

Geo brief

3

juni 2022

**Dredge, drain, reclaim: is it time to reframe?
De Schelde Delta: een geologische kraamkamer
Speuren naar ijstijden in boorkernen
KNGMG Financieel Jaarverslag 2021**

Eigen aardigheden / Het is u vast niet ontgaan – op 19 mei vierde het KNGMG haar 110-jarig bestaan op de Tweede Maasvlakte. Minder bekend, en enkel voor mij relevant, is dat het 22e lustrum van het KNGMG samenvalt met mijn eerste en direct laatste lustrum als bestuurslid. In de waan van de dag zijn die vijf jaar toch snel voorbij gegaan en ik heb me daarom voorgenomen mijn zesde en laatste jaar als bestuurslid bewust te gaan genieten van deze mooie functie. Wat maakt het eigenlijk zo mooi? Het KNGMG is een oude dame en bestaat om mensen uit het aardwetenschappelijk werkveld met elkaar te verbinden, elkaar te ontmoeten en dat bij voorkeur bij aantrekkelijke activiteiten. Eén van de hoofdtaken van het bestuur is deze verbinding goed te houden, niet alleen tussen de leden, maar zeker ook tussen de leden en het KNGMG zelf. Een voortdurende uitdaging hierbij is het KNGMG relevant te houden en meerwaarde te blijven bieden voor alle leeftijdsgroepen. Alleen dan blijft het KNGMG vitaal en blijft de aanwas van nieuwe leden doorgaan.

Terugkijkend op de laatste vijf jaar ben ik enthousiast over wat we hierin bereikt hebben. We hebben goed bezochte symposia en lezingen georganiseerd, zijn actief aanwezig op het NAC, de KNGMG-website is helemaal op de schop gegaan en ziet er aantrekkelijk uit. Vergeet niet om regelmatig bij *Publicaties* te kijken. Sinds twee jaar plaatsen we daar regelmatig een Top 5 van meest relevante artikelen over een actueel thema. We begonnen met *Zeespiegelprojecties* en de laatste ging over *Carbon Capture Storage*. U kunt daar ook twee series podcasts vinden van Henk Kombrink. De ene serie bevat verdiepende interviews met bekende aardwetenschappers, de ander gesprekken met auteurs van net verschenen artikelen in NJG. Dit jaar verwacht ik nog de start van een nieuwe publicatie, de *KNGMG Technical Notes*. Dit zijn korte artikelen over bijvoorbeeld nieuwe onderzoeksinitiatieven, datasets, projecten, veldwerk, of samenvattingen van MSc- en PhD-theses. Deze artikelen zijn te 'licht' voor peer-reviewed tijdschriften, maar ze bevatten relevante informatie of data die verloren gaan als ze niet gepubliceerd worden via een officieel kanaal.

Bij publicaties kan men ook bladeren door pareltjes uit de oude doos. Toen ik wat aan het mijmeren was over de laatste vijf jaar, werd ik opeens nieuwsgierig naar waarom het KNGMG eigenlijk is opgericht? Was dat met dezelfde doelstellingen als nu? Het jaarboek uit 1913 geeft uitsluitsel. Na veertien(!) pagina's reclame blijkt de directe aanleiding de oprichting van de

Nederlandse Geologische Vereniging (NGV 1.0) in november 1911 geweest te zijn. Op de oprichtingsvergadering van het NGV stelde Van Waterschoot van der Gracht voor om niet over te gaan tot oprichting, maar de in 1904 opgerichte *Nederlandse Mijnbouwkundige Vereniging* (NMV) te hervormen. Dit voorstel werd echter met zeventien tegen drie verworpen. Aan het nieuwe NGV-bestuur werd wel direct de opdracht meegegeven om de samenwerking tussen beide verenigingen vorm te geven. De NMV bleef echter bezorgd dat het bestaan van twee verenigingen zou leiden tot een splitsing tussen twee beroepsgroepen die eigenlijk verenigd zouden moeten zijn en bleef voorstellen te fuseren. *“Deze plannen vonden niet slechts instemming, maar wekten enthousiasme bij alle betrokkenen en toen in de gedenkwaardige sneeuwavond van 3 februari 1912 de beide besturen in het kantoor van de Mijnraad te 's Gravenhage officieel bijeenkwamen, kostte het geen moeite tot overeenstemming te komen.”* Doelen werden het bevorderen van de wetenschap, het opwekken in ruime kring van belangstelling voor de aardwetenschappen, het behartigen van de belangen van de beroepsgroep en het “bevorderen van persoonlijke kennismaking en collegialen omgang tussen de leden”. Wat dat betreft is er vrijwel niks veranderd.

Het bestaan van twee verenigingen hoeft dus niet tot scheiding te leiden

Een grappig feitje vind ik dat: heel kort (slechts drie maanden) bestond een NGV ruim vóór de oprichting van de huidige NGV (2.0) in 1946. Het zou leuk zijn om in de notulen van KNGMG-vergaderingen rond die tijd te lezen hoe men hier tegenaan keek en of er toen ook pogingen gedaan werden om direct te fuseren. Het is in ieder geval niet gebeurd en momenteel zijn beide verenigingen bloeiend en actief, waarbij soms gezamenlijke activiteiten georganiseerd worden. Het bestaan van twee verenigingen hoeft dus niet tot scheiding te leiden, zeker niet als je, zoals ik, van beide verenigingen lid bent!

Ik hoop u in mijn laatste bestuursjaar weer veel te gaan ontmoeten.



Marc Hijma

Speuren naar ijstijden in boorkernen

Al op de middelbare school was Marieke Cuperus (Universiteit Utrecht) geboeid door ijstijden en zocht ze in Nederland naar zwerfkeien. Tijdens het onderzoek voor haar bachelorscriptie telde ze urenlang korrels en foraminiferen om een recente hypothese over de oceaancirculatie in de Atlantische Oceaan tijdens de laatste ijstijd te toetsen. Haar inzet leverde haar de zesde editie van de KNGMG Jelgersmaprijs op voor de beste Nederlandse aardwetenschappelijke bachelorscriptie.

Sedimentkern op NIOZ-boorschip Pelagia tijdens de NICO-expeditie in 2018. Tijdens deze expeditie werden de sedimentkernen verzameld die gebruikt zijn voor het onderzoek naar de oceaancirculatie tijdens de laatste ijstijd.

Foto: NIOZ / NICO expeditie

Soms is goed onderzoek enkel een kwestie van goed tellen. Dat heeft aardwetenschapsstudente Marieke Cuperus (Universiteit Utrecht) geweten: talloze sedimentkorrels en foraminiferen telde ze vorig jaar achter haar microscoop tijdens het onderzoek voor haar bachelorscriptie. Maar het was heel leuk, benadrukt ze tijdens het online interview met Geo.brief waarin ze uitgebreid over haar onderzoek vertelt. “Vanwege de coronamaatregelen mocht ik als een van de weinige studenten in het labgebouw komen. Daar had ik veel geluk mee.”

Eerder, toen ze bij haar begeleider professor Lucas Lourens aanklopte, wist ze dat ze graag een paleoklimatologisch onderzoek wilde gaan doen. Haar interesse voor de ijstijd koesterde ze al langer:

“Voor mijn profielwerkstuk op de middelbare school had ik onderzoek gedaan naar ijstijden in Nederland. Ik ben toen nog op veldwerk gegaan om te zoeken naar bewijs voor ijstijden in Nederland en heb het Ijsseldal en de Veluwe bezocht om te zoeken naar zwerfkeien. Erg ambitieus, maar achteraf gezien niet van heel goede kwaliteit. Ik heb toen denk ik naar veel bakstenen gekeken, ik was nog niet zo goed in het herkennen van zwerfkeien...”

Cuperus had meer geluk met haar verzoek bij Lourens: er was een twaalf meter lange sedimentkern beschikbaar, die in 2018 tijdens een NIOZ-expeditie uit de bodem van de Atlantische Oceaan in de Feni Drift (ten westen van Ierland) was gehaald. “Het doel van dit bachelorproject was een age model met hoge resolutie te maken en Heinrich events in de sedimentkern te herkennen. Dit zijn events waarbij een enorme influx van ijsbergen in de Noord-Atlantische Oceaan plaatsvindt. Bij dit project waren meerdere Bachelorstudenten betrokken, ieder van ons bemonsterde één meter van de kern en verzamelde hiervan data. Als iedereen een age model maakte, leverde dat een age model met hoge resolutie van een groot deel van de kern op. Zo’n model is belangrijk voor bijvoorbeeld het maken van correlaties tussen verschillende sedimentkernen.”

Alleen was dat voor Cuperus nog niet genoeg,

vertelt ze. Ze miste relevantie met betrekking tot de huidige klimaatverandering, wilde meer doen met de data die ze aan het verzamelen was. In de wetenschappelijke literatuur stuitte ze op een discussie over de oceaancirculatie in de Atlantische Oceaan, de Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). Cuperus: “Deze oceaancirculatie speelt een belangrijke rol in het klimaat, omdat deze warmte verdeelt over de aarde. Warm water wordt naar het noorden gevoerd, daar koelt het water af, zinkt dieper in de oceaan en stroomt weer terug naar het zuiden. Inmiddels weten we dat deze circulatie verschillende stabiele fasen kent. Mogelijk zal in de toekomst de AMOC omslaan naar een andere, zwakkere fase, en eenmaal in die nieuwe fase, kan het niet zomaar terug. Er zijn echter nog veel onzekerheden in de modellen. Paleoklimatologisch onderzoek naar de veranderingen in de AMOC kan helpen om de mechanismen en stabiliteit van de oceaancirculatie beter te begrijpen. Zo kunnen we misschien met meer zekerheid zeggen wat er in de toekomst door klimaatverandering gaat gebeuren.”

Wat heb jij onderzocht aan de AMOC?

“Eerst nog een stapje terug. Er is een discussie gaande onder wetenschappers over de stabiliteit van de AMOC: wat de oorzaak is van abrupte veranderingen in de AMOC tijdens de laatste ijstijd en wat de afgezwakte circulatie veroorzaakte. In de afgelopen 2,6 miljoen jaar was er een afwisseling tussen ijstijden (glacialen) en interglacialen en we onderscheiden stadialen, koude periodes, en interstadialen, de warmere periodes, binnen een ijstijd. Dus in een glaciaal zijn er ook temperatuurfuctuaties. De afwisseling tussen stadialen en interstadialen wordt in verband gebracht met de afwisseling tussen stabiele fasen van de AMOC. Stadiale condities op het noordelijk halfrond worden gekenmerkt door een afgezwakte circulatie. Veel modellen van de laatste ijstijd gebruiken ijsbergen als de veroorzaker van het afzakken van de AMOC, vanwege de geobserveerde correlatie tussen de toename in ijsbergen en koude periodes in de

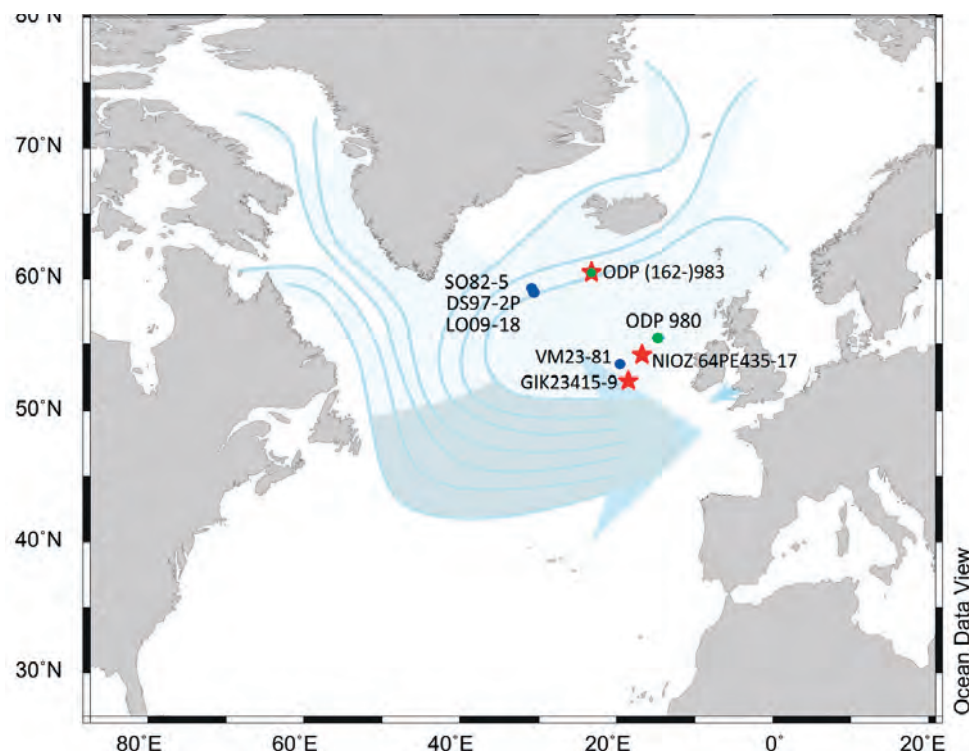


Marieke Cuperus.

Mogelijk zal in de toekomst de AMOC omslaan naar een andere, zwakkere fase

Noord-Atlantische Oceaan. Meer ijsbergen in het Noord-Atlantische water betekent een influx van koud, zoet water dat de dichtheid van het water, en daardoor de circulatie, zou kunnen beïnvloeden.”

“Van Lucas had ik een artikel gekregen van Barker et al. uit 2015. Deze wetenschappers hebben twee boorkernen onderzocht, waarbij ze een boorkern afkomstig uit de Noord-Atlantische Oceaan vergeleken met een zuidelijkere boorkern. Daarbij keken ze naar sediment dat was getransporteerd door ijsbergen



Figuur 1. Locatie van sedimentkernen. Groene stip: locatie van sedimentkernen gebruikt door Barker et al. (2015). Rode ster: locatie van sedimentkernen gebruikt dit onderzoek.

(ice rafted debris, IRD): sedimentkorrels. Als je zulke materialen in een sedimentkern van de oceaانبodem aantreft weet je dat er op dat moment in de tijd ijsbergen in zee dreven. Ook keken ze naar de aanwezigheid van een bepaalde soort planktonische foraminifeer, die karakteristiek is voor koud zeewater. Dus alleen wanneer het water koud is tref je relatief veel exemplaren van deze soort aan. De onderzoekers concludeerden op basis van hun bevindingen dat de afzwakking van de AMOC juist niet door ijsbergen is veroorzaakt, maar door een graduele afkoeling van de Noord-Atlantische oceaan.

“Voor mijn onderzoek wilde ik hun idee testen en een vergelijking maken met deze studie. Ik heb dezelfde methodes toegepast, maar dus met een andere boorkern. Barker et al. gebruikten twee ODP-boorkernen. Voor de noordelijke boorkern heb ik dezelfde boor-

kern gebruikt, en de NIOZ-boorkern vormde voor mij de zuidelijke boorkern (zie Figuur 1).”

Hoe heb je dat aangepakt?

“Van onze begeleider kregen we dus eerst de opdracht een age model van de NIOZ-sedimentkern te maken. Voor ‘onze’ meter hebben we de kern per centimeter bemonsterd, dus honderd monsters per persoon. Ieder monster is gewogen, gedroogd en, omdat we naar een bepaalde sedimentfractie en de foraminiferen wilden kijken, gezeefd om de korrelgroottes van elkaar te scheiden. Vervolgens houd je van ieder sedimentmonster een klein hoopje materiaal over, dat ik voor vijftig monsters onder de microscoop heb bekeken. Daar in zochten we naar dezelfde foraminiferen om een relatieve temperatuurreconstructie mee te maken. Per monster bepaalde je hoeveel procent van deze specifieke soort aanwe-

zig was ten opzichte van het totaal aantal planktonische foraminiferen. Dat was een kwestie van determineren en gewoon tellen. De hoeveelheden konden per monster flink verschillen. Ik had monsters uit warmere perioden, daar zaten per monster niet heel veel van deze soort foraminifeer in. Monsters uit koudere periodes bevatten er soms wel honderden. Verder telden we ook de grote sedimentkorrels om de hoeveelheid ice rafted debris per gram van het gedroogde monster te bepalen.”

Veel modellen van de laatste ijstijd gebruiken ijsbergen als de veroorzaker van het afzwakken van de AMOC

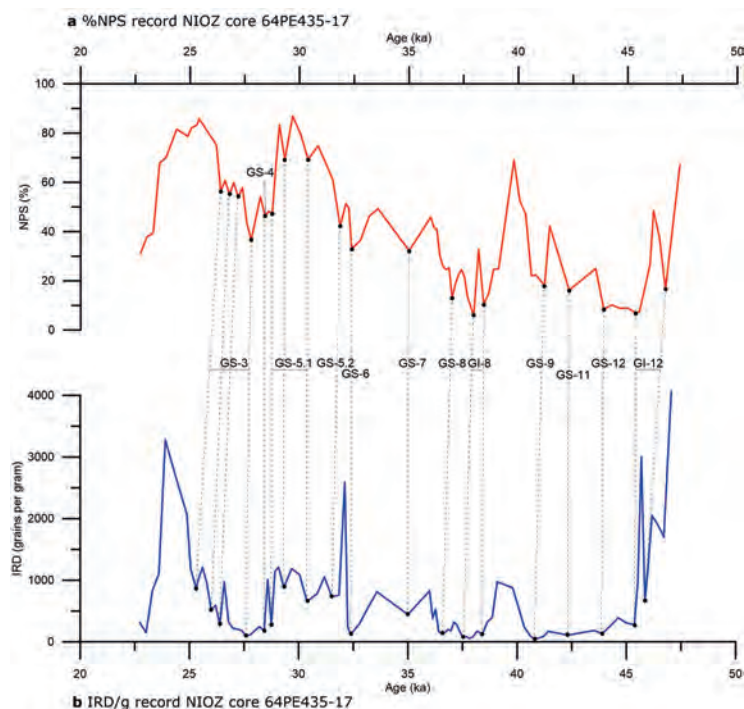
Naar welke tijdsperiode keek je?

“Van 27 duizend tot 47 duizend jaar geleden. Dat was mijn gedeelte van de boorkern en dat van twee andere studenten, ik mocht hun data ook gebruiken. Om hiervan een age model te maken heb ik gebruik gemaakt van nog een andere boorkern, eentje die relatief dichtbij de NIOZ-boorkern is genomen (zie Figuur 1). Van die boorkern is de absolute ouderdom bekend en de data openbaar. Ik heb onze IRD- en foraminiferen-gegevens vergeleken met deze kern en gekeken of de vergelijkbare pieken in voorkomens met elkaar zijn te linken. Met de IRD-gegevens gaat de correlatie vrij aardig, maar het was lastiger met de foraminiferen. Ik zou graag willen zeggen dat de correlatie heel betrouwbaar is, maar het is nog vrij arbitrair. Waarschijnlijk is de resolutie toch nog niet hoog genoeg om boven de natuurlijke variatie uit te komen. Het age model met een dusdanige hoge resolutie was nodig om de bevindingen van Barker et al. te toetsen.”

Waar heb je naar gekeken?

“Barker et al hebben drie observaties gedaan bij hun vergelijking tussen de noordelijke en zuidelijke ODP-boorkernen, namelijk:

1) Koude periodes begonnen eerder in het



Figuur 2. De correlatie tussen het percentage van de aanwezige koud water foraminiferen (NPS) en IRD-gegevens van de NIOZ-boorkern.

noorden en duurden daar langer;

2) IRD-events vonden tegelijkertijd plaats – zowel in het noorden als het zuiden;

3) In de zuidelijke boorkern vonden de IRD-events en afkoeling tegelijkertijd plaats (figuur 2).

Omdat in de noordelijke boorkern de afkoeling eerder begon dan IRD, concludeerden de onderzoekers dat ijsbergen pas later verschenen en dus niet de oorzaak konden zijn van de afzwakking van de AMOC en de overgang naar stadiale condities. Een geleidelijke afkoeling was dus waarschijnlijker. Ik heb deze drie observaties ook onderzocht.”

En wat trof jij aan?

“Als eerste heb ik de ouderdom en duur van stadialen in beide kernen bepaald. De belangrijkste bevinding is dat in de noordelijke boorkern er eerder afkoeling plaatsvond en dat de stadialen langer duurden. Dit klopte aardig met de bevindingen van Barker et al.

Daarna heb ik pieken van IRD gecorreleerd aan bepaalde Heinrich-events. Ik zag vrijwel geen verschil tussen de noordelijke en zuidelijke boorkern, dus de influx van ijsbergen vond vrijwel gelijktijdig plaats. En als laatste heb ik de IRD- en foraminiferen-data vergeleken in de NIOZ-boorkern en ik vond dat de meeste IRD-events over het algemeen gelijktijdig met afkoeling plaatsvonden.”

Dus Barker is blij met je resultaten?

“Ja, want alle drie mijn bevindingen onderbouwen de conclusies van Barker et al. – al zitten er nog wel onzekerheden in mijn data. Ik weet overigens niet of ze al van mijn resultaten weten.”

Om terug te keren naar het begin, wat vertellen jouw bevindingen over kantelpunten van de AMOC?

“Mijn resultaten suggereren dat tijdens de laatste ijstijd de AMOC niet zwakker werd als

gevolg van de influx van ijsbergen in de Noord-Atlantische Oceaan. Wij zitten nu in een interglaciaal, de periode die ik onderzocht was een ijstijd. Ik vind het lastig om te zeggen wat er met de AMOC gebeurt door de huidige klimaatverandering of wat er in de toekomst kan gaan gebeuren, zeker omdat hier nog veel onduidelijkheid over is. De verwachting is wel dat de AMOC in de toekomst zwakker zal worden, maar het is nog niet zeker hoe snel dit gaat en in welke mate. Ik hoop dat mijn resultaten, naast soortgelijke onderzoeken, kunnen bijdragen aan de kennis over de mechanismen en de stabiliteit van de AMOC. Het zou daarnaast interessant zijn om te kijken naar het gedrag van de AMOC tijdens een interglaciaal.”

Je zou dus nog verder met dit onderzoek willen?

“Ik doe nu de Master Earth, Life and Climate in Utrecht. Verder onderzoek zou mij heel leuk lijken. Het liefst zou ik meerdere boorkernen willen vergelijken, dus niet alleen de twee kernen die ik heb bekeken. Lokale omstandigheden van deze boorkernen zouden de data beïnvloed kunnen hebben, met meerdere boorkernen verhoog je de betrouwbaarheid van het onderzoek. Misschien dat ik nog een cursus statistiek wil gaan volgen, ik zou het leuk vinden om te kunnen zeggen hoe significant mijn resultaten zijn.”

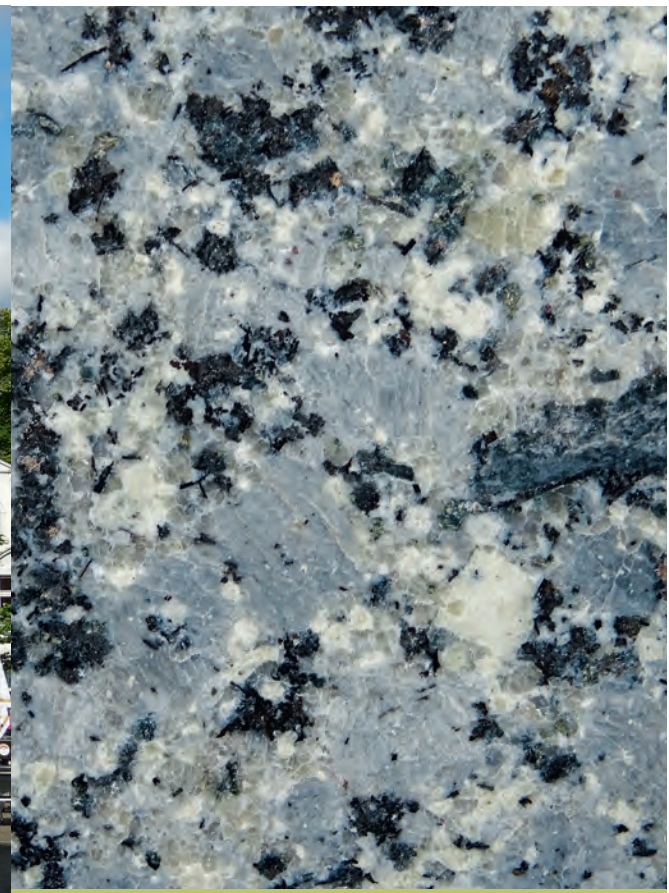
Bjinse Dankert

Referenties:

Barker, S., Chen, J., Gong, X., Jonkers, L., Knorr, G., & Thornalley, D. (2015). Icebergs not the trigger for North Atlantic cold events. *Nature*, 520(7547), p333–336.
<https://doi.org/10.1038/nature14330>



Kösseine graniet aan Museum Jerke, Recklinghausen.



Detail van de Kösseine graniet.

Kösseine graniet / De Kösseine graniet is een Varistische peralumineuze blauwe graniet uit het Fichtelgebergte ten zuiden van Wunsiedel en ten oosten van Bayreuth in Noordoost-Beieren. Het gesteente, ingedrongen in het Boven-Carboon, bestaat uit 41 procent grijsblauwe alkaliveldspaat in één tot drie centimeter grote aggregaten en vergroeiingen, 36 procent grauwe kwarts, dertien procent grauwwitte plagioklaas en zes procent mica's (biotiet, muscoviet, chloriet). Als accessoria treden een reeks primaire magmatische mineralen op, allerlei secundaire mineralen uit de epidootgroep, carbonaten en zeolieten, maar ook kleine insluitsels van metamorfe mineralen. Het zijn deze mineralen die de Kösseine graniet haar bijzondere karakter geven. Het granitische magma heeft een aanzienlijke hoeveelheid (sedimentair) nevgesteente opgenomen dat grotendeels, maar niet geheel, geresorbeerd is. Minder makkelijk op te smelten restanten komen voor als minuscule insluitsels of kleine aggregaten daarvan. Ze zijn door Wladimir Luczizky al in 1905 beschreven. Het blauwe Mg-Al-silicaat cordieriet is hiervan het belangrijkste. De talrijke insluitsels hiervan geven de kaliveldspaat in de Kösseine graniet, en daarmee de graniet als geheel, haar blauwe kleur. Op dezelfde wijze komen normaal gesproken metamorfe mineralen als spinel, granaat en andalusiet voor.

Net als verschillende andere - wit tot gele - granieten uit het Fichtelgebergte (zoals Epprechtsteiner, Waldstein/Reinersreuther en Kornberg) is de Kösseine graniet zowel in Nederland als Duitsland typisch voor de Jongere Bouwkunst. In Nederland zijn de meeste toepassingen te vinden aan winkelpuizen. Voormalige winkels van de verdwenen kruideniersketen De Gruyter, gebouwd rond 1910, hebben vaak een pui van Kösseine graniet - maar bijvoorbeeld ook de al iets oudere winkel van C. Hoyng aan Oudegracht 194 in Utrecht (1902). Naoorlogse toepassingen zijn in Nederland beperkt en deels alweer verdwenen (zoals aan de KNAW). In Duitsland, maar ook daarbuiten, is de steen de afgelopen tien jaar weer aan een duidelijke opmars bezig. De steen wordt nu vooral toegepast als gevelplaten, bijvoorbeeld in Genève (Pont Rouge) en Zürich (IBM kantoor), soms ook als bestrating. Een bijzonder mooie toepassing van de steen is het in 2016 gereed gekomen Museum Jerke in Recklinghausen. Het is geheel uit Kösseine graniet opgetrokken en ontworpen door de lokale architect Reinhard Waadt.

Tekst en foto's: Timo G. Nijland

DE SCHELDE DELTA een geologische kraamkamer

Dit najaar wordt de aanvraag voor het tweede Geopark in Nederland verwacht: Geopark Schelde Delta. Goedkeuring zou bijzonder zijn: er bestaan maar weinig Geoparken die zich richten op zacht sediment en de Schelde Delta zou het eerste Geopark van een estuarium zijn, schrijft Walter Jonkers, projectcoördinator Geopark Schelde Delta bij de provincie Zeeland, in het derde artikel van de serie in Geo.brief over de verschillende Geopark initiatieven in ons land.

Yerseke Moer, middeleeuws
veenweide
ontginningslandschap in
gemeente Reimerswaal.
Foto: Sky Pictures

Overzichtskaart van het beoogde Geopark Schelde Delta.

Het gebied is al meer dan tweeduizend jaar een Levend Klimaat Laboratorium waarin de mens strijdt tegen en leeft met het water

het gebied een schat aan ervaring opgedaan over wat wel en niet werkt. Aangevuld met innovaties en lessen uit de natuurlijke processen die van oudsher spelen in dit gebied geeft dit ons een geweldig rijke gereedschapskist om de opgaven richting de toekomst tegemoet te treden. Maar hoe ziet die schat uit het verleden eruit en hoe werken de natuurlijke geologische processen in dit gebied? Dat is precies wat al de partijen die samen het Geopark Schelde Delta netwerk vormen, gezamenlijk willen laten zien en laten beleven. Wanneer we kijken naar gebieden die nu het

Geopark-keurmerk dragen dan valt op dat het overgrote deel bestaat uit reliëfrijke gebieden met spectaculaire rotsformaties van sedimentaire, stollings- of metamorfe gesteenten, al dan niet met een hoog gehalte aan fossielen. Geoparken met zacht sediment (veelal van Kwartaire ouderdom) zijn veel zeldzamer. Bijzonder is dat er nog geen enkel estuariumgebied tussen zit. Geologisch en maatschappelijk is een dergelijk kustgebied namelijk van grote waarde, temeer omdat je daar met eigen ogen kunt zien hoe de sedimentaire processen verlopen die doorgaans geleid hebben tot de miljoenen jaren oude afzettingen in hoge bergwanden.

Geologische geschiedenis / Het beoogde Geopark Schelde Delta heeft een geologische geschiedenis van circa 55 miljoen jaar vanaf het Eoceen. Aanvankelijk horizontaal gelegen Paleogene en Neogene mariene afzettingen kwamen geleidelijk scheef te staan met een lichte noordwaartse helling richting het Noordzeebekken. In het Pleistoceen had de zee zich naar het noorden teruggetrokken en sneden voorlopers van de Schelde zich diep in het drooggevalle oppervlak. In het scheefgestelde mariene pakket, onder andere in de Klei van Asse ten westen van Gent en de Boomse Klei ten zuiden van Antwerpen, zijn *cuestas*'s gevormd. In de Boomse Klei is het stratotype van de tijdsnede Rupelien gedefinieerd, genoemd naar de rivier de Rupel, een zijrivier van de Schelde. In Zeeland ruimden de rivieren oude afzettingen van Rijn en Maas op, waardoor in het oosten de steilrand van de Brabantse Wal ontstond. De twee miljoen jaar oude sedimenten op de twintig meter hoge steilrand liggen nu direct naast historische polderafzettingen aan de voet van de Wal. Tijdens de voorlaatste ijstijd schuurden de rivieren ten noorden van Gent de zogenaamde Vlaamse Vallei uit, een

meer dan dertig kilometer breed dal waarlangs de afvoer van het hele Scheldebekken plaatsvond. In het volgende interglaciaal (Eemien) liep een groot deel van dit dal onder water; we vinden tot ongeveer huidig zeeniveau afzettingen uit deze tijd. Tijdens de laatste ijstijd werd de Vlaamse Vallei weer uitgeschuurd en daarna opgevuld met sediment aangevoerd door verwilderde rivieren en wind die vrij spel hadden in een nauwelijks begroeid landschap. Mede door het opwaaien van dekzandruggen (vooral de grote dekzandrug Maldegem-Stekene) aan het einde van de laatste ijstijd, vond de Schelde uiteindelijk haar weg via het doorbraakdal van Hoboken, dwars door de cuesta van de Boomse Klei, langs het huidige Antwerpen richting Zeeland.

Moerasgebied / Gedurende het Holoceen stroomde het Noordzeebekken langzaam vol. Zeeland veranderde in een slikken- en schorrengebied waarin de Schelde uitmondde, aanvankelijk ter hoogte van waar nu de Grevelingen ligt. Door een vrijwel volledige afsluiting van de kustlijn door strandwallen en lage duinen stagneerde de afvoer van water vanuit Vlaanderen en Brabant. Een omvangrijk moerasgebied ontstond waarin zich een dik veenpakket met hoogveenkussens ontwikkelde. De Schelde stroomde als een relatief smalle rivier door het gebied waar nu de Oosterschelde ligt. Mede geïnitieerd door ontginningen in de Romeinse tijd klonk het veenpakket in waardoor, via sloten en watergangen, de zee uiteindelijk vat kreeg op het veen en dat wegsloeg of bedekte met een laag klei. Opnieuw veranderde Zeeland in een getijdengebied met grote geulen en kreken tussen schorren, slikken en platen. Circa duizend jaar geleden begon de mens met indijking van delen van het gebied. Daarmee werd een periode ingeluid van bedijkingen, veenwinning, overstromingen, vele (circa 250) verdronken dorpen, landverlies en nieuw land. Ook in Vlaanderen speelden problemen met de waterhuishouding. In het Waasland werden daarvoor de karakteristieke bolle akkers

aangelegd. De Schelde vond uiteindelijk onder invloed van stormvloed en landverlies haar weg via de Westerschelde. Voorlopig sluitstuk zijn de Deltawerken in Nederland en het Sigmaphan in Vlaanderen.

Zo is dit gebied al meer dan tweeduizend jaar een Levend Klimaat Laboratorium waarin de mens strijdt tegen en leeft met het water, en zichzelf en het landschap daaraan probeert aan te passen. Gezien de huidige klimaatontwikkeling zal daar voorlopig ook geen einde aan komen. Hiermee hebben we een unieke combinatie van geologische ontwikkeling en menselijke interactie te pakken. Vraag is of het verleden en de natuurlijke processen in het gebied ons iets kunnen leren en ons kunnen inspireren richting de toekomst. Daarbij komen we bij de kern van een Geopark-keurmerk: het laten zien, beleven en leren van en over het gebied. Centraal daarin staan de zogenaamde geosites.

Unieke kernwaarden / Geosites zijn plekken waar stukjes van die 55 miljoen jaar geschiedenis van geologische processen, landschapsvorming, sporen van zee en Schelde, en invloeden van de mens duidelijk zichtbaar zijn en samen het verhaal van het gebied vertellen. Denk daarbij aan de Meester van der Heijdingroef in Nieuw-Namen, waar drie miljoen jaar oude strandafzettingen zichtbaar zijn, het Verdrongen Land van Saefting-



Oude meanders van de Schelde met kronkelwaard in de gemeente Berlare.

Foto: Arjen Hartog

he, de Yerseke Moer, het duin- en cultuurlandschap van de Manteling van Walcheren, oude Pleistocene estuariene afzettingen en veel jongere rivierduinen op de Brabantse Wal. Of denk aan het krekensysteem dat vanuit het Zwin is ontstaan, prachtige kronkelwaardruggen in de oude Scheldemeanders bij Berlare, de loop van de Oude Schelde bij Bornem, de groeven in de Boomse Klei langs de Rupel, het paleomeer in de Moervaartdepressie. Denk

Om de drie kernwaarden goed voor het voetlicht te brengen zijn recreatieve verhaallijnen ontwikkeld



Impressie van Zeeuws veenmoeraslandschap, drieduizend jaar geleden.

Illustratie: Ulco Glimmerveen / Geopark Schelde Delta



Groeve Wienerberger, een actieve winput van Boomse klei.

Foto: Aart van Belzen



Stormvloedkering in de monding van de Oosterschelde, onderdeel van de Deltawerken.

Foto: Jasper Jonkers



Excursie naar het verdrinken dorp Tolseinde in het verdrinken Land van Zuid-Beveland.

Foto: Aart van Belzen

natuurlijk ook aan de Schelde zelf en de estuaria van de Ooster- en Westerschelde. Sommige zijn gebieden met een sterke nadruk op natuurlijke processen, andere met een zwaar menselijke invloed.

Uit het bovenstaande komen we voor Geopark Schelde Delta op drie unieke kernwaarden: Geologie/Geomorfologie (zee en rivieren vormen een landschap in permanente verandering), Cultuurlandschap (man-made geology), en Levend Klimaat Laboratorium (de voortdurende zoektocht om hier te kunnen wonen en te kunnen blijven wonen). Om de drie kernwaarden goed voor het voetlicht te brengen zijn recreatieve verhaallijnen ontwikkeld. Deze lopen dwars door het hele gebied en vormen daarmee ook verbindingen tussen haar diverse regio's. De lokale en regionale toeristische organisaties zijn hier nauw bij betrokken. Uiteraard is er een geologische/landschappelijke verhaallijn, maar bijvoorbeeld ook een die het leven van de mens in het kustgebied centraal stelt. Er is voor elk wat wils, maar allemaal geworteld in de drie kernwaarden van het gebied.

Verhalen achter het landschap /

Het Geopark Schelde Delta biedt vanuit de kernwaarden en verhaallijnen dus kansen om het toeristisch en recreatieve aanbod in het gebied te versterken. Zo sluit het Geopark aan bij verschillende toeristisch-recreatieve trends: de ontwikkeling van een aanbod specifiek gericht op 'passiegroepen' die reizen

vanuit een inhoudelijke interesse of hobby (in dit geval bijvoorbeeld geotoerisme); de groei van duurzaam toerisme en de recente focus op 'bestemmingen in balans', waarbij toerisme een hefboom is voor een gezonde economische ontwikkeling zonder negatieve impact: Leisure for a better society. Hierbij geldt dat kwaliteit boven kwantiteit gaat. Gasten en bezoekers zijn op zoek naar unieke belevenissen en nieuwe indrukken waarbij het verhaal achter het product of het landschap van belang is. Het Geopark draagt bij aan een betere spreiding van de bezoekers en kan de bezoeker in de drukbezochte steden en kuststreken verleiden om ook een bezoek te brengen aan andere, rustiger gebieden. Het Geopark kan die minder bekende parels ontsluiten, helpen ontwikkelen, en met elkaar verbinden.

Naast toerisme en recreatie is ook educatie een belangrijke doelstelling van een Geopark. Het landschap leren lezen, je laten inspireren door het verleden, en met die kennis iets doen richting de toekomst. Gidsen van partnerorganisaties krijgen bijscholing, met musea wordt verkend hoe ze ook aandacht aan de drie kernwaarden kunnen geven, en met Natuur&Milieu Educatiecentra wordt lesmateriaal voor scholen geactualiseerd en ontwikkeld.

Grensoverschrijdende kaart /

Ook onderzoek is een belangrijk spoor. Diverse hogescholen, universiteiten en kennisinstitu-

ten zijn verbonden aan het Geopark Schelde Delta. Studenten studeren af bij het Geopark op gebied van Aardwetenschappen, Deltamanagement, Toerisme en Gebiedsontwikkeling. Ook sluiten hogescholen met minors of vaste studieonderdelen aan bij het Geopark. Daarnaast wordt nu al het gegeven dat er sprake is van een 'Aspiring Global Geopark' benut om fondsen voor (toegepast) wetenschappelijk onderzoek te verkrijgen. Het grensoverschrijdende karakter van het Geopark vormt hierbij een mooie kans voor samenwerking tussen wetenschappers uit beide landen via de zogenaamde wetenschapskamer van het Geopark. Zo is recent een naadloos grensoverschrijdende geologische kaart van het gebied beschikbaar gekomen. Beslist geen vanzelfsprekendheid aangezien in beide landen andere stratigrafische definities worden gehanteerd. We koersen nu af op de indiening van het aanvraagdossier bij UNESCO in het najaar van 2022. Als alles goed gaat en UNESCO een positieve beoordeling geeft, wordt halverwege 2024 de status van UNESCO Global Geopark verkregen. Het Geopark Schelde Delta verbindt het verleden met het heden en versterkt daarmee het klimaatbewustzijn bij bewoners en bezoekers. De verhalen hierover, de sporen ervan, en de lessen eruit, inspireren, hier en elders. Welkom in Geopark Schelde Delta, een gebied dat je verwondert en aan het denken zet.

Walter Jonkers

Website: www.schellededelta.eu

ongeveer 37°03'00" Noord en 08°58'50" West / Het supercontinent Pangaea werd gevormd door de botsing van Laurussia en Gondwana met verschillende microplaten gedurende het (Laat) Carboon. Deze omvangrijke plaattektonische consolidatie, bekend als de Varistische orogenese, leidde tot de vorming van langgerekte gebergtegordels op het noordelijk halfrond. Hierna bleef Pangaea ongeveer honderd miljoen jaar vrij stabiel, totdat er tijdens het Trias meerdere rifts ontstonden binnen het supercontinent. Een belangrijke driearmige rift ontwikkelde zich tussen het Iberisch Schiereiland, Noord-Amerika en Noord-Afrika. De noord-zuid arm van deze rift groeide uit tot een oceanische spreidingszone in het Midden-Jura, wat resulteerde in de opening van de centrale Atlantische Oceaan. Het Algarve-bekken in Portugal is onderdeel van de oostelijke 'conjugate margin' van deze oceaan; de Trias tot Jura tektono-stratigrafie van dit bekken vertoont logischerwijs opvallende overeenkomsten met die van sedimentaire bekkens offshore Newfoundland, die behoren tot de westelijke 'conjugate margin'.

Bijgaande foto toont een deel van de Atlantische klifkust van de Costa Vicentina, in het zuidwesten van Portugal. In deze dertig tot zeventig meter hoge kliffen nabij de Praia do Telheiro is de hoekdiscordantie zichtbaar tussen sterk gedeformeerde gesteenten van het Zuid-Iberische Varistische orogeen en Mesozoïsche afzettingen van de westelijke uitloper van het Algarve Bekken. De brede brandingszone en het deel van het klif onder de rode zandstenen in het rechterdeel van de foto bestaan uit dun gelaagde, turbiditische afzettingen van de Brejeira Formatie (Boven-Carboon) die decameter-schaal 'chevron plooien' vertonen. Deze dichte plooien zijn herkenbaar in het subhorizontale abrasieplatform (rechtsvoor), in twee prominente plooikoppen met steil hellende plooiaassen in de brandingszone (rechtsmidden), en als steile lagen in de pyramide-vormige rots en aanliggende (klif)ontsluitingen (rechtsachter). De Brejeira Formatie wordt langs een onregelmatig paleorelief bedekt door een vijf tot tien meter dik, vlakliggend pakket van fluvio-eolische rode zandstenen (Boven Trias). Hierop volgt een meer dan zestig meter dikke opeenvolging van rode en grijze kleien, met dunne carbonaat- en zandbankjes, die zijn afgezet in een overwegend hypersalien milieu tijdens het Hettangien. Deze eenheden zijn licht verstoord door een afschuiving (linksmidden op de foto), waardoor het Triadische zandsteen pakket dagzoomt aan de basis van het klif op de voorgrond.

Linksachter op de foto is de Cabo de São Vicente zichtbaar, een 75 meter hoge kaap die samen met de aangrenzende landtong van Sagres het meest zuidwestelijke punt van het vasteland van Europa vormt. Hier zijn jongere stratigrafische eenheden van het Algarve-bekken ontsloten, met name dikgebankte Onder- en Midden-Jura carbonaten. Voor de Romeinen was deze kaap, die ze 'Promontorium Sacrum' noemden, het westelijk uiteinde van de bewoonde wereld. Vele eeuwen later vestigde een zoon van Koning John I van Portugal, Hendrik de Zeevaarder (1394-1460), zich nabij Sagres. Dankzij zijn (financiële) ondersteuning maakten Portugese zeilschepen een reeks van succesvolle ontdekkingsreizen naar onder meer Madeira, de Azoren, de Kaapverdische Eilanden en de westkust van Afrika. De huidige vuurtoren van Cabo de São Vicente werd gebouwd in 1846, bovenop de restanten van een zestiende-eeuws Franciscaans klooster. Het licht van deze vuurtoren reikt zestig kilometer ver, waardoor het een belangrijk baken is voor de drukke scheepvaart tussen de Middellandse Zee en de immer breder wordende Atlantische Oceaan.

Foto en tekst: Jeroen Peters
zie ook: www.earthimagegallery.com



Praia do Telheiro

Zuidwest-Portugal



Financieel jaarverslag 2021

Het financieel boekjaar 2021 is afgesloten met een klein negatief saldo van €122. Dit negatieve saldo is mede veroorzaakt door hogere kosten voor de Geo.brief en door lager dan begrote contributie inkomsten.

* Stichtersaandelen 5.504 stuks aandelen A Royal Dutch Shell PLC tegen nominale waarde

* Actuele waarde op 31-12-2021: €06.282

De Geo.brief redactie heeft in 2021 weer acht mooie edities gepubliceerd. De hogere kosten worden veroorzaakt zowel door hogere redactionele kosten dan in 2020, als ook door gestegen kosten voor vormgeving, drukken, en verzending. De verenigingskosten en administratiekosten vielen lager uit dan begroot. Na iets hoger dan verwachte opstartkosten aan het begin van de samenwerking met administratiebureau BUVOO in 2020, is het goed te zien dat de maandelijkse kosten in 2021 structureel lager zijn dan in 2020. Uw bereidheid om de contributie te voldoen per automatische incasso helpt de administratiekosten laag te houden.

Symposia / In 2021 zijn vier goed bezochte symposia georganiseerd. Het NAC werd mede door het KNGMG georganiseerd en was door coronamaatregelen geheel online. Het 'Critical Minerals and Metals for the Energy Transition' symposium vond plaats op de TU Delft. Ter gelegenheid van de sluiting van het voormalige Mijnbouwgebouw aan de Mijnbouwstraat 120 is ook een documentaire gemaakt, in samenwerking met de universiteit. Het symposium 'Applications of Palynology in Earth Sciences', in combinatie met de uitreiking van de Van Waterschoot van der Gracht Penning aan dr. Carina Hoorn, vond plaats op de Universiteit van Amsterdam. Het 'Stormvloed en verdrinken dorpen' symposium tenslotte, georganiseerd in samenwerking met de NGV en de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, vond plaats in Almen, naast het Staringmuseum. Voor dit laatste symposium werd een bescheiden deelnemersbijdrage gevraagd. Dankzij de samenwerking met NWO, de universiteiten en andere partners konden deze symposia georganiseerd worden binnen het begrote budget.

Er is in 2021 een lager bedrag dan begroot aan subsidies uitgegeven. Vanwege coronarestricties is een gesponsord symposium van GeoVU-

sie verzet naar 2022, waardoor de Aardwetenschappelijke Loopbaandag het enige gesponsorde evenement was.

Aan de opbrengstenkant vielen de contributie inkomsten iets tegen. Een aantal uitstaande contributies moest helaas afgeschreven worden, en een bedrijfslidmaatschap is opgezegd. In 2021 had KNGMG 748 leden en 5 bedrijfslidmaatschappen. De dividendinkomsten uit de Shell-aandelen zijn licht gestegen sinds het einde van 2020, een trend waarvan wij hopen dat die doorzet in 2022.

Het KNGMG is lid van de European Federation of Geologists (EFG), een samenwerkingsverband dat onder andere een eigen nieuwsbrief uitgeeft, accreditatie organiseert, en op Europees niveau onderzoeken doet met behulp van de nationale verenigingen, waaronder KNGMG. Het ENGIE project, bedoeld om meer meisjes en vrouwen aan te moedigen aardwetenschappen te studeren, ging het tweede jaar in en werd namens KNGMG door TNO uitgevoerd.

Sluitende begroting / Voor het boekjaar 2022 is een sluitende begroting opgesteld. De bijdrage van NWO voor de Geo.Brief is naar verwachting lager dan voorheen, terwijl de kosten voor de publicatie van de Geo.Brief en NJG niet zullen dalen. Hiervoor zal een bedrag uit de reservering worden gehaald die in 2018 is aangelegd voor de nieuwe opzet van NJG. NWO heeft de intentie uitgesproken haar bijdrage aan de Geo.brief over de komende jaren verder af te bouwen. Het bestuur zal dit jaar de plannen om deze reductie op te vangen verder ontwikkelen. Voor de lustrumviering is de afgelopen drie jaren gespaard, en dankzij verdere bijdragen van twee sponsors kan de deelnemersbijdrage voor dit mooie feest relatief laag worden gehouden. Het KNGMG dankt Shell en TNO voor het sponsoren van respectievelijk de Escherprijs en de Jelgersmaprijs en dankt de begunstigers EBN,

Baten	2021 (€)
Lidmaatschappen	51.285
Bijdragen Publicaties	12.000
Subsidies Escherprijs	4.000
Rentes/Dividend	3.838
Deelnemersbijdragen & activiteiten	1.100
EFG projecten	3.200
Uit reservering symposia	
Uit reservering divers	
Uit reservering EFG	
Diversen	189
Subtotaal	75.612

NAM, TNO, Total E&P Nederland, Wintershall, 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 TU Delft, de Universiteit van Amsterdam, NWO, NGV en de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed worden bedankt voor de samenwerking rondom de symposia. Tot slot zijn we NWO erkentelijk voor de jaarlijkse bijdrage aan de Geo.brief.

Annemieke van den Beukel
penningmeester

Balans per 31 december 2021					
Bezittingen	31/12/2021 (€)	31/12/2020 (€)	Schulden en vermogen	31/12/2021 (€)	31/12/2020 (€)
Financiële vaste activa			Eigen vermogen		
Stichtersaandelen *	1.561	1.561	Stand per 01-01	103.326	101.636
			Exploitatiesaldo	-122	1.690
Totaal liquide middelen	156.361	158.456		103.204	103.326
Vorderingen	2.516	3.725			
			Reserveringen	40.735	39.735
			Vooruit ontvangen betalingen	356	-
			Schulden op korte termijn	16.142	20.680
Totaal	160.438	163.741	Totaal	160.438	163.741

Staat van baten en lasten					
Begroot 2021 (€)	2020 (€)	Lasten	2021 (€)	Begroot 2021 (€)	2020 (€)
54.000	55.973	Publicaties	45.892	42.000	41.351
12.000	12.000	Activiteiten/uitgereikte prijzen	3.623	4.000	3.675
4.000	4.000	Verenigingskosten	6.864	8.000	8.039
3.050	4.627	EFG projectkosten	3.200	5	-
		Administratie	9.811	11.500	12.979
4.000		Verleende subsidies	242	1.000	2.341
	2.000	Symposia	5.102	4.000	6.526
	4.447	Dotatie reserveringen	1.000	2.000	2.000
	2.480	Afronden EFG projecten	-	-	2.480
	85	Website vernieuwing	-	-	4.447
		NAC	-	1.000	
		Onvoorzien	-	550	
77.050	85.612	Subtotaal	75.734	91.000	83.837
		Exploitatiesaldo	-122		

Begroting 2022			
Baten (€)		Lasten (€)	
Contributies en begunstigers	51.500	Geo.brief	42.900
Bijdragen publicaties	9.000	NJG	4.000
Subsidie voor Escherprijs	4.000	Activiteiten / uitgereikte prijzen	4.000
Deelnemersbijdragen & subsidies activiteiten	300	Verenigingskosten	6.000
Rentes/Dividend	3.800	Administratiekosten	10.000
EFG projecten	3.200	Subsidies	1.200
Uit reservering lustrum	5.000	EFG projecten	3.200
Sponsoring lustrum TNO en Deltares	2.000	Lustrumviering	7.000
Uit reservering toekomstvisie SNJG	1.000	Symposia	2.000
Uit reservering symposia	500		
Totaal	80.300	Totaal	80.300

. promotie

Sediment: the building block for salt marshes, mudflats, sand bars and deltas. We study sediment and deltas to predict if and for how long they can stand up to changing climate conditions, for example how quickly they will sink beneath rising sea-levels. New research predicts that right now, more sediment is taken out of the deltas than comes in, and this loss of sediment will likely increase in the next fifty years, making the Dutch delta and other deltas less resilient when sea level rises by a few meters. PhD-researcher Jana Cox (Utrecht University) asks: is it time to reframe the current Dutch delta sediment management strategy?

Dredge, drain, reclaim: is it time to reframe?



Nautical salute of dredging ships in the Rotterdam harbour in 2019. De Nieuwe Waterweg was dredged and deepened over a length of 25 kilometres, allowing bigger ships in the harbour.

Photo: Kees Torn / Flickr



Without constant supply of new sediment, marshes and wetlands (so-called intertidal areas) subside, shrink and eventually are lost. These areas are crucial in lowering water levels during river floods and storm surges and in reducing damage in case of dike breaches. Sediment also determines the response of river channels: a lack of sediment can lead to erosion of both river banks (laterally) and river beds (vertically). Sediment provides protection to infrastructure in our rivers, including underground cables and tunnels, flood protection structures, bank protection and dikes.

For centuries, sediment has been taken from Dutch deltas and river channels to make it possible for ships to pass through, and for mining of gravel, sand and clay as a resource. Sediment management policies have become interwoven with Dutch culture and spatial planning and with the oft-used Dutch motto “dredge, drain, reclaim” - a trend being followed by other deltas globally. This has eventually resulted in a net annual loss of sediment: the amount of sediment being dredged currently outweighs the amount of sediment entering the delta.

Sediment budget in 2085 / Our latest research (Cox et al., 2021a) focuses on the future sediment budget – how much comes in versus how much goes out – for the Rhine-Meuse delta until 2085, assuming the current Dutch sediment management policy. This involves looking at inflow and outflow of sediment from the rivers and coast. At the coast, the changes are driven by sea-level rise and circulation of water in the river mouth area

Currently, the Rhine-Meuse delta loses a soccer stadium’s worth of sediment each year.

(the Nieuwe Waterweg). For the Rhine and Meuse rivers, climate change in the upstream source areas can alter the amount of sediment reaching the river delta. So, we used a global hydrological model which combines climate effects and human effects (upstream land use change, dam construction etc.) to predict how much sediment will be delivered by the Rhine and Meuse rivers under various climate change scenarios.

We combine this information with a dredging prediction for the future. This empirically links long-term trends in ship size since the 1950s with actual recorded dredging volumes in the areas since the 1980s. A forecast estimates how much sediment will have to be removed each year to allow free navigation of ships as they grow larger and larger and channels are deepened to accommodate them. We assume that we follow the same Dutch sediment management policy which has developed in the delta: to deepen and dredge channels in response to global ship size in order for the port to remain economically competitive (see Figure).

Our research shows that past dredging and the depth of the Rhine-Meuse channel networks is clearly linked to the size of ships. The growth of global ship size will likely continue to increase dredging volumes in Rotterdam in the future. The port has historically accommodated, and will continue to need to accommodate, these larger container ships for the port to remain economically competitive. Climate change will slightly increase the amount of sediment delivered by rivers and imported by the sea, but this increased influx of sediment is minimal compared to the pre-

18

Geo.brief 3 / 2022

The predicted sediment loss in the future could have drastic effects for infrastructure, nature and flood safety once sea level rises considerably. To tackle the anticipated amount of dredging will also be very expensive, if even possible to undertake.

high risk of drowning under sea-level rise. Meanwhile, channels connecting the Nieuwe Waterweg and Haringvliet systems (so called crosscutting channels) rapidly erode because the amount of sediment they receive and trap does not outweigh the amount transported and removed from these channels annually. The distribution of sediment provides many management challenges: the sediment ends up in the 'wrong' place, driving up dredging costs and frequency, meanwhile placing nature areas at risk of drowning and putting infrastructure under pressure. Placing sediment on land is also risky when the soft deltaic soil is prone to subside.

ing. This has stopped lateral water migration. Meanwhile, land has been reclaimed and poldered for the growing cities, including Rotterdam and its surroundings.

But recent changes are just as elaborate as those which happened in the 15th - 18th centuries and during the Industrial Revolution. These changes cannot be seen on maps or along the shores of Rotterdam city, but are instead happening under the waterline, as sediment management policy is deepening channels for shipping and meanwhile causing negative effects such as bank and bed erosion as far upstream as Den Bosch.

A vertical strip of a historical map, likely from a 17th-century Dutch map of the East Indies. It shows a coastline with a small boat and a large landmass. The map is oriented vertically, with the coastline on the left and the landmass on the right. The landmass is labeled with text in a non-Latin script, possibly Javanese or Balinese. The map is made of aged, yellowed paper with some visible wear and tear.

Global ports / Rotterdam, however, has set the trend for other global ports, which are becoming more and more urban and undertaking more and more dredging. From 1962 - 2004, Rotterdam was the world's busiest port. Now Shanghai, Singapore and other Asian ports are overtaking Rotterdam and following its example of adjusting the river depths and port depth in response to global ship size. Some of the large Asian deltas have much higher amounts of sediment delivered to the delta area and can more easily sustain their elevation and area despite this dredging. Others have upstream dams built that reduce sediment delivery while dredging and sand mining intensifies. The Rhine and Meuse rivers are already low in available sediment, so dredging can more easily tilt the scales to where there is not enough sediment in the delta. This means that the circulation of sediment offshore and into the river mouth from the sea is becoming increasingly important. But we suffer from a huge lack of data to accurately quantify this flux.



Jana Cox.

Radical rethink / The current sediment management policy, if continued, will cause negative effects on the delta towards the end of this century due to the unfavourable distribution and the net annual loss of sediment from the area. Sustainable solutions must be sought to balance delta management with all stakeholder needs, accounting for the needs of the delta and river channels themselves. The delta has reached a forced urban pattern - the current state of channels and intertidal areas is far removed from its natural state, as management policy disconnects the most crucial tool in protecting the delta: sediment. A short-term solution that has been proposed is to increase the use and ship traffic to the large offshore port (Maasvlakte 2) and to only allow the passage of smaller ships into the inland channels, or halting the use of the inland ports altogether. This could also allow for a shallowing of these channels, taking away the need for dredging and giving the inland channels more of a chance to trap and maintain sediment. There are propositions to convert some of the inland port network into nature areas and recreation areas which could increase flood safety and ecological value, while plans to urbanise such areas unprotected by dikes, in view of the need for houses, are naïve in view of projected sea level rise. Long-term options are currently being explored (by the WWF and others) to begin reusing dredged sediment to benefit the delta area. While a small proportion of the dredged material is contaminated and cannot be reused, the uncontaminated majority is simply discarded offshore under the current management, under the unsupported assumption that it will return into the ports. Instead, it could be used in areas which are deprived of sediment to protect channel banks and beds and increase the elevation of intertidal nature areas. However, this will require both time and money to be achieved, and getting the balance right and ensuring the sediment ends up where it is needed can be difficult, so research and measurements are crucial in determining this option's success. There are also some hopeful long-term solu-

tions being tested in deltas globally to maintain sediment within these types of system and protect nature areas (Cox et al., 2021b). Though at the moment these are small-scale and are often expensive, and they require time, stakeholder involvement and political will to implement. The major issue facing the Rhine-Meuse delta is the lack of available allocated space to implement these solutions. Most solutions will require a radical rethink of sediment management practices and/or river and port management policies which have existed for centuries, and a radical rebalancing act between short-term interests and long-term stakes and spatial planning. With such thinking, instead of being a textbook example of port management changing the natural river landscape, Rotterdam may become a pioneer port in coping with subsidence and sea level rise.

Jana Cox
j.r.cox@uu.nl

> Cox, J.R., Dunn, F.E., Nienhuis, J.H., van der Perk, M., Kleinhans, M.G. (2021a). Climate change and human influences on sediment fluxes and the sediment budget of an urban delta: the example of the lower Rhine-Meuse delta distributary network. *Anthropocene Coasts* 4 (1), 251-280. doi: doi.org/10.1139/anc-2021-0003

> Cox, J.R., Paauw, M., Nienhuis, J.H. Dunn, F., van der Deijl, E., Esposito, C., Goichot, M., Leuven, J.R.F.W., van Maren, D.S., Middelkoop, H., Naffaa, S., Rahman, M., Sieben, E., Triyanti, A., Yuill, B. (2021b). A global synthesis of the effectiveness of sedimentation enhancing strategies for river deltas. Available online at SSRN. doi: dx.doi.org/10.2139/ssrn.3978632

A photograph of a deep-sea hydrothermal vent, likely a black smoker. The scene is dimly lit, showing dark, mineral-rich structures and several white, shrimp-like organisms (likely giant tube worms or similar deep-sea crustaceans) with long, thin appendages. The background is dark and textured with mineral deposits.

Mijnbouw in de diepzee

een interdisciplinair vraagstuk

Steeds meer landen en bedrijven zijn geïnteresseerd in diepzeemijnbouw. Het onderwerp roept veel vragen op, bijvoorbeeld over de milieu-impact. Er is strakke regelgeving voor nodig, zoveel is zeker. Maar hoe maak je die regels? Welke kennis is daarvoor nodig, en hoe kom je daaraan? Wetenschappers uit verschillende disciplines zoeken samen naar antwoorden.

Onderwaterleven op een hydrothermale bron in de Kaaimantrog.

Foto: Wunderbrot / Wikimedia

In de donkere diepten van de oceanen schuilen ongekende schatten. Koper, kobalt, nikkel en mangaan, ja zelfs zilver en goud bevinden zich in enorme, nog onbekende hoeveelheden op bepaalde plekken in de diepzee. Dergelijke metalen zijn belangrijk voor duurzame energietechnologieën, zoals windmolens, zonnepanelen en batterijen voor elektrische auto's. Dus nu die metalen op het land steeds schaarser worden, zien steeds meer mensen diepzeemijnbouw als veelbelovende, misschien zelfs onvermijdelijke stap naar een duurzame toekomst. Maar grondstoffenwinning in de diepzee kent

aanzienlijke uitdagingen. Er zijn technische haken en ogen: graafwerk op twee- tot zesduizend meter diepte is niet gemakkelijk, en niet zonder risico. Mijnbouw kan kwetsbare ecosystemen permanent beschadigen. En er zijn geopolitieke en juridische uitdagingen, aldus jurist Catherine Blanchard: "Wie mag waar graven? En wie is ervoor verantwoordelijk dat de mijnbouw op een duurzame manier plaatsvindt?"

Versnipperd kader / Blanchard werkt als postdoc bij het Netherlands Institute for the Law of the Sea (NILOS) en het Utrecht

Center for Water, Oceans and Sustainability Law (UCWOSL), beide onderdeel van de Universiteit Utrecht. Ook is ze verbonden aan het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) op Texel. De Universiteit Utrecht en het NIOZ werken samen aan verschillende projecten rond diepzeemijnbouw, deels met NWO-financiering.

"Het wettelijk kader voor zeegebieden buiten landsgrenzen is behoorlijk versnipperd," zegt Blanchard. "Er bestaan aparte regels voor de zeebodem en voor activiteiten in het water, zoals visserij en scheepvaart. Die regels zijn

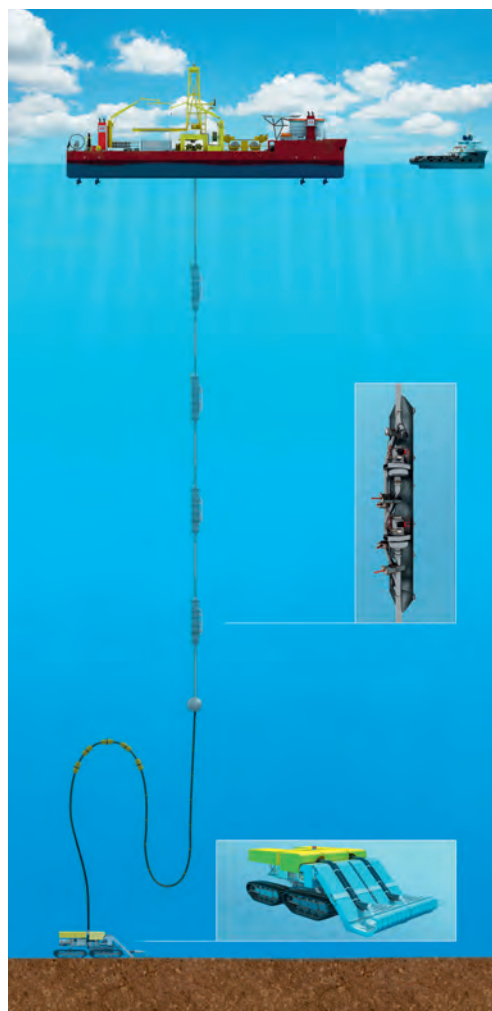
vaak sectoraal, en ook nog eens regionaal. In mijn project onderzoeken we in hoeverre de bestaande regels voldoende zijn om diepzeecosystemen te beschermen, en of ze de ecologische realiteit van de diepzee voldoende weerspiegelen.”

De internationale organisatie die zich bezighoudt met de zeebodem is de International Seabed Authority (ISA), opgericht onder het VN-zeerechtverdrag (UNCLOS). “De ISA heeft al regels opgesteld voor het zoeken naar mineralen op de zeebodem. Regels voor het winnen ervan zijn nu in de maak,” zegt Blanchard. “Exploratie vindt al plaats sinds 2001, maar er is nog geen winning, omdat er nog geen wettelijk kader is. Verschillende partijen kijken daar reikhalzend naar uit.”

De ISA staat daarom steeds meer onder druk om dat proces af te ronden. NILOS, NIOZ en het ministerie van Buitenlandse Zaken hebben onlangs een internationale workshop georganiseerd om de relevante partijen daarover samen te laten praten: onderzoeksinstituten, niet-gouvernementele organisaties, bedrijven en overheidsmensen. “Om regels te kunnen ontwikkelen, moet je zicht hebben op alle perspectieven,” zegt Blanchard. “Ook heb je wetenschappelijke kennis nodig over de ecosystemen en hun kwetsbaarheid. Daarom omvat ons project ook biologisch onderzoek.”

Gespecialiseerde ecosystemen /

Sabine Gollner van het NIOZ is een van de ecologen die meewerken aan het project. Haar onderzoeksgroep bestudeert zogenaamde hydrothermale bronnen: scheuren in de diepzeebodem waardoor heet water de oceaan insijpelt. Deze bronnen zijn rijk aan zwavel en andere mineralen en herbergen unieke levensgemeenschappen. Er wonen dieren die je nergens anders op aarde vindt, waaronder allerlei reuzenbuiswormen en garnalen. “Elke bron is uniek en kwetsbaar, en vervult belangrijke ecosysteemfuncties,” benadrukt Gollner. “De bronnen zijn nu beschermd tegen visserij, maar nog niet tegen diepzeemijnbouw.” Gollner bestudeert ook een ander diepzee-ecosysteem dat interessant is voor mijnbouw: polymetallische knollen, metaalbrokken van



Overzicht mijnbouwsysteem van IHC (niet op schaal).

Illustratie: IHC Mining BV

ongeveer tien centimeter doorsnee die los op de zeebodem liggen. Ze zijn in de loop van miljoenen jaren gevormd door het neerslaan van metaaloxiden uit het omringende zeewater. “In het kader van MiningImpact2, een internationaal project met NWO-financiering, ben ik mee geweest met een expeditie naar de Clarion Clipperton Zone,” zegt Gollner. “Dat is een diepzeegebied ter grootte van Europa, gelegen tussen Hawaï en het vasteland van de VS. Verschillende landen hebben daar al naar polymetallische knollen gezocht.” Deze knollen vormen de basis van zeer gespe-

cialiseerde ecosystemen. Ze vormen namelijk het enige harde substraat te midden van losse sedimenten. Gollner: “Er groeien sponzen en koralen op, die op hun beurt een leefplek vormen voor dieren zoals borstelwormen en zee-sterren. En in de scheurtjes in de knollen wonen allerlei wormpjes en schaaldieren.”

Gollner bestudeert hun aantallen, diversiteit en ecologie, maar ook wat ze connectiviteit noemt: de mate waarin deze organismen zich kunnen verplaatsen en genetische diversiteit kunnen uitwisselen met andere locaties, dichtbij en verder weg. “Deze connectiviteit is belangrijk in de context van verstoring,” zegt ze. “Hoe zal mijnbouw dit ecosysteem beïnvloeden? Hoe gemakkelijk kunnen organismen zo’n gebied opnieuw koloniseren?”

Deze knollen hebben, zoals Gollner nog eens benadrukt, miljoenen jaren nodig gehad om zich te vormen, dus als je ze weghaalt, dan blijven ze weg. “Maar misschien kan een ecosysteem zich herstellen,” zegt Gollner, “als je de knollen vervangt door kunstmatige structuren. In MiningImpact2 zijn we daarmee begonnen, bij wijze van experiment. Dat willen we dertig jaar volgen, omdat we verwachten dat het herstel heel langzaam zal gaan.”

Complexe relaties / Ook NIOZ-bioloog

Tanja Stratmann was betrokken bij MiningImpact2, toen ze nog bij de Universiteit Utrecht werkte. Ze ontwikkelde computermodellen om te kunnen berekenen hoe koolstof – of eigenlijk energie – van A naar B stroomt in complexe voedselwebben. “Kort gezegd modelleren we wie wie eet en wie op wie woont, in gebieden met polymetallische knollen,” legt ze uit. “Als je precies weet hoe belangrijk elk van de elementen in een voedselweb is, dan kun je inschatten wat er gaat gebeuren als je knollen gaat weghalen.”

Deze impact bleek veel groter dan verwacht. “Met de knollen verlies je natuurlijk de dieren die erop leven,” zegt ze. “Maar als je ook alle onderlinge relaties meetelt, dan zie je dat je in een groter gebied tot wel twintig procent van alle soorten kunt verliezen. En als soorten alleen lokaal voorkomen, kunnen zelfs hele soortgroepen uitsterven.”



Doorsnee van een mangaanknol.

Foto: Geomar



Een polymetallische knol op de oceaانبodem waarop een spons en een zee-anemoon leven.

Foto: ROV Kiel 6000, Geomar

Voedselwebmodellen bestaan al een tijdje, maar Stratmann en haar collega's nemen in deze modellen ook niet-voedselrelaties mee. "Op de knollen groeien sponzen," noemt ze als voorbeeld. "Brokkelsterren gebruiken de stelen van die sponzen om omhoog te klimmen, van de zeebodem vandaan, om meer voedseldeeltjes uit het water te kunnen filteren. En octopussen gebruiken deze stelen om hun eieren op te leggen. Zo zijn er eindeloos veel onderlinge relaties."

Tech-innovatie / Ook de technologie nodig voor diepzeemijnbouw is sterk in ontwikkeling. Royal IHC is een Nederlands bedrijf dat hieraan actief meedoet. "Wij ontwerpen en bouwen complete technologische systemen voor baggeren, offshore-industrie en mijnbouw," vertelt Laurens de Jonge, manager diepzeemijnbouw bij Royal IHC. "Niet alleen schepen, maar bijvoorbeeld ook installaties om diepzeepijpleidingen aan te leggen, en robots die zich voortbewegen over de zeebodem." De missie van Royal IHC is maritieme operaties van andere bedrijven zo efficiënt en duurzaam mogelijk te laten verlopen. "Mijnbouw is altijd extractief en schade is vaak onomkeerbaar," zegt De Jonge. "Het is onze taak ervoor te zorgen dat deze schade minimaal is." Zijn bedrijf is partner in verschillende internationale projecten waar NWO aan

meebetaalt, waaronder PLUMEFLOC. Dat richt zich op de pluimen van sediment, die ontstaan door mijnbouw en potentieel nadelig zijn voor ecosystemen in de wijde omtrek. "Er zijn natuurlijke mechanismen die kunnen zorgen voor zogeheten flocculatie: de vorming van grotere deeltjes die naar de bodem zinken en die de sedimentpluimen vermindern," zegt De Jonge. "Wij onderzoeken hoe je die flocculatie kunt stimuleren, bijvoorbeeld met elektrische pulsen of door het toevoegen van natuurlijke materialen."

Dit is slechts één voorbeeld van tech-innovatie die kan helpen de milieu-impact van diepzeemijnbouw te beperken. "Nederland staat bekend om zijn maritieme technologie," zegt De Jonge. "Bij die reputatie hoort ook een verantwoordelijkheid om voorop te lopen op het gebied van duurzaamheid."

Niet het 'Wilde Westen' / De Jonge is blij met de goede samenwerking tussen alle belanghebbenden, van mijnbouw- en maritieme bedrijven tot wetenschappers en beleidsmakers. "Die samenwerking houdt ons scherp," zegt hij, "en we leren voortdurend van elkaar." Jurist Catherine Blanchard is het daarmee eens. "We proberen een industrie te reguleren waar we weinig vanaf weten, in ecosystemen die nog grotendeels onbekend zijn," vat ze samen. "Daarom zijn deze gezamenlijke

projecten zo belangrijk. Uiteindelijk heeft iedereen baat bij heldere juridische kaders." Bioloog Sabine Gollner blijft benadrukken: "De diepzee is een van de minst onderzochte gebieden op aarde. We hebben de afgelopen decennia veel ontdekt, maar er zijn nog steeds grote hiaten in onze kennis. Daar moeten we iets aan doen, willen we die kwetsbare ecosystemen beschermen. Wetenschap is daarbij cruciaal." Het bedrijfsleven is hierin niet per se de slechterik, benadrukt Catherine Blanchard: "Niemand wil dat dit het nieuwe 'Wilde Westen' wordt. Alle partijen streven naar duurzaamheid, zoveel was laatst wel duidelijk tijdens onze internationale workshop. Dat was erg leuk om te zien, een verrijkende ervaring."

Nienke Beintema

NWO financiert dit onderzoek naar diepzeemijnbouw via de programma's Veni, Rubicon, Onderzoekstalent, JPI Oceans / MiningImpact, en Topsector Water & Maritiem: Blauwe Route.

22 juni 2022

KNGMG Noord lezing: 'Carbonate factories and climate change: lessons from the past, predictions for the future'. De lezing wordt gepresenteerd door prof. John Reijmer (VU Amsterdam).

Locatie: Hoofdkantoor van de NAM, Schepersmaat 2, Assen. Vanaf 16:30. Aanmelden: kngmgnoord@gmail.com

5 – 6 september 2022

18e editie van het Nederlands Aardwetenschappelijk Congres (NAC). Locatie: Van der Valk Hotel, Utrecht. Info: www.nacgeo.nl

6 september 2022

KNGMG Noord lezing: 'Preparatory presentation for Harz Excursion'. De lezing wordt gepresenteerd door prof. Reinhard Gaupp en Heinz Bürgisser.

Locatie: Hoofdkantoor van de NAM, Schepersmaat 2, Assen. Vanaf 16:30. Aanmelden: kngmgnoord@gmail.com

5 – 7 september 2022

European Conference on the Mathematics Of Geological Reservoirs (ECMOR) 2022 conferentie. Hybride evenement. Locatie: online / The Hague Conference Centre, Anna van Buerenplein 29, Den Haag. Info: <https://eage.eventsair.com/ecmor-2022/>

10 – 12 september 2022

KNGMG Noord excursie: Harz en Asse zoutmijn. De excursie wordt begeleid door prof. Reinhard Gaupp, Heinz Bürgisser, Willem Schuurman en John Verbeek. Meer informatie: kngmgnoord@gmail.com

13 – 15 september 2022

5th ICOS Science Conference 2022: Tracking progress to carbon neutrality. Locatie: TivoliVredenburg, Utrecht. Meer informatie: <https://www.icos-cp.eu/sc2022/registration>

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.

Eemian to Early Weichselian regional and local vegetation development and sedimentary and geomorphological controls, Amersfoort Basin, The Netherlands by C. Kasse, J.D. van der Woude, H.A.G. Woolderink and J. Schokker.

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2022.4>

Summary: Two new records from the Amersfoort glacial basin are investigated by means of pollen analysis. The aim is to reconstruct the Eemian and Early Weichselian vegetation development and to explore the impact of accommodation space, influx of allochthonous pollen and geomorphology on the vegetation composition.

Biostratigraphic ages and depositional environments of the upper Oligocene to lower Miocene Veldhoven Formation in the central Roer Valley Rift System (SE Netherlands-NE Belgium) by D.K. Munsterman and J. Deckers.

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2022.3>

Summary: New information on the bio- and lithostratigraphy and facies from two boreholes covering the Oligocene-Miocene Veldhoven Formation is presented based on dinoflagellate cyst taxa. The results were correlated by gamma-ray logs with other key boreholes in the region and

show a good consistency of stratigraphy and depositional environments for the members of the Veldhoven Formation.

The WASA core catalogue of Late Quaternary depositional sequences in the central Wadden Sea – A manual for the core repository by R.M. Capperucci, A. Bartholomä, F. Bungenstock, D. Enters, M. Karle and Achim Wehrmann.

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2022.1>

Summary: To harmonize core data from the WASA project with the existing regional core database (LBEG archive), a new core catalogue was developed that allows the identification of the local Late Quaternary sedimentary sequences and their characteristic facies.

The option of Roman canal construction by Drusus in the Vecht river area (the Netherlands): a geoarchaeological approach by J. Verhagen, S.J. Kluiving and H. Kars.

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2022.2>

Summary: The paper presents a geoarchaeological study on potential canal subsections present in the Roman-age Vecht branch of the Rhine-Meuse delta (the Netherlands).

Meer weten over hoe papers gepubliceerd in NJG tot stand zijn gekomen? Beluister een podcast in de serie "The Paper Trail" (thepapertrail.buzzsprout.com) waarin auteurs vertellen over hun onderzoek.

. personalia

NIEUWE KNGMG-LEDEN

P.H.M. Reemst
K.A. Hebinck

VERHUISBERICHT KNGMG-LEDEN

E.J. Tiktak

OVERLEDEN

C.E.S. Arps



**Geo.brief is de nieuwsbrief van
KNGMG en NWO
46e jaargang, nummer 3, juni 2022**

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 / D. Maljers (TNO-GDN), hoofdredacteur, F.S. van Schijndel-Goester, S. van Heteren (TNO-GDN), R. Prop (NWO), W. Asyee, B. Dankert / e-mail: geobrief@kngmg.nl

Vormgeving / Uitgeverij Blauwdruk / GAW ontwerp en communicatie, Gen. Foulkesweg 72, 6703 BW Wageningen. Tel. 0317 425880 / e-mail: hans@gaw.nl

Druk / Drukkerij Modern, Bennekom

Aandragen kopij / verschijningsdata 2022 onder voorbehoud:
5 – 15-7 / 19-8 • 6 – 26-8 / 30-9 • 7 – 7-10 / 11-11 • 8 – 18-11 / 23-12

Hoofdbestuur KNGMG / Dr. Bob Hoogendoorn (voorzitter), Drs. Annemieke van den Beukel (penningmeester), Dr. Kay Koster (secretaris), Dr. Marc Hijma, Dr. Anne Pluymakers, Marianne Leeuwis MSc

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

Ledenadministratie / Buvo Tel: 085-2015296 / ledenadministratie@kngmg.nl

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 / Prof. dr. Jan de Boer (voorzitter), Prof. dr. ir. Maarten van Steen, Prof. dr. Bas Zwaan, Dr. ir. Peter Wierenga, Prof. dr. ir. Ilya Arts, Prof. dr. Moniek Tromp

**Het Zwin: slikken en schorren op
de grens van België en Nederland.**
Foto: Marcelle Davidse

