

Tiktaalik

.....

Een van de belangrijkste 'gebeurtenissen' in de evolutionaire geschiedenis was dat vissen uit het water kwamen om op land te gaan leven en hun vinnen zich ontwikkelden tot ledematen. Dit markeerde het ontstaan van de tetrapoden, een grote groep dieren met vier poten waartoe amfibieën, reptielen, vogels en zoogdieren behoren. Eenmaal op het land werd het dierenleven diverser, doordat de leefomstandigheden sterker uiteenliepen en de dieren zich moesten aanpassen om buiten het water te kunnen ademen, eten en zich voort te kunnen planten. Daardoor zijn er op land tien keer zoveel soorten als in de oceaan.

Deze grote verandering voltrok zich in het Devoon, tussen 419 en 359 miljoen jaar geleden. In 2010 zijn gefossiliseerde pootafdrukken van gewervelde tetrapoden gevonden in het Heilige Kruisgebergte (Góry Świętokrzyski) in het zuidwesten van Polen. Dit is voor zover bekend het vroegste bewijs voor het bestaan van een tetrapode. Van het dier zelf zijn geen fossielen gevonden. Het oudste dier waaraan te zien is hoe watterdieren de overgang naar het land hebben gemaakt, is een prehistorische vis die de *Tiktaalik* wordt genoemd.

In het Devoon was 85 procent van de aarde bedekt door oceanen. In deze wateren krioelde het van de levensvormen en al die soorten voerden een strijd om het bestaan. Vóór de ontdekking

van de *Tiktaalik* gingen paleontologen ervan uit dat veel dieren vanaf halverwege tot het eind van het Devoon het vermogen ontwikkelden om ook in ondiepe wateren, moerassen en rivierbeddingen te leven. Deze dieren zouden dan ook kenmerken van zowel water- als landdieren hebben bezeten. Vandaar dat wetenschappers in stenen van een rivierdelta uit ongeveer deze periode naar fossielen van deze dieren zochten. Zulke stenen worden onder andere gevonden op Ellesmere Island, in het noordelijkste deel van Canada, boven de Poolcirkel. Tijdens het Devoon maakte het eiland deel uit van een landmassa die Laurasia wordt genoemd, en die het noordelijke deel van het supercontinent Pangaea vormde. Laurasia bestond uit Noord-Amerika, Groenland en Europa. Omdat de evenaar in die tijd door Laurasia liep, waren de omstandigheden er warm en tropisch. Dit betekende dat in de baaien en rivieren van dit continent een overvloed aan mogelijke voedselbronnen aanwezig was. Doordat ze dicht bij het water leefden konden dieren ook gemakkelijker hun lichaamstemperatuur regelen door zich in de zon te warmen.

In 2004, na vier jaar zoeken, vonden leden van een onderzoeksteam op Ellesmere Island 375 miljoen jaar oude fossielen van een dier dat anatomisch gezien een mix van vis en tetrapode was. Ze noemden dit genus (een categorie van levende organismen die hoger is dan een soort) *Tiktaalik*, wat in de taal van het Nunavut-volk dat in dit gebied inheems is 'grote zoetwatervis' betekent. De soort die ze vonden, *Tiktaalik roseae* ge-

noemd, is geen directe voorouder van de moderne tetrapoden, maar toch is de *Tiktaalik* het vroegst bekende voorbeeld van de manier waarop water-levensvormen de overgang naar een landleven kunnen hebben gemaakt.

Uit analyse van de fossielen bleek dat de *Tiktaalik* tot wel 2,7 meter lang kon zijn. Net als vissen had hij schubben en kieuwen. Hij was ook kwastvinnig (wat betekent dat zijn vinnen een web van huid waren, ondersteund door kleine botten), waardoor hij efficiënter door het water kon peddelen. Hij had ook kenmerken die vaker voorkomen bij tetrapoden, zoals dikke ribben en longen. Bovendien had de *Tiktaalik* neusgat-achtige delen, die zich bij vergelijkbare soorten misschien hebben ontwikkeld tot het middenoor. De vinnen van de *Tiktaalik* hadden sterke inwendige botten, waaruit de ledematen van de tetrapoden kunnen zijn ontstaan. Dit betekent dat de *Tiktaalik* in staat was de voorkant van zijn lijf in ondiep water op te richten. Hij kon ook prooi oppakken, omdat hij zijn krokodil-achtige hoofd opzij kon draaien zonder zijn lichaam te bewegen, iets wat vissen niet kunnen. Uit latere analyse van het fossiel bleek dat de *Tiktaalik* stevige heupen en een bekken had, waardoor zijn achterste ledematen meer kracht kregen, iets wat vaker bij tetrapoden voorkomt dan bij vissen. Hierdoor kon hij waarschijnlijk over modderbanken kruipen.

Op het land bestond een scala aan levensvormen die al miljoenen jaren op het aardoppervlak gevestigd waren. Sommige

planten hadden de overgang al gemaakt, net als bepaalde diergroepen, zoals insecten, spinachtigen en weekdieren. Deze kunnen allemaal een rijke voedselbron geweest zijn waaraan een uit het water afkomstig dier zich te goed kon doen, mocht het zich op het land kunnen aanpassen. Uiteindelijk zal de *Tiktaalik* op het land minder concurrentie hebben gehad dan in het water, waar hij het moest opnemen tegen grotere vissoorten, die soms wel meer dan zes meter lang waren. Waar het evolutionaire pad van de *Tiktaalik* eindigde, is niet bekend, want hij heeft geen levende nakomelingen. Het kan zijn dat de *Tiktaalik* zich nooit helemaal aan het leven op het land heeft aangepast, maar hij heeft wel laten zien dat een groot aantal diersoorten van verre voorouders in de oceaan afstamt.

Dickinsonia

De oudste bekende dierenfamilie, die 558 miljoen jaar geleden leefde, zijn de *Dickinsonia* – dunne, geribde, ovaalvormige levensvormen die zo'n 1,4 meter lang konden worden. Ooit werd gedacht dat dit een schimmel was, maar uit de ontdekking van cholesterol in zijn fossielen bleek dat deze soort voedsel verteerde, wat bewees dat het een dier was.

De dinosauriërs

.....

Op weinig diergroepen is zoveel aandacht, onderzoek en fascinatie gericht als op de dinosauriërs. In het Mesozoïcum, dat 252 miljoen jaar geleden begon, kwamen die reptielen overal op aarde voor. Maar 66 miljoen jaar geleden raakten de dinosauriërs grotendeels uitgestorven door een catastrofale gebeurtenis die het dierenleven op deze planeet totaal veranderde.

Mensen vinden al minstens sinds de zevende eeuw voor de christelijke jaartelling botten en fossielen van dinosaurussen. Eerst wist niemand precies wat dat waren. Misschien zagen volken uit de oertijd ze aan voor de overblijfselen van mythische schepsels zoals de griffioen, en zelfs nog in de zeventiende eeuw geloofden geleerden dat ze afkomstig waren van een ras van reuzenmensen. Daar kwam in het begin van de negentiende eeuw verandering in, toen in heel Europa en Noord-Amerika steeds meer dinosaurussen-overblijfselen werden opgegraven. Deze groep dieren had geen naam, tot de Engelse bioloog Sir Richard Owen (1804-1892) in 1842 formeel de benaming 'dinosaur' voorstelde, wat 'verschrikkelijk reptiel' betekende. Owen had botten van dinosauriërs gezien die in het zuiden van Engeland waren opgegraven. Hij had zich gerealiseerd dat deze dieren een eigen, afzonderlijke groep vormden, omdat ze van hedendaagse reptielen verschilden, met name omdat hun ledematen recht onder hun

lijf stonden, in plaats van naar buiten gespreid. Owens classificatie werd in brede kring overgenomen; zelf fungeerde hij als adviseur bij de Wereldtentoonstelling van 1851, trad op als leraar voor de koninklijke familie en speelde een centrale rol in de oprichting van het Londense Natural History Museum. In de tweede helft van de negentiende eeuw kwam er een golf van belangstelling voor onderzoek naar dinosauriërs op en dat leidde tot de 'Bone Wars': de strijd tussen de rivaliserende Amerikaanse wetenschappers Othniel Charles Marsh (1831-1899) en Edward Drinker Cope (1840-1897) wie van hen de meeste nieuwe soorten wist op te graven en te identificeren. Samen zouden ze er uiteindelijk 142 ontdekken.



Nu zijn er meer dan duizend erkende dinosaurussoorten, die op elk continent zijn aangetroffen (ook op Antarctica). Elk jaar worden er zo'n vijftig nieuwe dinosaurussoorten ontdekt, voornamelijk omdat er in de woestijnen van Argentinië, Mongolië en vooral China steeds meer opgravingen plaatsvinden. Toch hebben de wetenschappers waarschijnlijk nog maar een klein aantal (tussen de 10 en 15 procent) ontdekt van alle dinosaurussoorten die ooit hebben bestaan. Al die soorten leefden niet in dezelfde tijd, want voortdurend stierven er soorten uit of kwamen er nieuwe bij.

Zo'n 312 miljoen jaar geleden ontstonden de eerste reptielen, die waren geëvolueerd uit amfibieën. Anders dan amfibieën legden zij eieren met een harde schaal op land en ze hadden ook een hardere, geschubde huid, sterkere poten en grotere hersens. Ongeveer 240 miljoen jaar geleden verschenen de eerste dinosauriërs. De vroegste soort voor zover bekend is de voor het eerst in Tanzania ontdekte *Nyasaurus paringtoni*, die meer dan twee meter hoog was. In die tijd bevond de aarde zich in de eerste periode van het Mesozoïcum, het Trias. Alle continenten vormden samen één enkele landmassa, Pangea. De woestijnachtige omstandigheden en het warme, droge klimaat van die tijd waren ideaal voor reptielen, waardoor dinosauriërs de overheersende dierengroep werden en zich over heel Pangea verspreidden. Dinosauriërs waren zo succesvol omdat ze goed waren toegerust voor het verzamelen

van voedsel, of dat nu planten waren of andere dieren of aas.

Zo'n 201 miljoen jaar geleden kondigde een reeks zware aardbevingen het eind van het Trias en het begin van het Jura aan. Pangea scheurde in tweeën, waardoor de supercontinenten Laurasia en Gondwana ontstonden. In deze tijd stierven veel dinosaurussorten uit, maar door de grotere diversiteit aan geografische omstandigheden ontstonden er uiteindelijk toch meer soorten. Dalende temperaturen en meer regenval zorgden voor een weelderigere plantengroei, een rijke voedselbron voor de sauropoden, een familie van enorme, plantenetende dinosauriërs. Zij hadden een lange hals om voedsel uit bomen te kunnen trekken en sterke tanden om harde, vezelige planten te vermalen. Tot deze familie hoorde een subgroep, de *Titanosauriërs*, die de grootste dinosauriërs waren. De grootste daarvan was waarschijnlijk de *Argentinosaurus*, die in 1993 geïdentificeerd is. Er is geen compleet skelet gevonden, maar uit analyse van opgegraven botten blijkt dat het dier meer dan 36 meter lang was en tegen de 100.000 kilo woog. In het Jura vond ook de evolutie van de *Thyreophora* plaats, een groep herbivore dinosauriërs gekenmerkt door harde platen over hun hele lichaam; de beroemdste was de negen meter lange *Stegosaurus*, die ook een stekelige staart had om roofdieren te verjagen.

De laatste periode van het Mesozoïcum was het Krijt, dat 145 miljoen jaar geleden begon. In dat tijdperk scheurden de supercontinenten nog verder uiteen, waarmee de vorming van de he-

dendaagse continenten op aarde begon. Het gevolg was dat dinosauriërs sterker van elkaar gingen verschillen omdat ze zich aan verschillende omstandigheden moesten aanpassen. Dat gold ook voor twee van de meest iconische dinosauriërs. De eerste was de *Triceratops*, die wel 12.000 kilo kon wegen, planten at met zijn snavelachtige bek, drie horens had en een grote, kartelige kop. Die hardheid beschermde hem tegen de vleesetende *Tyrannosaurus*, die wel 12 meter lang kon worden en een gewicht van 14.000 kilo kon bereiken. De *Tyrannosaurus* verplaatste zich op zijn achterpoten, had machtige kaken met daarin zestig tanden van elk 20 centimeter lang. Het was een van de meest angst-aanjagende roofdieren die ooit op aarde hebben rondgelopen.



Paleontologische overpeinzingen

Er wordt eindeloos gediscussieerd over het doel van de anatomische kenmerken van de dinosauriërs, bijvoorbeeld over de benige uitsteeksels die de *Stegosaurus* op zijn rug heeft. Aanvankelijk dacht men dat die ter zelfverdediging dienden, maar aan het eind van de twintigste eeuw hadden wetenschappers de theorie dat die stekels een functie hadden in het regelen van de lichaamstemperatuur. Onlangs is de visie ontstaan dat de stekels zijn ontwikkeld om een partner aan te trekken.

Ongeveer 66 miljoen jaar geleden vond er een massale uitsterfing van de meeste dinosauriërsoorten plaats. Veel andere soorten stierven ook uit, waaronder de vliegende *Pterosauriërs* en grote zeereptielen zoals de *Ichtyosauriërs* en de *Pleiosauriërs*. Er zijn veel mogelijke verklaringen voor deze uitstervingsgolf: ziekte, hittegolven, extreem lage temperaturen, vulkanische activiteit, zoogdieren die dinosauruseieren opaten of zelfs röntgenstralen die de aarde troffen vanuit een ster die supernova werd. De meest gangbare verklaring was dat een asteroïde van meer dan 10 kilometer doorsnee op aarde insloeg, met snelle

klimaatverandering, enorme tsunami's, vulkaanuitbarstingen en aardbevingen als gevolg. Deze theorie werd bewezen door de vondst van iridium, dat in asteroïden voorkomt en in deze periode is afgezet. De asteroïde heeft de aarde mogelijk getroffen in de buurt van Chixulub in Mexico, in het midden van een krater die meer dan 160 kilometer breed was. Veel vissen, met name als ze in de diepzee leefden, hebben het overleefd, net als andere reptielen, zoals de krokodilachtigen, slangen en hagedissen, en ook amfibieën en zoogdieren. Na het eind van het Mesozoïcum was er nog maar één groep dinosauriërs over: de gevleugelden die later zouden evolueren tot vogels.

Haaien

.....

Vandaag de dag bestaan er meer dan 500 soorten haaien, variërend in afmetingen van de 20 centimeter lange dwerglantaarnhaai tot de enorme walvishaai, de grootste bestaande vis, die wel 19 meter lang kan worden en 14.000 kilo kan wegen. Zij verschillen in veel opzichten van de beenvissen. Het grootste verschil is dat hun skelet van kraakbeen is gemaakt, dat maar half zo dicht is als been, waardoor ze grotere afstanden kunnen zwemmen met verbruik van minder energie. Weinig dierenfamilies kunnen zo lang leven als de haai. Op grond van de