



Het grote fossielenarchief

Er zijn van die termen die zich niet laten vertalen. De fossil record is daar één van. Nog nooit ben ik daar een bevredigende Nederlandse vertaling van tegengekomen. En dat hoeft ook niet, want iedereen weet wat ermee bedoeld wordt: het fossielenarchief, de grote berg gegevens waaruit paleontologen putten voor hun studies. En waaraan ze steeds nieuwe gegevens toevoegen. Terwijl de museummagazijnen van de wereld uitpuilen met fossielen, en er vele, vele meters wetenschappelijke artikelen zijn gepubliceerd, zal iedere paleontoloog toegeven dat de fossil record hopeloos incompleet is, en dat er voortdurend nog bij verzameld moet worden. De nieuwe vondsten van fossiele walvissen die verderop besproken worden, zijn een goed voorbeeld van hoe toevoegingen aan de fossil record onze inzichten aanvullen en vergroten.

Terwijl veruit de meeste paleontologen zich uitsluitend bezig houden met hun eigen hoekje in het fossielenarchief, zijn er ook die zich juist richten op het grote geheel. De archivariissen van de fossil record zijn op zoek naar de grote lijnen. De analyses van enorme databases helpen hen de ontwikkeling van het leven op aarde in zijn totaliteit te volgen. Het artikel van Jackson en Johnson dat in september in *Science* verscheen, is een goed voorbeeld van hoe deze rekenmeesters hun kunsten vertonen (lit. 1). En terwijl ik het niet eens ben met de hoofdlijn van hun artikel, geven zij wel een hele goede indruk van de mogelijkheden en onmogelijkheden van analyses van de fossil record.

Jackson en Johnson concentreren zich op fossielen van grote mariene ongewervelden. Daarmee willen ze antwoord krijgen op de vraag, hoe de biodiversiteit zich ontwikkelde van bijna nul aan het begin van het Cambrium, tot de 4 tot 6 miljoen soorten van vandaag de dag. Beter gezegd: hun artikel is erop gericht om te kijken hoe je dat antwoord zou kunnen krijgen.

Als je de totale fossil record bekijkt, is het onbegonnen werk om dat op soortniveau te doen. De aantallen zijn enorm en de voortdurende taxonomische veranderingen zijn niet bij te benen. Jackson en Johnson keken daarom naar genera. Dat is nog een hele klus. De huidige diversiteit voor grote mariene ongewervelden schatten zij op 67.000 geslachten. En daarbij tellen ze alleen die genera, die kunnen fossiliseren.

Maar hoeveel van dergelijke genera hebben er in het geologische verleden bestaan? Gezien de beginvraag van

Jackson en Johnson ("Hoe heeft de biodiversiteit zich ontwikkeld?"), is daar geen direct antwoord op te geven. Als die ontwikkeling exponentieel is verlopen, dan zou het gaan om 200.000 genera. Bij een logaritmische ontwikkeling, hebben we het over 1 miljoen geslachten. De database die de twee onderzoekers momenteel tot hun beschikking hebben, bevat 31.000 geslachtsnamen. En daarmee wordt eens te meer duidelijk hoe incompleet ons archief eigenlijk is.

Om dit punt nog eens te onderstrepen, geven Jackson en Johnson de resultaten van een project in Panama en Costa Rica. Daar werd gezocht naar Pliocene fossielen. Het Plioceen van het onderzoeksgebied beslaat natuurlijk maar een fractie van de 7 miljoen km² dagzomend Plioceen in de hele wereld. Desondanks bleek het project een gigantische bijdrage te leveren aan de fossil record van het Plioceen. Wereldwijd bevat dat 4138 geslachten van mariene macro-evertebraten. Daarvan werden 735 in het project teruggevonden. Het is dan ook duidelijk dat er iets goed scheef zit in onze kennis van de fossil record.

Jackson en Johnson kwamen met een simpele verklaring hoe zo'n klein gebied schijnbaar zo'n rijkdom kon leveren. Het is duidelijk dat de meeste fossielen in de fossil record afkomstig zijn uit Europa en Noord Amerika. Westerse wetenschappers verzamelden over het algemeen dicht bij huis. Ook weten we dat de biodiversiteit in de tropen tegenwoordig hoger is dan op hogere breedtegraden. En we kunnen veilig aan nemen dat dat in het verleden ook zo geweest is. Daaruit volgt dat uit perioden waarin Noord Amerika en Europa niet in de tropen lagen - zoals bijvoorbeeld het Plioceen - we er een lager percentage van de wereldwijde diversiteit terugvinden, dan uit de perioden waarin deze continenten rond de evenaar lagen.

Jackson en Johnson pleiten er dan ook voor, om wereldwijd een aantal projecten op te starten in dezelfde trant als hun Panamaproject. Om de fossil record goed te kunnen gebruiken, moeten we niet alleen weten wat er verzameld is, maar vooral ook hoe, waar en door wie. Nieuwe projecten zouden ons in staat stellen om juist ook al die randgegevens goed vast te leggen. Tevens zouden ze een goede leerschool zijn voor jonge taxonomen in een tijd dat taxonomie vaak het ondergeschoven kindje van de paleontologie dreigt te worden. Die conclusie van Jackson en Johnson onderschrijf ik van harte. Of dergelijke projecten inderdaad uiteindelijk een logaritmische dan wel exponentiële groei van de biodiversiteit in de loop van de geologische geschiedenis laten zien, betwijfel ik echter. Ik vertelde al dat ik het niet eens was met de hoofdlijn van het artikel. Volgens mij is biodiversiteit een afspiegeling van de hoeveelheid ecologische niches. En aangezien die niet in de loop van de tijd toenemen, verwacht ik geen groeiende biodiversiteit. Tenzij natuurlijk de groeiende biodiversiteit op zich voor meer niches zou zorgen. Maar ook dat zou uit een dergelijk monsterproject kunnen blijken.

Vooralsnog is het in ieder geval duidelijk dat de fossil record nog verre van compleet is, en dat voorlopig ook zal blijven. Artikelen als dat van Jackson en Johnson druk-

ken ons nog eens met de neus op de feiten. En dat betekent dat we niets anders kunnen dan door te blijven verzamelen en te blijven beschrijven. Alleen zo kunnen we de geschiedenis van het leven op aarde steeds verder ont-rafelen.



Rennen, krulpen, zwemmen: de evolutie van de walvis

Zoogdieren zijn ontstaan op het land. Dat betekent dat zoogdieren die (een deel van) hun leven in zee doorbrengen, ergens in de loop van de evolutie aangepast moeten zijn aan dat leven in zeeën en oceanen. Kennelijk had de zee ook zoogdieren veel te bieden. Want in verschillende groepen zien we aanpassingen aan een (semi-)aquatische levenswijze in het zoute water. We kennen de zeeleeuwen, zeehonden, zeekoeien, de uitgestorven *Desmostylia* en natuurlijk de walvissen en dolfijnen. Misschien moet ik hier ook de ijsbeer noemen, wiens Latijnse naam *Ursus maritimus* getuigt dat ook hier de eerste fase naar een zeeleven is ingezet.

Van al deze groepen intrigeert de evolutie van de walvissen het meest. Immers zijn dit de zoogdieren die het land voorgoed achter zich hebben gelaten. De hoofdlijnen van de evolutie van de walvissen zijn allang bekend. In het Eoceen en Oligoceen waren er de oerwalvissen, de *Archaeoceti*. Daaruit ontwikkelden zich de baleinwalvissen en de tandwalvissen, waartoe ook de dolfijnen behoren. Ook weten we dat de vroege evolutie van de walvissen zich voltrok in de oostelijke Thetys. Met name Pakistan bleek een ideaal vondstgebied voor oerwalvissen. Eén van de oudste vertegenwoordigers heet dan ook *Pakicetus*. Wat we echter niet wisten, is hoe de overgang van een leven op land naar een leven in zee precies verliep. De oudste walvissen waren namelijk vooral bekend van schedels, terwijl juist de veranderingen in het postcraniale skelet zo interessant zijn. Lange tijd was het oudst bekende skelet dat van *Basilosaurus*, en deze oerwalvis had zijn achterpoten al vrijwel volledig verloren. Het dier leek op een soort reuzenzeeslang en werd aanvankelijk dan ook niet als een walvis herkend (*Basilosaurus* = koningsreptiel). Ofschoon volledige skeletten ontbraken, meenden paleontologen toch de meest waarschijnlijke voorouders van de walvissen te kunnen aanwijzen. Oerwalvissen hebben hele karakteristieke kiezen, die nog veel meer structuur vertonen dan de simpele spiesen van de huidige tandwalvissen. De kiezen van de *Archaeoceti* vertonen veel overeenkomsten met die van de *Mesonychidae*. *Mesonychidae* waren oerhoefdieren of *Condylarthra*, de stamgroep waaruit onder andere de evenhoevige en onevenhoevige zoogdieren zich zouden ontwikkelen. Vandaag de dag denken we bij hoefdieren direct aan planteters, maar dat gaat niet op voor de *Condylarthra*. Sommige vormen, waaronder de *Mesonychidae*, waren vleeseters.

In 1994 werd uit Pakistan een spectaculaire vondst gemeld (lit. 5). Een vondst met een oranje tintje, want het fossiel werd onder andere beschreven door Hans Thewissen, een Nederlandse paleontoloog die werkzaam is in de Verenigde Staten. Thewissen en zijn team hadden de eerste oerwalvis met achterpoten gevonden. Deze *Ambulocetus natans* (de zwemmende loopwalvis) vertegenwoordigt een amfibisch stadium in de evolutie van het walvis: het dier kon zowel op land als in het water uit de voeten. De levenswijze van nog oudere vormen, zoals de al eerder genoemde *Pakicetus*, bleef echter onbekend.

De volgende ontwikkeling in het ontrafelen van de evolutie van de walvissen kwam niet van paleontologisch onderzoek, maar uit een Japans DNA-laboratorium. Volgens een artikel dat in 1997 in *Nature* gepubliceerd werd (lit. 4), wees vergelijkend DNA-onderzoek uit dat nijlpaarden de naaste verwanten zouden zijn van walvissen. De argumentatie was waterdicht, maar toch werd het artikel door paleontologen met enige scepsis ontvangen (lit. 3). Vanwege de grote gelijkenis tussen de kiezen van Archaeoceti en Mesonychidae meenden fossielkundigen dat ze al 100 jaar geleden de voorouder van de walvissen geïdentificeerd hadden. In principe had *Ambulocetus* uitkomst kunnen brengen. Nijlpaarden behoren tot de evenhoevigen. Deze orde wordt onder andere gekenmerkt door een hele typische astragalus of sprongbeen. Dit botje uit de enkel heeft alleen in deze orde een karakteristieke katrolvorm. Helaas waren juist de sprongbeenderen van *Ambulocetus* slecht bewaard gebleven. Wel had de loopwalvis, net als evenhoevigen, de symmetrie van de achtervoet tussen de derde en vierde teen liggen. Maar paleontologen hadden overtuigender bewijs nodig, voordat ze de conclusies van de DNA-wetenschappers konden onderschrijven.

Dit jaar kwam het verlossende woord. In stereo, want vrijwel tegelijkertijd publiceerden *Nature* en *Science* artikelen waarin nieuwe vondsten van Archaeoceti werden gepresenteerd (lit. 2, 6). En in beide gevallen ging het met name om nieuwe vondsten van het postcraniale skelet.

De groep die in *Science* publiceerde, aangevoerd door de Amerikaans paleontoloog Philip Gingerich, beschreef twee skeletten van Protocetidae (lit. 2). Deze representeren een tussenstadium in de evolutie van de oerwalvissen. Protocetidae worden vooraf gegaan door Pakicetidae, terwijl Basilosauridae hun nakomelingen zouden zijn. De nieuw beschreven *Artiocetus clavis* is de oudste Protocetidae, alhoewel het verschil met bekende vondsten slechts 500.000 jaar bedraagt. De vondst van het skelet van deze soort werd ingeleid door de oppervlaktevondst van een sprongbeen en enkele fragmenten van voetwortelbeentjes. Toen men ging kijken waar deze botten vandaan kwamen, stuitte men twee meter verder op een bekken, en vervolgens een complete wervelkolom. Aan het einde daarvan werd de schedel opgegraven. Verdere elementen van de ledematen ontbraken echter, zodat de levenswijze van *Artiocetus* niet gereconstrueerd kon worden.

Dat lag anders bij het tweede skelet. Van *Rodhocetus balochistanensis* werden vrijwel complete ledematen gevonden.

Hier ontbrak echter helaas de schedel. Het skelet toonde duidelijk dat *Rodhocetus* zich beter thuis voelde in het water dan op het land. Net als *Ambulocetus* hield hij er een amfibische levenswijze op na. Op het land moet *Rodhocetus* een ongebruikelijke verschijning zijn geweest. Voor liep hij op de hoefjes van zijn middelste tenen, terwijl hij achter plat op zijn flippers rondstapte.

De onderzoeksgroep uit *Nature* werd aangevoerd door Hans Thewissen. Zij hadden geen complete skeletten, maar dat maakte hun vondsten niet minder spectaculair. Zij presenteerden namelijk voor het eerst postcraniale botten van de oudste oerwalvissen, de Pakicetidae (lit. 6). *Ichtyolestes pinfoldi* was zo groot als een vos, *Pakicetus attocki* had meer de grootte van een wolf. De botten laten duidelijk zien dat oude reconstructies van *Pakicetus* naar de prullenbak verwezen kunnen worden. Want alhoewel we deze vormen tot de oerwalvissen moeten rekenen, leken ze in niets op hun huidige afstammelingen. Het waren geheel en al landbeesten, en, zoals de auteurs het zelf uitdrukken, niet meer amfibisch dan een tapir. Daarmee kennen we nu niet alleen de hoofdlijnen in de evolutie van de walvissen, maar kunnen we ook de overgang van land naar water goed vervolgen.

Maar hoe zit het nou met de verwantschap van de hele groep. Zijn er aanwijzingen dat walvissen inderdaad een sterke verwantschap hebben met nijlpaarden? Ik noemde al het sprongbeen van *Artiocetus*, en ook van de andere oerwalvissen zijn sprongbeenderen gevonden. En deze hebben allemaal de typische katrolvorm van evenhoevigen. Daarbij worden dus inderdaad de bevindingen van het DNA-onderzoek bevestigd en verlegt de discussie naar hoe de verwantschappen binnen de evenhoevigen/walvissen nu precies liggen. De groep heeft zelfs al een wetenschappelijk naam: de Cetartiodactyla.

Het gaat allemaal een beetje tegen je gevoel in. Er waren walvissen die konden rennen, en een koe is meer verwant met een walvis dan met bijvoorbeeld een paard. Maar nu we niet alleen de DNA-analyse hebben, maar ook de fossielen om die te ondersteunen, lijkt het allemaal wel echt zo te zijn. Dat moet ik zo niet zeggen, maar als wetenschapper druk je je altijd voorzichtig uit. Laat ik eens uit de band springen. De nauwe verwantschap tussen nijlpaarden en walvissen is een waarheid als een koe! Een walvis-koe wel te verstaan.

Literatuur

- 1 Jackson, J.B.C. & K.G. Johnson, 2001. Measuring past biodiversity. *Science* 293: p. 2401-2404.
- 2 Gingerich, P.D., M. ul Haq, I.S. Zalmout, I. Hussain Khan & M. Sadiq Malkani, 2001. Origin of Whales from Early Artiodactyls: Hands and Feet of Eocene Protocetidae from Pakistan. *Science* 293: p. 2239-2242.
- 3 Milinkovitch, M.C. & J.G.M. Thewissen, 1997. Evolutionary biology: Even-toed fingerprints on whale ancestry. *Nature* 388: p. 622-623.

- 4 Shimamura, M., H. Yasue, K. Ohshima, H. Abe, H. Kato, T. Kishiro, M. Goto, I. Munechika & N. Okada, 1997. Molecular evidence from retroposons that whales form a clade within even-toed ungulates. *Nature* 388: p. 666-670.
- 5 Thewissen, J.G.M., S.T. Hussain & M. Arif, 1994. Fossil evidence for the origin of aquatic locomotion in archaeocete whales. *Science* 263: p. 210-212.
- 6 Thewissen, J.G.M., E. M. Williams, L.J. Roe & S.T. Hussain, 2001. Skeletons of terrestrial cetaceans and the relationship of whales to artiodactyles. *Nature* 413: p. 277-281.

Lars van den Hoek-Ostende, *Naturalis*, Postbus 9517,
2300 RA Leiden, email: Hoek@naturalis.nnm.nl

