

# Verzonken Atlantische kustgebergten, sokkels van koraalrif

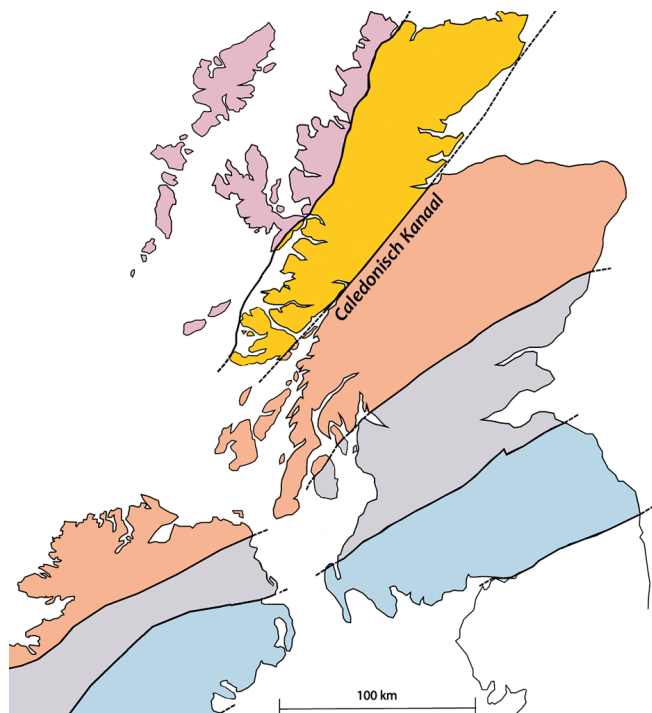
door Bert Boekschoten, VU Amsterdam

g.j.boekschoten@vu.nl

Schema's en modellen zijn helder en overzichtelijk; maar de werkelijkheid is slordig. In animaties verloopt *continental drift* met grote gebaren, vloeiend en soepel. In werkelijkheid drijven de continenten schokkerig, wordt de aardkorst slonzig geplooid en zijn breuken daarin rafelig. Op geologische kaarten zijn de grenslijnen tussen afzettingen gladjes getrokken, haast elegant. Het zijn idealisering van de rommelige werkelijkheid. Op computerschermen ingevoerde veldwaarnemingen volgen de vloeiende lijnen van tekeningen niet. Tektonische structuren worden, daarop gezien, harkerig en slordig. Oude repen continent bleven achter op nieuwe oceanische zeebodems.

## Dichtschuiven en uiteendrijven

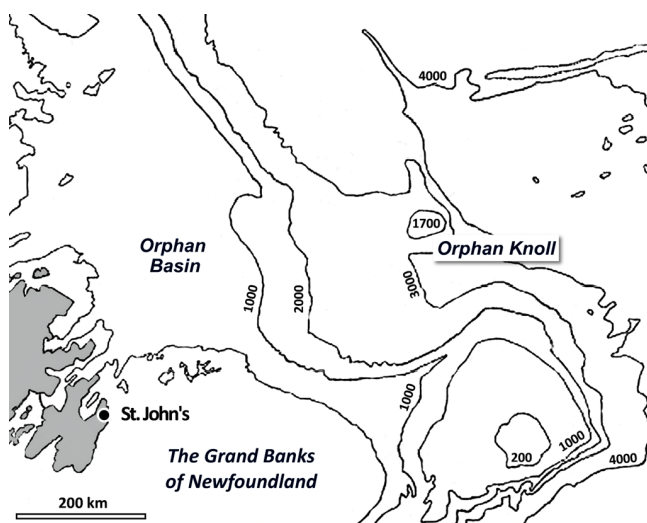
Toen de noordelijke Atlantische Oceaan door mantelstromen ruwweg 135 miljoen jaar geleden (tijdens het begin van de Krijttijd) openbrak, volgde die enorme en alsmaar breder wordende gapende kloof in de aardkorst deels oudere breukstructuren. Dat waren erfstukken van de Iapetus Oceaan, circa 400 miljoen jaar geleden, aan het einde van het Devoon, dichtgeschoven. Het in elkaar persen van het enorme Iapetus Bekken verliep niet alleen door ineenschuiving, maar ook door verschuiving. Daarbij ontstonden langwerpige stroken continentaal



▲ Afb. 1. Terranes noordelijk Brittanië / Ierland. Naar Troll et al. 2019. Creative Commons Attribution 4.0.

gesteente, *terranes*, langs zij de grote suturen. Deze werden veelal naar honderden kilometers verderop verslept ten opzichte van het moedercontinent.

Langs de westkust van de VS is terrane-vorming nog steeds aan de gang; de beruchte San Andreas Fault is zo'n grensbreuk. Het is het machtige westwaartse voortdrijven van de Noord-Amerikaanse plaat die de Amerikaanse westkust onder spanning zet.



▲ Afb. 2. Dieptekaart Orphan Knoll. Bron: IODP Expedition 303/306 Science Prospectus. Integrated Ocean Drilling Program.

Noordwest-Ierland, het noordelijk deel van Engeland (de Midlands) en Schotland (afb. 1) maken deel uit van oude, tijdens het Devoon ontstane terranes. Het Caledonian Canal, schuin door Schotland, is zo'n breukzone; hier vonden 400 miljoen jaar geleden grote verschuivingen plaats toen de Iapetus Oceaan dichtschroef tijdens de Caledonische gebergtevorming. Deze laatste werd benoemd naar de Romeinse naam voor Schotland. Tijdens het openscheuren van de Atlantische Oceaan, 140 miljoen jaar geleden, waren deze breuk- en schuifzones kennelijk vrij stevig gehecht. Alleen de buitenste breuken gingen wijd gapen, aan de westflank van achterblijvend Europa; Canada en de VS dreven ver westwaarts en lieten de oude wereld achter zich.

## Orphan Knoll, de "Verweesde bult"

Een fragment van de Noord-Amerikaanse continentale schol dat de overkant niet helemaal haalde, is Orphan Knoll (afb. 2), gelegen op de bodem van de Atlantische Oceaan in de Labrador Zee, 550 km ten oosten van Newfoundland, op ten minste 1700 meter onder de zeespiegel. Deze verhoging op de oceanbodem werd door loding

(dieptepeiling) ontdekt. Destijds, in 1917, was deze structuur nog naamloos en afgelegen. In de jaren zestig, toen echoloden het karteren van de zeebodem veel eenvoudiger maakte, bleek deze peiling de bovenzijde van een onderzees gebergte, 100 km in doorsnee. Destijds werd al vermoed dat Orphan Knoll een achtergebleven fragment zou kunnen zijn van continentaal Canada, aan de oostzijde achtergebleven tijdens het westwaartse afdrijven van het Amerikaanse continent in de Krijttijd. Heel toepasselijk werd dit onderzees massief Orphan Knoll, de “wezen-bult” gedoopt.

In 1973 verscheen het verslag van de oceaanboring, die Orphan Knoll verkende. In het onderste deel van de boring werd kristallijn gesteente aangetroffen, vergelijkbaar met het vasteland van Canada – een stokoude formatie zoals die van het oostelijk deel van Canada. In een hoger deel van de boring vonden de onderzoekers (waaronder de beroemde Nederlandse oceaangeoloog Jan van Hinte, 1934–2019) zandsteen, in een rivier afgezet met sporen van landplanten uit de Midden-Jura, tijdens de prille jeugd van de Atlantische Oceaan, toen Orphan Knoll nog boven water lag en deel uitmaakte van Laurentia.

### Rockall, eenzame klip

Aan de Europese zijde van de oceaan bleef een ander oud massief achter, in de tijd van de “grote oversteek” van Noord-Amerika. Het werd veel eerder opgemerkt dan Orphan Knoll – maar erg bekend is het niet, dit stipje dat soms vermeld wordt op oude kaarten. De Nederlander Plancius tekende het in 1594 als eerste in, onder de naam Roekol. De boven water uitstekende rotspunt van het massief meet slechts dertig bij dertig meter en reikt twintig meter hoog (afb. 3). Niet hoog genoeg om voortdurend boven de golven uit te steken, want de zee ter plaatse is de wildste ter wereld; hier werden golven gemeten van 29 meter hoog. Het minuscule eilandje wordt bij stormweer regelmatig overspoeld. Bij kalmer weer dient het donkergrijs graniet als rustplaats voor zee-meeuwen. In hun klagelijk gekrijs beluisterden oude zeevaarders de kreten van verdronken zeelieden, waarvan de geesten in de vogels waren gevangen.

Deze extreem geïsoleerde klip, 300 km westwaarts van het afgelegen en tot een eeuw geleden nog bewoonde Schotse eiland St. Kilda, figureert in het verhaal van de zeven betoverde prinses van H.C. Andersen die overdag zwanen waren, maar 's nachts mens, en zich ternauwernood konden redden op de benarde klip middenin de zee. Geen fantasieverhaal was de schipbreuk van het s.s. Norge in 1904, waarbij 635 Deense emigranten nabij Rockall verdronken. Op de papieren zeekaarten wordt nog gewaarschuwd voor miswijzen van het kompas als gevolg van zwaar magnetisch zand, uitgespoeld in de onderzeese ondiepten rondom Rockall.

Via internet lees je dat Rockall het topje van een vulkaan zou zijn. In werkelijkheid is het de magmakamer van langgeleden vulkanisme, opgeheven en uitverweerd nadat een 50 miljoen jaar geleden een grote eruptieve fase dit areaal beheerste. Die viel voor tijdens een latere fase van verbreding van de Atlantische Oceaan. Het graniet van Rockall stolde vervolgens op grote diepte. Bij dreggen om



▲ Afb. 3. De klip Rockall. Foto: Andy Strangeway via Wikimedia Commons CC BY-SA 2.0.

de klip heen werd ongeveer 2 miljard jaar oud kristallijn gesteente bovengedaald, dat de aardkorst vormde waar de vulkanische intrusie binnendrong. Dit vulkanisme liet tijdens dezelfde fase de bekende Giant's Causeway in Noord-Ierland achter, en ook de eilanden Skye en Mull, voor de westkust van Schotland, en de noordelijker gelegen (Deense) Faeröer archipel.

Onder de huidige zeespiegel ligt nog veel meer verborgen. De Rockall terrane, het Krijttijd-dek daarop en het dek van jongere vulkanieten vormen samen een onderzees massief, in oppervlakte ongeveer even groot als heel Groot-Brittannië.

### Actueel onderzoek

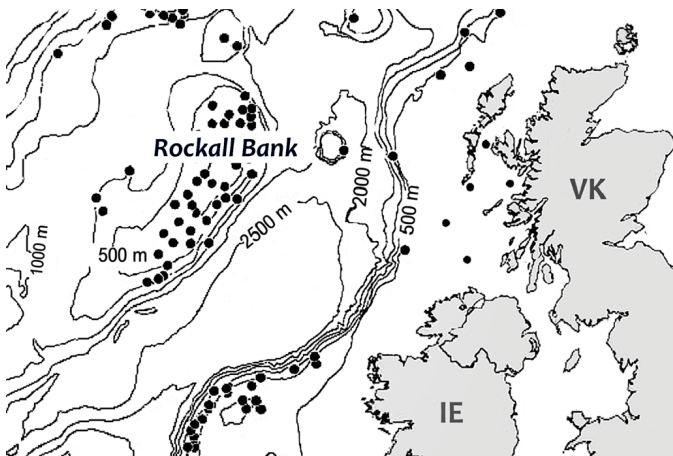
In de moderne tijd, met satellietnavigatie, zware scheepsmotoren en ruime reddingsmiddelen is de zee rondom Rockall veel minder gevaarlijk geworden. Het Nederlandse vlaggenschip de Pelagia (afb. 4) heeft sedert 1987 meerdere reizen naar dit areaal gemaakt. De expedities werden geleid door Prof. Tjeerd van Weering en dr. Furu Mienis, beiden verbonden aan NIOZ. Vanaf het schip werden het recente zeeleven en de algemene gesteldheid van de onderzeese Rockall Bank verkend. Direct, via bemonstering met grijpers en boxcorers en indirect, met onderwatervideo en echopeilingen. Doel van deze expedities was om de diep gelegen koraalriffen op de Rockall Bank, die het eerst werden aangetoond door het Russische onderzoeksschip Logachev, te bestuderen. Een internationale groep van ook Belgische onderzoekers heeft daaraan verder gewerkt.



▲ Afb. 4. Onderzoekschip Pelagia. Foto: NIOZ.



De onverwachte aanwezigheid van koraalriffen in het diepe, koude Atlantische zeewater werd tijdens de Tweede Wereldoorlog al beschreven door de Duitse onderzoeker Otto Pratje, bij zijn onderzoek naar de Atlantische randen om Noordwest-Europa. Duitse wetenschappelijke publicaties uit de oorlog werden echter weinig gelezen en koudwaterriffen zijn pas weer onder de aandacht gekomen toen in Noorwegen de offshore-olie-industrie het diepe water langs de fjordenkust verkende en uitgestrekte rifmassieven op de oceaانبodem ontdekte. Die herontdekking speelde de oliebedrijven niet in de kaart, want al gauw gingen regeringen deze riffen – kraamkamers van onder meer kabeljauw – beschermen.



▲ Afb. 5. Rifbulten Rockall Bank. Naar Roberts et al. 2008

### Koudwaterrif

Vooral de hierboven genoemde diepe onderzeese rug, de Rockall Bank, bleek dicht bezaaid te zijn met enorme rifbulten (afb. 5), vooral op de flanken van deze Bank, waar koud en voedselrijk zeewater zuidwaarts stroomt. Hier verheffen zich rifstructuren tot wel 380 m boven de zeebodem, die wel kilometers lang kunnen worden.

Rif, in de oorspronkelijke betekenis, betekent “heuvel op de zeebodem” en hoeft niet van harde rots te zijn. In de Waddenzee zien we op zeekaarten meerdere riffen, die allemaal uit onverkit zeezand bestaan. Zulke zandriffen



▲ Afb. 6. Tak van *Lophelia*. Foto: NIOZ.

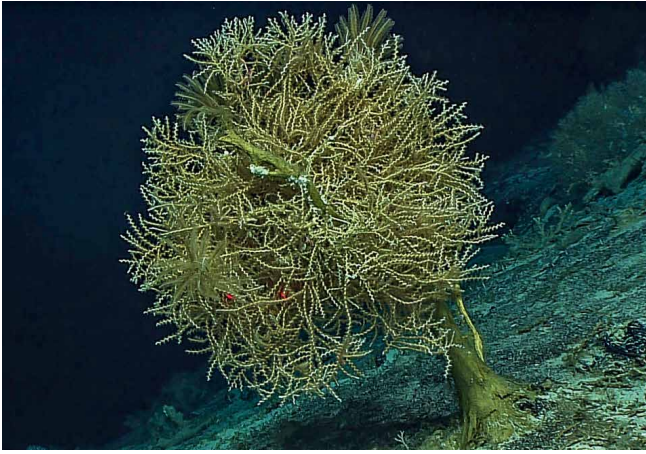
geven niet mee wanneer de kiel van een boot ze raakt tijdens flinke zeeegang, met diepe dalen tussen de golven. De Atlantische koudwaterkoraalriffen reiken tot wel 25 m onder de zeespiegel voor de Noorse kust, maar daar loopt de zeevaart geen gevaar. Nog veel dieper liggen de riffen van Rockall Bank. Ze bevinden zich tussen 600 en 1000 m onder de oceaanpiegel.



▲ Afb. 7. Boxcore waar coccolietenslib al uitspoelde. Foto: NIOZ.

Ondiepe koudwaterriffen kunnen niet bestaan; we vinden alleen diepwaterkoraalriffen. Anders dan tropisch rif, leven de koudwaterkoraaldieren niet in dicht aaneengesloten kolonies, maar in fragiele en zeer elegante struikvormige kalken buisjes, door henzelf uitgescheiden. De koudwaterkoraalriffen zijn daarom minder weerbaar dan de riffen uit Waddenzand; ze zouden boven de golfbasis uit elkaar geslagen worden. De boxcores, neergelaten vanaf de *Pelagia*, haalden losse koraalstruiken op die vooral bestaan uit het koraal *Lophelia* (afb. 6) dat (anders dan tropisch koraal) geen zonlicht hoeft omdat het niet met kleine algen samenleeft. Gezien het laatste, ontstaat tropisch rif nooit dieper dan ruwweg 100 meter, en dat alleen wanneer de zee heel helder is. Dit is onder meer het geval in de Rode Zee en het Caribisch gebied. Elders, bijv. op het Indonesische Sunda-platform, is het in het modderige water voorbij 15 m zeediepte al te duister voor de ontwikkeling van tropisch rif.

Tussen de koraaltakken van *Lophelia* wordt op de Rockall Bank ook melk-wit slib ingevangen (afb. 7). Dit slib kennen we, in verharde vorm, als krijtgesteente. Het is het resultaat van jaarlijkse bloei en sedimentatie van onvoorstelbare, enorme aantallen minieme coccolithophoride algen. Hun aanwezigheid verraadt zich als vlamachtige vlekken in het oceaanooppervlak, mooi zichtbaar op satellietfoto's. Diepwaterkoraaltakken en krijtslib vormen samen een belangrijke opslag van kalk, en dus van kooldioxide.



▲ Afb. 8. Kolonie van *Madrepora*. Foto: NIOZ.

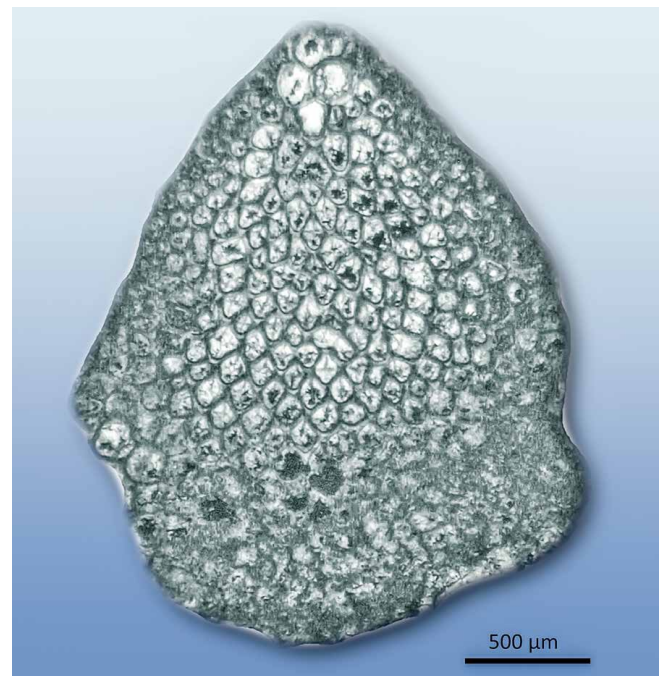
Koralen van *Lophelia* en *Madrepora* (afb.8) komen op diepte in alle wereldzeeën voor. Ze vestigen zich zelfs op de funderingen van olieplatforms, in de noordelijke Noordzee. Een vaste ondergrond, alsook voldoende planktonvoedsel in langsstromend zeewater, zijn hun primaire levensbehoeften. Maar echte riffen vormen ze vooral op de Atlantische oceaانبodem tussen de Noordkaap en Kaapverdische Eilanden. Ook langs de oostkust van Noord-Amerika, van Newfoundland tot Florida, zijn ze present. Ze hebben geen groots geologisch verleden, vermoedelijk omdat voedselrijk diep oceaanwater alleen optreedt in perioden met ijstijden. Het meest nabij staan de fossiele bryozoënriffen, zoals die in het Danien van Fakse in Denemarken. Dat waren in levende vorm ook fragiele bulten van een eenzijdige samenstelling, tijdens afzetting van krijt opgegroeid. Uit jongere tijden kennen we wel zeebodems met lagen bryozoëngruis. Rifachtige vormingen door mosdiertjes lijken beperkt tot brakwatermilieus, zoals de Zwarte Zee tijdens het Mioceen. Maar wellicht resten er wat oudere, vroeg-Neogene diepwaterriffen ver onderzees, op het verzonken continentfragment van de reeds genoemde Orphan Knoll. Daar bevinden zich op bijna 2 km diepte onderzeese ruggen, waarvan de aard nog problematisch is. Het zouden riffen kunnen zijn, gevormd tijdens de aanvang der ijstijden op het Noordelijk halfrond. De oceaan heeft tot nog toe dit geheim bewaard...

### Stapstenen

Zijn die onderzeese verzonken terranes, die in de duistere diepten bloeiende riffen, alleen maar oceanische geheimen op zich of passen ze ook in een algemener kader? Dat laatste is zeker het geval. Een groot deel van alle zeeleven plant zich voort door op goed geluk zeer veel larfjes te produceren. In sommige gevallen komen volwassen organismen elkaar zo zelden tegen, dat bevruchting een hoge uitzondering is. Dit is het geval bij de beroemde maanvis, de grootste aller beenvissen; de vrouwelijke maanvis produceert wel 300 miljoen bevruchte eicellen per legsel. Van al die potentiële wezentjes haalt slechts een miniem percentage de volwassenheid. Maanvissen eten vooral kwallen, en laten zich met de stromingen meedrijven, dat doen kwallen immers ook. Van actief zwemmen komt niet veel; de dieren zijn vooral een hele grote kop met weinig staart. Maar ze evolueerden toch reeds sinds 40

miljoen jaren; honderdduizenden generaties, achtereen! Hun voortplantingsstrategie werkt dus wel.

Vastzittende zeeorganismen zijn het talrijkst in ondiep water; daar is zonlicht en veel harde ondergrond. Maar ook hun levenswijze laat zelden romantische partnerkeuze en spaarzame broedverzorging toe – hun sporen en larven verspreiden zich via zeestromingen. Veruit het leeuwendeel daarvan wordt door planktonzevende dieren opgegeten, of gaat ten gronde bij gebrek aan ondiep substraat. Maar onderzeese rotsen zijn voor die wezens een geschikt tussenstation. Van daaruit kunnen ze de kusten van verre continenten koloniseren. Een mooi voorbeeld is de foraminifeer *Miogyopsina*, beschreven door Fermont & Troelstra (1983), van de vulkanische onderwaterpiek Hyères, een verzonken dode vulkaan op de Atlantische zeebodem, halverwege de Canarische eilanden en de Mid-Atlantische Rug, die oprijft tot 330 m onder zee-niveau. Vroeger was Hyères Seamount nog 300 meters hoger, blijkt uit de aanwezigheid van dit kleine fossiel. *Miogyopsina* was een wezentje zo groot als een linze; het was een eencellig dier (afb. 9) dat in het ondiepe water van Miocene tijden wereldwijd voorkwam. Het evolueerde vermoedelijk in het Caribisch gebied en heeft zich van daaruit verspreid over de toenmalige tropische en subtropische kusten en leefde daar onder enkele tientallen meters water. Submariene stapstenen, zoals de Hyères Seamount, maakte de verspreiding mogelijk. Vooral bij ijstijdelijke vrij abrupte zeespiegelverlaging lagen er veel meer ondiepe steenriffen in de oceanen.



▲ Afb. 9. *Miogyopsina*. Bron: Verrubbi et al. 2005.

Een solitaire piek, als Rockall nu, moet 18.000 jaar geleden, toen de oceaanspiegel wel 130 meter lager stond, nog een behoorlijk eiland zijn geweest met flinke onderwaterkust. Veel eerder kunnen daar ook de Noord-Atlantische albatrossen hebben gebroed, een soort die al in het begin van het IJstijdperk uitstierf. Albatrossen, met hun drie meter brede vleugelspan, zijn vooral magnifieke

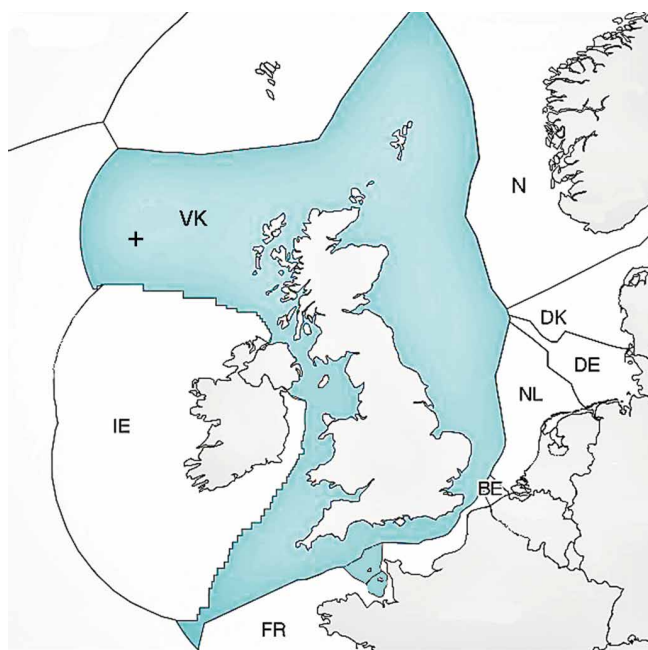


zwevers. Om op te kunnen vliegen starten ze bij voorkeur vanaf de rand van een steil klif in volle zee, wat Rockall mogelijk geweest is toen de zeespiegel lager stond. Ze nestelen – ook de moderne soorten – op zeer afgelegen, oceanische eilanden. Van deze viseters, de grootste vogels boven zee waartoe ook Lydekker's albatros behoorde, resten nu alleen nog schaarse fossiele botten in Pliocene kustzandlagen: van Suffolk en van Noord-Brabant.

## Visgronden

Het harde substraat van de Rockall Bank en de onderzeese voedselstroom bevorderen de groei van rif, een samenstel van koraalstruiken. Tussen de losse takken van *Lophelia* en *Madrepora* (afb. 10) is het goed schuilen voor jonge vis, een al te gemakkelijke prooi voor roofvissen zoals makreel. De riffengemeenschap bestaat dus niet alleen uit vastgehechte organismen. Noord-Atlantische vissers wisten dit allang, en walsten onderzeese koraalriffen glad. Op het hierbij vrijkomend veld van onbeschermde ribbewoners kwamen aasvretende en carnivore vissen af, een tijdelijke rijkdom en vangstmogelijkheid voor de trawlers. Een vreugde van korte duur; na de rijke oogst van de zeebodem groeide niet snel weer nieuw rifleven op. Door platwalsen met boomkorschepen, of neerknallen middels in zee geworpen staven dynamiet, vis je de zee leeg. Dat is gebeurd met de Newfoundlandse kabeljauwvisserij, die mede ten gevolge van deze zee-roofbouw niet meer lonend werd en is. Bescherming van deze gebieden, toch vaak volgens geldend zeerecht extraterritoriaal gelegen oceanbodems, is dus geboden. Intussen blijven koudwaterrif-arealen rijke visgronden. Landen met veel visserij lijven ze dan ook graag in bij hun "exclusive economic zone". Hierin schuilt de opmerkelijke Britse afgrenzingen daarvan. (afb. 11) Hoewel de afbakening van genoemde zones wordt bepaald vanaf permanent bewoonde kusten, zien wij dat Rockall een opvallende uitstulping vormt van de (vooral Schotse) claim. Op de rots van Rockall hebben wat Engelse militairen, per helikopter neergedaald, in 1955 de Britse vlag gehesen. Alhoewel Rockall alleen permanent wordt bewoond door zeepokken, beschouwt het VK de Bank toch sedert 1972 als Schots landsdeel. Ierland en Denemarken nemen hiermee uiteraard geen genoegen. Voorlopig betwisten de drie naties elkaar de onderwatermogelijkheden van Rockall Bank; zo

nu en dan houden kustwachtschepen daar vlagvertoon, en schrijven ministeries memoranda. We moeten hopen, dat dit merkwaardige Atlantisch areaal goed en vredig zal worden beheerd, en geen speelbal blijft van nationale onderzeese belangen.



▲ Afb. 11. Exclusieve Economische Zone (EEZ) naar Brits inzicht. Naar Joint Nature Conservation Committee (JNCC).

## Referenties (afbeeldingen)

- Roberts, J.M., Henry, L.A., Long, D. et al. Cold-water coral reef frameworks, megafaunal communities and evidence for coral carbonate mounds on the Hatton Bank, north east Atlantic. *Facies* 54, 297–316 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10347-008-0140-x>.
- Troll, V.R., Emeleus, C.H., Nicoll, G.R. et al. A large explosive silicic eruption in the British Palaeogene Igneous Province. *Sci Rep* 9, 494 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35855-w>.
- Verrubbi V. & Schiavinotto F. 2005. *Miogypsina globulina* (Michelotti) from Samatzai section (Lower Miocene – Southern Sardinia). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 44: 203–209.



▲ Afb. 10. Koraalkolonie op zeebodem Rockall met vis. Foto: NIOZ.

*Met dank aan Jan Heutink voor de beeldaanpassingen.*