

naar de bodem gezonken. Hij werd vervolgens kennelijk snel genoeg met kalkmodder bedekt om te ontsnappen aan verrotting onder invloed van zuurstof; waarschijnlijk was er op de bodem van de lagune een gebrek aan zuurstof. Dat zou verklaren waarom zoveel fossielen fraai bewaard zijn gebleven. Haast als vanzelf dringt zich een vergelijking op met de Solnhofener Plattenkalke uit Beieren in Duitsland, want ook daar gaat het om fijn-gelamineerde kalksteen met prachtig bewaarde fossielen. Hun voorkomen wordt verklaard door fases met een groot gebrek aan zuurstof in het water; daardoor stierven niet alleen veel organismen (geologisch gezien) gelijktijdig, maar bleven ook hun organische resten lang genoeg bewaard om te fossiliseren.

Mineralisatie

Opvallend is dat de auteurs van het artikel waarin *Gondwanagaricites magnificus* wordt beschreven, geen enkele aandacht

besteden aan het feit dat het fossiel zijn goede preservatie ongetwijfeld mede dankt aan de mineralisatie. Nog opvallender is dat bij navraag bleek dat de Universiteit van Illinois in Urbana, waaraan de hoofdauteur verbonden is, een bericht heeft doen uitgaan dat het goethiet ($\text{FeO} \cdot \text{OH}$) van de gefossiliseerde paddenstoel is ontstaan door oxidatie van pyriet (FeS_2). Het zou dus om een oorspronkelijk gepyritiseerd fossiel gaan. Dat zou er dan inderdaad op wijzen dat er reducerende omstandigheden bestonden op de bodem van de lagune, waarin de paddenstoel bezonk.

Referentie

- Heads, S.W., Miller, A.N., Crane, J.L., Thomas, M.J., Ruffatto, D.M., Methven, A.S., Raudabaugh, D.B. & Wang, Y., 2017. The oldest fossil mushroom. PLoS ONE 12 (6), e0178327; doi:10.1371/journal.pone.0178327.

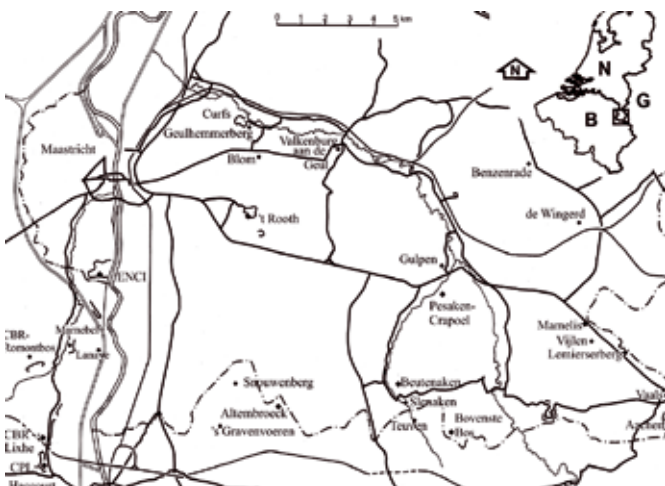
Haaïen en roggen voor het voetlicht

– terugblik op een expositie*

door John W.M. Jagt en Erik Meeuwsen

john.jagt@maastricht.nl

erik.meeuwsen@xs4all.nl



Afb. 1. Zuid-Limburg en aangrenzend gebied in België en Duitsland, met vindplaatsen van haaïen- en roggentanden uit het Laat-Krijt en Vroeg-Paleoceen.

Al sinds het eind van de 18de eeuw worden losse tanden van haaïen en roggen en tandplaten van ratvissen uit kalkstenen van het Laat-Krijt op de Sint-Pietersberg (Maastricht) en omgeving (afb. 1) in de literatuur beschreven en/of afgebeeld. De magie van deze prachtige dieren en die van hun 'afgeplatte' verwanten, de roggen, zit opgesloten in losse tanden, die als fossiel op veel plaatsen in Nederland en de aangrenzende landen gevonden kunnen worden.

Waar komt die fascinatie en ook de angst voor haaïen en roggen eigenlijk vandaan? Dit kwam onder meer aan bod in een speciale expositie, onder de titel 'HAAI', over recente en uitgestorven soorten haaïen, roggen en rat- of draakvissen (Chimaeridae) in het Natuurhistorisch Museum Maastricht (van juni 2016 tot januari 2017).

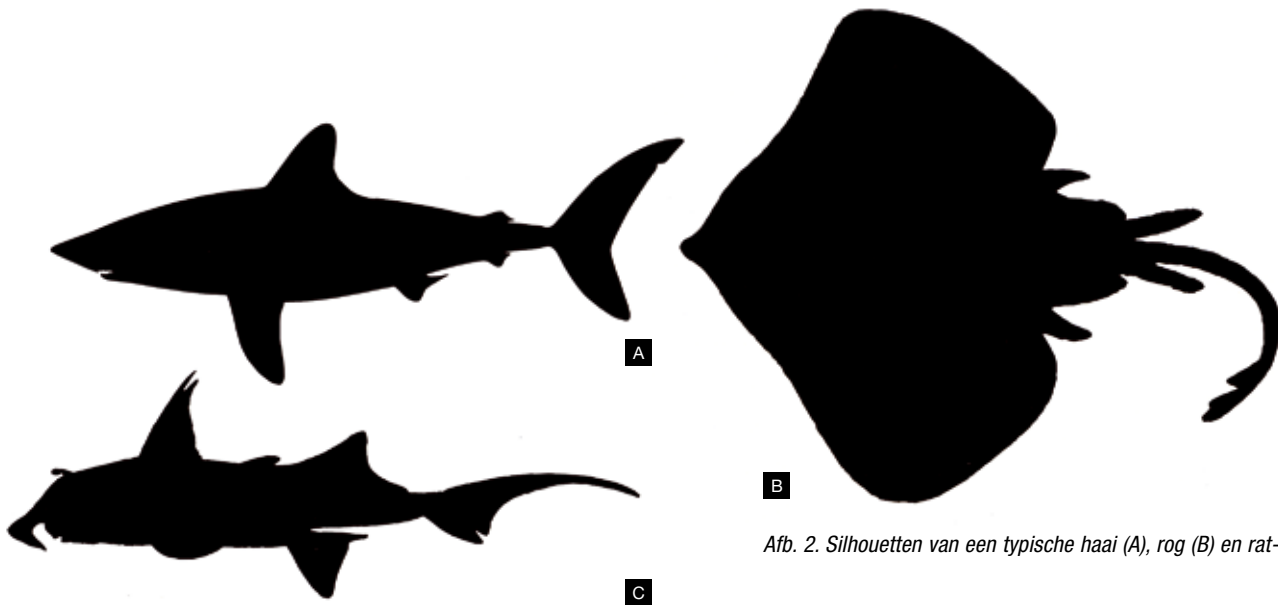
Het beeld dat de meeste mensen van haaïen hebben is deels beïnvloed door films als 'Jaws' (1975) en de producties die daarop volgden. Slechts weinigen onder ons zullen echter ooit oog in oog komen te staan met haaïen in hun natuurlijke leefomgeving. Aquaparken, dierentuinen, tv-documentaires en het internet doen over het algemeen goed werk om onze angst voor haaïen weg te nemen, door wetenschappelijk verantwoorde informatie aan te bieden. Daarnaast werken natuurbeschermers in Nederland en daarbuiten hard om het imago van de haaï te verbeteren en tot actie over te gaan om deze dieren te beschermen. We moeten van angst naar respect en bewondering. Hieronder volgt een korte terugblik op deze tentoonstelling.

IJzersterk design

Onder grote publieke belangstelling werd op 25 juni 2016 de expositie 'HAAI' geopend. Waarom wij als NHMM gekozen hebben voor haaïen en roggen, heeft in eerste instantie te maken met het feit dat deze dieren sterke gevoelens van angst of afkeer oproepen en we dit vooroordeel graag willen wegnemen. Ten tweede worden er in de omgeving van Maastricht (afb. 1) vele fossiele soorten haaïen en roggen gevonden, en een derde reden voor de keuze van haaïen en roggen is dat deze diergroepen tot de grootste succesformules in de evolutie van het dierenrijk behoren. Helaas worden veel haaïensoorten wereldwijd door overbevissing bedreigd. Daar staat tegenover dat onze huidige oceanen nog steeds nieuwe, onbeschreven soorten opleveren, met name uit de diepere delen daarvan. Bijna 400 miljoen jaar geleden bestonden er al vissen die we nu zonder meer als haaï zouden classificeren. Dit illustreert dat het 'concept' haaï meteen goed was en dat er daarna maar heel weinig aanpassingen nodig waren. Kortom: een ijzersterk design.

Alle bijzondere kenmerken passeerden in de expositie de revue, zoals hun gestroomlijnde lichaamsbouw, hun opmerkelijke 'revolvergebit' (met tanden in rijen achter elkaar) en hun schuurpapiertachtige huid. Ook kwam hun verspreiding in hedendaagse oceanen en zeeën aan bod, inclusief de Noordzee, in de huidige tijd maar ook in prehistorische tijden. Zo leefden er tijdens het

*Dit artikel is opgedragen aan onze veel te jong gestorven verzamelvriend, Paul Dols (1965-2017).



Afb. 2. Silhouetten van een typische haai (A), rog (B) en rat- of draakvis (C).

Laat-Krijt (tussen 68 en 66 miljoen jaar geleden) meer dan honderd soorten haaien, roggen en ratvissen (afb. 2) in de warme, ondiepe wateren die de omgeving van Maastricht overspoelden. Hoewel er een behoorlijk aantal verschillen tussen deze groepen bestaat (op zich niet verwonderlijk gezien hun lange geschiedenis), is hun kraakbenen skelet het verbindende element.

Krijt en Paleoceen

De Maastrichtse rariteitenkabinetten aan het eind van de 18de eeuw telden vele losse haaien- en roggentanden uit het Krijt van de Sint-Pietersberg en omgeving. Tekeningen daarvan verschenen in de (semi-)wetenschappelijke literatuur van die tijd (Faujas de Saint-Fond, 1799-1803). Pas in 1843 gaf de Zwitserse geleerde Louis Agassiz Latijnse namen aan verschillende soorten uit Maastricht, die vandaag de dag nog steeds worden gebruikt (afb. 3).



Afb. 3. Een exemplaar van Louis Agassiz's (1843) "Recherches sur les poissons fossiles", geopend op de pagina met originele, ingekleurde tekeningen van tanden van de fossiele haai *Corax pristodontus* (nu *Squalicorax pristodontus*), één van de meer algemene haaiensoorten in het typegebied van het Maastrichtien. Foto: J.W.M. Jagt.

Verzamelaars weten vaak precies waar ze moeten zoeken, en dat geldt ook voor Limburg – de gruislagen in de kalkstenen van Zuid-Limburg leveren dikwijls heel fraai bewaarde losse tanden op, zelfs met blinkend glazuur. Alleen op basis van deze tanden zijn al meer dan honderd soorten in kaart gebracht. Vaak zijn deze tanden heel erg klein en kunnen daarom alleen maar gevonden worden door de kalk te wassen en te zeven. Een flink aantal haaiensoorten heeft nog geen officiële wetenschappelijke naam. Een reeks families is al aangetoond, waar

van er enkele uitgestorven groepen vertegenwoordigen, zoals de families Anacoracidae, Otodontidae en Palaeospinacidae. Af en toe worden losse, deels verkalkte en relatief grote wervels gevonden. Kleinere, meer compacte wervels zijn ook wel aangetroffen; deze zijn afkomstig van engelhaaien.

Een heel zeldzame vondst uit de ENCI-HeidelbergCement Group-groef (Maastricht) is die van een snuit van een zaagvis met 'tanden', *Ganopristis leptodon* (Arambourg, 1952). Dit exemplaar, gevonden door Sijr Renkens, stelt wetenschappers nu in staat alle bewaard gebleven anatomische details (bijvoorbeeld de 'ampullen van Lorenzini', die als elektroreceptoren dienst doen) te bestuderen. Vondsten van wervels en meer dan 25 tanden van een grote haai, *Squalicorax lindstroemi* (Davis, 1890), uit Haccourt (tussen Luik en Maastricht) (afb. 4) en van een mannelijke ratvis (met vinstekel en 'grijper') uit Eben Emael (België) spreken eveneens tot de verbeelding (Duffin & Reyners, 1995).



Afb. 4. Tand (in micromount-doozjes) van een grote haai, *Squalicorax lindstroemi* (Davis, 1890), uit de Zeven Wegen Member van Haccourt (Luik, België). Foto: J.W. Stroucken.

Grote extinctie

66 miljoen jaar geleden ging alles heel erg mis op aarde. Waarschijnlijk als direct gevolg van de inslag van een meteoriet op het schiereiland Yucatán (Mexico), stierven alle in zee levende en sterk gespecialiseerde hagedissen (mosasauriërs) uit, en grote haaien namen deze biologische niche in de voedselpiramide in. Haaien-, roggen- en ratvissoorten uit de jongere kalksteenlagen (Formatie van Houthem, Geulhem Member; Vroeg-Paleoceen) in



Afb. 5. Tand en tanden van Vroeg-Paleocene haaien en roggen en een tandplaat van een ratvis (linksboven) uit de Geulhem Member (Formatie van Houthem) van het Albertkanaal (Belgisch Limburg) en de voormalige groeve Curfs (Geulhem). Collecties: M. van Es, H. Lemmens en J. Severijns. Foto's: M. van Es, A. van Hout, A. Marks en J.W. Stroucken.

de omgeving van Maastricht lijken sterk op fossiele fauna's uit meer noordelijke (en koudere) streken als Denemarken en Zuid-Zweden (afb. 5).

Jongere haaien

Op een aantal plekken in Nederland en aangrenzend Belgisch gebied kunnen goed bewaarde haaien- en roggentanden worden gevonden. In Zeeland - nabij Cadzand en Het Zwin - spoelen met enige regelmaat donkerblauwe en zwarte tanden van soorten van Eocene ouderdom (tussen 56 en 41 miljoen jaar oud) aan op het strand. Het verzamelen hiervan is een ware sport geworden voor amateurpaleontologen en andere strandbezoekers. In Zuid-Limburg hebben graafwerkzaamheden voor het kanaal bij Elsloo tijdens de eerste helft van de laatste eeuw enorme aantallen 15 miljoen jaar oude haaien- en roggentanden opgeleverd, zoals ook een tand van de grootste haai ooit. Deze soort, *Otodus megalodon* (Agassiz, 1843), kwam in alle oceanen en zeeën voor (Lebrun & Canevet, 2017). Nog rijkere fauna's (circa vijftig soorten) komen voor bij Winterswijk-Miste. Opmerkelijk is dat vele van deze soorten nauw verwant zijn aan recente soorten die warm-gematigde en subtropische ondiepe zeeën bevolken.

Van Miocene en Pliocene ouderdom zijn de perfect bewaard gebleven tanden die in Mill-Langenboom en Liessel (Noord-Brabant) gevonden werden (Peters, 2013). In particuliere verzamelingen door het hele land, maar ook in buitenlandse collecties, zijn honderden exemplaren van bepaalde soorten te vinden, zoals *Cosmopolitodus hastalis* (Agassiz, 1843) en *Carcharomodus escheri*. Het gaat hier om soorten die nu uitgestorven zijn in de Noordzee en de noordoostelijke Atlantische Oceaan. Een heel bijzondere vondst is die van een verkalkte neus van de haringhaai *Lamna nasus* (Bonnaterre, 1788) uit het Noord-Brabantse Liessel.

Ook in het Antwerpse havengebied zijn nog steeds veel mogelijkheden tot verzamelen tijdens het uitbaggeren van dokken. Grotere haaiensoorten van Pliocene ouderdom (5.3-2.58 miljoen jaar) zijn heel gewilde verzamelobjecten. Van tijd tot tijd kwam

er meer naar boven dan alleen maar losse tanden (hoewel die tanden een enorme diversiteit illustreerden, afb. 6), zoals een min of meer complete kaak van een duivelsrog en delen van de kieuwbogen en de wervelkolom van *Cetorhinus maximus* (Günnerus, 1765).

Uitgestorven haaien gereconstrueerd

Omdat het kraakbeen skelet erg kwetsbaar is en niet gemakkelijk fossiliseert, spreekt het voor zich dat (bijna) complete fossiele haaien en roggen zeldzaam zijn. Toch is er in de afgelopen jaren een flink aantal vrijwel complete haaien gevonden, zoals Oligocene en Miocene makreelhaaien uit Denemarken, Peru en Duitsland en een veel oudere soort (circa 83.5 miljoen jaar oud) uit Kansas (Verenigde Staten), *Cretalamna hattini*. Bij deze laatste vondst zijn delen van de schedel bewaard gebleven, wat uitermate zeldzaam is.

De meest spectaculaire vondsten van de laatste tijd zijn die van een nieuw makreelhaaiengeslacht, *Haimirichia*, uit het Laat-Krijt van Marokko en Eocene sidderroggen uit Monte Bolca in Noord-Italië waarbij zelfs een embryo is aangetroffen. Het geslacht *Haimirichia* heeft een tot nog toe onbekend type van huidtandjes opgeleverd, die mogelijk direct verbonden waren met elektroreceptoren die afweken van de normale 'ampullen van Lorenzini', die deze functie hebben.

Geïsoleerde skeletelementen en kaken kunnen veel gegevens over onder meer de wervelstructuur (en jaarlijkse groeifases), totale lichaamslengte en beetomtrek verschaffen. Wanneer talrijke tanden voorhanden zijn van dezelfde locatie en uit dezelfde laag, zoals in Mill-Langenboom, kunnen reconstructies van de gehele onder- en bovenkaken worden gemaakt, inclusief de plek waar de kaken elkaar raken (de symfyse). Gebruik makend van tandformules, kan de positie van elke afzonderlijke tand worden bepaald. Geoefende specialisten zijn in staat te bepalen of een losse tand uit de boven- of onderkaak afkomstig is en of deze oorspronkelijk een positie voorin of halfweg innam. Tot slot, omdat de meeste fossiele soorten (vanaf circa 70 miljoen jaar oud en jonger) direct kunnen worden vergeleken met



Afb. 6. Tand en kieuwbogen van haaien uit het Paleogeen en Neogeen van Noordwest-België. Foto's: P. De Schutter en A. Marks.

moderne soorten, kunnen losse tanden van haaien en roggen ook gegevens opleveren over waterdiepte en ecologische niches in de zeeën waarin ze ooit leefden.

Opzet van de expositie

In samenspraak met Frederik Mollen (Elasmobranch Research, Bonheiden, België) werd een selectie gemaakt van geprepareerde kaken van recente kraakbeenvissen. Daarnaast werd een stuk huid van een zebrahaai, *Stegostoma fasciatum* (Hermann, 1783), verkregen via het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (Brussel), die meegenomen werd als 'voelstuk' in de expositie. Aanvullend fossiel materiaal (losse tanden en wervels) van soorten uit het Krijt en Neogeen werd geleend van twee verzamelaars, Jacques Severijns en Frans Smet.

De tentoonstelling was opgedeeld in vijf delen. Deel 1 omvatte 'Het fenomeen haai', waarin de morfologie en anatomie in detail werd uitgelegd om de aan perfectie grenzende gestroomlijnde lichaamsbouw van deze dieren te illustreren: van tanden in de bek tot tandachtige huidstekels, van vinnen en vinstekels tot zintuigen en van interne organen die voor de voortplanting dienen en hun plaats in het ecosysteem. Deel 2 gaf een opsom-

ming van alle groepen die nu worden onderscheiden (tabel 1), met voorbeelden van typische soorten. In deel 3 kwam de evolutionaire ontwikkeling van deze dieren aan bod (afb. 7), met daarbij opmerkelijke, doodlopende ontwikkelingslijnen, vooral in het Paleozoïcum. In deel 4 volgde een overzicht van uitgestorven haaien uit het Krijt van Maastricht en uit het Oligoceen, Mioceen en Pliocene van de omgeving van Antwerpen. Het laatste deel illustreerde op een confronterende manier wat wij als mensen haaien en hun verwanten aandoen en waarom wereldwijd beschermingsmaatregelen nodig zijn.

Eén van de hoogtepunten tijdens de weekendactiviteiten, zoals het 'weekend van de fossiele haai', was de onthulling van een gereconstrueerde onder- en bovenkaak van een uitgestorven makreelhaai (afb. 8), *Carcharomodus escheri* (Agassiz, 1843) uit het Mioceen/Pliocene van de Noord-Brabantse vindplaats Mill-Langenboom.

Mensen en haaien

De relatie tussen mensen en haaien is altijd een dubbele geweest. Aan de ene zijde overheerst de angst. Deze vrees, voortkomend uit onbekendheid, heeft al geleid tot de dood van talloze haaien. Ook heeft de huidige overbevissing van onze zeeën



Afb. 7A-B. Panelen in de expositie, met specifieke informatie over roggen (Batoidea) (A), uitgestorven soorten (links) en lamniforme haaien (rechts) (B). Grafisch ontwerp: Arthur Marks (Maastricht).

en oceanen desastreuze gevolgen voor haaien en roggen. Eén echte eye opener is het feit dat in landen die aan de Noordzee en Middellandse Zee liggen, er vaak haai en rog op vismarkten wordt aangeboden onder 'schuilnamen', zoals zeepaling voor de hondshaai.

Aan de andere kant zijn wij óók gefascineerd door deze prachtige dieren. Loop bijvoorbeeld eens door een haaientunnel in een dierentuin of zeeaquarium en onderga dat gevoel! Haaien en roggen hebben ook gediend als inspiratiebron voor zaken die we in het dagelijks leven zien of gebruiken, zoals geschilderde haaiantanden bij kruispunten of heggenscharen met zaagbladen die wel wat weg hebben van het rostrum van een zaagvis



Afb. 8. Gereconstrueerde kaken, met echte tanden uit het Mioceen/Plioceen van Mill-Langenboom, van de uitgestorven makreelhaai, **Carcharomodus escheri** (Agassiz, 1843). Collectie: Erik Meeuwsen (Nijmegen). Foto: J.W.M. Jagt.

Tabel 1. Huidige classificatie van haaien en roggen (zonder de uitgestorven groepen)
Franjehaaien en koehaaien (Hexanchiformes)
Stierkophaaien (Heterodontiformes)
Tapijthaaien (Orectolobiformes)
Makreelhaaien (Lamniformes)
Hondshaaien (Squaliformes)
Engelhaaien (Squatiformes)
Zaaghaaien (Pristiophoriformes)
Grondhaaien (Carcharhiniformes)
Braamhaaien (Echinorhiniformes)
Zaagvissen (Pristiformes)
Vioolroggen (Rhiniformes)
Gitaarvissen (Rhinobatiformes)
Sidderroggen (Torpediniformes)
Stekelroggen (Myliobatiformes)
Vleten (Rajiformes)

uit de familie Pristidae: leentjebuurtje spelen bij de natuur! Ook de speciale zwemtenues ('fastskin') zijn goedbeschouwd een kopie van haaienhuid: een huid met placoidschubben die op zo'n manier gerangschikt zijn dat weerstand tot een minimum wordt beperkt.

Hoewel Steven Spielbergs film 'Jaws' (1975) de meest bekende is in het genre, is er een hele reeks van films waarin haaien in een heel slecht daglicht worden geplaatst. Ook stripboeken, tekenfilms op televisie en bioscoopfilms (zoals 'Finding Nemo' en 'Shark Tale') spelen in op onze angst voor haaien. Gelukkig spannen natuurorganisaties zich in om haaien te beschermen en voorlichting te geven over de habitats van haaien en roggen. Dierentuinen en aquaparken (soms met speciale fokprogramma's) doen ook hun best om het imago van haaien te verbeteren. Statistieken tonen echter aan dat ten minste 107 roggen- en 74 haaiensoorten tegenwoordig (sterk) met uitsterven worden bedreigd, wat neerkomt op een kwart van alle bekende soorten. Vergelijken we dit met het aantal mensen dat jaarlijks slachtof-

fer wordt van haaien of roggen, dan is wel duidelijk wie hier de jager is en wie de prooi.

Dankwoord

We danken nogmaals iedereen die meegeholpen heeft aan de totstandkoming van de expositie 'HAAL'.

Referenties

- Duffin, C.J. & Reynders, J.P.H. (1995). A fossil chimaeroid from the Grönsveld Member (Late Maastrichtian, Late Cretaceous) of northwest Belgium. Belgian Geological Survey, Professional Paper, 278 [Elasmobranchs et stratigraphie], 111-156.
- Faujas de Saint Fond, B. (1799-1803). Histoire naturelle de la Montagne de Saint-Pierre de Maëstricht, 263 pp. H.J. Jansen, Paris.
- Herman, J. (1977). Les sélaciens des terrains néocrétacées et paléocènes de Belgique & des contrées limitrophes. Éléments d'une biostratigraphie intercontinentale. Mémoires de l'Explication des Cartes géologiques et minières de la Belgique, 15 (1975), 5-401.
- Lebrun, P. & Canevet, J.-M. (2017). Des dents de requins fossiles! 3. La lignée du grand requin blanc. Fossiles, Revue française de Paléontologie, 29, 25-51.
- Marramà, G., Claeson, K.M., Carnevale, G. & Kriwet, J. (2017). Revision of Eocene electric rays (Torpediniformes, Batomorphii) from the Bolca Konservat-Lagerstätte, Italy, reveals the first fossil embryo in situ in marine batoids and provides new insights into the origin of trophic novelties in coral reef fishes. Journal of Systematic Palaeontology, <https://doi.org/10.1080/14772019.2017.1371257>
- Peters, N. (2013). Van reuzenhaai tot *Chalicotherium*. Fossielen uit Mill-Langenboom, 158 pp. Oertijdmuseum De Groene Poort, Boxtel.
- Raad, H. (2016) (red.). Zeeuwse strandfossielen. Fauna zeelandica in de oertijd. 144 pp. Werkgroep Geologie KZGW, Middelburg.
- Vullo, R., Guinot, G. & Barbe, G. (2016). The first articulated specimen of the Cretaceous mackerel shark *Haimirichia amonensis* gen. nov. (Haimirichidae fam. nov.) reveals a novel ecomorphological adaptation within the Lamniformes (Elasmobranchii). Journal of Systematic Palaeontology, 2016, 1-22.
- www.blueshark.be
- www.facebook.com/NatuurhistorischMuseumMaastricht
- www.nhmmaastricht.nl/exposities/haal.html
- www.shark-references.com

Het geheim van Romeins cement: tobermoriet

door A.J. (Tom) van Loon
Valle del Portet 17, 03726 Benitachell, Spanje
Geocom.VanLoon@gmail.com



Afb. 1. Het Romeinse aquaduct bij Caesarea heeft, ondanks blootstelling aan zeewater, de tand des tijds grotendeels overleefd.
Foto: Wikimedia Commons/Chmee2 via CC-BY-3.0.

In moderne gebouwen mag dan vaak sprake zijn van voortijdige schade door slecht cement in het voegwerk, de Romeinen hadden al kustconstructies waarvan het cement alleen maar sterker werd met de tijd. Hun 'geheim' was het gebruik van grondstoffen waarin aluminiumhoudend tobermoriet werd gevormd.

De Romeinse auteur Plinius de Oudere, van wie nog steeds veel gymnasiasten teksten te lezen krijgen, schreef omstreeks het jaar 79 zijn boek *Naturalis Historia*. Daarin vermeldde hij dat constructies in Romeinse havens die voortdurend waren blootgesteld aan de werking van het zoute zeewater op den duur ver-