

Geo .brief 7

november 2024

**Inzichten uit het Brachter Wald
Van Afrika tot Australië
Smeltend Antarctica
Oplichtende zandkorrels vertellen verhalen**

Aan tafel! / Nut en noodzaak van Aardwetenschappen worden nog weleens in twijfel getrokken. In ‘Nooit meer slapen’ noemen de Noren Nederlandse geologen de ‘boekhouders van het zand’. Hoewel dit een duidelijke hyperbool is, is het wel kenmerkend voor het sentiment waartegen Aardwetenschappers zich te vaak moeten verdedigen om hun meerwaarde aan te tonen. Wij, Aardwetenschappers, moeten de leiding nemen over onze eigen toekomst en niet afhankelijk zijn van anderen om onze waarde in te zien.

Want Aardwetenschappen is niet zomaar een academische opleiding. Het is essentieel voor het begrijpen van onze planeet, het vaststellen van de grenzen van onze planeet en het aanpakken van de uitdagingen waarmee we in de 21^e eeuw worden geconfronteerd. Van klimaatverandering en natuurrampen tot de duurzame economische ontwikkeling van onze maatschappij. Aardwetenschappen biedt de kennis en geeft richting aan de oplossingen die we nodig hebben om een welvarende, eerlijke en veerkrachtige toekomst op te bouwen. Mijn stelling is: je moet de waarde van Aardwetenschappen voelen om deze boodschap over te brengen.

De situatie bij de VU waar de opleiding Aardwetenschappen onder druk staat, maakt dit een acuut onderwerp. Het rapport van Draghi over de toekomst van Europa, werd gepubliceerd een paar dagen voor de protestactie van 12 september aan de VU. In het ruim 400 pagina's tellende rapport van Draghi wordt duurzaamheid gepresenteerd als de bron van groei voor Europa! Dan lijkt het (deels) sluiten van een opleiding Aardwetenschappen niet de beste opmaat voor het succes van ons continent.

De protestactie, georganiseerd door de actiegroep RED AARDWETENSCHAPPEN, was inspirerend, met Marit Brommer, Geert Gabriels, Nick Schutgens en Anouk Beniest, die allemaal vanuit verschillende perspectieven lieten zien hoe Aardwetenschappen aan de VU centraal staat in hun professionele carrière. Het evenement werd afgesloten met een toespraak van Brecht Reintsema, een van de studenten die leiding geeft aan het actiecomité om de Aardwetenschappen levend te houden op de VU. Haar boodschap van vastberadenheid geeft hoop voor de toekomst.

Maar waarom zitten Aardwetenschappers niet aan tafel waar de beslissingen worden genomen? De decanen van de (super) faculteiten waar de drie grote Aardwetenschappelijke opleidingen onder vallen, zijn een waterbouwer, een meteoroloog en een farmacoloog. Ik wil niks afdoen aan hun intenties en acties, maar voelen ze de meerwaarde van Aardwetenschappen? In de diverse colleges van bestuur wordt het niet beter en op de ministeries zijn Aardwetenschappers ook ondervertegenwoordigd in leiderschapsrollen. We hebben vertegenwoordiging nodig op het hoogste niveau. Aardwe-

tenschappers moeten aan tafel komen om de meerwaarde van ons vak te laten voelen!

Betrokkenheid en het vervullen van leiderschapsrollen is belangrijk, maar wordt te vaak ondergewaardeerd. Succes in de wetenschap wordt gemeten in publicaties, niet in bijeenkomsten waarin KPI's worden besproken en op het oog triviale beslissingen worden genomen over budgetten en strategieën. Daarom heb ik studenten, beginnende wetenschappers en alle anderen opgeroepen tijdens de protestactie aan de VU om leiderschapsrollen te ambiëren. Ik vraag het nu ook aan u.

Als bestuurder heb je het vermogen om richting aan je organisatie te geven. Dit omvat het stellen van prioriteiten, het vormen van de cultuur en het nemen van beslissingen over de continuïteit van de organisatie. Bestuurders zijn belangrijke aanjagers van verandering. Zij zijn verantwoordelijk voor de nieuwe initiatieven, het leiden van transformaties, het ervoor zorgen dat veranderingen worden doorgevoerd. Met alle beperkingen en vaak gebonden door financiële beperkingen. Ik wil iedereen uitdagen om deze rol op te pakken. Door deel te nemen aan commissies en extra curriculaire initiatieven. Zo kunt u impact hebben. Bovendien bieden deze rollen de mogelijkheid om professioneel te groeien, een aanvullend netwerk te bouwen en tegelijkertijd een betekenisvolle bijdrage te leveren aan het succes en de cultuur van de organisatie en ons vak. Ik hoop dat meer mensen, meer Aardwetenschappers de stap nemen om bestuurlijke functies te vervullen.

Bob Hoogendoorn



Zeespiegelstijging door smeltend Antarctica

Het onbekende continent / Het is niet gemakkelijk een goed beeld te vormen van Antarctica - de meest afgelegen en geïsoleerde plek op onze dichtbevolkte planeet (Fig. 1). Antarctica strekt zich uit over een immens gebied dat ongeveer anderhalf keer zo groot is als Europa. Totaal anders dan de Noordpool, waar zeeijs op de oceaan drijft, bestaat Antarctica uit landijs. Deze ijslaag, met een gemiddelde dikte van 2200 meter, rust op het continent Antarctica.



Fig. 2 Antarctica is geen stilstaande ijsklont; het continent beweegt voortdurend. Satellieten kunnen de snelheid van het ijs in kaart brengen, waarbij blauw langzame beweging en rood snelle beweging aangeeft.

Bron: NASA's Goddard Space Flight Center.

Fig. 1 Antarctica, het continent op de Zuidpool, is de grootste ijskap ter wereld en herbergt maar liefst 90% van al het ijs op onze planeet.

Bron: Cool Antarctica.

Onze kennis van Antarctica is relatief jong. Nog maar tweehonderd jaar geleden betraden de eerste ontdekkingsreizigers Antarctica. Voor lange tijd beschouwden we Antarctica als een 'slapende reus', de ijskast van onze aarde. Met temperaturen van gemiddeld -43°C werd er aangenomen dat Antarctica onaantastbaar was. De wetenschappelijke bevindingen vertellen ons echter vandaag de dag een ander verhaal.

Onderzoek vanuit de ruimte / Zo ver bekend werd Antarctica voor het eerst gesig-naleerd door de Russische kapitein von Bellingshausen en zijn bemanning op 28 januari 1820, tijdens een twee jaar durende ontdekkingsreis rond de wereld. Vanaf de 20^e eeuw worden er af en toe metingen uitgevoerd op Antarctica. Zo observeerde de Anglo-Ierse Ernest Shackleton in 1909 smeltwater op Antarctica, dat hij beschreef als een "brullende waterstroom." De grootte, isolatie en het gure weer van Antarctica maken het echter lastig om ter plaatse onderzoek te doen. Behalve enkele veldobservaties leren we vooral veel over Antarctica via satelliet-data en modellen. Op de standaardvraag bij elk feestje, als ik vertel dat mijn PhD-onderzoek over het smelten van

Antarctica gaat, "Ben je al naar Antarctica geweest?" moet ik bekennen: "Nul keer." Ik maak gebruik van satellietdata, waarmee we enorm veel over Antarctica te weten komen en nog elke dag leren. De eerste satellietobservaties zijn al meer dan vijftig jaar oud. Het type satellietbeelden dat de meeste mensen zullen kennen, zijn de 'normale' kleurenfoto's van onze aarde, die eruitzien alsof ze met hyper-de-luxe ruimtetelefoons zijn gemaakt. Er zijn echter veel meer soorten satellietdata waarmee we bijvoorbeeld de temperatuur van de aarde, stijgingen en verzakkingen, of massa's kunnen meten. Dit laatste type data wordt verzameld met satellieten die zwaartekracht kunnen meten, waardoor we precies in kaart kunnen brengen hoeveel massa een ijskap als Antarctica verliest.

Zeespiegelstijging / Satellieten hebben het massaverlies van Antarctica in de afgelopen twintig jaar gemeten en laten zien dat het continent gemiddeld zo'n 150 gigaton aan ijs per jaar verliest, wat resulteert in een jaarlijkse zeespiegelstijging van 0,4 millimeter. Hoewel dit natuurlijk veel ijs is, valt het in het niet vergeleken met de totale bijdrage als de hele ijskap zou smelten: dat zou leiden tot een zeespiegelstij-

ging van 58 meter. Het massaverlies van de Antarctische ijskap vormt dan ook de grootste potentiële bijdrage aan de zeespiegelstijging, veel meer dan de bijdrage van de Groenlandse ijskap (zeven meter) of de som van alle gletsjers (dertig centimeter). Gelukkig verwachten we niet dat de Antarctische ijskap volledig zal smelten, maar we zien wel dat de ijskap steeds sneller massa verliest.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), de VN-autoriteit die zich bezighoudt met de wetenschappelijke beoordeling van klimaatverandering, bundelt de meest aktu-

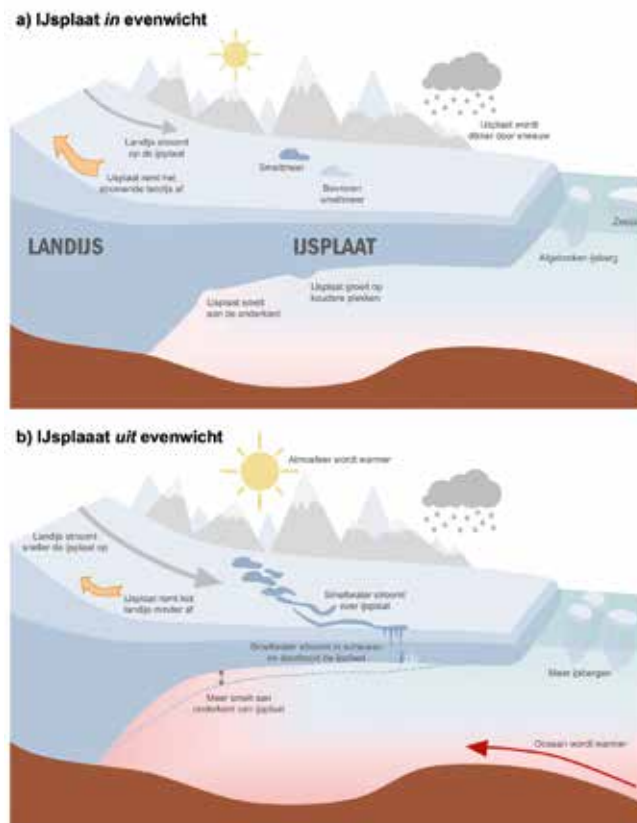


Fig. 4 Ijsplaat (a) in en (b) uit evenwicht. Een ijsplaat in evenwicht blijft stabiel door een balans tussen groei en krimp. Zodra die balans verstoord raakt, wordt de ijsplaat dunner en zwakker, waardoor het landijs sneller de oceaan instroomt en de zeespiegel stijgt.

Bron: Sophie de Roda Husman.

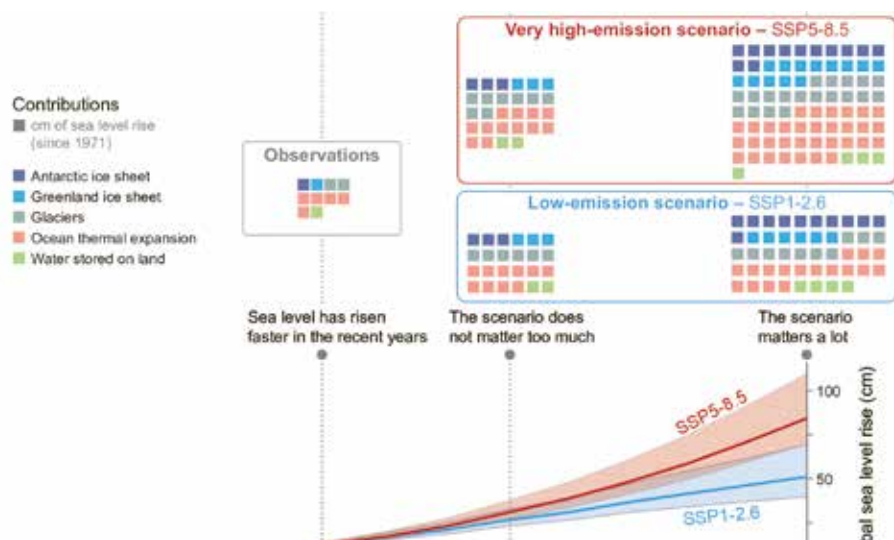


Fig. 3 Waargenomen en voorspelde zeespiegelstijging en de bijdragen van de belangrijkste componenten.

Bron: Fox-Kemper, B. et al. (2021)

ele kennis over het klimaat. In hun recentste rapport uit 2023 schatte het IPCC dat Antarctica in het jaar 2100 aanzienlijk kan bijdragen aan de zeespiegelstijging (Fig. 3). De schattingen variëren van 1 tot 11 cm bij een laag emissiescenario (SSP1-2.6) tot 3 tot 28 cm bij een hoog emissiescenario (SSP5-8.5). Dit laat zien dat er een aanzienlijke variatie bestaat; het ijsverlies van Antarctica is dan ook de grootste bron van onzekerheid bij het voorspellen van de zeespiegelstijging.

Wankele ijsplaten / De onzekere bijdrage van Antarctica aan de zeespiegelstijging is vooral te wijten aan de moeilijk te voorspellen toekomst van de ongeveer driehonderd ijsplaten rondom het continent. Ijsplaten vormen zich wanneer het massieve landijs van Antarctica onder zijn eigen gewicht langzaam naar de oceanen schuift en begint te drijven zodra het het water raakt. De Antarctische ijsplaten omringen ongeveer 75% van de 17.968 kilometer lange kustlijn van Antarctica, wat vergelijkbaar is met

de afstand van Nederland naar Nieuw-Zeeland. Ijsplaten fungeren als barrières die het landijs tegenhouden, als een beschermende muur. Wanneer deze ijsplaten afbreken, dragen ze zelf niet bij aan de zeespiegelstijging, omdat ze al in zee drijven. Echter, het landijs dat ze tegenhouden, stroomt daardoor sneller de zee in, wat wel resulteert in een snellere zeespiegelstijging.

Voor een ijsplaat in evenwicht vindt groei plaats door de aanvoer van ijs vanuit het landijs en sneeuwval op het oppervlak (Fig. 4-a). Tegelijkertijd gaat er ijs verloren aan de randen, waar het afbreekt—een proces vergelijkbaar met het voortdurende vernieuwen en afbreken van vingernagels. Deze natuurlijke cyclus van aanvulling en afkalving helpt de omvang van de ijsplaten op de lange termijn relatief constant te houden.

In de afgelopen decennia hebben opwarmende oceanen en de atmosfeer de ijsplaten uit evenwicht gebracht, wat heeft geleid tot dunnere en zwakkere structuren (Fig. 4-b). Drie factoren dragen bij aan het afzwakken van de ijsplaten, zowel aan de onder-, zij- als bovenkant. Ten eerste smelt warmer oceaanwater de onderkant van de ijsplaten, waardoor ze dunner worden. Ten tweede brokkelen ijsplaten af aan de randen, een proces dat versneld plaatsvindt wanneer de ijsplaten dunner zijn. Hoewel dit proces ook voor-

komt bij ijsplaten in evenwicht, wordt verwacht dat afkalving zal toenemen in een warmer klimaat. Momenteel is het massaverlies van de ijsplaten door afkalving aan de randen gelijk aan het verlies door het dunner worden aan de onderkant. Tot slot kan smelten aan de bovenkant de ijsplaten destabiliseren, bijvoorbeeld door in scheuren te stromen en deze dieper te maken door het gewicht van het water.

Het gemiddelde bestaat niet / De potentiële zeespiegelstijging door het smelten van het ijs op Antarctica heeft een bijzondere impact op landen zoals Nederland. Eén derde van Nederland ligt onder zeeniveau, waardoor het extra kwetsbaar is voor het stijgende water. Bovendien heeft Antarctica zo'n grote massa dat het de oceanen naar zich toe trekt. Door de zwaartekracht trekt Antarctica momenteel water weg van het noordelijk halfrond (Fig. 6). Wanneer Antarctica smelt en massa verliest, verzwakt deze zwaartekracht, wat paradoxaal genoeg resulteert in een daling van de zeespiegel nabij het continent. Hierdoor stijgt het water verder van Antarctica, zoals in de Noordzee, sterker dan het wereldgemiddelde. Dit laat zien hoe ingrijpend het massaverlies in Antarctica de situatie voor landen zoals Nederland beïnvloedt. Ondanks de enorme afstand is de impact van Antarctica dichtbij huis verrassend groot.

Sophie de Roda Husman

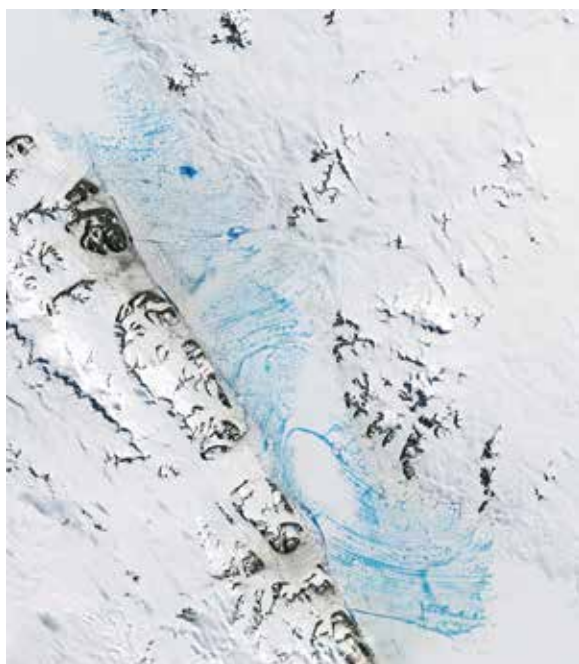


Fig. 5 Smeltmeren op een ijsplaat in Antarctica in januari 2020.

Bron: NASA Earth Observatory, satellietdata van Landsat van de U.S. Geological Survey.

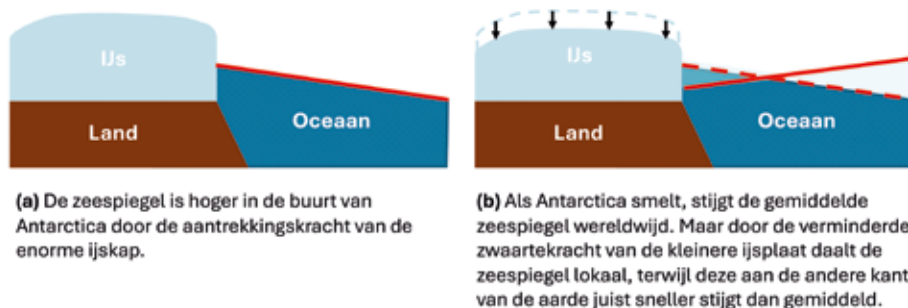


Fig.6 Het effect van Antarctica's smeltende ijskap op regionale zeespiegelveranderingen.

Bron: Sophie de Roda Husman.

Inzichten uit het Brachter Wald



De groep in het midden van de groeve Hoher Stall.

De Sedimentologische Kring heeft als doel om de sedimentologie in Nederland te stimuleren door middel van excursies en lezingen. En als het even kan, doen we dat natuurlijk vooral buiten. Hoewel veel geologie tegenwoordig achter een computer wordt gedaan, blijft het opdoen van nieuwe kennis en inzichten in het veld enorm belangrijk.

In mei hebben wij het bestuursstokje van de Sedimentologische Kring overgenomen en zijn we vol goede moed begonnen met het plannen van veldexcursies. Een enthousiaste excursieleider voor de eerste excursie was gelukkig al snel gevonden. Onder leiding van Freek Busschers (TNO) hebben we op 7 september twee groeves bezocht in het Brachter Wald ten zuiden van Venlo, net over de grens met Duitsland. In deze groeves wordt zand en klei afgegraven dat tijdens het Pliocene en Vroeg-Pleistoceen door de Rijn en Maas is aangevoerd.

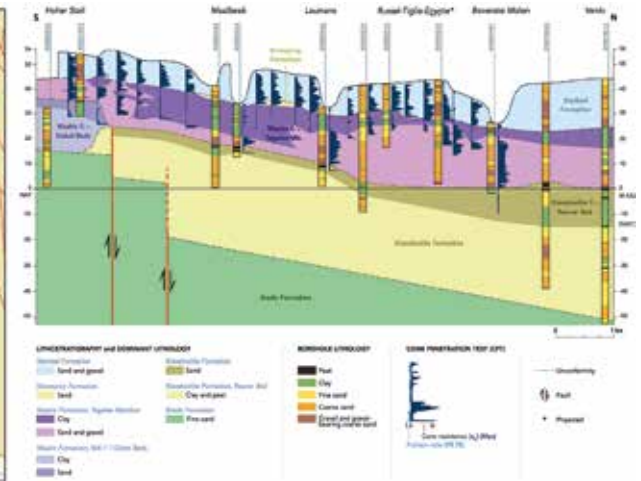
Formatie van Waalre / De afwisseling van fluviatiele zanden en kleien uit de Formatie van Waalre speelt een belangrijke rol in de (ondiepe) Nederlandse ondergrond. Op regionale schaal fungeren de dikke kleilagen in de eerste honderden meters in de ondergrond als ondoordringbare barrières die de zandige aqui-



Excursieleider Freek Busschers geeft uitleg over de regionale geologie bij de ingang van groeve Hoher Stall.



Regionale context Brachterwald (aangepast uit Westerhoff et al., 2020). De bezochte groeves Hoher Stall en Oebel zijn op de kaart aangegeven.



fers kunnen beschermen tegen mogelijk schadelijke invloeden vanaf het oppervlak. Zo wordt door de provincie Noord-Brabant de diepte tot de ondiepste kleilaag gebruikt om te bepalen tot welke diepte bodemenergiesystemen mogen worden aangelegd. Onder deze diepte wordt het gebruik van de ondergrond geminimaliseerd om de invloed op het grondwater zo minimaal te houden om ook in de toekomst schoon drinkwater te behouden.

Daarnaast kunnen de Waalre kleien een belangrijke rol spelen bij de bouw van grote infrastructuurprojecten. Wanneer deze kleilagen zich bijvoorbeeld dicht bij het oppervlak bevinden, is het belangrijk om op een hoog detailniveau de laterale continuïteit in kaart te brengen zodat grondwaterstromingen goed gemodelleerd kunnen worden. Ook worden de Waalre kleien al lange tijd gebruikt om (Vroeg-) Pleistocene paleoklimatologische omstandigheden te bepalen. Daarmee vormen ze één van de hoekpunten van de Pleistocene stratigrafie van Nederland. Kortom, meer dan genoeg redenen om hier in meer detail naar te gaan kijken.

Groeve Hoher Stall / En dus verzamelden 22 enthousiaste excursieleden zich 's ochtends vroeg op zaterdag 7 september in Reuver, precies op de grens met Duitsland. Een

gevarieerde groep qua expertise, met naast sedimentologen bijvoorbeeld ook een aantal pottenbakkers die de hoge kwaliteit kleien gebruiken voor hun creaties. De strakblauwe lucht belooft de veel goeds en de 'laatste mooie dag van de zomer' bleek er dan ook echt van te komen. Na een kopje koffie op het terras van Boscafé De Grens, onze uitvalsbasis voor de dag, sprong iedereen in de auto voor een kort ritje naar de eerste groeve van de dag, Groeve Hoher Stall. In stijl gewapend met een veiligheidshesje en helm kropen we (met toestemming) onder het hek voor de groeve door en was het tijd voor een mini-college over de regionale geologie. In de weken voor de excursie hadden alle excursie-deelnemers alvast als 'huiswerk' het artikel van Westerhoff et al. (2020) ontvangen. Dit artikel geeft een goed overzicht en introductie in de stand van zaken na meer dan honderd jaar onderzoek naar het Pliocene en Vroeg-Pleistoceen van het Duits-Nederlandse grensgebied bij Venlo. Op basis van sedimentologische, paleontologische, palynologische en paleoklimatologische data behandelen Westerhoff et al. twee belangrijke vragen die beide goed illustreren waarom gedetailleerde sedimentologische studies zo belangrijk zijn om verkeerde aannames te voorkomen.

Fluviatiele sedimenten / De eerste vraag richt zich op hoe deze relatief dunne fluviatiele sedimenten die zijn afgezet bovenop de Peelhorst, correleren met de tien keer dikkere sedimentopvolging in de Roerdalslenk. Een stratigrafische correlatie vanaf een horst de graben in is al niet makkelijk, maar de laterale faciesveranderingen van dit riviersysteem vol geul-, oever-, uiterwaarden-, crevasse- en meer-afzettingen maken dit een grote uitdaging. De tweede vraag is vooral gericht op de ouderdom van de sedimenten. Tot op welk detailniveau kunnen individuele lagen in deze fluviatiele opeenvolging vol hiaten gedateerd worden en gebruikt worden als basis voor paleoklimaat-reconstructies? Zijn veranderingen in pollensamenstelling een indicatie van klimaatverandering of is dit eerder een weerspiegeling van lokale variaties in het landschap? Met deze kennis in het achterhoofd, maar ook op basis van zijn eigen veldwerken en analyses gaf Freek een met posters geïllustreerde uitleg over de stratigrafie in de Hoher Stall groeve. Lopend door de groeve vallen meerdere dingen op. Er zijn meerdere fining-upwards opeenvolgingen van vijf tot tien meter dik ontsloten. De impact van erosieve processen is op meerdere schaalniveaus aanwezig, zowel tussen de verschillende opeenvolgingen, maar ook intern in



Veldfoto's van groeve Hoher Stall.

- a) **Pliocene hout**; b) **de basis van de Hoher Stall groeve op Pliocene klei**; c) **schoongemaakte eerste kleibed in de Formatie van Waalre (locatie aangegeven in rood op de vorige foto)**; d) **basis van de Tegelen klei**; e) **zanden met cross-bedding uit de Formatie van Waalre.**

de zandpakketten. Waar in sommige zanden de cross-beds je tegemoet lachen, zijn andere zanden juist massief en worden doorkruist door ontwateringsstructuren. Verschillen in mineraalsamenstelling zorgen ervoor dat de Vroeg-Pleistocene Waalre zanden veel lichter van kleur zijn dan de een miljoen jaar jongere zanden van de Formatie van Sterksel bovenin de groeve. Een uitbreiding van het stroomgebied van de Rijn was hiervoor verantwoordelijk.

Pliocene hout voor het oprapen /

Op het diepste punt van de groeve liggen Pliocene kleien die niet verder afgegraven mogen worden om zo de lokale werking als hydrologische basis in stand te houden. Deze Pliocene kleien zijn veel organisch-rijker dan de jongere Pleistocene kleien hoger in de groeve en daardoor duidelijk herkenbaar. Grote stukken Pliocene hout lagen hier zelfs voor het oprapen. De groeve laat ook duidelijk de laterale variabiliteit zien, want de Pleistocene kleien blijken lateraal op de schaal van de groeve soms helemaal te verdwijnen.

Dankzij de zon en de reflectie van de witte groevewanden begon de dag tegen het middaguur trekjes te krijgen van een typisch studentenveldwerk ergens in een uithoek van Zuid-Europa. Een tussenstop bij café De Grens bleek dus geen overbodige luxe, waar tijdens de welverdiende

lunch de gesprekken over de bekeken geologie, en andere onderwerpen, vrolijk verder gingen alvorens wij 's middags de Oebel Groeve zouden bezoeken.

Groeve Oebel / Deze tweede groeve van de dag vertoont een opeenvolging die enigszins vergelijkbaar is met die in groeve Hoher Stall, en verschaft daardoor een mooie kans om de 's ochtends opgedane kennis over de sedimentaire opeenvolging gelijk toe te passen op een nieuwe locatie. En ook al zorgde de warmte zeker voor een kleine after-lunch dip, ook in groeve Oebel was genoeg te zien. Hier viel op dat dezelfde basiselementen van de stratigrafische opeenvolging op deze locatie vier kilometer verder duidelijk terugkwamen, ondanks de prominente laterale verschillen die zichtbaar waren in groeve Hoher Stall. Ook kon hier ons beeld op de totale opeenvolging nog iets verder worden uitgebreid. Omdat de groeve dieper in de Pliocene afzettingen is afgegraven, waren hier meerdere organisch-rijke kleilagen ontsloten die eerder niet zichtbaar waren in groeve Hoher Stall.

Al met al was de veldexcursie een mooie gelegenheid om met andere enthousiastelingen interessante discussies over je eigen observaties in het veld te voeren. Want wanneer noem je iets een restgeul? En hoe zat het ook alweer met liquefactie en ontwatering van zanden? Daarom

willen wij Freek Busschers, en de ad-hoc inbreng van Kim Cohen, bij deze nogmaals bedanken voor de inspirerende inhoudelijke leiding van de excursie. En dit smaakt naar meer! Op 19 oktober zoekt de Sedimentologische Kring de Veluwe in de buurt van Hattem opnieuw het Vroeg-Pleistocene op, maar met een paar interessante twists: die groeves zijn al lange tijd niet meer actief, alle sedimenten zijn gestuwd en ze zijn ook nog eens afkomstig vanuit een ander riviersysteem. Genoeg reden dus voor een sessie "zoek-de-sedimentologische-verschillen". Heb je na het lezen van dit stuk goede ideeën voor leuke en/of leerzame sedimentologische veldbezoeken die we volgend jaar (of zelfs komende winter) zouden kunnen organiseren, laat het ons dan vooral weten op sedi.kring@gmail.com. Ideeën voor binnenactiviteiten zoals sedimentkernen bekijken zijn natuurlijk ook welkom. Om op de hoogte te blijven van onze activiteiten kun je ons nu ook volgen op onze nieuwe LinkedIn-pagina of via onze website. Of nog beter, wordt (opnieuw) lid van de Sedimentologische Kring. Voor slechts tien euro per jaar ben je dan als eerste op de hoogte van onze plannen en kun je in veel gevallen gratis deelnemen aan excursies.

Hopelijk dus tot binnenkort ergens in het veld!

**Chris van Baak, Stephan Toby,
Mieke Kusters, Huibert van den Brink**



De kathedraal van Malmedy.



Blokken Arkose van Waimes in Carrière Schauss.

Arkose van Waimes / Hoewel niet al te ver van de Nederlandse grens ontsloten, heeft de Arkose van Waimes Nederland als bouwsteen nooit bereikt. De meeste toepassingen zijn in de eigen regio. De prominentste daarvan is ongetwijfeld de achttiende-eeuwse kathedraal van Malmédy, een buurgemeente van Waimes. Buiten de eigen regio is de Arkose van Waimes onder meer gebruikt in Antwerpen. Hier is de steen met andere zandstenen gebruikt voor de bekleding van het eind negentiende-eeuwse spoorwegviaduct naar Antwerpen Centraal en aan de Sint-Laurentiuskerk uit de jaren dertig. In Carrière Schauss, vroeger Carrière de Boussire genoemd, wordt de steen al sinds het begin van de 18^e eeuw ontgonnen. In Carrière de la Warchenne gebeurt dat sinds eind 19^e eeuw. Beide groeves zijn nog steeds in bedrijf.

De in het Lochhovien (Vroeg-Devoon) afgezette zandsteen is sterk variabel van korrelgrootte, samenstelling en kleur, maar petrografisch geen arkose. Het veldspaatgehalte haalt bij lange na geen 25 %. Het zijn de talkrijke kleine witte aggregaten van

kleimineralen die macroscopisch tot de aanduiding arkose hebben geleid. De zandsteen bestaat typisch uit 70-80 % kwarts en 6-15 % veldspaten, maar stenen zonder enige veldspaat zijn geen uitzondering. Het resterende deel wordt aangevuld met mica's, kleimineralen en ijzer(hydr)oxides. De kleur is meestal crème, beige of geelachtig, maar lichtgroenige of violette varianten komen ook voor. De breukvlakken zijn vaak roestbruin. De zandsteenbanken worden vaak gescheiden door dunne siltsteen of schalielagen. Sommige zandsteenbanken, -met name de geel-bruine nivo's-, bevatten talrijke fossielen. De steen oogt korrelig en niet al te compact, maar dat is schijn. Met druk- en treksterktes van respectievelijk 160 en 27 N/mm² en een porositeit van circa 2,5 vol.% is het een sterke steen. De steen is moeilijk te onderscheiden van sommige andere zandstenen uit het Paleozoïcum.

Tekst en foto's: Timo G. Nijland



Carrièredag voor Bèta-vrouwen, 2007 bij NWO. Paquita Perez, decaan faculteit Natuurwetenschappen van de Open Universiteit, gaat in op het belang van netwerken.

Foto's: archief GAIA



GAIA en NIMF (Netwerk voor Informatica, Mathematica en Fysica) symposium *Natuurlijke dynamiek en duurzame veiligheid in de delta*, 2008 bij Naturalis. Opening door GAIA-voorzitter Hanneke Verweij.

GAIA en de loopbaanontwikkeling van vrouwen in de aardwetenschappen

25 jaar werd het GAIA-netwerk opgericht om vrouwelijke aardwetenschappers in het werkveld te ondersteunen en te versterken. Eind oktober 2023 werd het netwerk opgeheven. In deze Geo.brief: een terugblik op GAIA.



Oorsprong van het GAIA-netwerk / Een 'lekkende pijplijn'. Dat fenomeen was de aanleiding voor de oprichting van het netwerk voor vrouwelijke aardwetenschappers Gaia. Het percentage afgestudeerde vrouwelijke aardwetenschappers steeg sterk over een periode van tien jaar (ca. 30%), terwijl het percentage vrouwen werkzaam in het aardwetenschappelijke veld sterk achterbleef (slechts 5 tot 10%). Ook waren er nauwelijks vrouwelijke aardwetenschappers in leidinggevende posities. Een deel van het vrouwelijk potentieel leek dus te zijn weggelekt. Wat was er aan de hand? En hoe kon de positie van deze vrouwen in het werkveld verbeteren? Om antwoord te krijgen op deze vragen en om daar verandering in te brengen, richtte Hanneke Gieske in 1998 GAIA op, een netwerk voor vrouwelijke aardwetenschappers. Het netwerk maakte als kring deel uit van het KNGMG en vormde een werkgroep van het

KNAG (Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap). Naast onderzoek bood GAIA haar leden door netwerkdiners en excursies de mogelijkheid om elkaar te ontmoeten. Ook ondersteunde en stimuleerde zij haar leden bij hun (loopbaan)ontwikkeling. Via nieuwsbrieven, workshops en symposia werden kennis en expertise uitgewisseld. Op haar hoogtepunt telde GAIA meer dan tweehonderd leden.

Loopbaanonderzoek / Een belangrijke prioriteit voor GAIA was het uitvoeren van een landelijk loopbaanonderzoek onder vrouwen en mannen uit de aardwetenschappen. Het doel was om in gesprek te gaan met werkgevers en onderwijsinstellingen in het aardwetenschappelijke werkveld om de ondervertegenwoordiging van vrouwelijke aardwetenschappers aan te pakken. Er moest een diverse en gendergelijke werkomgeving komen die beter op de maat-



Excursie naar de Lutte, 2006.

schappij aansloot en waarin het vrouwelijk potentieel beter werd benut. Zo'n werkomgeving moest zowel aantrekkelijk zijn voor mannen als voor vrouwen. Om dit te realiseren werd in 2001 een adviesraad ingesteld met beleidsverantwoordelijke personen - waaronder (vice) decanen en directeuren - van de universiteiten, het bedrijfsleven en (semi)overheidsinstellingen. De raad adviseerde GAIA bij het uitstippelen van haar strategie en zag ook toe op de implementatie van de aanbevelingen en acties die uit het loopbaanonderzoek zouden voortvloeien.

Ondersteund door het KNGMG en KNAG begon GAIA in 2001 met de voorbereidingen voor het loopbaanonderzoek. De doelstellingen van het onderzoek werden geformuleerd en aardwetenschappelijke organisaties en bedrijven kregen de uitnodiging om deel te nemen aan het onderzoek. Door de overredingskracht van enkele GAIA-leden lukte het om zelfs sommige sceptici over de streep te trekken. Uiteindelijk werkten een twintigtal organisaties en bedrijven mee aan het onderzoek en leverde een tiental een financiële bijdrage. In 2003 voerde GAIA samen met een onderzoeksbureau het loopbaanonderzoek uit. Daarvoor zijn 1500 enquêtes uitgeprint en door GAIA-leden in enveloppen gestopt. De enquêtes zijn via de universitaire alumni bureaus aan mannelijke en vrouwelijke aardwetenschappers verstuurd. Via deze enquête is gezocht naar een antwoord op de volgende vraag: "wat is de verhouding man/vrouw van de

afstudeerders vanaf de jaren tachtig en wat is de huidige verhouding man/vrouw werkzaam in het aardwetenschappelijk werkveld?" Opvallende conclusies van het onderzoek waren onder andere dat vrouwelijke aardwetenschappers ondervertegenwoordigd waren op medior- en seniorposities en dat ze nauwelijks een vaste positie hadden bij de universiteiten. Het fenomeen "de lekkende pijplijn" bestond dus echt.

Spin-off: het GAIA Ambassadeursnetwerk / De resultaten van het loopbaanonderzoek werden op een symposium gepresenteerd. Hoogtepunt was de ondertekening van convenanten door werkgevers waarin zij acties beloofden te ondernemen om de positie van de vrouwen binnen hun organisatie te verbeteren en de lekkende pijplijn aan te pakken. Om de werkgevers hierin te ondersteunen, en de voortgang van de beloofde acties te monitoren, werd het GAIA-ambassadeursnetwerk (GAN) opgericht. Het loopbaanonderzoek zette GAIA op de kaart. Samen met het GAN werden zij gesprekspartners en pleitbezorgers voor het verbeteren van de posities van vrouwen op de arbeidsmarkt, zowel nationaal als internationaal.

Het einde van GAIA / In de eerste vijftien jaar van GAIA's bestaan waren veel vrouwelijke aardwetenschappers nauw betrokken bij allerlei activiteiten en commissiewerkzaamheden. Deze vrouwen leerden elkaar beter kennen en hielpen elkaar bij het vinden van banen door elkaar op vacatures te attenderen. Velen waren ook betrokken bij het loopbaanonderzoek, het formuleren van de onderzoeksvragen, het uit-

Wie is Gaia?

In de Griekse mythologie is Gaia de godin van de natuur en de aarde; de oermoeder Aarde die zich uit de woeste en ledige ruimte, Chaos, ontwikkelde als een ronde schijf die de hemel Uranus van de onderwereld scheidde. Gaia wordt afgebeeld als een vrouw die uit de grond oprijst, maar altijd eraan verbonden blijft.

sturen van de enquêtes, het verwerken van de enquêtedata en het organiseren van symposia. Zij ervoeren deze jaren als waardevol en onderschrijven het positieve effect van het GAIA-netwerk op hun carrièreverloop. De afgelopen jaren nam het aantal leden langzaam af naar 140. Het bestuur had moeite om nieuwe bestuursleden te vinden; netwerkders en workshops werden minder goed bezocht. Op 20 oktober 2023, 25 jaar na de oprichting van GAIA, stemden de leden op de ALV in met de opheffing van het GAIA-netwerk.

Herhaling van het loopbaanonderzoek / Op de ALV stemden de leden ook in met het voorstel om het restant ledengeld in de kas te besteden aan een herhaling van het loopbaanonderzoek uit 2003. Het KNGMG en KNAG ondersteunen dit initiatief en het KNGMG neemt het financiële beheer op zich. Ook dragen opnieuw een aantal organisaties bij aan het onderzoek.

Inmiddels is een werkgroep met oud-leden samen met een onderzoeksteam van de Vrije Universiteit Amsterdam en de Erasmus Universiteit Rotterdam aan de slag gegaan. Met behulp van een enquête en een kwalitatief onderzoek wordt opnieuw onderzoek gedaan naar de loopbanen van aardwetenschappers, en wat er veranderd en bereikt is in twintig jaar tijd. De resultaten worden via diverse kanalen gedeeld, zoals de nieuwsbrieven en websites van KNGMG en KNAG en de aardwetenschappelijke faculteiten. Hopelijk helpt dit de huidige en toekomstige aardwetenschappers, en de organisaties waar zij werken, wederom om de gewenste loopbanen vorm te geven.

Oermoeder Gaia – met beide benen stevig in de Hollandse klei - laat haar dochters niet makkelijk los.

Hayfaa Abdul Aziz

U kunt deelnemen aan de enquête via de digitale versie van de Geo.brief, daar staat een link bij. Het digitale GAIA-archief komt binnenkort beschikbaar via de KNGMG-website. Voor vragen of informatie over GAIA of het nieuwe loopbaanonderzoek kunt u terecht bij gaiaonderzoek@gmail.com

55°14'27" Noord en 6°30'42" West / De vorming van de 'North Atlantic Igneous Province' (NAIP), een van 's werelds grootste voorkomens van stollingsgesteenten en vulkanieten, ging vooraf aan de rifting en vervolgens opening van de Noord-Atlantische Oceaan in het Vroeg-Tertiair. De British Tertiary Igneous Province (BTIP), een belangrijke subprovincie van de NAIP, wordt gekarakteriseerd door intrusies, ganggesteenten, basaltische lavas en vulkanische sedimenten in Noord-Ierland en West-Schotland (o.a. de eilanden Mull en Skye).

De Antrim Lava Group in Noord-Ierland, de omvangrijkste eenheid in de BTIP, heeft een ouderdom van ongeveer 63-59 miljoen jaar (Paleoceen). Vooral langs de noordkust van County Antrim zijn deze vulkanieten prachtig ontsloten in tot 140 meter hoge kliffen. De Antrim Lava Group omvat meerdere eruptiecentra, met vulkanische pijpen, ganggesteenten en een dikke opeenvolging van vlakliggende basalten. In deze regio bedekken de donkergekleurde lavas van de Antrim Lava Group een (verkarst) paleoreliëf van witte mergelige kalken van de Ulster White Limestone Formation (ouderdom Laat-Santonien tot Vroeg-Maastrichtien).

De Antrim Lava Group bestaat uit drie formaties die gescheiden worden door tijdshiaten: de Lower Basalt Formation (circa negentig meter dik), de Interbasaltic Formation (circa 150 meter) en de Upper Basalt Formation (meer dan 180 meter). Voorkomens van donkerrode ijzerrijke laterietbodems tussen de lavas tonen aan dat er voldoende tijd was tussen erupties om deze vulkanieten diep te verwerken. Het merendeel van de Interbasaltic Formation wordt gevormd door lavas van de Causeway Tholeiite Member (CTM). De massieve onderste lava van deze eenheid (CTM1) heeft langs de klifkust van de beroemde 'Giant's Causeway' een opmerkelijke dikte van circa 75 meter. Deze lokale verdikking werd lang toegeschreven aan uitstroming in een rivierdal, maar recent onderzoek wijst op opvulling van een kortdurende depressie, mogelijk gerelateerd aan het leeglopen van een ondiep magmareservoir.

Bijgaande foto van de Giant's Causeway is genomen vanaf de zogenaamde 'Grand Causeway', de meest prominente uitloper in zee van de resistente CTM1 lava. Deze tholeiitische lavastroom vertoont ongeveer veertigduizend polygonale basaltzuilen die ontstonden door laterale krimpings van het gesteente tijdens langzame afkoeling. Verticale krimpings resulteerde in de vorming van 'ball and socket' diaklazen waardoor de zuilen een bolle of holle bovenkant vertonen. Op de voorgrond is dit verschil duidelijk zichtbaar doordat er water staat in de holle uiteinden. De opvallende kaap rechts op de achtergrond is de 'Great Stookan' die bestaat uit een serie olivijn-lavas (met basaltzuilen) van de onderliggende Lower Basalt Formation.

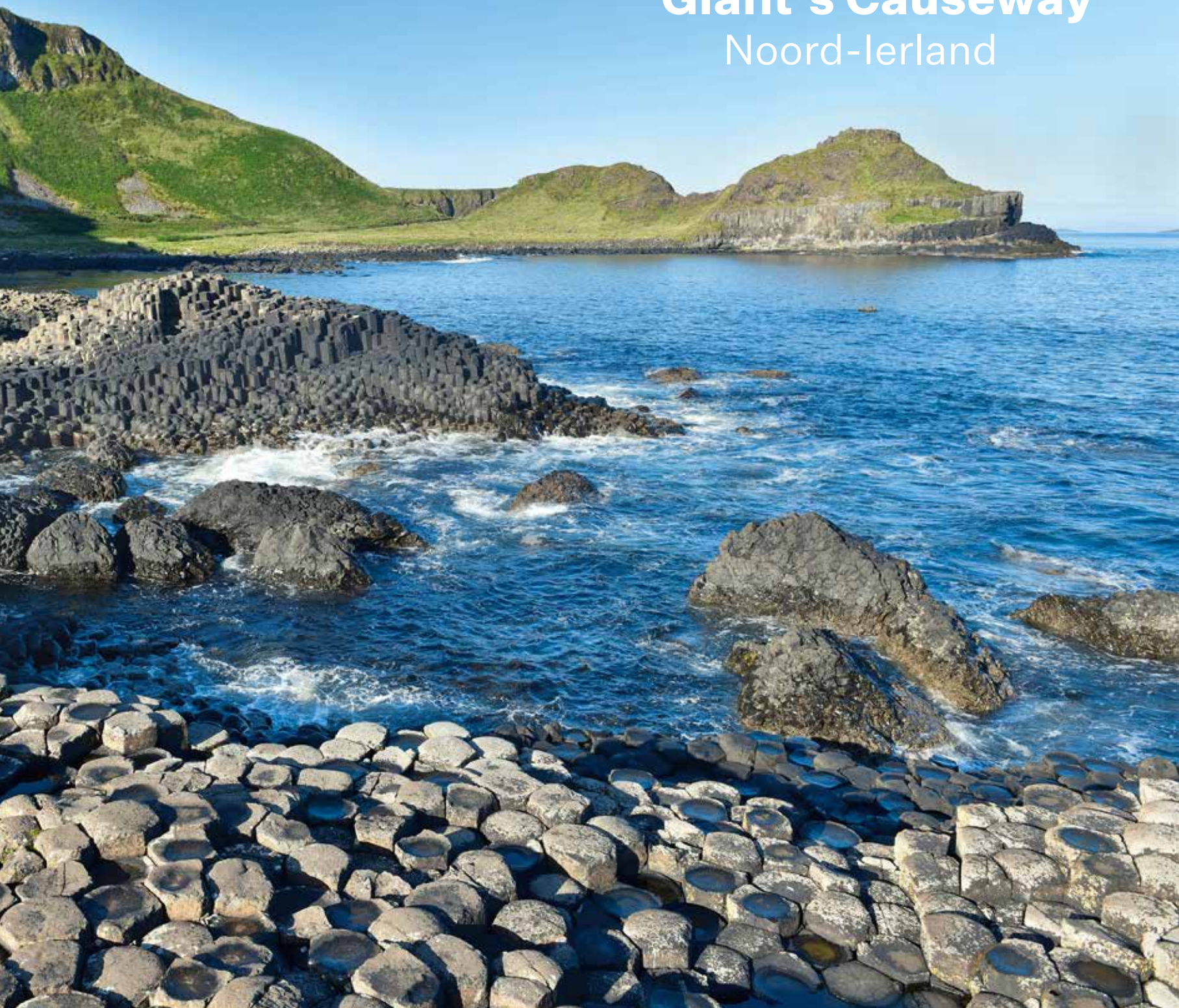
De Giant's Causeway locatie werd voor het eerst beschreven aan het einde van de 17^e eeuw. Dit geologische monument (vrije toegang) is een onderdeel van de Causeway Coast Area of Outstanding Natural Beauty (AONB), een beschermde oost-west-kuststrook met een lengte van bijna dertig kilometer. De Giant's Causeway werd in 1986 toegevoegd aan de UNESCO-lijst van World Heritage Sites. Het grootste deel van het zeventig hectare grote park is eigendom van de National Trust. Het in mei 2000 door brand verwoeste bezoekerscentrum werd in 2012 vervangen door een modern gebouw met meer faciliteiten. Sindsdien is het aantal bezoekers sterk gestegen tot meer dan een miljoen per jaar, kort voor het uitbreken van de Covid-pandemie.

Foto en tekst: Jeroen Peters



Giant's Causeway

Noord-Ierland



Oplichtende zandkorrels vertellen verhalen

De mineralen kwarts en veldspaat zijn de hoofdbestanddelen van zand in Nederland en op de meeste andere plekken op aarde. Deze mineralen hebben de bijzondere eigenschap dat ze een klein lichtsignaaltje kunnen produceren. Dit fenomeen, luminescentie, kan niet alleen gebruikt worden voor het bepalen van de ouderdom van afzettingen (luminescentiedatering), maar ook om te reconstrueren waar sediment vandaan komt, en welke route het afgelegd heeft. In dit artikel delen we achtergrondinformatie over luminescentie van zandkorrels en bespreken we bekende en nieuwe toepassingen.

Fig 1 Bemonstering voor luminescentiedatering in de Pokharavallei in Nepal.

Foto: Jürgen Mey (Universiteit Potsdam).

Luminescerende zandkorrels /

We beginnen met een korte beschrijving van de natuurkunde achter de oplichtende zandkorrels, omdat dit van belang is om de toepassingen en beperkingen van de methode te begrijpen. Het luminescentiesignaal van kwarts- en veldspaatkorrels wordt veroorzaakt door elektronen die vanuit een hoger energieniveau terugvallen naar de grondtoestand. Het luminescentiesignaal wordt opgeladen door achtergrondstraling: natuurlijke radioactiviteit van omliggend materiaal. Bij blootstelling aan (zon)licht wordt het luminescentiesignaal op nul gesteld. Daarmee biedt het luminescentiesignaal een stopwatch, die de tijd meet sinds de laatste blootstelling aan (zon)licht (Fig. 2).

Het luminescentiesignaal is met het blote oog te zien als zandkorrels na een hoge stralingsdosis in een donkere omgeving verhit worden. Voor metingen van het luminescentiesignaal gebruiken we een instrument dat het monster beschijnt met licht van een bepaalde golflengte, en tegelijkertijd het luminescentiesignaal in een andere golflengte nauwkeurig meet. De apparatuur is ook uitgerust met een radioactieve bron om het signaal weer op te laden, en zo de luminescentiegevoeligheid van het monster te bepalen. Meestal worden metingen gedaan op enkele tientallen korrels tegelijk, maar voor veel toepassingen is het interessant om korrel-voor-korrel te meten. Ook dat is mogelijk met de apparatuur bij het Nederlands Centrum voor Luminescentiedatering (NCL) in Wageningen. Daarnaast hebben veldspaatkorrels

de interessante eigenschap dat je verschillende luminescentiesignalen kunt meten op een en dezelfde korrel. Dit fenomeen gebruiken we onder meer voor sedimenttracering.

Luminescentiedatering / Om het moment van afzetting en begraving van zand te bepalen, meten we twee grootheden: 1) Door het natuurlijke luminescentiesignaal te vergelijken met een in het lab opgewekt luminescentiesignaal bepalen we de stralingsdosis die het monster heeft ontvangen sinds de laatste lichtblootstelling. Dit noemen we de palaeodosis (in Gray). 2) Door de natuurlijke radioactiviteit van het sediment te meten bepalen we de jaarlijkse stralingsdosis waar het monster aan blootgesteld is. Dit noemen we het dosistempo (in Gray per jaar). De afzettingsouderdom bepalen we simpelweg door de palaeodosis te delen door het dosistempo. Luminescentiedatering is toepasbaar op allerlei typen afzettingen, en zelfs op aardewerk of baksteen. Randvoorwaarde is dat het luminescentiesignaal op nul gesteld is ('gebleekt') op het moment dat je wilt bepalen. Voor sediment betekent dit dat in elk geval een deel van de korrels voor afzetting en begraving aan voldoende licht of warmte blootgesteld moeten zijn om het signaal op nul te stellen. Enkele seconden vol zonlicht is hiervoor genoeg, net als verhitting tot een paar honderd graden. Als het signaal goed op nul gesteld is kan materiaal van minimaal tien jaar oud gedateerd worden. Een tweede randvoorwaarde is dat het luminescentiesignaal niet verzadigd is. Deze verzadiging is afhankelijk van het mineraal dat gebruikt wordt en het dosis tempo. Normaliter reikt kwarts optisch gestimuleerde luminescentiedatering tot ongeveer 100.000 jaar, terwijl met veldspaat infrarood gestimuleerde luminescentie dateringen tot een half miljoen jaar mogelijk zijn. De methode is in Nederland succesvol toegepast op bijvoorbeeld duinen, dekzand, stuifzand, rivierafzettingen, maar ook op plaggen- en grafheuvels. De toepassingsmogelijkheden zijn eindeloos (Fig. 1), mits er kwarts- of veldspaatkorreltjes in de afzetting zitten en aan de twee randvoorwaarden is voldaan.

Luminescentie tracing / Een populair onderwerp binnen de luminescentie is het in

kaart brengen van de herkomst, transportroutes en/of transportsnelheden van (individuele) zandkorrels. Hierbij wordt niet gekeken naar de leeftijd van een zandkorrel maar naar de blekingsgraad van een veelvoud aan luminescentiesignalen. Kwartssignalen bleken sneller dan veldspaatsignalen, en veldspaatsignalen gemeten op hogere temperatuur zijn nog lastiger te bleken. De schaal waarop en de processen waarvoor deze methode toegepast kan worden is zeer breed, variërend van het bestuderen van bioturbatieprocessen in bodems tot het achterhalen van transportmechanismen van massaverschuivingen. Waar het voor luminescentiedatering van belang is dat signalen geheel op nul gesteld zijn, maken we voor tracering juist gebruik van minder lichtgevoelige signalen die niet (volledig) gereset zijn.

Een studie in het stroomgebied van de Nieuw-Zeelandse Rangitikei-rivier heeft laten zien dat de mate van bleking een goede indicator kan zijn voor de herkomst van individuele zandkorrels. In dit riviersysteem zijn korrels met drie verschillende blekingsgeschiedenissen geïdentificeerd: 1) korrels met een verzadigd luminescentiesignaal afkomstig van gesteente waarin de rivier zich insnijdt; 2) gedeeltelijk gebleekte korrels, die door de rivier omgewerkt zijn uit oudere afzettingen (rivierterrassen); 3) goed gebleekte korrels die over langere afstand door de rivier vervoerd zijn (Fig. 3). Monsters genomen uit de rivierbedding op verschillende plekken tonen verschillen in herkomst van de korrels, en progressieve bleking stroomafwaarts. Verder kunnen veranderingen over de tijd in herkomst en transport onderzocht worden door modern sediment te vergelijken met oudere afzettingen van dezelfde rivier. Zo reflecteert een hoger percentage verzadigde korrels een hogere input van 'gesteente' korrels in het riviersediment, waarschijnlijk veroorzaakt door riviererosie van de kloofwanden bovenstrooms.

Op jacht naar het suppletiezand /

Iets dichterbij huis proberen wij in het NWO-gesubsidieerde TRAILS-project (TRacking Amseland Inlet Living lab Sediment) met deze methode inzicht te krijgen in het transport van suppletiezandkorrels in de Nederlandse Waddenzee. In 2018 is in de getijdedelta tussen de Waddeneilanden Ter-

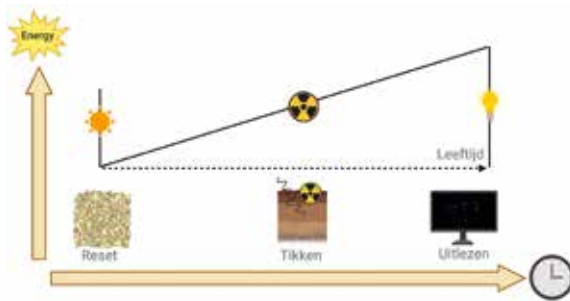


Fig 2 Luminescentiedatering is een klok in het zand: het signaal laadt op door radioactieve omgevingsstraling en wordt gereset door zonlicht. Afbeelding gemaakt in BioRender

schelling en Ameland, vijf miljoen m³ zand gedeponiseerd als onderdeel van een groter zandsuppletieprogramma om de kustlijn te beschermen. We gebruiken luminescentietraceermethodes in combinatie met modellen, om de verspreiding van de suppletie in kaart te brengen en te begrijpen welke fysieke en ecologische effecten dit heeft op het kuststelsel. Hierin werken we samen met de TU Delft en het NIOZ. Over de afgelopen jaren hebben we meer dan honderdvijftig sedimentmonsters genomen, verspreid over de Amelandse getijdedelta. In ons laboratorium maken we foto's van de lichtdeeltjes die de zandkorrels uitstralen als ze gecontroleerd aan licht blootgesteld worden. De luminescentiesignalen van het suppletiezand en het lokale Waddenzeezand zouden van elkaar moeten verschillen, aangezien de zandkor-

rels een andere transportgeschiedenis met zich meedragen. De moeilijk bleekbare signalen (schildpad Fig. 4) van de suppletiekorrels dragen nog meer signaal met zich mee dan deze signalen in het lokale zand. Door te kijken naar het verschil tussen de lastig te bleken signalen van beide zandpopulaties hopen wij deze te kunnen onderscheiden. De makkelijk bleekbare signalen (haas Fig. 4) kunnen ons informeren over de mate van lichtblootstelling en dus transport.

Om de suppletiekorrels te kunnen onderscheiden van de lokale korrels, is het van belang dat we weten hoeveel licht in het zeewater doordringt, en hoe dit luminescentiesignalen aantast. In de zomer van 2023 zijn wij met het onderzoeksschip RV Navicula van het NIOZ op pad gegaan om de

invloed van lokale lichtblootstelling op verschillende luminescentiesignalen te meten. Hiervoor hebben wij een verduisterde container aan boord gehesen, en voor zonsopgang onze meetopstelling het water in getakeld (Fig. 5). Aan die meetopstelling waren kwarts- en veldspaatkorrels in doorzichtige zakjes bevestigd, zodat ze een dag lang op verschillende dieptes onder water aan licht werden blootgesteld. Daarnaast hebben we een aantal keer op de dag het lichtklimaat onder water in beeld gebracht, en ook de stroomsnelheid, sedimentconcentraties, en andere hydrodynamische parameters gemeten. Aan het einde van de dag hebben we in het donker de monsters weer opgetakeld, lichtdicht verpakt en naar ons lab gebracht. Daar hebben we het resterende luminescentiesignaal van alle monsters gemeten en de lichtblootstelling per monster uitgerekend. Al deze informatie zullen we samen met TU Delft-collega's gebruiken als modelinput om te begrijpen hoe luminescentiesignalen reageren tijdens transport van zandkorrels in de waterkolom. Uiteindelijk hebben we die inzichten nodig om te interpreteren wat luminescentiesignalen in zandkorrels in de Waddenzee ons willen vertellen. Bijvoorbeeld of een korrel van een suppletie afkomstig is, of al lang onderdeel uitmaakt van het natuurlijke stelsel in de Waddenzee.

Het laatste jaar van het TRAILS-project heeft zich inmiddels aangediend, en het belooft een spannend jaar te worden. In Wageningen draait onze reader op volle toeren om alle opgedoken zandkorrels door te lichten. De jacht naar het suppletiezandkorrels voelt soms als het zoeken naar een speld in een hooiberg, maar als de korrels hun geheimen prijsgeven zal de vreugde groot zijn.

Anna Maartje de Boer & Jakob Wallinga

Referentie: Lin, Y., Ishii, T., van Westrenen, W., Katsura, T., Mao, H.-k. Melting at the base of a terrestrial magma ocean controlled by oxygen fugacity. *Nature Geoscience* 17, 803–808 (2024). <https://www.nature.com/articles/s41561-024-01495-1> (Open Access)

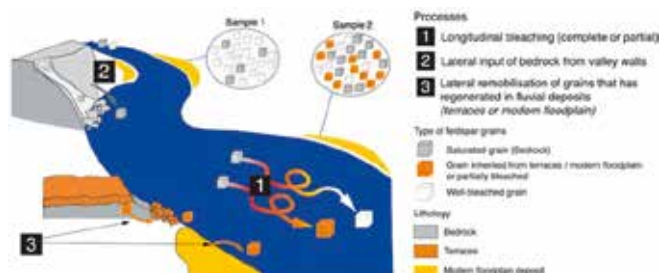


Fig 3 Schematische weergave van de herkomst van korrels in een Nieuw-Zeelands riviersysteem en blekingsprocessen tijdens transport (Guyez et al., 2022).

DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.5357>

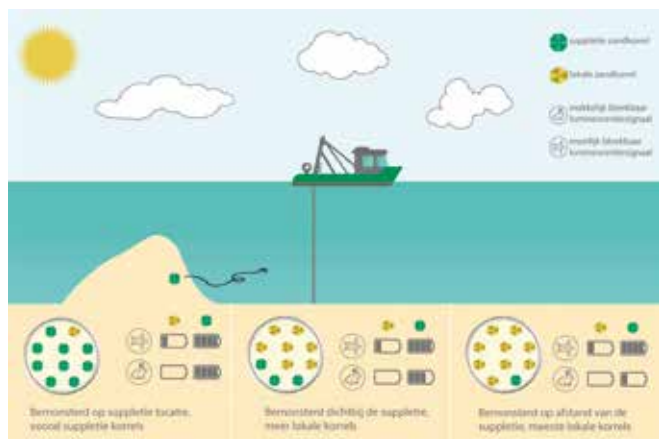


Fig 4 Schematische weergave van het TRAILS-concept: de batterijen zijn een analoog voor het luminescentiesignaal en geven weer hoe de makkelijk en moeilijk te bleken signalen van suppletie en lokaal Waddenzeezand veranderen door lichtblootstelling tijdens transport van de korrels.



Fig 5 Links: weergave van de experimentopstelling. Rechts (van boven naar beneden): installatie van het experiment, het eerste drijvende luminescentielab ter wereld, meetframe met onder andere een spectrometer.

Slip behavior of small earthquakes



Chien-Cheng Hung.

Chien-Cheng Hung got his PhD this February on probing the micromechanics of small magnitude earthquake slip at Utrecht University's High Pressure and Temperature Laboratory (HPT Lab). Hung's models provide more clarity on fault reactivation. This improves safety and risk mitigation by better understanding the upper limits of earthquake magnitude.

What questions did you try to answer during your PhD?

My PhD research focused on understanding the slip behavior of small earthquakes (magnitude less than four), particularly those triggered by human activities. This rapid movement of an earthquake often takes the form of a seismic slip pulse due to the release of elastic strain, where the slip happens quickly and then stops. My

work aimed to answer two main questions: How and to what extent does the slip concentrate in specific zones along the fault during earthquake nucleation and propagation? This is known as slip localization, where the movement is focused in narrow bands, often within a material called fault gouge—crushed rock found along the fault surface.

How much heat is generated, and how much weakening occurs during a short but rapid slip event? During fast movement, the heat can cause thermal pressurization, where fluids within the fault become pressurized, reducing the shear strength (the force needed to keep the fault from slipping). This process can lead to fault weakening, making it easier for slip to continue.

The degree of slip localization strongly affects the amount of heat generation and thus fault weakening. Understanding these processes is crucial for estimating how large earthquakes induced by human activities could potentially become. I used sandstone-derived fault gouges prepared from Slochteren sandstone core material.

What methods did you use to get these answers?

I used two different methods to explore my research questions, namely laboratory friction experiments and discrete element modeling (DEM).

A friction experiment in earthquake science is designed to simulate how rocks (or gouges) along a fault interact and slip past each other during an earthquake. In these experiments, two pieces of rock (or rock-like material) are placed together under stress to mimic the conditions at a fault. One of the rocks is then moved by applying a force, and it is measured how much resistance (friction) the surfaces experience during sliding. Speed, temperature and pressure are systematically varied. The materials I used were sandstone-derived fault gouges prepared from Slochteren sandstone core material (from the Groningen reservoir).

I used two types of machines in the HPT Lab to conduct the friction experiments, with rather



Chien-Cheng Hung after receiving his PhD degree.



Earth quake damage on a road.

andreashallgren via Flickr

different deformation geometries. The first one is the Shuttle triaxial apparatus with a direct shear setup. In this setup, a rock sample is placed between two pistons that apply shear (sliding) forces in opposite directions, while the triaxial machine controls the confining pressure on the sample to simulate the stress conditions

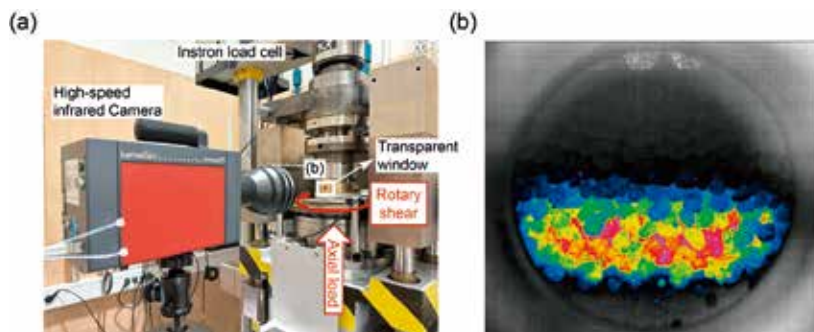
deep within the Earth. The second one is the rotary-shear apparatus with a newly developed pressure vessel to investigate the effects of pore fluid properties on dynamic slip at velocities of up to five cm/s. Additionally, a high-speed infrared camera was used in the same rotary shear setup to measure short-term temperature rises at micron-scale grain contacts during fast slip.

Discrete element modeling (DEM) is a useful numerical technique to simulate the behavior of granular materials and fault gouge during fault slip. DEM treats the material as an assembly of discrete particles, which interact with one another based on physical laws (like contact forces, friction, and bonding). I used DEM to study the process of slip localization during earthquake slip, particularly the dependence of grain size variation on the degree of localization. A numerical Principal Slip Zone model was developed, featuring a granular gouge pack (gouge body) plus an additional layer of finer particles, with each layer having a single-size particle size distribution. The fine-grained layer is constructed parallel to the shear plane, within the main granular layer, to mimic the presence of a principal slip zone produced by localized grain size reduction.

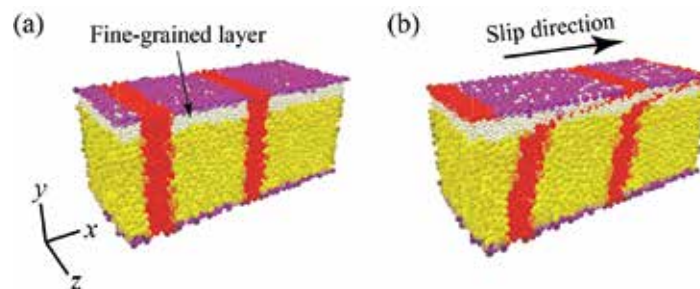
What new questions came up during your research?

The most important follow-up question is whether the laboratory-derived data obtained on centimeter scale can be applied to the context of the Groningen reservoir, with the dimensions of kilometer scales. Lab experiments, usually conducted on centimeter-sized rock samples, allow precise control over variables like stress, temperature, and slip speed. However, faults in nature operate on much larger scales—kilometers in length and depth—and under more complex, variable conditions, including larger stresses, longer timescales, and heterogeneous materials. Bridging this gap ensures that lab-derived insights are accurately applied to real-world fault systems, enhancing our ability to predict and mitigate seismic hazards associated with human-induced seismicity.

To better understand this, we can develop theo-



Laboratory experimental setup in the HPT Lab. (a) Photograph of the pressurized gouge setup installed in the Rotary-shear Apparatus with the high-speed infrared camera. **(b)** A thermograph snapshot of an experimentally deformed sand quartz gouge layer captured by a high-speed infrared camera. The red colour indicates high temperatures, the blue colour low temperatures.



A DEM model simulates a direct shear experiment on a layered particle packing, consisting of top and bottom granular layers (purple), a fine-grained layer (white), and a main granular layer (yellow). Two vertical red grain layers act as strain markers: (a) before shearing and (b) after shearing.

retical and numerical models (e.g. discrete element models and finite element models) that link lab-scale behavior to natural fault scales. This involves understanding how processes like slip localization, thermal pressurization, and shear weakening change with scale. In addition, we can conduct systematic field observations to combine lab data with field studies of fault systems. Observations of natural faults (such as seismic data or direct measurements from boreholes) help ground-truth lab results and refine models.

What is the societal impact of your research?

The research in this project addressed the fundamentals of fault behavior during rapid, short-lived displacement. My results can be used to constrain the input of large numerical models of fault reactivation, providing a more reliable estimate of the maximum possible moment magnitude for the induced events that might occur in the Groningen field. This improved safety and risk mitigation where a better grasp of the upper limits of earthquake magnitude helps authorities implement more precise safety measures for Groningen earthquakes. Also, knowledge about the potential magnitude of induced events allows policymakers and companies to balance economic activities like gas extraction with public safety. If the maximum magnitude is well understood, it may influence regulations on

extraction rates or lead to more responsible management of natural resources, reducing the likelihood of harmful seismic events.

What do you find so interesting about this topic?

Earthquakes are a fascinating geological phenomenon with significant societal impact. I was born in Taiwan, a region where earthquakes are a frequent part of daily life. I still vividly remember how terrified and shocked I was when the 921 Chi-Chi earthquake, a magnitude 7.3 inland quake, struck in 1999. That event marked a turning point that sparked my interest in earthquakes and fueled my desire to learn more about them.

Another aspect that draws me to this topic is the hands-on nature of this project, which involves extensive laboratory work and modeling. The combination of practical lab work and theoretical modeling makes studying this subject especially appealing. I find the entire process—from sample preparation, running experiments, and collecting data to processing and presenting results—deeply engaging.

What skills did you develop during your PhD? Did you expect to learn this?

Aside from the technical skills such as performing complex experiments and microstructural analysis, scientific writing is something I strongly

developed and improved during my PhD. It has always been difficult for me to logically put all my results on thesis and paper. My writing had been improved by attending writing courses offered by the university, by reading papers with similar scientific backgrounds as my research, and by learning from the feedback of my supervisors. Another two valuable skills I developed are communication and collaboration skills with direct colleagues as well as people from outside academia, and project management. I did expect to learn or strengthen these skills because these are common but important skills both within academia and outside.

What are your future career plans?

I would like to stay in academia to learn more skills in numerical modeling related to subsurface development activities and to contribute to the advancement of earthquake science. Currently, I am working on a project as a PostDoc at the High Pressure and Temperature Laboratory focusing on bridging dynamic fault slip multiphysics to all relevant scales – from grain-contact to reservoir scales – of induced seismicity using numerical modeling. After the PostDoc, I hope to apply these skills to industry to contribute energy solutions in the future.

**Tekst: Klara Elwenspoek
Afbeeldingen: Chien-Cheng Hung.**



Van Afrika tot in Australië

Op bezoek bij de chef de village, de vader van onze vriend Kevin (links op de foto).

'Hoe stel je jouw leven voor als je later groot en gelukkig bent?' een vriendin stuurde me pas een screenshot met mijn antwoord op deze vraag uit het jaarboek van het Visser 't Hooft Lyceum in Leiden. Mijn antwoord: 'Over 20 jaar kan mijn leven alle kanten op zijn gegaan, of ik heb een burgerlijk leven met een man en twee kinderen in een dorpje als Oud Ade (klein boerendorpje van achthonderd inwoners in de buurt van Leiden, waar ik ben opgegroeid), of ik heb een spannender leven, reis de halve wereld over en eindig met een Afrikaan in Congo'. Tot nu toe heeft mijn leven meer overeenkomsten met het laatste!

Eigenlijk ben ik mijn internationale carrière nog maar net begonnen, ik heb altijd wel de drang gehad naar avontuur en om veel van de wereld te zien, maar dat werd lange tijd onderdrukt door verlegenheid en angst voor het onbekende. Gelukkig ontmoette ik bijna vijf jaar geleden mijn vriend Luca, die me het duwtje in de rug heeft gegeven dat ik nodig had. Hij heeft in elf landen gewoond, waarvan vijf in Afrika, dus weet uitstekend hoe het is om in het onbekende buitenland te wonen en te werken. Vrij spontaan en snel heb ik besloten met hem mee te verhuizen naar Burkina Faso, een land-locked land in de Sahel in West-Afrika (wat 90% van de lezers nu waarschijnlijk eerst op google maps moet opzoeken). Ik zat niet erg op mijn plek bij mijn toenmalige baan voor een advies- en ingenieursbureau en was heel nieuwsgierig naar het leven

en de sfeer in Afrika, dus ik ben meegegaan. Dit was het begin van ons internationale leven. Ondanks dat het leven in Ouagadougou, de hoofdstad van Burkina Faso, heel anders was dan ik gewend was: heel kleurrijk, stoffig, vaak extreem heet en chaotisch op straat, verbaasde het me dat je toch heel veel overeenkomsten hebt met de mensen daar, zelfs in een van de armste landen ter wereld, dat bijna in alles tegenovergesteld aan Nederland is. Toen wist ik: als ik me hier thuis kan voelen, kan het overal! Na Burkina, waar ik mijn baan voor heb opgezegd om vooral vrijwilligerswerk voor Wereld Waternet en de Luisterlijn te doen, was het daarna mijn beurt om onze volgende bestemming te kiezen. Ik heb op verschillende banen gesolliciteerd, wel voornamelijk PhD's, in Afrika, Europa en Oceanië. Op een gegeven moment



In actie tijdens het Spanjeveldwerk.



Watersamples nemen uit de niskin bottles, afkomstig van verschillende dieptes boven het koudwaterkoraalrif.



Ons strand, Tallow beach vanaf the Byron Bay vuurtoren kijkend naar Broken Head.

had ik de keuze tussen twee vergelijkbare PhD's met als onderwerp de stikstofcyclus: een in Duitsland met onderzoek vanaf een schip naar de Zwarte Zee, de ander in de mangroves in Australië. Voor mij was de keuze niet heel moeilijk.

Koudwaterkoraalrif / Mijn gehele studie heb ik in Nederland gedaan, de BSc Aardwetenschappen aan de VU in Amsterdam en de master Earth, Life and Climate aan de Universiteit Utrecht. Hoewel dat in Nederland was, hoorden daar gelukkig ook behoorlijk wat trips naar het buitenland bij. Te beginnen met het Ardennenveldwerk, meteen in de eerste maand als verse student Aardwetenschappen, het Spanje geologieveldwerk aan het eind van jaar één en in het tweede jaar het geomorfologieveldwerk in Frankrijk. Ook tijdens mijn master ben ik naar Brest in Frankrijk geweest voor een geochemie-veldwerk, dit was toch wel heel interessant en ik maak tijdens mijn huidige werk nog gebruik van de dingen die ik daar heb geleerd. Het hoogtepunt van mijn master was wel de NICO-expeditie van het NIOZ waarbij ik mee mocht op onderzoeksschip RV Pelagia naar de Rockall Bank, in de Noord Atlantische Oceaan ten noorden van Ierland. Mijn taak was om de samples te nemen die tijdens de hele expeditie door verschillende studenten werden genomen over het traject Texel – Caribische eilanden - Texel en om mee te draaien in het team van onderzoekers naar het koudwaterkoraalrif dat de Rockall

Bank vormt. Als een van de weinigen aan boord die niet zeeziek was, kon ik een hoop shifts doen en zo veel leren over het onderzoek op zee en het dagelijks leven van een wetenschapper. Toen wist ik: dit vind ik leuk!

Toch ben ik niet meteen op zoek gegaan naar een PhD na mijn studie, ik dacht dat ik toch liever iets toegepast wilde doen en was bang dat ik niet goed genoeg zou zijn, aangezien ik niet cumlaude afgestudeerd was en geen papers had gepubliceerd. Na een aantal jaar voor de waterwetenschappen en een advies- en ingenieursbureau te hebben gewerkt, had ik toch de behoefte om meer de diepte in te gaan met mijn werk en om me weer in een specifiek onderwerp vast te bijten.

Australische mangroves en kwelders / Mijn huidige PhD-onderzoek gaat over de stikstofcyclus in getijdengebieden. Deze gebieden zijn soms een source en soms een sink van N_2O , distikstofoxide of lachgas, en ik probeer met verschillende veldexperimenten uit te zoeken wanneer deze gebieden N_2O opnemen en wanneer ze het uitstoten. Komt het door de grote variatie in vegetatie en structuren of verschilt het bijv. per seizoen of wanneer de gebieden onder water staan of juist drooggevalven zijn? Daarnaast kijk ik ook naar de processen die N_2O kunnen vormen en waar de microben die deze processen uitvoeren het meest voorkomen. Mijn veldwerk doe ik in een getijdengebied met mangroves en kwelders tussen Gold Coast en

Brisbane in, op een eiland waar we met de boot heen moeten varen. Dat klinkt heel idyllisch en tropisch, maar in werkelijkheid is het vooral veel door de modder ploeteren.

Aanval door muggen / We doen verschillende experimenten, waarvan de meeste zowel overdag als 's nachts moeten worden gedaan, dat betekent in het donker in de boot rondvaren of kamperen op het eiland in de modder. Het mooie vind ik dat al mijn drie supervisors ook mee zijn geweest, zelfs de professoren liepen in de modder rond. Een van hen heeft zelfs ook twee nachten in de mangroves doorgebracht, een keer toen we het sample moment hadden gemist, we moesten water samplen, maar het water was al te ver gezakt. Het leek wel of hij dit zag aankomen, want hij had een matje meegenomen, waarop hij heerlijk in de boot heeft geslapen, terwijl ik een van mijn ergste nachten had beleefd, half slapend in een stoel, terwijl ik werd aangevallen door muggen, in mijn te koude regenjas.

Ik ben nu bijna twee jaar bezig met mijn PhD in biogeochemie aan Southern Cross University in Lismore, een klein stadje drie uur ten zuiden van Brisbane. Samen met Luca en twee andere Amerikaanse PhD's wonen we in Suffolk Park, een dorp dat grenst aan Byron Bay, een van de populairste kustplekken aan de oostkust van Australië. Het is een prachtige subtropische omgeving met mooie stranden, regenwoud en veel wilde



Veldwerkteam.



Mangroves, oostkust Australië.

dieren. Ik vraag me af of ik ooit nog in zo'n mooie omgeving ga wonen. Zeker in het begin, maar nog steeds af en toe, voelde het alsof ik op een werkvakantie was, doordeeweeks aan het werk op de universiteit, maar ieder weekend waren er nieuwe plekjes of nationale parken te ontdekken. Ik heb nog een jaar te gaan, maar binnenkort verhuizen we waarschijnlijk naar

Melbourne, waar Luca (waarschijnlijk, het is nog niet officieel goedgekeurd) een PhD gaat starten in het modelleren van landgebruik aan Deakin University. Ik heb mijn veldwerk inmiddels afgerond, heb nog wat samples te analyseren in het lab, maar daarna begint de data-analyse en het schrijven, wat ook prima vanuit Melbourne kan. In Melbourne hebben we ook weer de

mogelijk om een nieuw stuk van Australië te ontdekken! Na mijn PhD zou ik ook graag een Postdoc starten aan een van de universiteiten daar.

Britte van Haastregt

Niek Rengers ontvangt de Hans Cloos Medaille van de IAEG

Niek Rengers, erelid van de Ingeokring, krijgt de prestigieuze Hans Cloos Medaille 2024 van de International Association of Engineering Geology and the Environment (IAEG). De Hans Cloos Medaille is de hoogste onderscheiding die de IAEG toekent aan een ingenieursgeoloog van uitzonderlijke verdiensten. De medaille wordt uitgereikt ter nagedachteenis aan Hans Cloos, de grondlegger van de geomechanica. Ontvangers van deze prijs hebben een belangrijke bijdrage hebben geleverd aan de ingenieursgeologie, hetzij door hun wetenschappelijke publicaties of door hun inspanningen voor de ontwikkeling van het vakgebied en de IAEG in hun eigen regio. De uitreiking van de medaille vindt plaats in Dubrovnik, Kroatië, tijdens de vierde EuroEng-geo-conferentie in oktober 2024. De titel van de Hans Cloos lecture die Niek daarvoor houdt is: "Five Decades of Education and Research for Engineering Geology in The Netherlands".

Niek Rengers was van 2003 tot 2006 president van de IAEG. Tijdens zijn voorzitterschap legde hij de nadruk op internationale samenwerking en verminderde hij de concurrentie tussen de IAEG, ISRM en ISSMGE. Deze concurrentie leidde 25 jaar geleden tot een dalend ledenaantal bij alle drie de organisaties. Niek slaagde erin de relaties te normaliseren en de wetenschappelijke impact van het IAEG-bulletin te versterken door opname in de Science Citation Index. Daarnaast zette hij zich in voor de ondersteuning van jonge ingenieursgeologen uit ontwikkelingslanden en herstelde hij de Richard Wolters Prijs in ere om deelname aan internationale conferenties te bevorderen. Samen met Antiono Gomes Coelho verdeelde Niek in 1998 Europa in een noordelijk en zuidelijk deel, wat de samenhang binnen de IAEG-leden in Europa aanzienlijk verbeterde. Niek Rengers wordt beschouwd als de grondlegger van de ingenieursgeologie in Neder-

land en richtte vijftig jaar geleden de Ingeokring op. Zijn carrière begon met baanbrekend promotieonderzoek naar de schuifsterkte van discontinuïteitsvlakken in gesteenten, wat resulteerde in de "Renger's Envelope", een standaard in alle leerboeken over gesteentemechanica. Daarnaast speelde hij een cruciale rol in het opzetten van een MSc-programma en een leerstoel in ingenieursgeologie aan de Technische Universiteit Delft. Van 1992 tot 2000 was hij vice-rector van het ITC en droeg hij bij aan de opleiding van geologen in Bhutan en China. Voor zijn werk in China ontving hij in 2014 de Internationale Wetenschappelijke en Technologische Samenwerkingsprijs, overhandigd door president Xi Jinping van China.

. recent verschenen

Artikelen in het Netherlands Journal of Geosciences verschijnen niet meer in geprinte vorm. Via deze rubriek informeren wij KNGMG-leden welke publicaties er recentelijk in het NJG zijn verschenen.

Belemnites of the family Belemnitellidae Pavlow, 1914 from the Late Cretaceous Maastrichtian stage in the Northern Hemisphere

by N. Keutgen and Z. Remin

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2024.15>

The first thing Norbert Keutgen and Zbyszek Remin do in their paper that forms part of the Maastricht Special Issue, is to put the Campanian/Maastrichtian boundary as defined in France in the context of the Cretaceous belemnite stratigraphy. Then, they also demonstrate how environmental changes during the Maastrichtian caused one belemnite species to gradually replace the other, sweeping across Europe from east to west - clearly showing that there is a diachronous element in putting an age to first and last occurrences.

Subsidie-aanvraag 2025 Stichting Dr. Schürmannfonds

Het Bestuur van de Stichting Dr. Schürmannfonds roept bij deze gegadigden op voor een subsidie van het Fonds voor het jaar 2025. De subsidie is bedoeld voor geologen met een Nederlands paspoort, en voor niet-Nederlandse geologen verbonden aan een instituut in Nederland, om hen in staat te stellen onderzoek te doen met betrekking tot de evolutie van de aarde in het Precambrium (Hadeïcum, Archeïcum en Proterozoïcum). In principe komen alleen de kosten van veldwerk voor subsidie in aanmerking. Bijbehorend laboratoriumonderzoek kan in beperkte mate gesubsidieerd worden, maar hooguit als aanvulling op de bijdrage (financieel of in natura) van het onderzoeksinstituut of de instelling waar de aanvrager aan verbonden is. Het Fonds neemt geen salariskosten en sociale lasten van personeel voor zijn rekening. De

Marvellous Maastrichtian miners – bioerosional trace fossils as natural casts from the type area of the Maastrichtian Stage, the Netherlands

by L.H. Vallon, J.W.M. Jagt, J. Milàn and R.G. Bromley

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2024.19>

Over recent decades, the type area of the Maastrichtian Stage in southern Limburg and contiguous Belgian territory has yielded an exquisitely preserved ichnocoenosis of bioerosional trace fossils, mainly preserved as natural casts in scleractinian corals. In this paper, the authors document more than 20 ichnospecies, the majority from the type Maastrichtian, for the first time. These ichnotaxa constitute a good record of successive colonisation sequences; the present bioerosional ichnocoenosis is regarded to belong to the Entobia ichnofacies.

Please note that the Netherlands Journal of Geosciences has a new publisher: Open Academia.

From now on, manuscripts can be submitted through <https://www.openacademia.net/index.php/njg>

You can also listen to podcasts with authors about their recently published papers. Check out *thepapertrail*.

buzzsprout.com for the recordings.

voorkeur van het Bestuur gaat uit naar substantiële probleemgerichte onderzoeksprojecten.

De goed gemotiveerde aanvraag dient een gespecificeerde begroting te bevatten. Subsidie voor congresbezoek, om mede met behulp van het Fonds verkregen onderzoeksresultaten onder de aandacht te brengen, kan slechts bij hoge uitzondering toegekend worden. Meer informatie: www.dr-schurmannfonds.nl Het aanvraagformulier dat te vinden is op de site moet volledig ingevuld en eventueel voorzien van de nodige bijlagen, vóór 1 december 2024 digitaal worden toegestuurd aan de secretaris van de Stichting.

Dr. Leo Kriegsman, Secretaris
STICHTING DR. SCHÜRMANNFONDS
email: leo.kriegsman@naturalis.nl

. agenda

t/m 12 januari 2025

'Design voor de planeet', tentoonstelling over geo-engineering. Locatie: Design Museum Den Bosch.

10 november

Leidse Winterlezing: Metalen en mineralen voor de energietransitie door Frank Beunk (VU). Rijksmuseum van Oudheden, Leiden. Aanvang: 13:00 uur. Entreeticket museum verplicht.

11-14 november

Earthquake Physics and Induced Seismicity (EPIS) workshop en conferentie. Voor inschrijven, informatie over locatie, workshop en lezingen: epis.sites.uu.nl

29 november 2024

Reunie Stichting Geologisch Instituut Amsterdam

De Instituutleszing wordt uitgesproken door Wouter Kool: "Hardrock Geology; het vak van de toekomst? Hoe closed loop geothermie kan bijdragen aan de energietransitie". Locatie: de Sportkantine ASV Swift, Plantage Parklaan 20A te Amsterdam. Aanvang: 18:00 uur.

8 februari 2025

Niels Stensen symposium. Aanvang: 13:00 uur. Locatie: Telders auditorium, Academiegebouw Leiden. Opgeven via: Igv@Igvweb.nl

20-21 maart 2025

NAC 2025. Locatie: Noordwijk Conference Centre Leeuwenhorst. Info: www.nwonac.nl

. kngmg leden

Nieuwe leden

F. Versluis

Verhuisd

S. van der Meulen



**Geo.brief is de nieuwsbrief van
KNGMG en NWO
48e jaargang, nummer 7, november 2024**

Geo.brief is een gezamenlijke uitgave van het Koninklijk Nederlands Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap (KNGMG) en NWO-domein Exacte en Natuurwetenschappen. Verschijnt 8 maal per kalenderjaar. ISSN 1876-231X. Oplage 1800.

Deze Geo.brief wordt verstuurd aan alle leden van het KNGMG, aan geadresseerden van NWO en aan ca. 120 instituten, verenigingen en andere relaties. Voor informatie over het lidmaatschap van KNGMG zie: www.kngmg.nl www.facebook.com/groups/kngmg

Redactie / Frederique van Schijndel-Goester, Sytze van Heteren, Wenche Asyee, Martine Zeijlstra (eindredactie)
/ e-mail: geobrief@kngmg.nl

Vormgeving / Harry Harsema, Uitgeverij Blauwdruk,
Arthur Koolkwartier 19, 6711 VH Ede. Tel. 0318 784730 /
e-mail: harry@uitgeverijblauwdruk.nl. Lithografie /
Hans Dijkstra, GAW ontwerp+communicatie.
Druk / Drukkerij Modern, Bennekom
Aandragen kopij / verschijningsdata 2024 onder
voorbehoud: nr 8: 15-11 / 20-12

Hoofdbestuur KNGMG / Bob Hoogendoorn (voorzitter), Annemieke van den Beukel (penningmeester), Kay Koster (secretaris), Sanneke van Asselen, Anne Pluymakers, Marianne Leeuwis

Secretariaat KNGMG / KNGMG p/a TNO afd.
Geomodelling, Princetonlaan 6, 3584 CB Utrecht.
Postbus 80015, 3508 TA Utrecht. / e-mail: kngmg@kngmg.nl IBAN: NL62 INGB 0000040517

NWO / Laan van Nieuw Oost-Indië 300, 2593 CE Den Haag. Postbus 93460, 2509 AL Den Haag. Tel: 070 3440 619 / b.westerop@nwo.nl
Bestuur NWO-domein Exacte en Natuurwetenschappen / Jan de Boer (voorzitter), Karen Aardal, Ilja Arts, Peter van Bodegom, Ferdinand Grozema, Rob Hamer, Maarten van Steen.

Antarctica

Foto: Pedro Szekely
via Flickr



Word lid van
KNGMG
en scan de
QR code

