraalpuin die net z’n kruin boven de golven uit steekt.

“Als het rond Jakarta flink geregend heeft, zien we hier een paar dagen later ladingen plastic aanspoelen.”



Naturalis

Behalve het onderzoeksstation is er een dorpje met een paar honderd inwoners. Orkanen komen hier niet, daarvoor liggen de Duizend Eilanden te dicht bij de evenaar. Nadenken over wat zelfs een bescheiden tsunami hier zou aanrichten, doe je liever niet. Het water rondom Pari wil tot ver uit de kust maar niet dieper worden dan een kinderbadje, zodat de boten van de expeditie aanleggen bij een honderden meters lange strekdam loodrecht op de kust.

Het onderzoeksstation is een dorpje op zich: een handvol witgeschilderde huisjes, slaapzalen en geïmproviseerde laboratoria voor maximaal zo'n dertig wetenschappers. Lokaal personeel zorgt voor drie maaltijden per dag – een dampend bord nasi als ontbijt went verrassend snel – en altijd gevulde thermoskannen koffie en thee. Ook kun je hier gewoon met je mobieltje naar huis bellen, de dekking is beter dan op de Veluwe.

Parken Het project, met de volledige titel Marine biodiversity changes of the Thousand Islands behelst een in wezen simpele taak: kijken wat er hier nog over is van de koraalriffen. De eerste systematische verkenning van de soortenrijkdom op het rif dateert al uit 1929, door de mijnbouwkundige dienst van Nederlands-Indië. In 1983 vond onderzoek plaats omdat grootschalige *bleaching* (wit worden en afsterven) van het koraal geconstateerd was.

Koraal bestaat uit kolonies van dierlijke organismen in symbiose met microscopische kleine algen. De gastheer krijgt voedingsstoffen die door de alg aangemaakt worden, terwijl de alg de CO<sub>2</sub> benut die de gastheer produceert. *Bleaching* is een nog niet geheel begre-

pen proces waarbij de algen hun gastheer verlaten. De oorzaak wordt gezocht in te warm water, te veel UV-licht, een overmaat aan organische stoffen in het water of een ongelukkige combinatie van die factoren. De *bleaching* in 1983 wordt toegeschreven aan een tijdelijke opwarming van het zeewater in Indonesië door El Niño, de welbekende periode van verstoring van het klimaat.

Later is een uitgebreide inventarisatie van de Duizend Eilanden gedaan in 1985 en 1995, die nu dus voor de derde keer wordt herhaald. Ze zijn bij uitstek geschikt als proeftuin, omdat de eilandengroep zich vanaf Jakarta over zo'n honderd kilometer uitstrekt naar open zee. Te verwachten valt dus, dat allerlei milieu-invloeden van zuid naar noord een gradiënt vertonen, dat wil zeggen geleidelijk zullen toe- of afnemen. Expeditieleider en hoofd 'ongewervelden' van Naturalis, Bert Hoeksema: "In Indonesië liggen waarschijnlijk de meest biodiverse koraalriffen ter wereld. Koraalriffen zijn sowieso de gebieden in zee met de grootste biodiversiteit. Ook uit oogpunt van milieubescherming is het van belang om dat nauwkeuriger vast te stellen. Je kunt niet alle koraalriffen op de wereld beschermen, je zult 'parken' moeten aanwijzen."

Koraal groeit in ondiep water, tot een meter of dertig diep, waar nog voldoende licht doordringt voor de symbiotische algen. Voor een deel beperkt de registratie door Hoeksema en de zijnen zich tot vaststellen welke van een stuk of twintig veel voorkomende soorten koraal nog aanwezig zijn. De onderzoeker zwemt op een meter of twee boven het koraal en streept op een onderwaterschrijfblok af welke soorten hij of zij gezien heeft. Door het kleine

aantal soorten dat meetelt, is de kans op missers klein en is ook duidelijk welke soorten uit die groep op het traject niet voorkomen. Daarnaast worden ook kisten vol monsters verzameld van koraal- en schelpensoorten.

Arbeidsintensiever is het compleet inventariseren van een 'transect'. Dit houdt in dat duikers een zestig meter lang lint op een constante diepte van bijvoorbeeld vijf meter uitleggen. De diepte is namelijk een belangrijke parameter die bepaalt welke koraalsoorten ergens voor kunnen komen. Vervolgens wordt met een digitale onderwatercamera elke vierkante meter van de bodem langs het transect gefotografeerd. Op deze manier is bij tientallen eilanden op diverse diepten een transect gemaakt.

De statistische analyse van al deze gegevens zal pas later dit jaar beschikbaar zijn. De analyse van eerdere expedities levert al een aantal duidelijke conclusies op. De kwalijke invloed van Jakarta is onmiskenbaar, want dichtbij de stad is de bedekkingsgraad met koraal van de riffen veel lager dan verder weg. Duidelijk is ook dat sommige soorten koraal beter tegen vervuiling bestand zijn dan andere. Op het totaal aantal soorten koraal dat werd aangetroffen heeft de vervuiling echter geen significante invloed. Ook blijkt het voor de biodiversiteit en de bedekkingsgraad weinig uit te maken of de eilandjes bij de riffen beschermd gebied zijn, dan wel worden gebruikt voor bewoning of toerisme. Hoewel van massa-toerisme in deze regio nog geen sprake is, lijkt het met de funeste invloed van sportduikers op het koraalrif dus wel mee te vallen. Anderzijds betekent dit, dat als het slecht gaat met het koraal, maatregelen nodig zijn die over een

**Aanleggen** De zee rond Pari is zo ondiep, dat boten voor het onderzoeksstation moeten aanleggen bij een lange strekdam.

groot gebied de waterkwaliteit verbeteren, bijvoorbeeld door de afvalwaterzuivering van een stad te verbeteren.

**Transect** Tijdens de eerste duik die ik meemaak, zullen twee duikers een transect op vijf meter diepte uitleggen, gevolgd door een tweetal dat de foto's maakt, met ondergetekende als vijfde wiel aan de wagen.

Een doorsnee duikdag - waarvan er zes in een week gaan - begint om een uur of acht 's morgens, wanneer duik- en onderzoeksapparatuur in een handkar over de lange strekdam naar de boten gebracht worden. Daarna is het vaak een uur of twee varen naar de duikplek van die dag. Eigenlijk is de voorbereiding al de avond ervoor begonnen, tijdens de dagelijkse briefing in een priel in het basiskamp. Na het avondeten posteert Hoeksema zich dan voor een grote topografische kaart: "We moeten morgen nog naar de zuidkant van Belanda en naar Kelapa. Tenminste, als de golfslag het toelaat. Hoe was het daar vanmorgen?" "Met enig loven en bieden wordt men het dan eens over de duiklocaties en de bootindeling.

In die vroege ochtenduren is de lage zon warm maar bijt nog niet, de Indonesische bemanning bestuurt de boot en zorgt voor wind in het haar, en er is tijd om jezelf of elkaar in te smeren met factor 30. 'Zonnebaden' is hier verder een vrij absurd concept. Niemand gaat het water in zonder een *wetsuit* of minstens een shirt aan, en ook de man op de voorplecht, die moet waarschuwen voor ondiepten, heeft zichzelf ingepakt als een mummie.

Promovendus Arjan Gittenberger is, behalve duikinstruc-teur, zo'n geluksvogel wiens onderzoek zich al jaren voor een groot deel in tropische wateren afspeelt. Het vakantie-imago is maar schijn, stelt hij: "De eerste paar keer denk je inderdaad: dit is gááf. Maar

**Onderwaterwerk** Een gewone werkdag voor het expeditieteam. Van links naar rechts: monsters nemen, een transect uitleggen, soorten turven, fotografische inventarisatie, boorkernen uit koraal nemen.

na de twintigste of dertigste duik wordt ook dit gewoon werk. En je maakt heel veel uren, ook 's avonds."

Voor iemand met weinig ervaring heeft duiken nog wel iets stoers, met name als je, zoals ik, met acht kilo lood om het middel in volle zee springt en daarna pas je trimvest met duikapparatuur krijgt toegeworpen van je buddy. Duiken doe je altijd minstens met z'n tweeën, voor de veiligheid.

De geringe diepte van dit transect heeft als voordeel dat de duikers relatief lang doen met een fles perslucht. De luchtdruk in je mondstuk is namelijk altijd gelijk aan de waterdruk, dus hoe dieper de duik, des te meer grammen lucht haal je uit de fles met iedere ademhaling. Ook is de maximale onderwatertijd per dag (om de beruchte caissonziekte te voorkomen) op zo'n diepte vrijwel onbeperkt.

Het nadeel is, zo wordt me na jaren opnieuw duidelijk, dat de golfslag op die diepte nog volop voelbaar is. Wie nooit gedoken heeft, kan zich nauwelijks voorstellen hoe lastig het is om in drie dimensies te leven. Ook als ik met de lucht in m'n trimvest het drijfvermogen keurig op 'nul' heb afgeregeld, word ik door de turbulente stroming tussen de meer dan manshoge koraalformaties als in een trommelwasmachine heen en weer gegooid. Het eerste half uur heb ik al mijn aandacht nodig om niet telkens tegen het koraal of andere duikers aan te botsen en vraag me af hoe die er in slagen om überhaupt enig werk te verrichten. Ondertussen leggen die namelijk wel degelijk met hun dieptemeter het lange lint uit en zetten het vast met stenen. Als we beginnen met het fotograferen van het transect, dat zich een grillige weg zoekt door het reliëf van de bodem, zijn de 'uitleggers' al lang uit het zicht verdwenen.

Ook dat is voor niet-duikers moeilijk voorstelbaar: hoe snel je onder





**Biodiversiteit** Vijf voorbeelden van de circa 150 soorten koraal die rond de Duizend Eilanden voorkomen. Van links naar rechts: een fluorescerende *Symphyllia*-soort, een 'zachte' koraalsoort, gorgoon, deels gebleekt paddestoelkoraal (*Fungia*), *Symphyllia*, uiterst rechts: doornenkroon-zeester, die koraal eet en soms hele riffen kaalvreet.

water elkaar en je oriëntatie kwijt raakt. Zelfs in een 'kristalheldere' tropische zee is het zicht onder ideale omstandigheden maar een meter of twintig, vaak zelfs minder dan tien. Na een afdaling later die dag zie we in het begin noch de bodem, noch het wateroppervlak, noch enig ander herkenningspunt en navigeert buddy Arjan puur op kompas en dieptemeter naar het rif toe. Een paar wilde slagen met m'n flippers of een paar seconden onoplettendheid kunnen voldoende zijn om m'n buddy uit het zicht te verliezen, met weinig kans om die onder water nog terug te vinden. Een duik voortijdig afbreken is een vorm van falen, je buddy achterlaten een doodzonde.

**Onbeschreven** Als alle duikduo's zich weer aan boord gehesen hebben, worden de lunchpakketten angebroken - een bord koude nasi als lunch went verrassend snel - en de mariene ervaringen van die ochtend nabesproken. De foraminiferen-specialist, Willem Renema, is nog niet aan eten toe. Hij heeft een plak koraal ter grootte van een pizza mee naar boven genomen, die door hem en een Indonesische studente gretig bestudeerd wordt. Met een ballpoint peutert hij tussen de groentegarnering iets los wat in mijn ogen een groot uitgevallen zandkorrel is. "This is an undescribed species", verklaart Willem gezaghebbend. Als ook de studente zich overtuigd heeft, bergt hij de nieuw ontdekte soort op in een plastic zakje. Het ontdekken van nieuwe soorten is op expedities als

deze bijna routine. Zelfs over het strand lopend, is het hier zeer wel mogelijk om een schelp of een zeewiersoort op te rapen die nog nooit eerder wetenschappelijk was opgemerkt in de bijna oneindige diversiteit van de tropen.

Na de middagduik, als het werk gedaan en de grootste hitte voorbij is, schuiven de duikers steeds verder onderuit tussen de stapels materiaal aan dek en menigeen knapt een uiltje. "Voorals er die dag diep gedoken is, ligt iedereen op de terugweg te snurken," observeert een ouder expeditielid. "Komt door de stikstof."

Bij het inademen van lucht onder hoge druk lost daaruit extra stikstofgas ( $N_2$ ) op in het bloed, die weer vrijkomt als de duiker naar de oppervlakte gaat. Als dat te snel gaat, kunnen zelfs gasbellen in de bloedvaten ontstaan, oorzaak van de caissonziekte. Vandaar de strikte richtlijnen over hoe lang en hoe diep je op een dag mag duiken. Maar dan nog heb je op het eind van de dag een verhoogde concentratie opgelost  $N_2$  in je lichaam. Het gas zou chemisch inert moeten zijn, maar toch bestaat er zoiets als 'stikstofnarcose', een roes die duikers in de diepte roekeloos maakt, soms met fatale afloop.

Pas in de buurt van Pari, in de bochtige vaargeul tussen de zeewierkwekerijen, krijgen de drie boten elkaar weer in zicht. Nadat de eerste boot heeft aangelegd begint de compressor op de steiger al te dreunen, want de tientallen duikflessen moeten de volgende dag allemaal weer gevuld zijn. De eindelijk mild geworden zon zakt al achter de horizon als de laatste kar met spullen over de dam naar het basiskamp gaat. Daar moet iedereen vóór het eten z'n duikplunje nog in een betonnen bak met zoet water afspoelen en te drogen hangen.

Voor het avondeten is het dringen geblazen rond de grote eettafel onder het afdak, het centrum van het sociale leven in het basiskamp. Zelfs bij het verorberen

van de verse nasi is nog enige haast geboden, want al snel volgt weer de briefing voor de volgende dag en soms een praatje door een van de senior-expeditieleiden.

Pas na een uur of negen hebben de meesten wat vrije tijd, althans, dezer dagen. Aukje Coers is een van de twee Nederlandse studenten op deze expeditie. Als voorbereiding heeft ze in Naturalis een maand lang een intensieve cursus 'koralen herkennen' gevolgd, maar het determineren van soorten blijkt in de praktijk een stuk weerbarstiger.

Aukje: "De eerste twee weken zat ik iedere avond en soms tot één, twee uur 's nachts m'n data uit te werken. En dan natuurlijk om 7 uur weer op.... Je zag echt de een na de ander ziek worden en uitvallen. Toen is het programma verlicht van drie naar twee duiken per dag. Het scheelt ook als je veel ervaring hebt: dan kun je onder water al determineren en heb je, eenmaal terug op het land, minder te doen."

Niet alleen de werklust eist zijn tol. Menig expeditielid heeft een halve 'Jackson Pollock' van vlekken, bulten en uitslag op de huid, gevolg van *wetsuitt*-irritatie, aanvaringen met het koraal of beten van niet nader omschreven mariene fauna. Eén duiker is aangevallen door een murene, met als resultaat een chirurgisch nette zigzagwond over twee vingers, die zowaar niet is gaan ontsteken. Ook heeft iedere duiker al een keer oog- en oorontsteking gehad. Niets bijzonders dus; de oude rotten halen aan de eettafel graag herinneringen op aan echte ruige expedities, zoals in Sulawesi, toen iemand in een paar dagen over z'n hele lijf opzwol en een tropenarts in Nederland per satelliettelefoon een diagnose moest proberen te stellen.

**Onderwaterboren** De volgende dag ga ik mee met een outsider, geofysicus Jens Zinke. Volgens Hoeksema is het ongebruikelijk om op zulke expedities



niet-biologen mee te nemen, maar heeft dat wel degelijk meerwaarde. Zinke haalt boorkernen uit ‘massieve’ (niet-vertakende soorten) koraalkolonies. Een kolonie leeft alleen aan de buitenkant, terwijl alle lagen daaronder uit de kalkskeletjes van vorige generaties bestaan. Onder gunstige omstandigheden groeit koraal een centimeter of twee per jaar en in de boorkernen zijn, net als bij bomen, jaarringen te onderscheiden.

Voor z'n boringen heeft Zinke grote, bolvormige kolonies van de soort *Porites sp.* nodig. We snorkelen op diverse locaties voor hij er een naar z'n zin gevonden heeft. Hij werkt het liefst in ondiep water, omdat het uren duurt om een diepe boring te doen. “Je wilt dat de boorkern zoveel mogelijk loodrecht door de jaarringen heen snijdt,” legt hij later uit. “Een beetje scheef mag, maar als het te erg wordt kun je geen betrouwbare chronologie meer afleiden. Je wilt naar het centrum van de groei boren, maar het blijft altijd een beetje een gok waar in zo'n grote knol dat centrum zit.”

De holle boor, met een doorsnede van een centimeter of vijf, wordt aangedreven door perslucht uit duikflessen, waarvan Zinke er in één sessie soms meer dan tien gebruikt. Net als bij olieboringen moet hij de boorkop regelmatig uit het gat halen om het volgende verlengstuk toe te voegen. Als een chirurg wordt hij in het water omringd door helpers die hem gereedschap aanreiken, een verse duikfles aan de boorkoppelen en secties boorkern in veiligheid brengen naar de boot. De boor loopt met enige regelmaat vast in het steenharde, dode koraal en moet dan met een mix van wrikken, slaan en bidden uit het gat gepeuterd worden. Na bijna vier uur zwoegen haalt Zinke de laatste sectie uit het 220 centimeter diepe boorgat: een record voor deze expeditie. “Als de boorkern nat is kun je met het blote oog de jaarringen zien. Er komt

altijd een moment dat je langs het centrum begint te boren, bijna parallel aan de jaarringen, en dan moet je stoppen.”

Eenmaal thuis kan Zinke met moderne analysetechnieken (massa- en emissie-spectrometrie) per millimeter boorkern de verhouding van de zuurstofisotopen  $^{16}\text{O}$  en  $^{18}\text{O}$ , en de verhouding tussen de elementen strontium en calcium (Sr/Ca) bepalen. Hoe warmer het zeewater, des te meer strontium neemt het koraal op en des te meer  $^{18}\text{O}$ . Ook het zoutgehalte van het water beïnvloedt echter de verhouding van de zuurstofisotopen in het koraal.

Voorheen, aldus Zinke, werden vaak conclusies over de temperatuur getrokken uit metingen van alleen de zuurstof-isotopen. Met verwarrende resultaten, want de selectieve opname daarvan wordt ook beïnvloed door neerslag en uitstroom van nabije rivieren, die het zeewater minder zout maken. Van daar dat altijd een combinatie van beide bepalingen nodig is: “*We now know the coral is doing its job.*”

De resolutie van een millimeter in de boorkern betekent dat de lokale omstandigheden tot op de maand nauwkeurig te reconstrueren zijn. Koraal vormt zo een belangrijke proxy (indirecte meting) voor het klimaat in de afgelopen eeuwen. Zo kon Zinke in koraalriffen bij Madagaskar de Kleine IJstijd (1675-1710) terugvinden.

**Op drift** Op de laatste avond voordat de voltallige expeditie teruggaat naar Nederland, loop ik over de strekdam de maanloze nacht in. De aanlegsteiger lijkt door de inktzwarte duisternis van Pari losgesneden, een vlot dat tussen de naburige eilandjes op drift is. Zoals vaak in de tropen, onweert het geluidloos ergens aan de horizon. De Melkweg, die op deze tijd en plaats de stralende kroon der schepping hoort te zijn, wordt aan de zuidoostelijke hemel overstraald

door een immense koepel van vuilgeel licht: de fall-out van Jakarta, veertig kilometer verderop. Deze veelvraat van een stad, waar miljoenen op jacht zijn naar de welvaart die voor ons gewoon is, heeft voorlopig geen boodschap aan het welzijn van een koraalrif. Vuilnis en slibstromen onbekommerd de baai in, eilanden worden afgegraven voor zandwinning en, zoals een expeditielid opmerkte: “Als het rond Jakarta flink geredend heeft, zien we hier een paar dagen later ladingen plastic aanspoelen.” Ook Hoeksema's indruk is: “Dichtbij Jakarta is de bedekkingsgraad nu nog minder dan tien jaar geleden.”

Toch is het beeld niet onverdeeld negatief. Tien jaar geleden hoorden de duikers als ze onderwater gingen nog de explosies van de illegale dynamiet-visserij; nu niet meer. Op de verder weg gelegen riffen lijkt het koraal herstellende van de *bleaching* in 1983 en 1997. Ook is er geen bewijs dat *bleaching* het gevolg is van een globale klimaatsverandering. Het koraal lijkt vooral last te hebben van tijdelijke opwarming van het zeewater door El Niño en een bevolkingsexplosie onder de koraalretende doornenkroonzeester, die al weer voorbij lijkt te zijn.

Er zal in 2015 nog steeds voldoende te onderzoeken zijn rondom Pari.

#### Informatie

sheba.geo.vu.nl/~palmorph  
Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis organiseerde de 1000-eilandexpeditie samen met het Research Centre for Oceanography, Indonesian Institute of Sciences (PPO-LIPI), met steun van NWO, gebiedsbestuur Aard- en Levenswetenschappen, in het kader van het researchthema ‘Biodiversity in Relation to Global Change’.  
De reportage kwam tot stand zonder financiële steun of autorisatie van NWO.