



Geo .brief

5
augustus 2023

Gegrepen door waterstof
In het voetspoor van James Hutton
Hoe astronomische cycli vroege zuurstof in de zee beïnvloeden
GeoTOP: model van de ondiepe ondergrond van Nederland

Op zoek naar de geologie in Zuid-Limburg / Als kersvers lid van het bestuur van het KNGMG, waarin ik Marc Hijma opvolg, mag ik mezelf in dit stukje voorstellen. De interesse in de aardwetenschappen is mij met de paplepel ingegoten. Van jongs af aan propten wij ons - met z'n vijven, hond, kampeerspullen - in onze Ford en reisden we vanuit Vinkeveen Europa door: van Scandinavië, Schotse Hooglanden, en Waddeneilanden, tot zuidelijker gelegen (berg)gebieden in Frankrijk, Oostenrijk, Spanje en Italië. We maakten trektochten door de bergen en gingen wildkamperen. De natuur en geologie waren in onze vakanties nooit ver weg. Maar ook dichtbij huis viel er een hoop te ontdekken. Zo waren wij regelmatig te vinden op de Vinkeveense Plassen om te zeilen, zwemmen of schaatsen.

Mijn interesse in natuur en landschap resulteerde in een studie Fysische Geografie aan de Universiteit van Amsterdam. Tijdens deze studie richtte ik mij met name op de geomorfologie in bergachtige gebieden, om vervolgens tijdens mijn promotieonderzoek aan de Universiteit Utrecht weer meer aansluiting te zoeken bij mijn geboortegrond in het westelijke veengebied: ik stortte mij vier jaar lang op een onderzoek naar veen(groei- en compactie) in Holocene deltagebieden. De vrijheid en veelzijdigheid van het onderzoek met meerweekse veldwerken en fijne collega's maakt deze periode tot een heerlijke tijd om op terug te kijken.

Sinds 2017 werk ik bij Deltares, waar ik mij in het verlengde van mijn promotieonderzoek richt op veenonderzoek in laaggelegen kust- en deltagebieden. Ik doe met name onderzoek naar bodembeweging en bodemdaling in veenrijke gebieden als gevolg van relatief ondiepe bodemprocessen zoals veenoxidatie, compactie en krimp en zwel. Ontwatering en belasting van veengronden zijn belangrijke oorzaken van bodemdaling in dit soort gebieden. De complexiteit van dit sluipende proces met grote gevolgen voor de samenleving in delta- en kustgebieden wereldwijd, maakt het een actueel en uitdagend onderwerp om onderzoek naar te doen. Samen met collega's ga ik regelmatig het veld in met een handboor voor geologisch onderzoek waarbij we gedetailleerde veenbeschrijvingen maken. We zetten meetlocaties op voor lange-termijn-metingen van bodembeweging en gerelateerde omgevingsfactoren, zoals de grondwaterstand. En dan volgt uiteraard het analyseren van de metingen, waarbij we onder andere de processen die bijdragen aan bodembeweging willen begrijpen en ontrafelen.

Een goed jaar geleden ben ik samen met mijn man en zontje verhuisd van het westelijke veengebied naar de heuvels van Zuid-Limburg. Hier in Zuid-Limburg genieten wij al lopend, ren-

nend en fietsend volop van het gevarieerde landschap met heuvels, bossen, rivieren en beken, bloemen- en kruidenrijke graslanden en akkers. Net over de grens trekken we regelmatig de Ardennen en de Eifel in, en ook onze geliefde Alpen zijn een stukje dichterbij.

Intussen leer ik Zuid-Limburg en omstreken ook kennen als een interessant gebied vanuit historisch en geologisch perspectief. Zo vinden we in de Heijmansgroeve - een geologisch monument - vlakbij het gehucht Cottessen de oudste afzettingen die in Nederland aan het oppervlak voorkomen, uit het Laat-Carboon (Namurien). Andere sporen uit het verre verleden zijn te zien in het Natuurhistorisch Museum in Maastricht: fossielen van Mosasauriërs, onder andere gevonden in kalksteenafzettingen in de Sint-Pietersberg gelegen langs de Maas (Latijn: Mosa). Deze grote roofreptielen leefden in het laatste deel van het Krijt, rond 70 tot 65 miljoen jaar geleden, in een zee die hier toen lag. Veel recenter baadde Napoleon in een zinken badkuip waarvan de grondstof uit de zinkmijn net over de grens in Kelmis kwam. Op de plek van de inmiddels gesloten mijn en ook stroomafwaarts langs de Geul bloeit nu nog het zinkviooltje. Nog recenter werd door vele Limburgers, waaronder de opa van mijn man, het zwarte goud uit de steenkoolmijnen naar boven gehaald. Sporen van de mijnbouw zijn grotendeels uitgewist in Zuid-Limburg maar ze zijn toch nog te vinden, zoals de Wilhelmberg in Landgraaf, een oude steenkoolberg. Kortom: ook hier in Zuid-Limburg is veel te ontdekken en is geologie nooit ver weg!

Tot slot, ik ben verheugd dat een kort gesprekje met Kay in de wandelgangen - tijdens het internationale bodemdalingcongres TiSOLS in Delft - leidde tot mijn toetreden tot het bestuur van het KNGMG. Ik vind het belangrijk dat de belangen van de Nederlandse aardwetenschappers worden behartigd, onder andere via kennisverspreiding en een netwerkplatform. Ik wil hier graag een steentje aan bijdragen de komende jaren, en kijk ernaar uit om hier zelf ook weer meer van te leren.

Sanneke van Asselen



Gegrepen door waterstof

De vraag naar waterstof om de transitie naar duurzame energie mogelijk te maken nam de afgelopen jaren een enorme vlucht. Terwijl veel ogen zijn gericht op het opschroeven van de productie van synthetische waterstof zoekt petroloog Jan Schreurs steun voor een onbeproefd maar radicaal idee: wat als de aarde zelf voldoende natuurlijke waterstof produceert, genoeg om commercieel te winnen voor menselijke doeleinden? Er zijn veel overeenkomsten met de begindagen van de olie- en gasindustrie eind negentiende eeuw, schetst hij. “Het is belangrijk dat de wereld zich realiseert dat dit een fenomeen is waar we absoluut nog geen idee van hebben.”

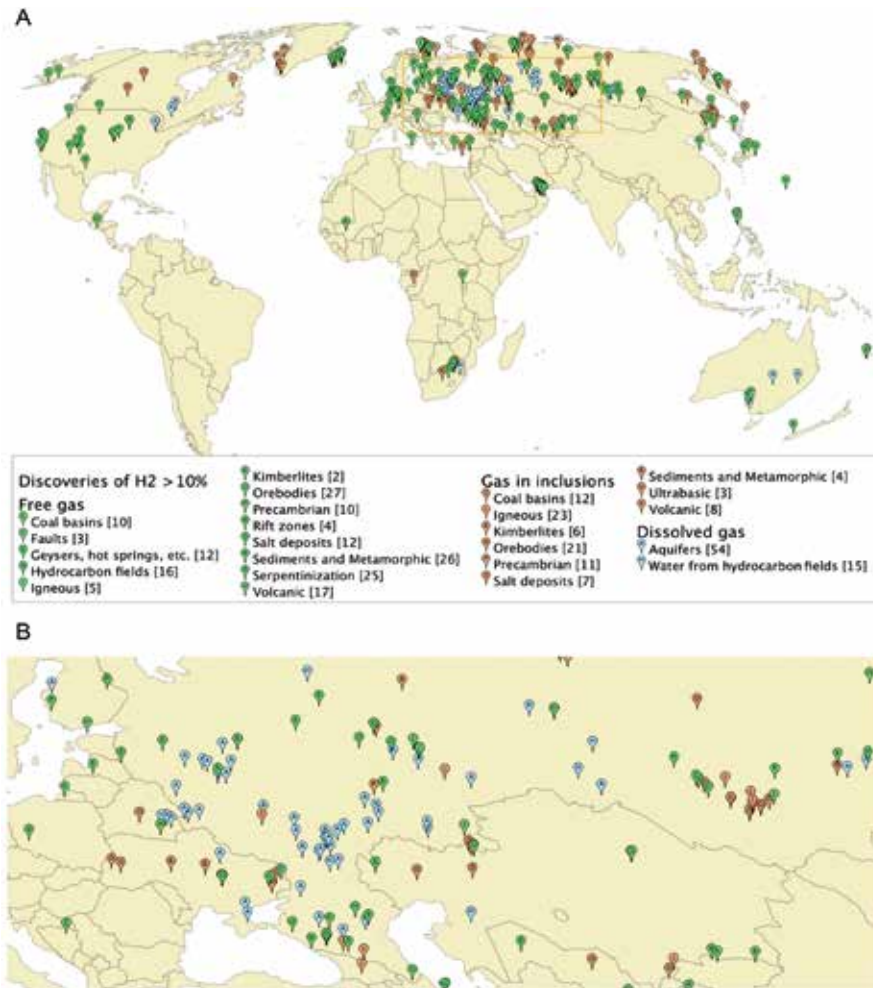
Fairy Circles (feeëncirkels) in Damaraland, Namibië. De oorzaak van deze onbegroeide cirkels in het landschap is onbekend. Het vrijkomen van waterstof uit de grond is voorgesteld als één van de mogelijke oorzaken.

Foto: Lidine Mia / Wikimedia

Een dag voor het interview met Geo.brief is Jan Schreurs teruggekomen van zijn reis naar Namibië waar hij het landschapsfenomeen van *fairy circles* (feeëncirkels) met eigen ogen wilde zien. Hoe deze cirkelvormige, onbegroeide stukken land ontstaan is nog altijd onduidelijk. Schreurs heeft inmiddels zijn eigen vermoeden: mogelijk speelt het vrijkomen van waterstof uit de grond een rol. Het waterstofvraagstuk laat hem al een lange tijd niet los. Zijn bevlogenheid over het onderwerp vergelijkt hij met die van Alfred Wegener, grondlegger van het idee van continentale drift. Dat zit zo: al rommelend door het KNGMG-archief trof Schreurs een oude brief van Wegener aan. Wegener stuurde deze nadat hij een presentatie in Nederland gaf. In de brief verontschuldigde Wegener zich: hij begreep dat mensen moeite hadden met zijn hypothese, maar kijk nou om je heen. “Ik herkende de jeuk die Wegener destijds ook moet hebben gehad. Kijk nou toch allemaal: er is hier echt iets aan de hand.”

De jeuk over het onderwerp nam steeds verder toe in de vele jaren waarin hij als geoloog voor Shell werkte. “Net als bij Wegeners theorie kan je er op een gegeven moment niet meer omheen. Wetenschappelijk kon Wegener aantonen dat het uitedrijven van continenten daadwerkelijk plaatsvond. Maar hij kon niet verklaren hoe het plaatsvond, het mechanisme dat erachter zat. Veel mensen die zijn verhaal indertijd hoorden reageerden: laat maar zitten, dit kan niet werken. Ik herken dat ook in reacties over natuurlijke waterstof. Het ding is: we hebben hier nooit goed naar gekeken, ook niet in de olie- en gasindustrie. Ik kan je zeggen dat bijvoorbeeld Shell in gasanalyses vrijwel nooit waterstof heeft meegenomen.”

Wereldwijde voorkomens / Net als Wegener kan Schreurs ook niet alles verklaren – al heeft hij de nodige vermoedens – maar van het volgende is hij overtuigd: dat er natuurlijke waterstof op een vrij grote schaal in de aarde wordt gevormd en ontsnapt. “Je kunt stellen: natuurlijke waterstof komt best



Overzichtskaart van waterstofvoorkomens met concentraties van meer dan 10 volumepercent. NB – In Oost-Europa en Noord-Azië is door onderzoekers vaker gezocht naar waterstof. De relatief hoge dichtheid van vindplaatsen in deze gebieden is geen indicatie dat waterstof hier vaker voorkomt.

wel veel voor, veel meer dan vroeger gedacht. Je slaat er steil van achterover.”

Zonder enige moeite lepelt hij een reeks voorbeelden op. “Wereldwijd zien we op veel plekken seeps van waterstof. Bijvoorbeeld in Poison Bay, op het Zuidereiland in Nieuw-Zeeland. De naam zegt het al: alles in die baai gaat dood, er groeit daar helemaal niks. Uit de grond onder de baai borrelt op grote schaal pure waterstof omhoog. Hoe lang komt dat al naar boven? Waar komt het vandaan? Niemand die het weet. Op Keri eiland, bij de Bal-

tische Klint van Estland, brandde jarenlang een vuurtoren op waterstof die daar uit de grond komt. Op één van de plekken waar ze toentertijd een waterput aan het boren waren kwam gas vrij. Daar hebben ze de vuurtoren op laten branden. Dat ging jarenlang best goed – totdat de pijp uit de grond ontplofte. En nog steeds komt er op die plek gas uit de grond. Dan heb je het dus over een periode van meer dan honderd jaar.”

“Of neem Yanarta in Zuidwest-Turkije, vlakbij de oud-Griekse stad Olympos. Door Romeinse geschiedschrijvers (Plinius, red.) weten we dat



er op deze plek al meer dan tweeduizend jaar brandbare gassen vrijkomen – methaan en waterstof. Als je uitreken hoeveel kubieke meters waterstof er al die eeuwen is vrijgekomen: dat zijn enorme getallen. Zijn die *seeps* gekoppeld aan grotere accumulaties onder de grond die aan het lekken zijn? We weten het niet. Maar een heleboel olie en aardgas ontsnapt precies zo uit de aarde. Als er geen ‘trap’ is dan migreert gas of olie uit het moedergesteente en verdwijnt. Dat zal je met waterstof ook hebben.”

Controversieel / Waar komt al die ondergrondse waterstof vandaan? Hier formuleert Schreurs voorzichtig. Verschillende ideeën die circuleren grijpen terug op een controversieel stukje aardwetenschappelijk onderzoek: de hypothese van astrofysicus Thomas Gold over de abiogene oorsprong van aardolie en aardgas - de deep gas hypothese. Al vrij vroeg in zijn carrière kwam Schreurs in contact met het werk van Gold. “Ik ben begonnen als petroloog aan de Vrije Universiteit bij professor Jacques Touret,” vertelt hij. “In die tijd keken we naar vloeïstofinlutsels van hooggradige granulieten in Finland. We troffen daar merkwaardige dingen aan,

Yanartas (Turks voor ‘brandend steen’) in Zuidwest-Turkije, zo’n tachtig kilometer van de kustplaats Antalya. Op deze berg branden al meer dan tweeduizend jaar continu kleine vuurtjes door het vrijkomen van methaan en waterstof. De plek zou in de Ilias van Homerus de woonplaats zijn van de Chimaera, een mythisch, monsterlijk, vuurspuwend wezen.

Foto: Carole Raddato / Wikimedia

inlutsels rijk aan CO₂, oude gesteenten rijk aan methaan. Dat wekte mijn belangstelling voor het controversiële werk van Gold op.” “Gold keek als astrofysicus naar de aarde en stelde vast dat, in vergelijking met de rest van het zonnestelsel, het op aarde aan waterstof ontbrak. Zijn aanname was dat waterstof tijdens de vorming van de aarde diep in de mantel als methaan is opgevangen. Om dit aan te tonen liet hij diepe putten boren, onder andere bij de inslagkrater bij Siljan in Zweden. Hij ging alleen te ver, want uiteindelijk probeerde hij alle olie- en gasvoorkomens te verklaren vanuit abiogene oorsprong. Daar raakte hij zijn geloofwaardigheid mee kwijt binnen de wetenschappelijke gemeenschap. Maar in de Finse granulieten zagen wij ook gekke dingen, dingen die we niet verwacht-

ten. En toen dacht ik: Gold heeft met zijn idee over waterstof wel een punt. Mijn belangstelling voor vreemde koolwaterstoffen is altijd gebleven, het was één van de redenen waarom ik later bij Shell met een team keek naar de vreemde voorkomens van koolwaterstoffen. In die tijd kon je een bedrijf als Shell nog zo ver krijgen om puur onderzoek te gaan doen naar iets wat je niet begreep.”

Ofiolieten / Zijn eerste aanraking met waterstofgas was in Oman, waar hij destijds werkte. In de Omaanse ofiolieten bevinden zich verschillende hyperalkaline bronnen (Blue Pools) waarmee ook toeristen worden gelokt. “Uit deze bronnen borrelt waterstof. Niet veel, maar wel continu. Chemisch valt dit prima te verklaren: oceanisch mantelgesteente is niet stabiel aan het oppervlak, het verweert door de serpentinisatie van olivijnen. Hierbij vindt een redoxreactie met water plaats waarbij Fe²⁺ in mineralen oxideert tot Fe³⁺ en waterstof vrijkomt. Dus de waterstof bij deze bronnen riep geen directe vragen op, we hebben alleen niet stilgestaan bij de hoeveelheid die vrijkwam.”

De grote verrassing kwam echter rond 2005. Het Franse IFP (Institut Français du Pétrole) toonde Schreurs profielen die dwars door de Oman Mountains liepen. “Ze hadden systematisch metingen naar waterstof gedaan, ook in de gebergtekens. Tot mijn grote verbazing vonden ze ook daar, middenin de bergen, waterstofanomalieën. En dat heeft helemaal niks meer te maken met ofiolieten; daar liggen Precambrische gesteenten. Alleen zit er in veel Precambrische gesteenten ook veel niet-geoxideerd ijzer, *banded iron formations* enzovoorts. Dus opnieuw, een redoxreactie die de vorming van waterstof kan verklaren? Of speelt de obductie van de oceanische plaat toch ook een rol? Het frappante was dus dat waterstofvorming niet enkel in ofiolieten plaatsvond. Met ons team bij Shell gingen we toen in de literatuur zoeken naar waterstofvoorkomens op de hele wereld – en we kwamen er erg veel tegen.”

Omdat er zulke verschillende processen zijn waarbij waterstof wordt gevormd is een een-



Vuurtoren op Keri eiland, Estland. Van 1907 tot 1912 werd de vuurtoren van energie voorzien door natuurlijk waterstofgas dat bij boringen naar een waterput werd aangetroffen.

Foto: Ivo Kruusamägi / Wikimedia

duidelijk antwoord over de oorsprong van waterstof niet te geven. Zelf vindt Schreurs de gesteentereacties een van de meest waarschijnlijke verklaringen. Maar er zijn ook alternatieve ideeën die voorkomens van waterstof verklaren vanuit metabolisme door microben of met een diepe oorspronghypothese. “Tijdens ons literatuuronderzoek kwamen we in contact met Viacheslav Zgonnik, een bezielende Oekraïense onderzoeker. Hij gelooft, net als Gold dat deed, in een diepe oorsprong, maar dan voor waterstof in plaats van methaan. Gesteentereacties vinden volgens hem ook wel plaats, maar deze zouden in schaal niet het belangrijkste model zijn. Hier zou veel meer onderzoek naar gedaan mogen worden. Ik heb destijds geprobeerd Shell hierin te interesseren, maar dat is nooit gelukt.”

Commerciële winning / Wat de oorsprong uiteindelijk ook mag zijn, volgens Schreurs staat onomstotelijk vast dat er op vrij grote schaal waterstof uit de aarde ontsnapt. Maar is het interessant genoeg voor economische winning? “Dat is de grote vraag. Zgonnik heeft bijvoorbeeld veel metingen gedaan aan verschillende *seeps* en een schat-

ting gemaakt van de kubieke meters waterstofgas die ontsnappen. Wanneer je dit vermenigvuldigt met het aantal voorkomens die in kaart zijn gebracht, dan kom je op gigantische volumes. Schattingen voor winbaar waterstofgas lopen op tot rond de 20 Mt per jaar, maar dat getal varieert enorm.”

Voor de commerciële winning van waterstof zijn er op dit moment twee strategieën, vertelt Schreurs: zoeken naar ondergrondse accumulaties van waterstof, of waterstof commercieel produceren uit al bekende *seeps*. Een klein aantal bedrijven is hier nu mee bezig op verschillende continenten, onder andere in Mali, in Spanje en in de Verenigde Staten. Hoe succesvol deze ondernemingen zijn, wordt overigens angstvallig geheimgehouden. “De benodigde techniek vormt echter niet het obstakel: die is vergelijkbaar met wat nu al gangbaar is voor geothermische putten.” “Neem bijvoorbeeld de Powlakte. Tientallen jaren hebben ze daar honderden ondiepe putten geslagen omdat er methaan uit het grondwater vrijkomt. Dat zijn niet de duizenden kuubs zoals bij het Slochterengasveld, maar er komt genoeg vrij om een boerenbedrijf of een dorpje van energie te voorzien. Dat is dus gasproductie op een heel andere manier dan wat we gewend zijn met de olie- en gasputten uit grote velden. Zoiets geldt ook voor de *seeps* van waterstof. Hoeveel kubieke meters valt er per uur per put uit te halen, hoe ver moet je het transporteren naar gebruikers? Als een put vlakbij een stad of dorp zit, dan betaalt de investering zichzelf misschien terug. Er zijn ook bedrijfjes die kijken of *seeps* mogelijk verbonden zijn met ondergrondse accumulaties. Dan moet je een aantal putten boren. Maar als je een put van drie kilometer diep moet boren, dat is duur. Als die put zich niet binnen een bepaalde tijd terugbetaalt, dan heb je geen commercieel product.”

High risk, high rewards / Schreurs vergelijkt de huidige fase dan ook met de beginnende van Edwin Drake die halverwege de negentiende eeuw een put boorde in een *oil-*

seep in Pennsylvania. “Ook hij wist niet wat hij precies aan het doen was. Op de plek waar hij boorde kwam olie uit de grond, maar pas later werd ontdekt dat hij beter in de kern van de accumulatie had kunnen boren. Je ziet nu dat er vooral kleinere, high risk, high rewards-bedrijven opduiken rondom waterstofwinning. Dat is meneer Drake, die zijn hele fortuin destijds inlegde voor zijn onderneming, ten voeten uit. Ik zie wel dat de interesse gestaag groeit, er zijn eerste bewegingen bij instituten in Frankrijk en Australië, er zijn internationale congressen. Een aantal van die kleinere bedrijven wordt gedreven door mensen die in de academische wereld zijn begonnen, zoals Zgonnik. Mijn grote vrees is wel dat zo’n bedrijf een flinke tegenvaller krijgt en dat het dan weer een paar jaar duurt voor een volgende verder gaat.”

Dat veel onderzoekers actief betrokken zijn geraakt bij commerciële ondernemingen, is te herleiden naar hetzelfde virus dat ook Schreurs in zijn greep kreeg, vermoedt hij. “Mensen die hieraan hebben gewerkt krijgen een virusje, ze kunnen het onderwerp niet meer loslaten. Het gaat om een gevoel: het gevoel dat dit niet iets is wat we moeten laten liggen. Alle ingrediënten die we zagen in de vroege olie- en gasindustrie zijn aanwezig: het komt wereldwijd uit de grond, er zijn aanwijzingen voor plaatselijke accumulaties, zoals in Mali. De olie- en gasindustrie heeft deze locaties altijd vermeden omdat ze niet graag in oude gesteenten boren, want daar zit geen olie en gas. We hebben er nooit metingen aan gedaan. Weten we precies waar het vandaan komt? Nee. Kan het heel veel zijn? Ja. Het is belangrijk dat de wereld zich realiseert dat dit een fenomeen is waar we absoluut nog niet voldoende weet van hebben.”

Bjinse Dankert

Referenties:

> Zgonnik, V., 2020. The occurrence and geoscience of natural hydrogen: A comprehensive review. *Earth-Science Reviews* 203, 103140. doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103140



Laerer Piepenstein in de boog van een blindnis in de pandhof van de stiftkerk in Freckenhorst.



Detail van Laerer Piepenstein aan de Mariae Geburtkirche in Bad Laer.

Laerer Piepenstein / De Laerer Piepenstein is een bijzonder jonge, poreuze en lichtgewicht bouwsteen. De steen werd ook wel 'Loarske Steene' genoemd, Bad Laer 'Steinlaer'. Hij is vooral lokaal gebruikt in en om Bad Laer, gelegen in het Teutoburger Woud ten zuiden van Osnabrück. Al vroeg in de 11^e eeuw werd de toren van de Mariae Geburtkirche in Bad Laer in deze steen opgetrokken. Aan de beroemde stiftkerk St. Bonifatius in Freckenhorst, tussen Münster en Bielefeld in Westfalen, werd de lichte steen, eveneens in de 11^e eeuw, niet alleen toegepast in het parement, maar ook in boogconstructies, om-en-om met Anröchte Grünstein (Geo.brief 2014/6) of Baumberger steen (Geo.brief 2020/3). Zowel als parementsteen of als hoekblokken komt de steen in verschillende 11^e tot 14^e eeuwse kerken in de regio voor. Bijvoorbeeld in Bad Iburg, Einen, Vinnenberg, Westbevern. Zonder uitzondering betoont hij zich ook weervast. Recenter zijn het vernieuwde schip en koor van de kerk in Bad Laer uit de 19^e eeuw en de St. Johannes de Doperkerk in Greffen uit het eerste decennium van de vorige eeuw. Het kalkrijke kwelwater rond Bad Laer heeft aanzienlijke pakketten harde, dichte, massieve kalk-

sinters afgezet. Het oudste deel van deze afzettingen dateert van de Jongste Dryas. Het gebied waarin ze voorkomen is ongeveer 100 ha groot, met oorspronkelijk circa 2,3 miljoen kubieke meter kalktuf. Het dikst zijn de afzettingen in de ondergrond rond de lokale kerktoren. Deze massieve banken worden omringd door een veel poreuzer gesteente dat vooral uit overkorstingen van plantenresten bestaat. Dit is de Laerer Piepenstein. De spectaculaire steen bevat allerhande fossielen, van land- en waterslakken, algen en mosselkreeftjes; er is ook een schildpad gevonden. Het grootste gedeelte wordt echter gevormd door stengels van de rietsoort Phragmites en kranwier Chara.

Tekst en foto's: Timo G. Nijland



Fig. 1 Excursieroute 'In het spoor van Hutton'.

James Hutton ontving in 1749 zijn doctorsgraad van de Leidse Universiteit. Ter herinnering aan dit nauwelijks bekende feit stond het achttiende lustrum van de Leidse Geologische Vereniging, opgericht in 1933, in het teken van deze Schotse geoloog. Naast de onthulling eerder dit jaar van een herinneringsplaquette in Leiden op de plaats waar Hutton woonde, organiseerde de LGV ook een excursie om het spoor van Hutton in Schotland te volgen. Hutton wordt beschouwd als de grondlegger van de moderne geologie vanwege zijn baanbrekende publicatie 'Theory of the Earth' uit 1788, waarin hij het vernieuwende idee introduceerde dat de aardkorst wordt gevormd door middel van ook nu werkzame, langzame, continue processen van sedimentatie, erosie en vulkanisme.

In het voetspoor van James Hutton





Fig. 3 Siccar Point, Berwickshire.



Fig. 4 Discordantie, sculptuur van Max Nowell, Jedburgh.

34 excursiedeelnemers kwamen op maandag 5 juni 2023 samen in de Schotse hoofdstad Edinburgh (Fig. 1). De volgende dag werd allereerst een bezoek gebracht aan de ontsluiting van Salisbury Crags in het Holyrood park, waar Hutton een voorbeeld ontdekte van het contact van stollingsgesteente (intrusieve doleriet) en het omliggende sedimentaire gesteente (Carboon). Daarna volgde een uitgebreide verkenning van het Edinburgh van de Schotse Verlichting. Via de nabij gelegen Hutton Memorial Garden, waar het huis van Hutton stond, en het historische kerkhof van de Greyfriars, waar Hutton begraven ligt, wandelden we naar de Nationale Schotse Portretgalerij (Fig. 2) om afbeeldingen van de grote mannen en vrouwen uit de roemruchte Schotse geschiedenis te bekijken. De dag werd besloten in de 18^e eeuwse St Cecilia's Hall, een kleine concertzaal en museum, waar Bert Schuchmann een voordracht gaf voor de lokale geologische gemeenschap over het verblijf van James Hutton in Leiden in 1749 (zie Geo.brief 2023/4). Zijn boekje

Fig. 2. James Hutton vereeuwigd in de gevel van de National Scottish Portrait Gallery, Edinburgh.

'James Hutton's stay in Leiden (1749)' werd na afloop officieel overhandigd aan de president van de Scottish Geological Society. Als blijk van waardering voor de Leidse inspanningen werden zowel Bert Schuchmann als schrijver dezes onderscheiden met de eretitel Laird of Glencoe!

Siccar Point / We verlieten Edinburgh op woensdag 7 juni en reden door Berwickshire en het Schotse Grensgebied om allereerst de iconische ontsluiting van Siccar Point te bezoeken, misschien wel de beroemdste ontsluiting ter wereld (Fig. 3). Op deze plek immers herkende James Hutton in 1788, aan de hand van de hier duidelijk zichtbare discordantie tussen vrijwel steilstaande Silurische gesteenten (grauwacke zandstenen en mudstones) en overliggende Devonische Old Red Sandstone, de enorme reikwijdte van de geologische tijd. Zijn leerling, John Playfair, werd overmand door emotie toen hij zich realiseerde wat dat inhield. In 2022 plaatste de International Union of Geological Societies Siccar Point als eerste op de lijst van 'geological heritage sites'. Gezien de universele betekenis van deze plek beijvert de geologische gemeenschap van Schotland zich er nu voor om Siccar Point ook op de UNESCO Wereld-

erfgoedlijst te krijgen, om daarmee de ontsluiting te beschermen en beter toegankelijk te maken. De afdaling naar de ontsluiting is steil en het gezelschap waagde zich daar niet aan. Hutton benaderde de plek in 1788 tijdens een tripje per boot.

The Great Tapestry of Scotland / Verder naar het zuiden reden we door het agrarische landschap, waar Hutton destijds diverse landerijen beheerde en nieuwe landbouwtechnieken introduceerde. Uiteindelijk kwamen we aan in de stad Jedburgh. Daar bevindt zich een andere discordantie die door Hutton is beschreven, maar die nu helaas volledig is overgroeid. Als troost konden we een aardige moderne sculptuur bewonderen, gemaakt door de Schotse beeldhouwer Max Nowell, die een fraaie verbeelding geeft van een geologische discordantie (Fig. 4). Na Jedburgh, terug noordwaarts, bezochten we de Great Tapestry of Scotland in Galashiels, een reusachtig borduurwerk dat de geschiedenis van Schotland vertelt. Het werd in 2012/13 met de hand gemaakt door meer dan 1000 vrijwilligers uit handwerkgroepen van over heel Schotland, onder leiding van de Schotse schrijver Alexander McCall Smith, de ontwerper Andrew Crummy en de kunstenaar Alistair Moffat.



Fig. 6 Fossil Grove, Victoria Park, Glasgow. In situ bewaarde boomstronken uit het Carboon.



Fig. 5 James Hutton op The Great Tapestry of Scotland

Het kunstwerk bestaat uit 160 panelen die samen een lengte hebben van meer dan 140 meter. Elk paneel toont een afbeelding van een bepaalde gebeurtenis of persoon uit de Schotse geschiedenis, van de prehistorie tot de moderne tijd. Op een van de panelen is natuurlijk ook James Hutton afgebeeld! (Fig. 5) The Great Tapestry of Scotland werd voor het eerst tentoongesteld in 2013 en was sindsdien op verschillende locaties te zien. In 2021 opende een speciaal gebouwde tentoonstellingsruimte met bezoekerscentrum in Galashiels, waar het kunstwerk nu permanent te bewonderen is.

Fossil Grove / Na Galashiels reden we de volgende dag westwaarts naar Glasgow voor een bezoek aan het Hunterian Museum van de Universiteit van Glasgow, waar o.a. gesteentemonsters van James Hutton worden bewaard. Het museum bevat een typische eclectische verzameling uit het begin van de

19^e eeuw, vergelijkbaar met het Teylers Museum in Haarlem, maar dan nog veel uitgebreider. Er worden alle mogelijke wetenschappelijke objecten bewaard, maar ook bijzondere kunstvoorwerpen.

Een geologisch bezoek aan Glasgow kan niet zonder een bezoek aan de Fossil Grove in het Victoria Park. Deze unieke en overdekte ontsluiting heeft weliswaar weinig met Hutton te maken, maar verschaft een prachtige blik op een goed geconserveerd fossiel bos uit het Carboon. Zo'n elf wolfsklauwachtige boomstronken zijn hier in-situ bewaard gebleven (Fig. 6). Wegens het kwetsbare karakter is de ontsluiting niet voor het publiek toegankelijk, maar wij kregen bij hoge uitzondering toestemming het te bezoeken.

Arran / Op de laatste dag staken we per veerboot over naar het eiland Arran, dat bekend staat als mini-Schotland, omdat vele geologische elementen van het 'vasteland' er te zien zijn. We bezochten het noordelijkste deel van het eiland, waar bij het plaatsje Lochranza het bezoekerscentrum van het beoogde UNESCO Arran Geopark is gevestigd. Hier werden wij gastvrij ontvangen door de enthousiaste directeur, die ons een uitgebreide inleiding gaf over de geologie van het eiland. Vervolgens wandelden we naar de even verder gelegen ontsluiting van een andere discordantie, die door James Hutton in 1787 is beschreven. Stijl-hellende Dalradian schisten (Vroeg-Paleozoïsch) worden in de goed ontsloten kust-sectie discordant afgesneden door vlakliggende Carboon zandstenen. Samen met de ontsluitingen bij Siccar Point en Jedburgh vormen deze drie ontsloten discordanties de overtuigende argumenten bij de formulering van James Huttons theorie van de aarde uit 1788. Het besef dat de reikwijdte van de geologische tijd zoveel groter was dan tot dan toe werd aangenomen leidde bij Huttons jonge vriend en latere biograaf John Playfair tot de beroemde uitspraak: "The mind seemed to grow giddy by looking so far into the abyss of time."

Tekst en Foto's: Jan de Coo

Verslag Jaarvergadering KNGMG

26 mei 2023, TNO, Utrecht

De jaarvergadering 2023 vond plaats in hybride vorm, waarbij het hoofdbestuur bijeenkwam op het kantoor van TNO Geologische Dienst Nederland in Utrecht en de aanwezige KNGMG-leden via een videoverbinding de vergadering bijwoonden.

Opening / De voorzitter van het hoofdbestuur Bob Hoogendoorn opent de vergadering en heet iedereen welkom. Namens het hoofdbestuur zijn Annemieke van den Beukel (penningmeester), Marianne Leewes (algemeen bestuurslid – kringen en digitale nieuwsbrief), Marc Hijma (algemeen bestuurslid – website) en Kay Koster (secretaris) in Utrecht aanwezig. Verder wonen een tiental leden de vergadering online bij.

Jaarverslag 2022 / Het Jaarverslag is gepubliceerd in Geo.brief 2023-2. De voorzitter blikt terug op 2022 en geeft hierover een samenvatting. Enkele hoogtepunten zijn:

In mei 2022 is het 110-jarige bestaan van het KNGMG gevierd. Een speciale feestcommissie bestaande uit Marianne Leewes, Menno de Ruij, Annemijn van Stiphout en Wenche Asyee zette een feestelijk programma in elkaar rondom FutureLand in Rotterdam. Het thema van het jubileum was 'Nieuwe Horizon'.

Tijdens het lustrumfeest werd tevens het nieuwe KNGMG-logo officieel gepresenteerd. Wenche Asyee ontving tijdens het feest een 'Kern van het KNGMG' voor al haar inzet voor het genootschap de afgelopen jaren.

Tijdens het achttiende Nederlands Aardwetenschappelijk Congres waren de door het KNGMG georganiseerde activiteiten een keynote lecture door Eilard Hoogerduijn Strating, met aansluitend een paneldiscussie en een workshop over de positie van vrouwen binnen de aardwetenschappen.

In april 2022 werd gevierd dat het NJG en haar voorgangers aanbeland zijn bij volume 100. De viering vond plaats op een symposium in het Teylers Museum in Haarlem.

Jan Wijbrans ontving de Van Waterschoot van der Gracht Penning voor zijn pioniersfunctie in de ontwik-

keling van ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronologie in Nederland tijdens zijn afscheidssymposium aan de Vrije Universiteit Amsterdam.

Lucia van Geuns ontving de Van Waterschoot van der Gracht Penning voor haar uitzonderlijke bijdrage aan het maatschappelijke debat over energiezaken en de energietransitie. Lucia ontving de penning tijdens een special georganiseerd symposium 'Aardwetenschappen & Communicatie', waarbij zij tevens de Staringlezing verzorgde.

Financieel Jaarverslag 2022 / Het Financieel Jaarverslag is gepubliceerd in Geo.brief 2023-3. Het financieel boekjaar 2022 is afgesloten met een klein negatief saldo van €45. De inkomsten en uitgaven waren goed in balans.

Het KNGMG dankt Shell en TNO voor het sponsoren van respectievelijk de Escherprijs en de Jelgersmaprijs en de begunstigers EBN, NAM, TNO, Total E&P Nederland, en Deltares voor hun bijdragen. Verder bedanken we TNO voor het beschikbaar stellen van werktijd voor de hoofdredacteur van de Geo.brief en voor de secretaris van het hoofdbestuur. De Vrije Universiteit Amsterdam, Deltares, NWO en SNJG worden bedankt voor de samenwerking rondom de symposia. Tot slot zijn we NWO erkentelijk voor de jaarlijkse bijdrage aan de Geo.brief.

Verslag van de kascommissie en decharge van het hoofdbestuur / Anco Lankreijer en Gideon Lopes Cardozo vormen dit jaar de kascommissie. De kascommissie kon zelf niet aanwezig zijn tijdens de Jaarvergadering en bracht daarom het verslag eerder per brief uit. Ze meldden dat de aangeleverde documentatie duidelijk en bijzonder overzichtelijk was. De kascommissie stelt voor het bestuur décharge te verlenen voor het financiële beleid over 2022. Het hoofdbestuur stelt de werkzaamheden van de kascommissie zeer op prijs.

Bestuurswissel / Op de vergadering is afscheid genomen van Marc Hijma. Marc maakte zes

jaar deel uit van het bestuur. Tijdens deze zes jaar zette Marc zich voor talloze KNGMG-activiteiten in en was hij verantwoordelijk voor onze website. Onder zijn beheer is de website grondig hernieuwd en beter dan ooit tevoren geworden. Wij zijn Marc hier zeer erkentelijk voor en bedanken hem van harte.

Op de Jaarvergadering wordt Sanneke van Asselen (Deltares) voorgesteld als opvolger van Marc. Sanneke zal zich net als Marc onder andere richten op het onderhouden van onze website en het organiseren van verschillende activiteiten. Sanneke stelt zichzelf voor in de 'Van het bestuur' in deze Geo.brief.

Rondvraag / Duco Drenth kaartte onlangs per mail aan dat Wintershall een bedrijfslidmaatschap heeft bij KNGMG. Op zijn verzoek is dit door het bestuur per direct ontbonden, omdat Wintershall Russische medeaandeelhouders heeft. Duco stelt nu voor om Wintershalls lidmaatschapsbijdrage à €500 over 2022 te schenken aan een goed doel ten behoeve van Oekraïense vluchtelingen. Het bestuur gaat zich hierover beraden.

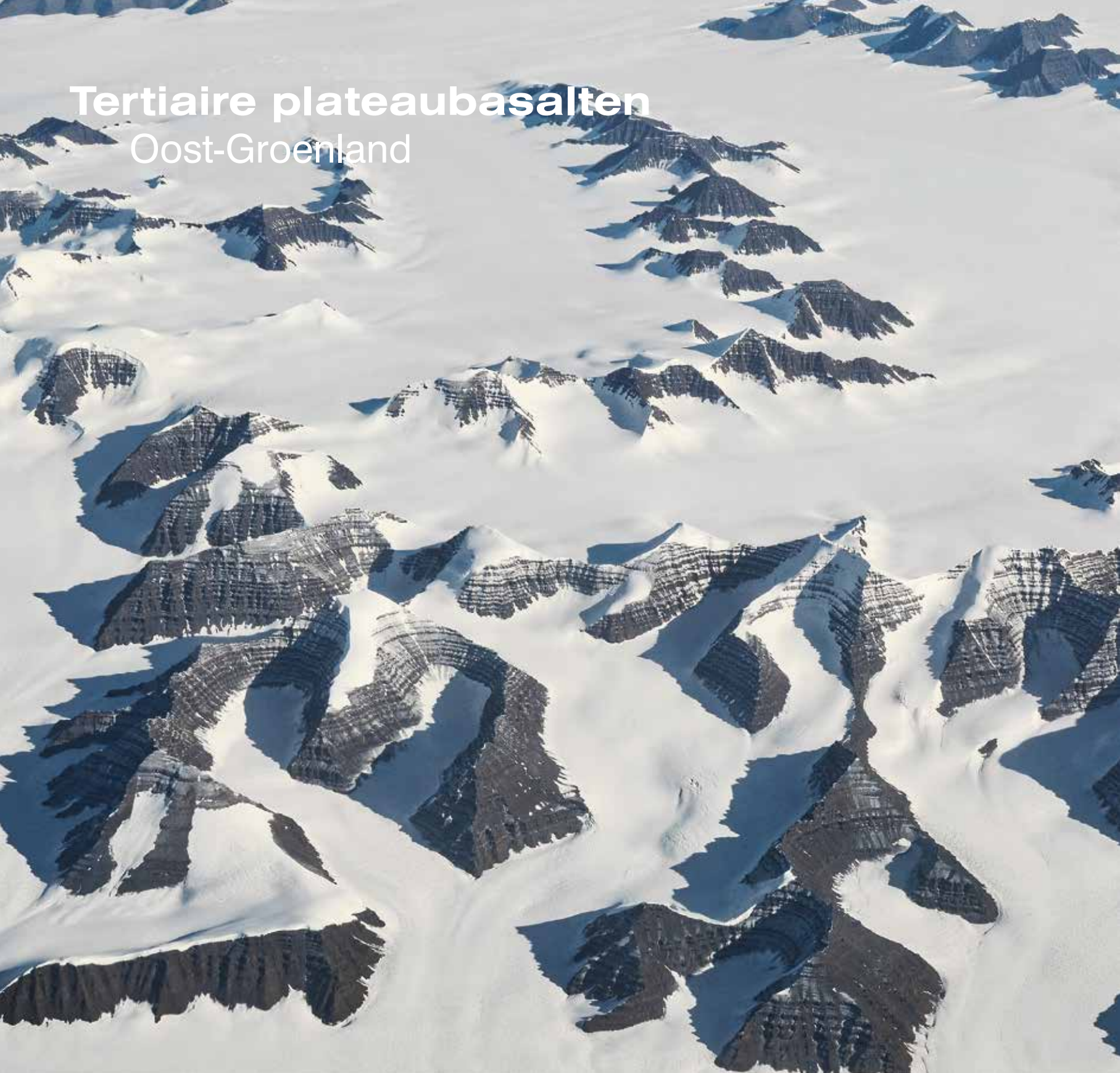
Hanneke Verweij stelt dat het GAIA-archief vijf jaar bewaard moet blijven na ontbinding van GAIA. Vanuit GAIA wordt toegang gevraagd tot het KNGMG-archief, waar een deel van het GAIA-archief is ondergebracht. Het KNGMG-archief is echter momenteel lastig toegankelijk. Het bestuur gaat op zoek naar een oplossing en nodigt Hanneke uit voor het bijwonen van de julivergadering van het KNGMG-hoofdbestuur om dit verder te bespreken.

Lucia van Geuns stelt dat we als genootschap harder moeten inzetten op het op peil houden van kennis betreft critical minerals. Ze observeert dat deze kennis binnen de Nederlandse opleidingen aan het afkalven is. Zowel het hoofdbestuur als de andere aanwezigen zijn het stellig met Lucia eens. Voorzitter Bob Hoogendoorn stelt voor om hier een brainstormsessie over te organiseren.

De voorzitter sluit de vergadering onder dankzegging aan de aanwezigen voor hun inbreng.

Tertiaire plateaubasalten

Oost-Groenland





69°10'00" Noord en 29°10'00" West / De Noord-Atlantische Oceaan ontstond als een nauwe zeestraat tussen Groenland en Noord-Europa door rifting in het Vroeg-Tertiair en werd vervolgens breder door snelle spreiding langs een nieuwe, zeer actieve mid-oceanische rug. Tijdens de fase van de opening van deze oceaan werd de zogenaamde 'North Atlantic Igneous Province' (NAIP) gevormd, een van 's werelds omvangrijkste voorkomens van stollingsgesteenten en vulkanieten. De NAIP bestaat in Oost-Groenland voornamelijk uit basalten, vulkanische sedimenten, intrusies en ganggesteenten die overeenkomsten vertonen met andere NAIP-voorkomens in onder meer de Faeröer eilanden, Noord-Ierland, West-Schotland en het Vøring Plateau offshore Noorwegen.

Ten zuiden van de Kangertittivaq Fjord (Deens: Scoresby Sund) aan de oostkust van Groenland beslaan NAIP-vulkanieten een oppervlak van ruwweg 65 duizend vierkante kilometer. Deze Laat-Paleocene tot Vroeg-Eocene vulkanieten liggen op een paleoreliëf van Caledonisch gedeformeerde gesteenten en Paleozoïsche en Mesozoïsche sedimenten. De vulkanische opeenvolging, gedomineerd door tholeïtische plateaubasalten met olivijn, plagioklaas en augiet, bestaat hier uit de circa twee kilometer dikke pre-rift 'Lower Basalts' (ouderdom 62-57 miljoen jaar) en de ongeveer drie kilometer dikke 'Main Basalts' (ouderdom 56-52 miljoen jaar). De Main Basalts worden gecorreleerd met de 'break-up' fase van de Noord-Atlantische Oceaan. Het 'Paleocene - Eocene Thermal Maximum' (PETM), een korte periode van verhoogde (+5-8 °C) mondiale temperatuur, heeft mogelijk een causaal verband met het vrijkomen van grote hoeveelheden kooldioxide en methaan tijdens dit NAIP-vulkanisme op het noordelijk halfrond.

Bijgaande luchtfoto, genomen naar het noorden, toont een gebied van ongeveer 800 vierkante kilometer aan de noordrand van de Watkins Range, circa tachtig kilometer van de Oost-Groenlandse kust. De Watkins Range, vernoemd naar de in Groenland vermiste Britse ontdekkingsreiziger Gino Watkins (1907-1932), bestaat vrijwel geheel uit 'nunataks', een Inuit-term voor geïsoleerde bergen die uitsteken boven gletsjers of ijsvelden. De nunataks op de foto worden gevormd door vulkanieten van de Skranterne Formatie (ouderdom 55 miljoen jaar), een onderdeel van de Main Basalts. De oost-west bergrug in het onderste deel van de foto, met bergtoppen van 2500-2750 meter, vertoont scherpe glaciële keteldalen ('cirques') en markante trapvormige verwerking van de vlakliggende afwisseling van plateaubasalten met dunne hyaloklastieten en tuffen.

Het getoonde gebied is gelegen ten noorden van de poolcirkel en heeft een gemiddelde jaartemperatuur van -15 °C. Het ijsoppervlak onderaan de foto ligt op 1700 meter hoogte en op de achtergrond op 2000-2200 meter. De ijslaag in dit deel van de Watkins Range is minder dan duizend meter dik. Dit is een relatief dun deel van de Groenlandse ijskap (totale grootte 1,7 miljoen vierkante kilometer) die een gemiddelde dikte heeft van 1500 meter en een maximale dikte van ruim 3000 meter. Groenland heeft vanaf het Mioceen, en mogelijk reeds vanaf het Eo-Oligoceen, meerdere grootschalige glaciaties ondergaan. Het oudste ijs van de huidige ijskap is echter 'slechts' een miljoen jaar oud terwijl het overgrote deel beduidend jonger is (post-Eemien, minder dan 120 duizend jaar). De massa-balans van de enorme Groenlandse ijskap wordt de laatste decennia uitvoerig bestudeerd door klimaat- en ijs-wetenschappers want de waargenomen toename van smeltwater en afkalvende gletsjers is een belangrijke factor in het modelleren van toekomstige zeespiegelstijging.

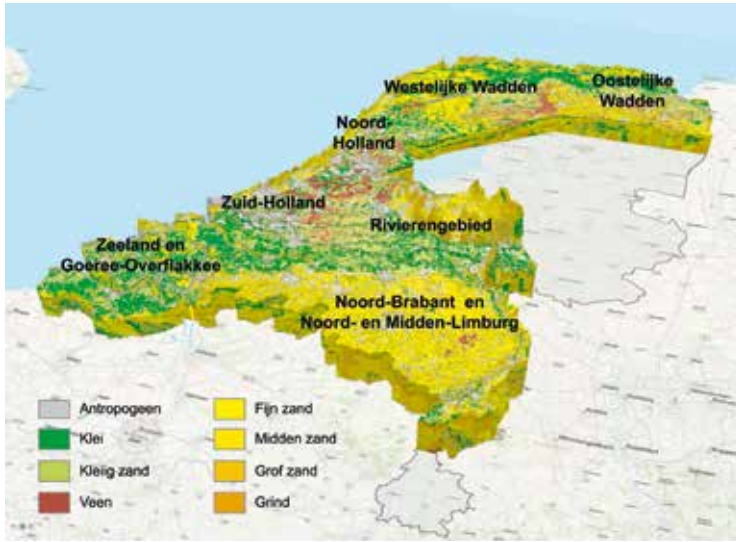


Fig. 1 De zeven gepubliceerde modelgebieden van GeoTOP (exclusief Almere). De 3D-weergave (in ArcGIS Pro) toont de geschatte lithoklasse van de voxels. De verticale schaal is 200x overdreven.

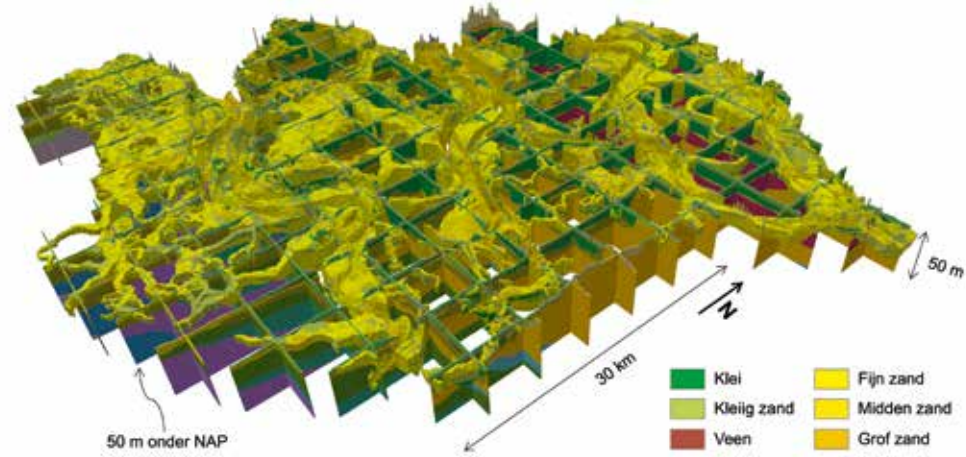


Fig. 2 Zandige afzettingen van Holocene getijdengeulen in Zeeland. De geullichamen tonen de vooral zandige lithoklassen; de overige stratigrafische eenheden zijn in een hekdiagram weergegeven.

GeoTOP in versnelling Op naar een landsdekkend model van de ondiepe ondergrond van Nederland

GeoTop begon zo'n 16 jaar geleden als een klein Zeeuws modelexperiment en groeide daarna uit tot het meest gebruikte – en besproken – model van de ondiepe ondergrond van Nederland. De meest gestelde vraag over GeoTOP is: wanneer is het model landsdekkend? Want er mist nog zo'n 30% van Nederland: het IJsselmeergebied, Drenthe, Oost-Nederland en Zuid-Limburg. De vraag laat zien hoe goed het model inmiddels is ingeburgerd bij provincies, gemeenten, waterschappen, adviesbureaus en universiteiten. Maar wat is GeoTOP nu precies? Waar wordt het voor gebruikt? En wanneer is het landsdekkend?

Wat is GeoTOP? / GeoTOP is een 3D-model van de ondergrond van Nederland tot een maximumdiepte van vijftig meter onder NAP. De ondergrond is daarbij onderverdeeld in miljoenen voxels (3D-gridcellen) van 100 x 100 x 0,5 m. Elke voxel in het model bevat meerdere attributen die informatie geven over de stratigrafie (laagopbouw) en de lithoklasse (grondsoort, bijvoorbeeld zand, klei of veen). Daarnaast bevat elke voxel informatie over de onzekerheden van zowel de stratigrafie als de lithoklasse. Het model schat deze attributen op basis van honderduizenden boorbeschrijvingen uit de databases van TNO (DINO), de Universiteit Utrecht

en de Basisregistratie Ondergrond (BRO). Door de grote hoeveelheid beschikbare boringen is GeoTOP zeer gedetailleerd en onderscheidt het zo'n 35 Holocene en 30 Peistocene en oudere formaties, laagpakketten, lagen en geulsystemen.

Modellerproces / Een belangrijk en tijdrovend onderdeel van het modellerproces is het karteren van de stratigrafische eenheden: waar kan een stratigrafische eenheid voorkomen, en waar zeker niet? Deze informatie wordt samen met stratigrafische regels (superpositie) en lithologische criteria zoals de hoofd lithologie, bijmengingen, korrelgrootte en schelpinhoud gebruikt om de boorbeschrijvingen van een stratigrafische interpretatie te voorzien. In GeoTOP gebeurt dit grotendeels geautomatiseerd, maar het ontwikkelen, testen en finetunen van de software is een arbeidsintensief proces waar veel geologische kennis bij nodig is. Dat maakt het werken aan het model ook zo leuk: je leert veel over de geologie van het gebied dat je aan het modelleren bent.

De eenmaal geïnterpreteerde boorbeschrijvingen worden gebruikt om met behulp van interpolatietechnieken een gedetailleerd lagenmodel te construeren. Het lagenmodel beschrijft de geometrie van elke stratigrafische eenheid in rasters van de boven- en onderkant. Deze rasters worden vertaald naar de voxels van GeoTOP. Binnen de stratigrafische eenheden vinden vervolgens 3D-interpolaties plaats om voor elke voxel de lithoklasse (zand, klei, veen) te schatten. Dit gebeurt met een stochastische procedure die leidt tot een set van honderd verschillende, maar statistisch gezien even waarschijnlijke modeluitkomsten. Uit de honderd uitkomsten wordt een kansverdeling berekend. Vervolgens worden uit de kansverdeling met een speciaal ontwikkelde methode een 'meest waarschijnlijke lithoklasse' geschat. Samen met de stratigrafie is dit het meest gebruikte attribuut van GeoTOP (Fig. 1). Dat stratigrafie en lithoklasse schattingen zijn, en geen 'waarheden', wordt daarbij nog wel eens vergeten.

Toepassingen / De mate van detail en het relatief eenvoudige dataformaat (een 3D-raster) maken GeoTOP zeer geschikt voor een breed spectrum aan vraagstukken waarbij de ondiepe ondergrond een rol speelt. Inmiddels vertrouwde voorbeelden zijn bodemdaling als gevolg van veenoxidatie in West-Nederland, het opslingeren van slappe lagen bij de aardbevingen in Groningen (Geo. brief 2017-01), het berekenen van volumes aan oppervlaktedelfstoffen (klei, zand en grind) en toepassing in grondwaterstromingsmodellen. Nadat GeoTOP in 2020 in de BRO werd opgenomen, is het gebruik nog verder toegevoegd in onder andere de planningsfase van infrastructurele werken, het inschatten van risico's op dijkfalen, het in kaart brengen van risico's op wateroverlast bij hevige regenval door ondiep gelegen klei- en leemlagen en het opstellen van ruimtelijke ordeningsplannen.



Fig. 3 Deel van de bodemgesteldheidskaart van Nederland op basis van GeoTOP.

Modelgebieden / GeoTOP wordt niet in één keer landelijk samengesteld, maar per regio ontwikkeld in de vorm van modelgebieden. Op dit moment zijn er zeven modelgebieden beschikbaar die samen ongeveer 70% van het vasteland van Nederland bestrijken (Fig. 1).

Het maken van een modelgebied heeft een doorlooptijd van twee tot drie jaar. Recent zijn twee modelgebieden opgeleverd: Zeeland en Goeree-Overflakkee, en Almere.

Het begin: Zeeland en Goeree-Overflakkee / De wieg van GeoTOP stond in Zeeland. Deze provincie en het geologisch sterk gelijkende Goeree-Overflakkee vormen de oudste twee modelgebieden en zijn al in 2008 voor het eerst gepubliceerd. Sinds die tijd is er veel gebeurd: er zijn nieuwe boorgegevens beschikbaar gekomen, de geologische inzichten zijn veranderd en de modelleertechnieken verbeterd. Hoog tijd dus om het modelgebied te vernieuwen. Een belangrijke aanpassing is dat de afzettingen van de Schelde als afzonderlijke stratigrafische eenheden in het model zijn opgenomen. Verder is er veel aandacht besteed aan de complexe stratigrafische relaties in het kustgebied, met name in de Kop van Schouwen.

Verzilting / De provincie Zeeland gebruikt het recent vernieuwde model als basis voor beleidsvraagstukken, bijvoorbeeld in een studie naar de voortschrijdende verzilting van het gebied. In de zoet/zout-balans spelen o.a. de Holocene zandige getijdengeulen een rol. We hebben daarom veel aandacht besteed aan het zo goed mogelijk modelleren van deze geulopvullingen (Fig. 2).

Bodemgesteldheid / GeoTOP staat ook aan de basis van menig andere kaart. Het Zeeland-model kwam bijvoorbeeld net op tijd gereed om met de rest van GeoTOP mee te doen in de nieuwe landelijke bodemgesteldheidskaart. Bij de verdeling van de middelen in het gemeentefonds houdt het ministerie van BZK rekening met de bodemgesteldheid, omdat een slappe bodem tot extra kosten kan

leiden voor het onderhoud van wegen en rio-
lering. De kaart laat zien waar in Nederland
slappe grond voorkomt: een minimaal vijf
meter dik, aaneengesloten pakket Holocene
klei- en/of veenlagen dat zich binnen acht
meter onder het maaiveld bevindt. Met Geo-
TOP is zo'n kaart in een handomdraai
gemaakt, simpelweg door op elke locatie de
bovenop elkaar liggende voxels te tellen die
aan de genoemde criteria voldoen (een verti-
cale voxel-stack-analyse).

De uitdagingen van Almere / De
gemeente Almere werkt aan een Masterplan
Ondergrond voor het gebied Almere Pampus,
in de meest westelijke punt van de Flevopold-
der. Hier komen zo'n 30.000 nieuwe wonin-
gen en een vaste oeververbinding over het
Ijmeer naar Amsterdam. Voor het Masterplan
heeft de gemeente op korte termijn onder-
grondinformatie nodig om rekening te kun-
nen houden met de bodemdaling, de water-
huishouding, en om te kijken waar bodem-
warmte gewonnen of opgeslagen kan worden.
Om hierin te voorzien hebben we in een jaar
tijd een relatief klein GeoTOP-modelgebied
van Almere gemaakt.
De geologie van het gebied is vrij complex.
Onder Almere ligt een begraven stuwwal,
omgeven door de glaciële bekkens van
Amsterdam in het westen en Amersfoort in
het oosten. De bekkenopvulling (Eem Form-
atie) bevat zand- en kleilagen die een belangrij-

ke rol spelen in de drinkwatervoorziening. De
Holocene sequentie is heel anders dan die van
Zeeland en wordt gekenmerkt door dunne
lagen klei en veen die zijn gevormd in achter-
eenvolgens het Flevomeer, het Almere, de Zui-
derzee en het IJsselmeer (Fig. 4 en 5).
Daarnaast is de Flevopolder in grote mate een
door mensen gemaakt landschap. Antropoge-
ne afzettingen zoals ophoozand en de grote
polderdijken zijn onderdeel van GeoTOP. Bij-
zonder is dat de polderdijken zijn ingegraven
tot vlak boven het Basisveen, een detail dat
we goed in het model wisten te vangen. Na de
inpolydering is de klei aan het oppervlak gaan
inklinken. Een belangrijk deel van de borin-
gen is net na de inpolydering gezet, toen de
bodem nog een tot anderhalve meter hoger
lag. Daarom hebben we de dikte van de
bovenste beschrijvingsintervallen van de
boringen eerst aangepast voordat we ze in het
model gebruikten. GeoTOP Almere is inmid-
dels vrijgeven en klaar om toe te passen in
het Masterplan Ondergrond van de gemeente.
Opname in de Basisregistratie Ondergrond en
publicatie op de loketten volgt later dit jaar.

Landsdekkend / Het maken van een
groot modelgebied zoals Zeeland kost twee à
drie jaar, het veel kleinere Almere is in een
jaar tot stand gekomen. In dit tempo zou het
nog tot 2036 duren voordat GeoTOP landsdek-
kend is. Dat willen we niet, en daarom zijn
we dit jaar begonnen met een nieuwe aanpak.

We richten ons daarbij op die delen van de
ondergrond waar GeoTOP het meest voor
wordt ingezet: de Holocene lagen en de
ondiep voorkomende klei- en leemlagen in de
Pleistocene ondergrond. De dieper gelegen
lagen modelleren we niet opnieuw, maar
nemen we grotendeels over van het al in heel
Nederland beschikbare DGM-lagenmodel. Op
deze manier verwachten we de modellering
flink te kunnen versnellen zodat GeoTOP in
de oostelijke landsdelen in 2026 en in Zuid-
Limburg een of twee jaar later beschikbaar
komt.

Zodra GeoTOP landsdekkend is hebben we de
handen vrij om snel in te spelen op actuele
ontwikkelingen door kleine gebieden van
GeoTOP te updaten. We kunnen dan ook
beter rekening houden met vragen van
gebruikers, zoals een hogere resolutie (kleine-
re voxels), of het toevoegen van extra attribu-
ten aan de voxels waarmee het model
geschikt wordt voor een specifieke toepas-
sing. We zijn benieuwd wat dan de meest
gestelde vraag over GeoTOP wordt.

Jan Stafleu en collega's van het DGM+/
GeoTOP team,
TNO – Geologische Dienst Nederland

Meer informatie over GeoTOP is te vinden op <https://www.broloket.nl/toelichting/geotop> en op <https://www.dinoloket.nl/meer-weten>

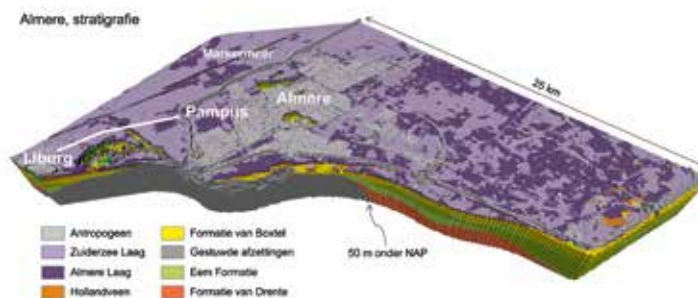


Fig. 4 GeoTOP Almere met de begraven stuwwal, het glaciële bekken met de Eem Formatie en de Holocene afzettingen. De witte lijn is een indicatie van de mogelijke vaste oeververbinding.

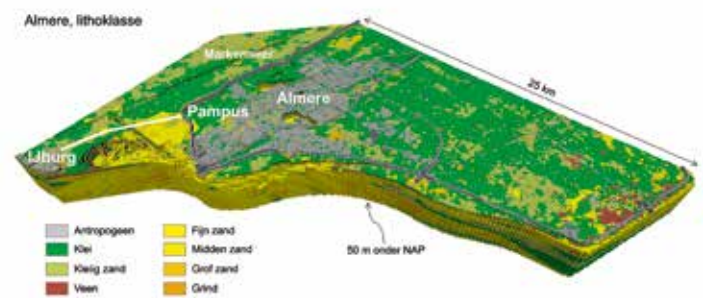


Fig. 5 GeoTOP Almere met de zandige stuwwal, kleilagen in de Eem Formatie en slappe Holocene lagen.

Coastal Risk Screening Tool / Interactive kaarten voor gebieden bedreigd door zeespiegelstijging en overstromingen / De opensource dataset is ontwikkeld door Climate Central. Het doel van de dataset is om - met name voor de Verenigde Staten - op basis van een geavanceerde digitale hoogtekkaart van alle kustgebieden, de gevolgen van de meest recente zeespiegelprojecties en de toekomstige risico's op kustoverstromingen te kunnen voorspellen. / www.global-ecosystems.org



Fig. 1 Overstromingsrisico bij 1,3 graden opwarming (blauw) en 3,2 graden opwarming (rood).

Descriptor	CSI level	Interpretation	CSI level	Interpretation
Weakest	0	The influence of climate change on the conditions (i.e. the daily high or low temperatures) is not detectable. These conditions could occur about as often with or without climate change.	0	The influence of climate change on the conditions (i.e. the daily high or low temperatures) is not detectable. These conditions could occur about as often with or without climate change.
Moderate	1	Climate change made the conditions at least 1.5 times more likely, and 2 times of 1 indicates a moderate climate influence.	-1	Climate change made the conditions at least 1.5 times less likely.
Strong	2	Climate change made the conditions at least twice as common. CSI levels of 2 and higher indicate a somewhat greater influence.	-2	Climate change made the conditions at least 1/2 as common.
Very strong	3	Climate change made the conditions at least 3 times more likely.	-3	Climate change made the conditions at least 1/3 as likely.
Extreme	4	Climate change made the conditions at least 4 times as common. These conditions are becoming extremely rare without climate change.	-4	Climate change made the conditions at least 1/4 as common. These conditions are becoming extremely rare with climate change.
Exceptional	5	Climate change made the conditions at least 5 times more likely, probably far more. This is an extreme case even if seen by climate change.	-5	Climate change made the conditions at least 1/5 as likely. These conditions are becoming exceptionally rare with climate change.

Fig. 2 Index van door de mens veroorzaakte klimaatverschuiving.



Fig. 3 Index van door de mens veroorzaakte klimaatverschuiving op 7 juli 2023.

Wat voor gegevens? / In 2018 verscheen de eerste, nog niet helemaal wereldwijde, digitale hoogtekkaart van de kustgebieden, CoastalDEM v1.1. De huidige Coastal Risk Screening Tool maakt gebruik van CoastalDEM v2.1 en is werelddekkend. De integratie van verschillende lidar-datasets van hoogtemetingen (NASADEM, anDEM-X, MERIT, AW3D30) door middel van een neurale netwerk heeft geleid tot een nauwkeurige digitale hoogtekkaart. De hoogtekkaart is gelimiteerd tot -10 meter en +120 meter ten opzichte van huidig zeeniveau. De maximale afwijking van de hoogtedata is volgens Climate Central 3 centimeter. De opendataset heeft een horizontale resolutie van 90 meter. Tegen vergoeding is een dataset beschikbaar met een resolutie van 30 meter.

Waarvoor? / In 2008 is Climate Central, een politiek neutrale en non-profit organisatie, opgericht door een groep wetenschappers met als doel om de potentiële gevolgen van zeespiegelstijging in kaart te brengen en in een eenvoudige vorm kwantitatieve gegevens beschikbaar te maken voor het grote publiek. In de screening tool kunnen verschillende datasets over elkaar geprojecteerd worden: zeespiegel, temperatuur, opwarming, smelten van ijskappen en jaar. De benodigde informatie is gedestilleerd uit de meest recente publicaties over zeespiegelstijging, waaronder het zesde rapport van de IPCC. De wetenschappelijke informatie over klimaatverandering en de mogelijke gevolgen daarvan zijn hiermee beschikbaar voor publiek en beleidsmakers.

Welke data is beschikbaar? / De Coastal Risk Screening Tool bevat zes datasets die gecombineerd kunnen worden met de CoastalDEM v2.1. De optie 'jaar' geeft de mogelijkheid om voor de komende decennia (2030 tot 2150) de gebieden met risico op jaarlijkse overstroming in kaart te brengen. Er kan gekozen worden voor zeespiegelstijging met of zonder kans op jaarlijkse overstromingen, en voor welke achterliggende data worden gebruikt (rapport van IPCC 2021 of Kopp et.al. 2014). De opties waterhoogte, temperatuur en ijskap laten zien welk deel van de kustgebieden onder zeeniveau komt te liggen bij zelfgekozen parameters. De optie 'keuze van opwarming' geeft een scenario voor welk deel van de huidige kustgebieden onder zeeniveau komt te liggen bij wereldwijde opwarming van de aarde bij geselecteerde temperatuur (fig. 1).

Extra informatie / Climate Central heeft ook een opendataset uitgebracht in 2022 waarbij de invloed van klimaatverschuiving wordt gekoppeld aan de op een bepaalde dag gemeten temperatuur, de 'Climate Shift Index' (www.climatecentral.org/realtime-fingerprints). De wereldwijde kaart heeft 11 niveaus; 5 positieve, 5 negatieve en 1 neutrale. De positieve waarden zijn indicatief voor hoe waarschijnlijk het is dat de gemeten temperatuur gelinkt kan worden aan de door mensen geïnitieerde klimaatverandering. De negatieve waarden geven aan waar de invloed van klimaatverandering (nog) geen of nauwelijks effect heeft gehad (fig. 2 en 3).

Wenche Asyee



Astronomische cycli beïnvloedden vroege zuurstof in de zee

In de aanloop naar de *Great Oxidation Event* (GOE), circa 2,4 tot 2,2 miljard jaar geleden, vonden in de zeeën op aarde al grote schommelingen in zuurstofvorming plaats, die het ritme volgden van de tollende aardas. Dit concludeerde een team van aardwetenschappers van de Universiteit Utrecht (UU) en het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), op basis van onderzoek naar Milankovitch-cycli, vastgelegd in 2,46 miljard-jaar-oude ijzerformaties uit West-Australië. Margriet Lantink, lid van dit onderzoeksteam, geeft Geo.brief een inblik in de ontwikkelingen die aan het onderzoek voorafgingen.

In de eerste driekwart jaar na mijn poster op het NAC (Geo.brief 2016/4) vond een reeks cruciale beslissingen plaats die bepalend waren voor het totstandkomen en de richting van het onderzoek. In de zomer van 2016 studeerde ik af, en hoorde ik over een mogelijk promotieonderzoeksproject bij Frits Hilgen (UU) dat mij zeer aansprak. Frits had bij NWO een onderzoeksvoorstel ingediend naar de mogelijke rol van Milankovitch-forcering¹ tijdens het Precambrium. Specifiek zou door middel van de Milankovitch-cyclusratiomethode² de langetermijnevolutie van het aarde-maansysteem kunnen worden gereconstrueerd. Essentieel voor succesvolle toepassing van deze methode was echter het bestaan van Precambische sedimentopeenvol-

gingen van hoge ouderdom, waarin deze cycli duidelijk waren vastgelegd in de stratigrafie. Bestudering van dergelijke successies zou tevens mogelijk een eerste inblik geven in hoe het vroege 'systeem aarde' reageerde op astronomische forcering, toen biologische en redoxcondities fundamenteel verschilden van het Fanerozoïcum. Hiervoor zou met name de periode vóór de GOE interessant zijn, d.w.z. de periode waarin zuurstof voor 't eerst in meetbare hoeveelheden in de atmosfeer verscheen.

Gestreepte ijzerformaties / Als zodanig kwamen de *banded iron formations* uit het vroege Paleoproterozoïcum in beeld; hiermee kwam ik al eerder in aanraking tijdens mijn afstudeer-

Karijini National Park.

Foto: Greg Jack

onderzoek bij Paul Mason (UU). Deze gestreepte ijzerformaties, ontstaan door chemische neerslag van ijzer en andere in het zeewater opgeloste stoffen, vormden ooit het sediment op de bodem van de zeeën, en werden met name afgezet in de aanloop naar de GOE. Studies uit de late jaren '60 tot '80 van de vorige eeuw beschreven de aanwezigheid van soms zeer regelmatige (cyclische) patronen in de ca 2.48–2.46 miljard jaar oude Brockman IJzer Formatie uit het West-Australische Hamersley-bekken en de tijdsequivalente Kuruman IJzer Formatie in Zuid-Afrika. Destijds al deden de patronen sommigen een astronomische invloed vermoeden³. Het verdere testen van deze hypothese werd echter belemmerd door gebrekkige en onnauwkeurige radiometrische ouderdomsbepalingen, die cruciaal zijn om de cycli in dieptebereik om te kunnen zetten naar tijdsduur.

Nu, inmiddels bijna vijftig jaar later, waren de wetenschappelijke vorderingen en ook het geluk aan onze zijde. Want Frits' voorstel werd midden december gehonoreerd, en ik kon per 1 januari 2017 aan de slag als PhD, met als doel het testen van de Milankovitch-hypothese voor de *banded iron formations*. Ook bleek er succes voor een elders ingediend voorstel van Joshua Davies (Universiteit van Genève) om via hoge-precisie uraan-looddatering van zirkonen de sedimentatiesnelheid van deze Paleoproterozoïsche opeenvolgingen vast te stellen. We besloten de handen ineen te slaan.

Vanaf toen verliep het onderzoek voortvarend, alhoewel niet per se via de snelste route. Onder andere vanwege een langere voorbereidingstijd die nodig bleek voor veldwerk in Australië, besloten we dat voorjaar eerst op verkennings-tocht naar Zuid-Afrika te gaan. Eenmaal aangekomen viel ons direct een karakteristiek patroon op van regelmatige afwisselingen (cycli van ca 5 en 15-20 meter dikte) die in het verweringsprofiel van de Kuruman IJzer Formatie ontwikkeld zijn. We bleken de patronen lateraal over het gehele bekken te kunnen vervolgen (> 250 km). Overtuigende aanwijzingen voor de rol van Milankovitch-forcering dus, maar de onafhankelijke bevestiging van uraan-looddateringen⁴

moest nog minstens een jaar op zich laten wachten: de eerder genomen monsters voor zirconextractie bleken gecontamineerd met zand uit de Kalahari-woestijn.

Reconstructie van het aarde-maansysteem / De afwisselingen in de Kuruman IJzer Formatie werden geïnterpreteerd als de expressie van de lange en zeer lange excentriciteitscycli van de aardbaan⁴. Excentriciteit heeft zelf een verwaarloosbare directe invloed op veranderingen in zonne-instraling, maar fungeert



Margriet Lantink onderzoekt met collega's de banded iron formations.

Foto: Greg Jack

met name als amplitudemodulator van de precessiecyclus. Wat waren de achterliggende, astronomisch-gestuurde klimaatprocessen die leidden tot de veranderingen in sedimentsamenstelling? Ook voor de reconstructie van het aarde-maansysteem, was het dus zaak om op zoek te gaan naar andere locaties of intervallen in de stratigrafie waarin precessie eventueel wel zichtbaar zou zijn. Op naar Australië dus. Na een week van verkenning in het Hamersley-gebied en bestudering van de Brockman IJzer Formatie in de rivierkloven van het Karijini National Park, stuitte we dan toch uiteindelijk op de jackpot. In ontsluitingen van de Joffre Member bij Joffre Falls waren duidelijke en regelmatige afwisselingen te zien tussen meer ijzer-gedomineerde en schalie-rijke lagen op een schaal van ca 85 cm met daarbinnen kleinschaligere afwisselingen van gemiddeld 10 cm. Op basis van hun dikte en 1:9 hiërarchie konden we de cycli relateren aan korte excentriciteit (ca 100,000 jaar) en precessie met een periode van ca 11,000 jaar. Dit leverde het tot dusver oudste betrouwbare datapunt voor het aarde-maansysteem op⁵. Maar misschien nog wel intrigerender was dat de precessie-schaal-afwisselingen opmerkelijke gelijkenis vertoonden met de eerder door Frits bestudeerde bekende 'redoxcycli' uit het Pliocen van de Middellandse Zee⁶. Deze astronomisch-gestuurde redoxcycli van afwisselend zuurstofrijke en zuurstofarme omstandigheden in de diepzee en/of het bodemwater, worden veroorzaakt door een periodiek verhoogde productie en/of preservatie van organisch mate-

riaal op de zeebodem tijdens sterkere moessonperiodes en bijbehorende vergrote Nijlafvoer. Ons vermoeden dat een soortgelijk scenario mogelijk ook voor de Proterozoïsche cycli gold, werd naderhand versterkt door een bezoek aan de kern-bibliotheek in Perth: in een boorkern van de Joffre troffen we karakteristieke patronen (laagjes) aan van specifieke redox-gevoelige mineralen, die ook voor de jongere equivalenten waren beschreven, en die duiden op dynamische veranderingen in de redoxcondities in het poriewater van het sediment tijdens de afbraak van organisch koolstof. De hamvraag was nu echter: hoe konden deze patronen zich gevormd hebben onder de fundamenteel andere, sterk reducerende omstandigheden die miljarden jaren geleden op aarde heersten? Dit is waar we met de recente studie meer inzicht in hebben geprobeerd te scheppen⁷. En wat zijn nu mogelijke stappen voor de toekomst? Natuurlijk zou het prachtig zijn als we de veranderingen in zuurstofproductie in het zee-water, die we afleiden uit de cycli in de Joffre, verder kunnen onderbouwen en kwantificeren. Onze resultaten suggereren dat de astronomische condities vlak voor de GOE 2,4 miljard jaar geleden blijkbaar zó gunstig waren, dat het zuurstofgehalte af en toe over een drempel werd getild. Op die momenten werd zo veel zuurstof geproduceerd, dat het opgeloste ijzer in het zeewater het niet allemaal meer als ijzeroxides kon afvoeren naar de zeebodem. Wie weet leidde dit mogelijk al eerder tot – cyclische – ontspanning van zuurstof naar de atmosfeer.

1: de invloed van veranderingen in zonne-instraling op het klimaat als gevolg van quasiperiodieke schommelingen in de vorm van de aardbaan (excentriciteit) en stand van de aardas (precessie en obliquiteit) die optreden op tijdschalen van vele duizenden tot miljoenen jaren.
2: De precessie- en obliquiteitscycli van de aardas (nu respectievelijk ca 21,000 en ca 41,000 jaar) zijn beide deels afhankelijk van het aarde-maansysteem. Hierdoor worden hun periodes steeds korter naar mate men verder terugkijkt in het geologische verleden,

overeenkomstig met een afnemende daglengte en afstand aarde-maan als gevolg van getijdendissipatie in de oceaan. Daarentegen worden de periodes van de voornaamste excentriciteitscycli van de aardbaan (ca 100,000 en 405,000 jaar) als relatief stabiel beschouwd over de duur van het zonnestelsel. Zo kan de veranderende verhouding tussen deze verschillende Milankovitch-cycli dus inzicht verschaffen in de getijdenevolutie van het aarde-maansysteem.
3: In zijn Presidential Address uit 1972 met de veelzeggende titel

'Revolution in Earth History' schreef geoloog A.F. Trendall al over de mogelijke invloed van astronomische cycli op de depositie van de banded iron formations in het Hamersley-bekken.
4: Lantink et al., 2019. Climate control on *banded iron formations* linked to orbital eccentricity. *Nature geoscience*, 12(5), 369-374
5: Lantink et al., 2022. Milankovitch cycles in banded iron formations constrain the Earth-Moon system 2.46 billion years ago. *PNAS*, 119(40), 2117146119.
6: De afwisseling van een rode en/of blauwe chert met een

karakteristieke dubbele witte vuursteenband per precessie-schaalcyclus in de Joffre deed sterk denken aan de (dubbele) witte mergelbanken rondom grijze, meer organisch-rijke mergels in de Pliocene cycli.
7: Lantink et al., 2023. Precessional pacing of early Proterozoic redox cycles. *EPSL*, 610, 118117.
Tijdens het onderzoek bleken met name scherpe dubbele zwavelpieken, die uit chemische analyses naar voren kwamen, diagnostisch: modelsimulaties lieten zien dat de patronen alleen logisch verklaard konden worden

door periodes van verhoogde organisch materiaaldepositie die samenvielen met een sterk verminderd ijzergehalte van het zeewater, als gevolg van verhoogde zuurstofproductie door fotosynthese bovenin de waterkolom. De periodes van maximale zuurstofproductie schreven we vervolgens toe aan verhoogde afvoer van nutriënten van het land tijdens nattere (moesson)periodes, die, naar analogie met het Middellandse Zee-model, optraden tijdens periodes van maximale zomerinstraling gestuurd door precessie.

In memoriam

– Janos Lajos Urai



Janos Urai na afloop van de promotie van Maartje Houben op de RWTH-Aachen in de kantine aan de Lochnerstrasse (Jan. 2013). Het promotiegeschenk dat Janos aan een aantal van zijn gepromoveerde PhD-studenten gaf, was een van deze prachtige stenen uit een serie gepolijst door Werner Kraus.

Fotograaf onbekend

Het nieuws dat emeritus Professor Dr. Janos Lajos Urai is overleden tijdens een dagje klimmen in het Belgische Beetz op 28 mei 2023 kwam als een donderslag bij heldere hemel. Wat begon als een prachtige dag met perfect klimweer eindigde in een Belgisch ziekenhuis waar Janos is overleden na een val. Prof. Dr. Janos Lajos Urai was emiritus professor aan de RWTH-Aachen universiteit in Duitsland, en een van de oprichters, de inaugurele decaan en gastprofessor aan de German University of Technology in Oman.

Janos werd op 16 oktober 1953 in Budapest (Hongarije) geboren en vluchtte met zijn ouders en zusje uit Hongarije toen hij 16 was en zo kwam het gezin in Nederland terecht. Janos studeerde structurele geologie en kristallografie in Leiden en promoveerde aan de Universiteit van Utrecht in 1983 op de deformatie van natzoutgesteente ('Deformation of wet salt rocks'). Het citaat aan het begin van zijn proefschrift was: "Dat ik grotendeels ongelijk heb is makkelijk toe te geven, niemand kan namelijk helemaal gelijk hebben in de natuurwetenschappen, die in wezen progressief en corrigerend zijn." (Michael Faraday). Zijn vindingrijkheid en het uitdenken van steeds nieuwe manieren om een klein stukje van een puzzel te kunnen oplossen zijn dan ook dingen die vele van zijn studenten en collega's zich herinneren. Waar hij trots op was in zijn proefschrift was dat iedere bladzijde onderaan een kleine tekening had van een microstructuur van zout en dat dit, als je er dan snel doorheen bladerde, een 'filmpje' werd van een vervormend zoutkristal.

Na zijn promotie werkte Janos nog een aantal jaar als postdoctoraal onderzoeker in Nederland, bij Win Means in de VS en met Mervyn Paterson in Australië, waarna hij als senior onderzoekswetenschapper in de laboratoria van Shell in Rijswijk aan de slag ging, tot 1996. Vele zaadjes van zijn latere onderzoek plantte hij in deze tijd. Met veel van de collega's en vrienden uit deze tijd heeft hij altijd contact gehouden, en later veelvuldig samengewerkt om de geplante zaadjes verder te laten groeien. Vanaf 1996 werkte Janos als Professor aan de RWTH-Aachen universiteit. Daar heeft hij een

vakgroep in de structurele geologie en tektoniek overgenomen en verder uitgebouwd. Hierbij bouwde hij een laboratorium vanaf de grond af op. Hij heeft tot zijn pensioen in 2019 aan de RWTH-Aachen gewerkt.

Zijn onderzoeksgebieden omvatten, maar waren niet gelimiteerd tot: zouttektoniek, boudinage en de vorming van mullions, integriteit van de afdichtende lagen, breukevolutie, vorming van breuken en diaklasen die open zijn voor vloeistofstroming, nanometerschaalmorfologie van de poriën in fijn-korrelig gesteente, en dichtgroeien van breuken en kristalgroei in gebroken gesteente. Hij onderzocht gesteentedeformatie van micro- tot meso-schaal in de aanwezigheid van vloeistoffen door het doen van veldwerk, experimenten, onderzoek in het lab, (elektro-nen-) microscopie en door middel van numerieke modellen. Zijn werk is vorig jaar (2022) bekroond met een Gustav-Steinmann-Medaille die uitgereikt wordt door de Duitse geologische vereniging aan individuen met uitzonderlijke bijdrage aan de geologie en aardwetenschappen. Een van zijn typische methodes was het uitprinten van foto's van microstructuren op posters van ongeveer drie bij drie meter en deze op de muur tegenover zijn bureau te hangen, zodat hij echt het gesteente in kon duiken, waar het proces van het begrijpen van de microstructuur begon.

Veel van bovenstaande onderwerpen kwamen samen in zijn geliefde Oman. Hier kwam hij altijd graag, niet alleen voor de fantastische geologie, maar ook vanwege het contact met de lokale bevolking. Het mag dan ook geen verrassing heten dat hij sinds 2004 actief betrokken was bij het opzetten van de German University of Technology in Muscat (Oman). Daarnaast is hij professor en decaan van de faculteit toegepaste geowetenschappen geweest. Ook tijdens zijn emiritaat was Janos nog actief betrokken bij veel projecten, hij wilde zich graag nog inzetten voor de energietransitie en maakte zich zorgen over de beschikbaarheid en de prijs van energie in de toekomst. De projecten waar hij onder andere nog bij betrokken was: ondergrondse waterkrachtopslag, de mogelijke Einstein-telescoop in Zuid-Limburg, waterstofopslag in-, en het abandonneren van, zoutcaver-



Janos uitkijkend over het Paradox Basin in Utah, USA, een van de bekendste zoutbekkens van de wereld, tijdens veldwerk in 2010.

Foto: Heijn van Gent

nes. Vooral het laatste bracht Janos weer terug naar zijn promotiewerk van ruim veertig jaar geleden, zoals beschreven in zijn befaamde artikel in Nature (‘Weakening of rock salt by water during long-term creep’). Janos herhaalde vaak dat de invloed van Pressure Solution creep voor lange tijd grotendeels genegeerd werd in de industrie. Hij zette zich in om ook buiten de academische wereld hier aandacht voor te krijgen, zoals bij de overheid (KEM-17) en bij het bedrijfsleven waar hij als consultant veel voor heeft betekend. Zijn inzet leidde ertoe dat de lange-termijn-effecten van mijnbouwactiviteiten

in zoutvoorkomens beter ingeschat kunnen worden.

Janos’ ongeremde enthousiasme voor het onderzoek, zijn creativiteit in het uitdenken van nieuwe methodes, en het onderwijzen en vertellen van wat hij geleerd en ontdekt had, heeft generaties studenten gevormd en zal ook menig collega niet ontgaan zijn. Hij schroomde ook niet dit enthousiasme te delen met zijn studenten en promovendi. Daarnaast had hij ook echte aandacht voor zijn studenten en promovendi die hij graag zijn doktor-kinderen noemde. Niet voor

niets werd zijn instituut ooit uitgeroepen tot meest familievriendelijke vakgroep van de RWTH Aachen.

Met het overlijden van Janos zijn wij een zeer gerespecteerde, geliefde collega, een toegewijd wetenschapper, een vriend, en een kleurrijke en intense persoonlijkheid kwijtgeraakt. Wij zullen nog vaak aan hem denken.

Richard Bakker, Heijn van Gent, Maartje Houben, Jop Klaver, Wouter van der Zee

97 vooraanstaande wetenschappers ontvangen Vidi-beurs, waaronder 3 aardwetenschappers

De wetenschappers uit de wetenschapsdomeinen Exacte en Natuurwetenschappen (ENW), Technische en Toegepaste Wetenschappen (TTW) en Sociale en Geesteswetenschappen (SGW) en Zorgonderzoek en Medische Wetenschappen (ZonMw) krijgen een Vidi-financiering van maximaal 800.000 euro. Hiermee kunnen de laureaten in de komende vijf jaar een vernieuwende onderzoekslijn ontwikkelen en hun eigen onderzoeksgroep verder uitbouwen. Drie aardwetenschappers ontvangen de Vidi-beurs.

De wetenschappers doen onderzoek naar verschillende onderwerpen. Waaronder deze drie aardwetenschappelijke projecten: Welke systemen op aarde kunnen abrupt kantelen? Detectie en toeschrijving van regionale zeespiegelwijzigingen in de 20e eeuw en Het begrijpen en voorspellen van factoren die droogte beëindigen en zorgen voor herstel van de schade veroorzaakt door droogte. Dr. F.M. Hennekam van NIOZ (Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee) doet onderzoek naar welke systemen op aarde

abrupt kunnen kantelen. Een kantelpunt kenmerkt zich door een kleine verandering in het klimaat of in een ecosysteem dat vervolgens een abrupte en onomkeerbare omslag veroorzaakt. Op onze planeet zijn er allerlei systemen die misschien een kantelpunt gaan passeren door menselijk toedoen: een plotsklapse verdwijning van poolijs, een snelle verandering van oceaanstromingen, of abrupte omslagen van zuurstofrijke naar zuurstofloze omstandigheden in de zee. Onderzoekers weten niet welke systemen op aarde precies een kantelpunt kunnen passeren. Dit onderzoek gebruikt sedimenten als archief om te bepalen of en waarom een systeem op aarde een kantelpunt heeft en of zo'n kantelpunt voorspelbaar is. Dr. ir. A.B.A. (Aimée) Slangen van NIOZ (Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee) doet onderzoek naar detectie en toeschrijving van regionale zeespiegelwijzigingen in de 20e eeuw. Zeespiegelverandering wordt veroorzaakt door een combinatie van verschillende processen die ieder hun eigen tijd- en ruimte-varianties kennen.

Het is een ingewikkelde puzzel, die tot nu toe nog niet op regionale schaal is opgelost. In dit project combineert zij waarnemingen en modellen van regionale zeespiegelstijging met een nieuwe techniek om optimale regio's te vinden zodat de puzzel wél opgelost kan worden. Het doel is om beter te begrijpen wat de oorzaken zijn van regionale zeespiegelveranderingen in de 20e eeuw om betere toekomstprojecties te maken. Dr. ir. N. (Niko) Wanders van Universiteit Utrecht doet onderzoek naar detectie en toeschrijving van regionale zeespiegelwijzigingen in de 20e eeuw. Droogtes komen steeds vaker voor en hebben steeds meer invloed op de maatschappij. Als gevolg daarvan zien we dat mensen zich niet langer afvragen "Hoe vaak komt een droogte voor?", maar "Hoe lang duurt deze droogte nog en hoe beperken we de gevolgen?". In het Recover project gaat Wanders modellen ontwikkelen die kunnen voorspellen hoe lang droogtes nog aanhouden en hoe we de gevolgen kunnen beperken met adaptief waterbeheer.

Symposium 'Building Bridges – Current dilemmas in Earth Sciences'

Aardwetenschappelijke kennis is essentieel voor de grote uitdagingen in onze maatschappij: denk aan de energietransitie, duurzame winning en gebruik van aardse materialen en een eerlijke verdeling- en gebruik van de Noordzee tussen producenten van wind-energie, visserij, zandwinning, natuur en andere belanghebbenden.

Deze dilemma's vereisen een brede en diepe kennis van de aardwetenschappen. Tegelijkertijd lopen aardwetenschappers ook tegen maatschappelijke en morele dilemma's aan: hoe krijgt de energietransitie zo goed en eerlijk mogelijk vorm? Is er een rol voor olie- en

gasmaatschappijen en voor nucleaire energie? Waar halen we de kritische mineralen en metalen vandaan zodat nieuwe technologie zowel de planeet als de mensheid ten goede komt? Welke gebruikers van de Noordzee moeten voorrang krijgen op andere gebruikers en wie bepaalt dat?

Met dit symposium wil het KNGMG ruimte geven aan het debat en bruggen bouwen. Mike Buxton (TU Delft) geeft een lezing over dilemma's in de mijnbouw. Tommer Vermaas (Deltares) licht dilemma's rond het gebruik van de Noordzee toe. Als derde spreekt Barthold Schroot (EBN) over de energietransitie in Nederland. Daarna

volgt een openbaar debat. We sluiten af met een borrel om over alle dilemma's en mogelijke oplossingen na te praten.

Datum en Locatie

Het symposium wordt gehouden op 7 september 2023, van 13.00 – 17.00, bij TNO in Utrecht (Princetonlaan 6).

Registratie

Iedereen is welkom, leden en niet-leden. U kunt zich registreren op www.kngmg.nl. Voor leden en studenten is de toegang gratis.

. 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.

Comparison of hydrocarbon and geothermal energy production in the Netherlands: reservoir characteristics, pressure and temperature changes, and implications for fault reactivation

by L. Buijze, H. Veldkamp and B. Wassing

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2023.6>

The authors present a summary and review of the main similarities and differences in terms of geological and geomechanical characteristics between hydrocarbon and geothermal plays in the Netherlands. By doing so, they provide better insights into the factors that could play a role in fault reactivation and induced seismicity, and how these differ for hydrocarbon production and geothermal operations. Not only are there differences in expected stress change magnitudes, but also in spatio-temporal stress build-up on faults, which has implications for seismogenic potential and monitoring of these different operations

Investigating seismicity rates with Coulomb failure stress models caused by pore pressure and thermal stress from operating a well doublet in a generic geothermal reservoir in the Netherlands

by G.A. Hutka, M. Cacace, H. Hofmann and B. Makur

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2023.7>

In this study, the authors used a coupled thermo-hydro-mechanical model to estimate the seismic hazard caused by the operation of a geothermal doublet. They conducted a systematic parametric study to assess and rank the impact of different intrinsic (geological) and extrinsic (operational) parameters on the induced seismic hazard potential. The results indicate that by optimising the operational parameters it is possible to increase production efficiency while maintaining a long-term control over the fluid injection-induced seismicity.

Prix François Ellenberger voor Jacques en Lydie Touret

Jacques en Lydie Touret ontvingen op 14 juni de Prix François Ellenberger uit handen van Pascal Richet, voorzitter van het Comité Français d'Histoire de la Géologie (CoFrHiGeo) voor hun verzameld werk op dit terrein.

Jacques en Lydie Touret hielden zich al jarenlang bezig met de geschiedenis van de petrologie, mineralogie, kristallografie en museologie. Jacques Touret tijdens zijn aanstelling als hoogleraar in Nancy en Parijs VII van 1969 tot 1980 en als hoogleraar mineralogie, petrologie en erts-kunde aan de VU van 1980 tot zijn emeritaat tot 2001, Lydie Touret als onderzoeker bij het Teylers Museum in Haarlem van 1981 tot 1990 en van 1990 tot 2012 als conservator van het Mineralogisch Museum van de Ecole de Mines in Parijs. Jacques Touret vertegenwoordigde

Nederland ook lange tijd bij de aan de IUGS gerelateerde International Commission for the History of Geological Sciences (InHiGeo). Na hun pensionering volgden beiden hun interesse en enthousiasme voor deze geschiedenis, resulterend in vele wetenschappelijke publicaties op dit gebied. Een overzicht van hun publicaties is te vinden op de website van het Comité Français d'Histoire de la Géologie (CoFrHiGeo), <https://hal.sorbonne-universite.fr/COFRHIGEO/page/prix-francois-ellenberger>.

. agenda

9-11 september 2023

Kring Noord Veldtrip naar het Teutoburger Wald

20 september 2023

Lezing Femke Vossepoel 'Estimating ground motion with data assimilation into geomechanical models' Locatie: TU Delft

9-14 oktober 2023

15e ISRM International Congress on Rock Mechanics Locatie: Salzburg Congress, Oostenrijk.

23 november 2023

Symposium 'Aardkundig Erfgoed' -over de Peelrandbreukzone

Reünie Stichting Geologisch Instituut Amsterdam. Locatie: in de Sportkantine ASV Swift, Plantage Parklaan 20A Amsterdam. Aanvang 18:00 uur. De Instituutslezing wordt uitgesproken door Salomon Kroonenberg: 'De schrijver W.F. Hermans als geoloog'. Zie verder www.sgja.nl

13 december 2023

Lezing Panos Doulgeris 'Seismic inversion as a tool for de-risking exploration, development, production and storage in the subsurface' Locatie: Delft Inversion

. personalia

VERHUISD

D. Maljers
B. Meijninger
P. Huijbregtse
C. van Baak

NIEUWE LEDEN

M. van den Bogaert
S. van Bloois
H. van Gent
W. Hazebelt
A. Botha



**Geo.brief is de nieuwsbrief van
KNGMG en NWO
47e jaargang, nummer 5, augustus 2023**

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 / Ceciel Fruijtier, hoofdredacteur, Frederique van Schijndel-Goester, S. van Heteren, Wenche Asyee, Martine Zeijlstra (eindredactie) / e-mail: geobrief@kngmg.nl
Vormgeving / Harry Harsema en Ruben Bal, Uitgeverij Blauwdruk, Gen. Foulkesweg 72, 6703 BW Wageningen. Tel. 0317 425890 / e-mail: harry@uitgeverijblauwdruk.nl.
Lithografie / Hans Dijkstra, GAW ontwerp+communicatie.
Druk / Drukkerij Modern, Bennekom
Aandragen kopij / verschijningsdata 2023 onder voorbehoud:
nr 6 – 25-8 / 29-9

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 / r.prop@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, Bas Zwaan.



Word lid van
KNGMG
en scan de
QR code



**Luchtfoto van *fairy circles* in
Namib-Naukluft National Park.**
Foto: Nicolas Rénac/Flickr