

Stofstormen: planetaire transporteurs en herverdelers

door prof. dr. G.J. Boekschoten
g.j.boekschoten@vu.nl

Stromend water, in de geologie is dat de grote vervoerder. Grind, zand en klei bezinken daar waar het water zo rustig is geworden dat de deeltjes op de bodem kunnen blijven liggen. Zo belandt zeezand langs de kust, rivierklei in het binnenland. We vinden het boeiend dat er ijstijden waren, toen ijs ook keileem meesleepte en achterliet. En we realiseren ons dat de wind onze duinen opblies uit het strandzand. Maar dat gletsjerijs en stormwind een soms bepalende invloed hadden en hebben op zowel continent als oceaan is een nieuw inzicht. Het NIOZ, op Texel, verricht over dit thema actuogeologisch onderzoek - de schrijver dezes ging van 19 maart tot 16 april 2016 op oceaan-expeditie mee en was er getuige van.

Ijstijd, stuiftijd

Niet ieder picknickt graag op het strand - er is een reële kans op een sandwich met zand. Strandzand stuift gemakkelijk omdat bij laagwater grote oppervlakken kiezelzand blootliggen - onbegroeid wegens het ruwe strandmilieu, en schoon, rul zand omdat de golfslag voorkomt dat kleinere deeltjes uit het zeewater bezinken. Vaak jaagt de wind laag over het strand. Je voelt dat je onderbenen worden gezandstraald en je ziet dat glazen voorwerpen er door worden gematteerd. Om obstakels heen blijven kleine hoopjes zand liggen - om een pol helmgras bijvoorbeeld. Het zand kan dan uiteindelijk opstuiven tot duinen, bij voldoende zandaanvoer en krachtige wind. Transport door de lucht voert ver als er stormkrachten heersen, zoals tijdens ijstijden het geval is. Het eiland Tenerife, uit donkere vulkanische gesteenten opgebouwd, heeft aan het oppervlak lösslaagjes en ook kwartszandkorrels, die in het verleden 300 km ver overzee aangewaaid zijn uit Marokko!

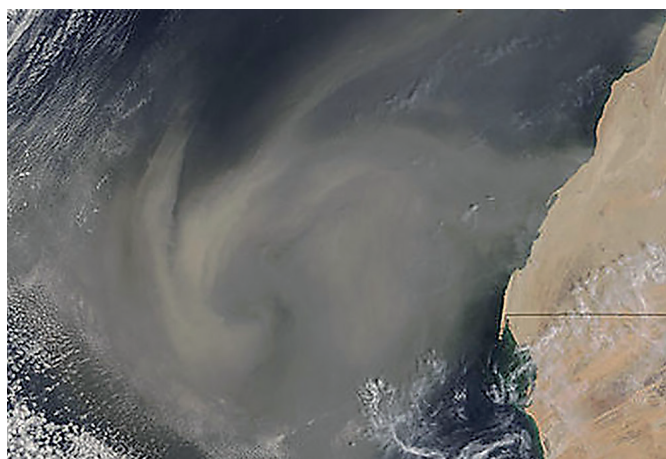
Door het ketsen van de korrels ronden die in de luchtstroom elkaar af. Zo ontstaat een beetje stof, uit splinters. En het verstoven schuim van branding op de kust verdampt in de lucht, wordt zoutstof - wie aan het strand een bril draagt moet die telkens wissen. Dat stofzout komt een paar kilometers landwaarts en slaat uiteindelijk neer op rotsformaties en bijvoorbeeld bakstenen muren. Bij regen lost het op en dan dringt pekkel de vaste ondergrond millimeters diep binnen. Droogt zo'n wand vervolgens op, dan kristalliseert het zout opnieuw uit. De kristallisatiedruk is vaak zo hoog dat de steenhuid versplintert - huizen

op de Waddeneilanden ogen daardoor steevast fris. Tijdens dit proces ontstaat dus nieuw stof. Er is wel gedacht dat aldus stofvorming langs kusten en in zoutwoestijnen zou kunnen optreden. Maar versplintering door ketsen en verpulvering door kristallisatie blijken weinig belangrijk. We vinden achter onze duinen geen laagten vol gesteentestof.

Stofnesten

Toch kennen we, ook in ons land, opvallende afzettingen van oit door de lucht aangevoerd stof. Stoflagen zijn zelfs één van de meest voorkomende afzettingen op vlakke bodems van de continenten. Stofvrij zijn eigenlijk alleen Arctisch Canada en Alaska. Elders vormt stof lösslagen, die in Midden-Azië tot wel 200 meter dik kunnen worden. Oudere stoflagen gaan vaak naderhand weer de lucht in. Onze Zuid-Limburgse lössafzettingen bijvoorbeeld, halen daardoor niet meer dan vijftien meter. Deze bevinden zich aan de noordrand van een stofdeken die Midden-België en de noordwesthelft van Frankrijk overdekt. Op laag- en hooggebergte bleef geen stof liggen - maar oostwaarts sluit zich een ware lössgordel aan op de Oekraïne, die in Rusland met Siberië en China heel belangrijk wordt. In het middendeel van die gordel zijn vaak oudere lösslagen nog present en is de afzetting dus tientallen meters dik. Ook in het vlakke midden van de VS en in Argentinië liggen uitgebreide lössdekens. Al die stuifkleilagen blijken even oud; ze dateren uit de ijstijdfasen van het Pleistoceen. Ijstijden waren niet alleen koud, ze waren ook stofnesten!

Twee redenen liggen daaraan ten grondslag. Ten eerste heeft wind alleen kans om grond mee te nemen wanneer het aardoppervlak bloot en droog ligt - als er geen vegetatie is die de wind afremt en met de wortels de bodem vasthoudt. In onze dagen gaat nog veel stof de lucht in; het meest waait op uit de grootste woestijn op aarde, de Sahara (afb. 1). Andersom zie je dat löss bleef liggen wanneer daar in gunstiger tijden een prairievegetatie groeide. In afgravingen voor steenfabricage vind je graafgangen van de steppenmarmot of bobak, een broertje van de Alpenmarmot - ze leven nu nog in de steppen rondom de Kaspische Zee. Een andere bewoner van de lössvlakte, in het Noorden, is de lemming. In de groeve van Kesselt, bewesten Maastricht in België, zijn hun gangen vaak te zien. Skeletresten zijn veel schaarser; wel tref je regelmatig kleine schelpjes van landslakjes die op de lösssteppe rondkropen. Eén daarvan, het leuke bolle slakje *Pupilla muscorum* (afb. 2), leeft zelfs nog in Nederland. Het voelt zich vooral thuis in pollen duinmos. In slak-



Afb. 1. De Harmattan waait Saharastof de oceaan in. Foto: NASA.



Afb. 2.
Het löss-slakje
Pupilla muscorum.
Foto: Bert
Jansen.

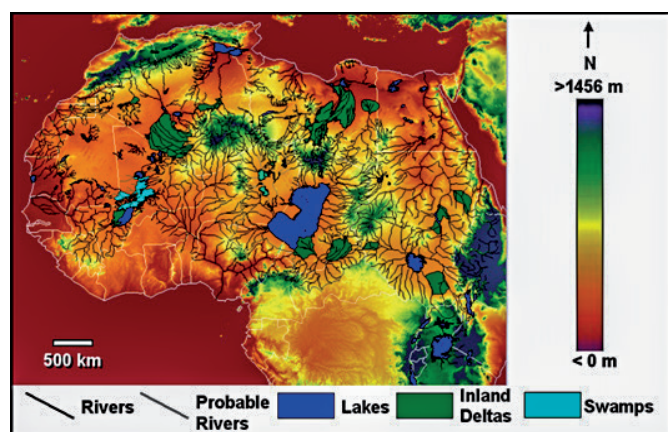
kenogen zijn onze duinpannen blijkbaar stepp-achtig.

Ten tweede is de gletsjer een machtige producent van tot meel vermalen gesteente. Onder de (soms) kilometerdikke ijsmassa's worden stenen vermorzeld, vooral daar waar de bedding uit vaste rots bestaat. Niet toevallig is het smeltwater uit landijs vaak wit, door het hoge aandeel tot pulver gemalen gesteente in die gletsjermelk. Het barre klimaat waarin ijstijden uitgroeien legt woestijnen bloot; de onbarmhartige mechanische erosie aan de onderkant van de gletsjers produceert een overdaad aan stoffijn steenpoeder.

De dikke ijstijdelijke afzettingen van löss ontstonden doordat winden en stormen dat pulver naar warmere streken wegbliezen, als het uitgesmolten lag bovenop een ijsdek, of afgezet werd vlakbij het gletsjerfront, in de desolate spoelzandvlakten die daarvoor lagen. Uitgestrekte arealen waren onbewoonbaar voor planten, dieren en mensen. Pas daar waar zich tijdelijk of voor langere duur steppen ontwikkelden kon de steentijdmens zich handhaven met de jacht op steppenwisent en rendier, op jonge mammoet en oude wolharige neushoorn, op steenbok, gems en Saiga-antiloop.

Verstuiving en bewoning

De laatste ijstijd eindigde 11.800 jaren geleden - de mens bleef, de woestijnen bleven ook. Het klimaat, veranderlijk als steeds, stond in de Sahara aanvankelijk een tijdelijke vergroening toe. Indrukwekkende getuigenis daarvan zijn de rotsschilderingen in het Tassili-gebergte (zuidelijk Algerije) van de grote Afrikaanse grazers die daar in onze tijd niets naar hun gading zouden aantreffen, maar tussen 8000 en 6000 jaar terug door de Neolithische mens werden uitgebeeld. Ook beenderen van nijlpaarden en krokodillen getuigen van waterrijkdom. Veel zuidelijker kennen we thans het zoute Tsjaad-meer. Het is het restant (afb. 3) van een heel stelsel van zeer grote meren en rivieren, ooit tijdens het Pleistoceen in de Sahara aanwezig. In hoeverre die veranderingen buiten de mens om plaatsvonden,



Afb. 3. Natte Sahara tijdens het Pleistoceen. Credits: Nick Drake/Sahara Megalakes Project 2011.

is nog een vraag voor onderzoek. Zeker is dat jacht, landbouw en houtskoolwinning hierin een rol speelden. Het Antropoceen, de tijdspanne waarin de mens mede de toestand van de aardbol bepaalt, was immers allang angebroken.



Afb. 4. Banksia-vrucht opent zich in vuur. Foto: Jaap de Boer.

De jachtwijze maakt hier veel uit. De mens wist zo'n 300.000 jaar geleden het branden te temmen tot vuurstoken, één van de belangrijkste gebeurtenissen in de cultuurgeschiedenis. Jagen op steppen en savannen vond toen al 'n twee miljoen jaar plaats. Maar wouden waren voor de vroege mensheid onoverzichtelijk en vijandig; zelfs Romeinen waren er nog beducht voor. Intussen groeide, met de toename aan mensen, de voedselbehoefte. De Mesolithische jager-verzamelaars, die Nederland duizenden jaren bewoonden, voorzagen zich van hazelnoten (en plantten wellicht ook hazelaars aan) voor schrale tijden. Een destructieve stijl van jagen kan ook tot extra buit hebben bijgedragen: het in brand steken van een stuk bos, vooral oud en droog bos met een dikke strooisellaag. Deze jachtwijze wordt vandaag de dag nog door onder meer Aboriginals beoefend. Zij zoeken er een geschikt stuk bos

voor uit, afgegrensd door een waterloop of een rotsformatie; en boven de wind wordt het bos aangestoken. Beneden de wind staan stamgenoten om het vluchtend wild te doden.

In Australië is dit al wel 50.000 jaar de jachtpraktijk en het is plausibel dat er daardoor zoveel vuurbestendige, zelfs van vuur afhankelijke gewassen aanwezig zijn (afb. 4); die soorten zijn uitgeselecteerd tijdens lange eeuwen spontane en aangestoken bosbranden. In Europa kennen we op vuur aangewezen paddenstoelen en slechts één op vuur aangewezen hogere plant: een wonderlijke soort zonnedauw die alleen in Portugal voorkomt. Onze bossen hebben een veel kortere geschiedenis, ze schoten pas zo'n 11.000 jaar geleden op en het is in Australië heel wat droger.

Stuivende akkers

Leidt jagen met vuur tot verwoestijning, landbouw en veeteelt doen dat ook. Bebost terrein wordt open landbouwgrond; vruchtbare bovengrond wordt opgebruikt of weggespoeld; doorlatende bodems worden uitgeloozd. Zo nam het woestijnareaal na de ijstijd minder af dan je zou verwachten. Zelfs in Nederland zijn arealen voor zulke processen kwetsbaar: de vlakke dalgronden in oostelijk Groningen en in de Peel zijn nu akkergebieden. Tijdens de laatste ijstijd ontstonden die gebieden door opstuiving, naderhand groeide er hoogveen overheen. Het veen is afgeturfd; er werd (verplicht) wat veen door de blootkomende zandaarde gewerkt, ook bleef hier en daar wat veen achter. Die bijmengsels van turf hielden vocht goed vast en met mest erbij was het goed boeren. Het restveen oxideert echter snel weg, dalgrond is nu veelal zandgrond. Tijdens onze droge, schrale voorjaren krijgt de wind vat op de nog kale vlakten. Het zand wordt opgezogen, en zo stuiven greppels en sloten vol (afb. 5). Fijnere partikels humus en meststof zijn lichter. Ze zweven veel verder mee met de wind en bezinken kilometers verderop in de beschutting van gebouwen en bosranden. Dat resulteert in zwarte opvulling van kieren en spouwen en danig bemeste bosranden. Tussen eikjes en berken schiet een woest struweel van braam en brandnetel op, klimop vindt aan de boomvoet ineens goede ondergrond. De boer moet dit proces tegengaan met windsingels, met compost en stalmest op de akker. Waar dat vroeger werd nagelaten op zandgronden, ontstonden uitgebreide duinarealen in het binnenland; er werden "zandgraven" aangesteld om die binnen de perken te houden - dat lukte pas in de loop van de 19^e eeuw. Natuurbeheerders van



Afb. 5. Zwarte akkergrond met daaruit gestoven schoon zand. Onstwedde. Foto: Tineke Looijenga.

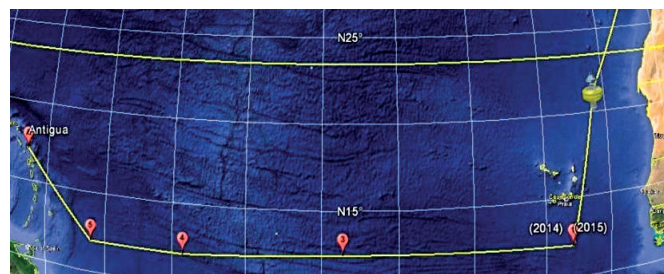
heden proberen nu door mensenhand ontstane duinwoestenijen als het Hulshorsterzand weer in ere te herstellen. Stof van verre waait in Nederland nog steeds binnen, vanuit de Sahara - in Europa zijn geen andere grote stofbronnen meer. Ik herinner mij goed de roodgekleurde sneeuw, op een schoolbinnenplaats te Hilversum, voorjaar 1947, en nog begin april dit jaar vond veel stofval plaats die witte auto's rossig kleurde. De Duitsers gaven er een naam aan - *Blutregen*! In zuidelijk Europa zijn zulke gebeurtenissen aan de orde van de dag. Op Kreta is in het voorjaar de instroom van stof uit de Libische woestijn regel, bij broeierige hitte en grijze hemel; ramen en deuren blijven dicht. Op Tenerife verduisterden stofstormen geregeld de lucht; het fenomeen heet *la Calima* en hindert vooral mensen met ademhalingsproblemen. Er zijn veel namen voor zulk ziekmakend weer; in Oman heet de stofwind *El Eshan* en is het ongezonde stof met chroom uit het chromietrijke kustgebergte belast.

Veel en veelsoortig stof

De bodem van oostelijk Tenerife bevat veel korrels van kwarts. De grove fractie van wat er aanwaait bestaat daar vaak hoofdzakelijk uit, met daarnaast wat veldspaat en kalkpartikels; veelal gesteentevormende mineralen. Fijner stof heeft een andere samenstelling: deeltjes klei en plaatjes glimmer, brokjes ijzermineraal, opalen skeletjes van diatomeeën; bestanddelen van bodems en meerbodems. Opmerkelijk is dat partikels veldspaat als kristallisatiekern voor ijsdeeltjes in heel hoge wolken van groot belang zijn. Op Cyprus onderzoekt de T.U. Delft dat met behulp van drones. Uiteraard blijven platte blaadjes glimmer veel langer in de lucht zweven dan ronde stukjes kiezel. En wat de uiteindelijke aanlanding van stof op het aardoppervlak betreft: het maakt uit of de partikels in windstilte zelf neerkomen, of dat ze door een regenbui worden uitgeregend. Deze verschil-

len maken dat het effect van stofneerval anders is in het hart van een stofstormgebied (meer ophoging door kiezel) dan aan de rand (meer verrijking van de samenstelling van de bodem). Darwin wees al in 1846 op de enorme stofstormen die westwaarts vanuit de Sahara de Atlantische oceaan inblazen. Hij was een van de eersten die inzag dat dit massatransport meer veroorzaakt dan persoonlijk en huiselijk ongerief. Belangrijk gegeven zijn de stofmonsters, die op Barbados sinds 1965 worden verzameld en door de Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science te Miami worden bewerkt.

Verrassend was de conclusie dat op de gronden van Porto Rico het Saharastof de voornaamste bron van fosfaten is; ook een deel van het Amazonewoud profiteert van deze bemesting vanuit de lucht. Er vindt dan ook een gigantische uitstroom westwaarts vanaf de Sahara plaats; per jaar wel 180 miljoen ton, waarvan het fijnste gedeelte, circa 40 miljoen ton, nog in suspensie de Antillen en noordelijk Zuid-Amerika bereikt. Stof uit de Chinese woestijnen haalt regelmatig westelijk Noord-Amerika, en soms zelfs de Franse Alpen! Qua hoeveelheid is in de aardse stofhuishouding de aanvoer uit woestijnen veruit de belangrijkste. De hoeveelheden vulkanische as zijn daarmee vergeleken gering, die van kosmisch stof zelfs miniem, hoe belangrijk die ook zijn als documenten in het aards archief.

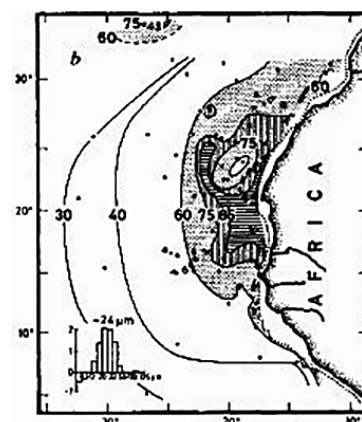


Afb. 6. Expeditieroute van de RRS James Cook (JC-134). Credits: Jan-Berend Stuut/NIOZ.

Royal Research Ship James Cook

Stofstormen zijn van grote invloed op de oceanische ruimte en daarmee op het hele aardse systeem - een inzicht dat vooral na 1985 breed wordt gedeeld. Verschenen er in die eerste jaren maar enkele publicaties, nu zijn het er honderden per jaar. Nieuwe technieken hebben grootschalig stofonderzoek zeer veel meer gegevens geboden. Al bemoeilijken wolken soms de waarneming, satellietfoto's zijn een geweldige aanwinst voor de globale overzichten. Stofstormonderzoek werd trouwens ook bevorderd door het militair belang bij oorlogsgeweld in het Midden-Oosten.

Vanuit het Nederlands Instituut voor Onderzoek op Zee (NIOZ) op Texel formuleerde Dr. J-B.W. Stuut het miljoenenproject *Dust-Traffic, transatlantic flows of Saharan dust*, dat gefinancierd werd door NWO en de European Research Council. Een letterlijk grootscheepse onderneming waarin, om een kern van op Texel werkende onderzoekers heen, met een flink aantal buitenlandse instituten wordt samengewerkt. Vijf Trans-Atlantische oversteeken zijn in de afgelopen jaren al uitgevoerd, de auteur mocht met de laatste oversteek mee



Afb. 7. Ophoging zeebodem. Uit Sarnthein et al., 1981: 194.

(afb. 6). Aan boord van het Britse onderzoeksschip RRS James Cook werd hard gewerkt door Duitse, Spaanse, Portugese, Australische en Nederlandse onderzoekers.



Afb. 8. Onderzoeksters Monica Martens (l) en Laura Schreuder bij de stofzuigers op de commandobrug. Foto: Jaap de Boer.

Stof in zee

Door stuifzand en bezinkend stof wordt de zeebodem opgehoogd, vaak in belangrijke mate (afb. 7). Bestudering van die modderlagen op en in de oceanische ondergrond wijst uit welke aanvoer vanuit de lucht er plaatsvond, van welke aard dat sediment was en wanneer dat gebeurde - allicht vaker tijdens de ijstijden. Die bodemgelaagdheid kan zo goed worden geanalyseerd dankzij het onderzoek aan schaalpjes van in de oceaan zwevende globigerinen, kalkschalige foraminiferen. Prof. Brummer en collega's stellen om te beginnen aan de hand van de schelpvorm de soort foraminiferen vast. Per groot marien areaal verschillen de voorkomens en uiteraard komen in ijstijdelijke lagen in nu "warme" oceanbodems de schelpvormen voor die thans beperkt zijn tot koelere delen van de oceanen. De schaalpjes, zo groot als zandkorrels, geven bovendien bij zeer zorgvuldige bemonstering met microapparatuur gegevens over de temperatuur van het zeewater waarin de globigerinen leefden, geijkt door microwerk aan kalkwandjes van nu levende globigerinen. Deze benadering levert belangrijke inzichten over watertemperaturen en dus klimaat, vroeger en nu, en maakt aldus de invloed van de mens daarop steeds beter aanwijsbaar. Kennis van de huidige stofval (sleutel ook tot inzicht van het verleden) vergaart het NIOZ-team via stofzuigapparatuur hoog aan het schip, boven op de commandobrug (afb. 8) luchtfilters vangen zwevend stof op. In het oceaanwater neerzinkend stof wordt door een systeem aan drie grote boeien opgevangen, met kilometers kabel voor een jaar aan de bodem verankerd. Het schip legt en haalt die drie boeien op, fel oranje gevaarten, die met zonnecellen in hun eigen energie voorzien en daardoor de lucht ter plaatse van de boei vlak boven de zee kunnen bemonsteren. Ze zijn hoffelijk vernoemd naar onderzoeksters Laura, Michele en Carmen en fungeren zo als wachters bij de in de kabel tussengeschakelde sediment-traps, diep onder de zeespie-

gel. Dat zijn grote trechters (afb. 9) met onderin een carroussel van halfmaandelijks verspringende monsterbuizen, waarin via de tuit neerdalende materie robotsgewijs wordt opgevangen. Menselijke invloed wordt direct ook chemisch bepaald, door Laura Schreuder. Tijdens verbranding van hout ontstaan redelijk bestendige, aan suiker verwante levoglucosan-verbindingen, die in stof en zeebodemslik behouden blijven en ons inzichtelijk maken in hoeverre en in welke mate bosbranden optraden.

Meststof

Het woestijnstof blijft niet alleen als zeebodemslik liggen, het lost ook op in het water en voert verse minerale grondstoffen naar arealen in zee die veraf liggen van andere aanvoer, door rivieren. Het klare en prachtig blauwe zeewater midden op de oceanen dankt zijn kleur en helderheid aan het feit dat er vrijwel niets aan voedend materiaal ongebruikt is gebleven. Hoe anders zijn de wateren aan de voet van het Zuidpoolijs. In die grauwe Antarctische zeeën tieren de kiezelwieren welig, ge-



Afb. 9. Sediment-trap in de takels. Foto: Jaap de Boer

voed door het mineraalrijk gesteentenpoeder dat vanonder de gletsjers zeewaarts spoelt. Maar in de Zuidelijke IJszee is dat effect uitgewerkt - daar is mineraal voedsel nog deels aanwezig. Het ijzer is echter op - en schraal zeeleven is het gevolg. Dat verschraalde polaire water duikt met zeestromingen onder, en wordt pas weer omhooggestuwd langs de kusten van Namibië. Daar brengen stofstormen ijzerhoudend Kalahari-stof oceaanaanwaarts. Gevolg - een enorme opbloei van zeeleven en geweldige visgronden! IJzerstof doet ook elders oceaanwater bevruchten. Daardoor kunnen, bij voldoende zonneschijn, microalgjes met de moeilijke naam Coccolithophoriden in groten getale opbloeien; zozeer dat de zeelieden van melkwater gaan spreken en dat de wolken

algjes op satellietbeelden zichtbaar worden. Hun minuscule skeletjes bouwden ooit in de Krijttijd de dikke lagen krijtgesteente op. En nog steeds vindt over grote arealen zeebodem (bijvoorbeeld op de Rockall Bank) afzetting plaats van enig krijtslik. Catarina Guerrero onderzoekt het verband tussen stofval in zee en het voorkomen van coccolieten.

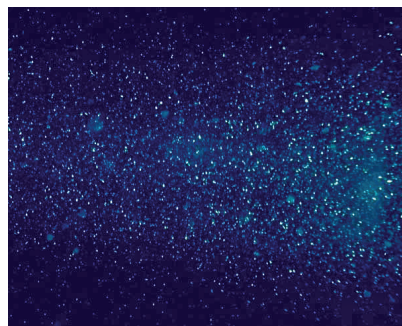
En het team van Prof. Carina Brussaard bestudeert de aanwezigheid van virussen in het oceaanwater, een nog goeddeels onverkend wetenschapsveld. Virussen zijn van zeer groot belang in de oceanische huishouding. Geologisch lijkt het een thema ver van het bestudeerbare - wie vond er ooit een fossiel virus? Maar voor het begrip van de geschiedenis van het mariene systeem kunnen we de rol van virussen niet buiten beschouwing laten. Een coccolietenbloei bijvoorbeeld wordt nu voortijdig beëindigd doordat virussen massaal de micro-algjes te lijf gaan. Het aandeel coccolietenslik op de huidige zeebodem is daarom bescheiden. Je zou kunnen vermoeden dat tijdens de even hevigere als kortdurende meteorietcatastrofe die aan de Krijttijd een einde maakte, zeer veel organisch materiaal uit de slachtoffers vrijkwam dat, gerecombineerd, tot nieuwe virussen leidde. Zo zou je kunnen begrijpen waarom de dikke krijtafzettingen na de Krijttijd tot het verleden gingen behoren. Een vooralsnog onbewijsbare gedachtegang, maar wel een scenario voor een nog onverklaard fenomeen.

Paleobiologie

Op vergelijkbare wijze is ook het voorkomen van kiezelwiertjes (diatomeeën) in relatie tot stof een onderzoeksvraag. Net zoals globigerinen en coccolieten blijven ook die opalen skeletjes in de oceanische bodems prachtig bewaard. Dat die hele variatie aan minieme skeletjes naar de zeebodem afzinkt en niet almaar oceanisch zwevend blijft (terwijl kiezel en kalk langzaam oplossen), komt doordat deze mede afzinken in vlokken organisch materiaal. Dit is de "sneeuw", vaak te zien in diepzeeopnamen, de *marine snow* die ontstaat door het samenkleven van restanten van allerlei vergaen zeeleven, vooral *Appendiculata*, een celluloselijm (afb. 10). Willen we oudere zeeafzettingen helder interpreteren dan moeten we weten hoe en waarom ze thans en in het nabije verleden ontstaan en ontstonden.

Het NIOZ is niet alleen een geologisch, maar ook een biologisch onderzoeksstation. Het stof nu in de lucht wordt op het schip verzameld. Met de stofstormen vliegen ook bacteriën, schimmelsporen en zelfs

sporen van mossen en varens van het ene continent naar het andere. De vermaarde microbioloog Baas Becking (ten onrechte in Nederland vergeten) stelde dan ook: Alles is overal, maar het milieu selecteert! Tussen al deze kleine en uitermate kleine wezens vormen pteropoden (vleugelslakken) al hele verschijningen; je kunt ze al met een



Afb. 10. Marine snow. Credits: National Oceanographic Centre (NOC, UK)

loop behoorlijk bekijken (afb. 11). In poolzeeën zijn ze talrijk, veel soorten zie je langs de evenaar. Met betrekking tot deze in zee levende roofslakjes heeft Nederland een naam hoog te houden: Prof. Van der Spoel was een autoriteit ten aanzien van de levende en Arie Janssen is dat ten opzichte van fossiele vleugelslakken. Toch is het niet zo dat we van die in myriaden rondzwevende zeebeestjes nu alles al weten. Onuitgezocht is hoe pteropoden reageren op stofval in zee. Hieraan werkt Jaap de Boer. Er zou in een stoffige zee meer zeeleven mogelijk zijn en dus meer prooi voor slakjes, waarvan een groot deel zijn kostje vangt door het spannen van een spinnenweb van slijmdraden in het water. Je kunt je voorstellen dat zo'n vangnet

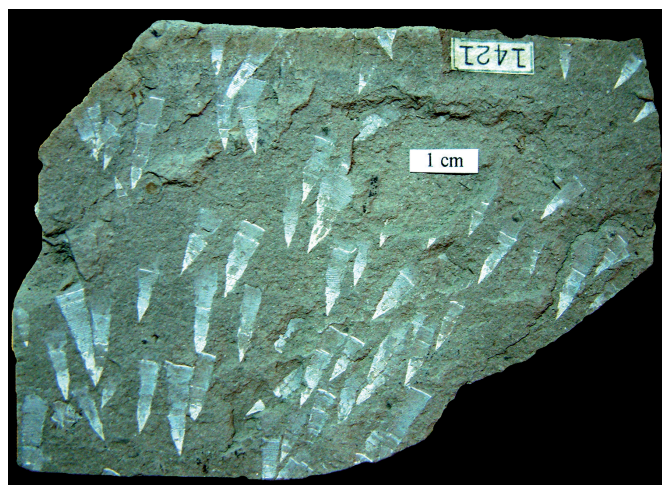


Afb. 11. Pteropode *Cavolinia uncinata* (recent), Atlantische Oceaan. Foto: Jaap de Boer.

vervuult door slibval en dan niet meer goed functioneert - helaas voor het dier. Ook hebben pteropoden, zoals de meeste wat grotere zeebeesten, heel delicate kieuwen die niet goed tegen slijkerig water kunnen. Voorts is de fossilisatiekans van de zo talrijke pteropodenschelpen problematisch; je vindt ze heel weinig fossiel, terwijl ze toch zo algemeen in zee voorkomen.

In oude boeken zie je wel gravures van pteropodenslik. In nieuwere

kom je zulke afbeeldingen zelden tegen. Wat blijkt? Alleen de hoogstgelegen, kortgeleden afgezette zeebodemplagen bevatten veel pteropodenschelpjes; de iets oudere en diepere laagjes zijn pteropodenloos omdat die schelpjes bijzonder gemakkelijk oplossen in water of zeeslik met een iets hogere zuurgraad. Ze lossen volledig op onder zulke condities. Vind je fossiele pteropoden, dan zijn het haast altijd afdrukjes, schelpkernen (afb. 12). Maar als het waar is dat pteropoden niet tegen slibrijk water kunnen dan is hun fossilisatiepotentieel al sowieso gering; zonder afzetting ontstaan nauwelijks fossielen! Dit is het thema waarover Jaap de Boer zich buigt in het kader van het NIOZ-stofproject onder de slogan "All you need is dust".



Afb. 12. Fossiele pteropoden, Bodenheim (Mainzer Becken), Fischeischiefer (Rupelien); Senckenberg Museum, Frankfurt am Main. Foto: Arie Janssen.

Uitzicht

Binnen enkele jaren zullen we veel meer weten over de verbanden tussen woestijnstof en zeeleven, vroeger en nu. Die inzichten kunnen dieper in het verleden reiken dan de laatste miljoenen jaren. Tijdens de Perm- en Triasperioden was een groot deel van de continenten (inclusief het stukje aardkorst waar ooit Nederland zou groeien) immers diepgaand verwoestijnd, deels zelfs onbewoonbaar voor levende organismen. Er moet toen stof uit het ene continent Pangea de grote wereldoceaan in zijn gewaaid, en niet weinig ook. Het zou kunnen dat het zeeleven in de Permtijd, dat veelzijdig was en floreerde, hiermee zijn voordeel deed terwijl op 't land de levende natuur verpieterde. En zo komen de grote lijnen van de aardgeschiedenis in zicht dankzij onderzoek op de oceaan.

Literatuur

Peter Knippert & Jan-Berend W. Stuit (2014). Mineral dust – a key player in the earth system. Springer, Berlijn; 509 pp, 115 afb.