

PALEONTOLOGIE

EEN GEÏLLUSTREERDE GESCHIEDENIS

DAVID BAINBRIDGE



© 2022 David Bainbridge | uitgeverij Noordboek

Vertaling: Erick Vermeulen

Omslagontwerp en boekverzorging: Sagor

Originele uitgave: Paleontology, an Illustrated History

© Oxford University Press | Quarto Publishing, 2022

NUR: 910

ISBN: 978 90 5615 595 7

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van uitgeverij Noordboek, Postbus 234, 8400 AE Gorredijk, Nederland – info@noordboek.nl

Noordboek is onderdeel van

20 leafdesdichten en in liet fan wanhoop bv

www.noordboek.nl

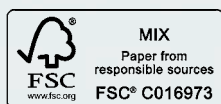
Typeset in Adobe Caslon en Gotham

Ontwerp door Blok Graphic, Londen

Beeldresearch: Sara Ayad

Printed in Singapore

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



Pagina 1: *Deinonychus* skeleton, illustratie door Robert Bakker, uit *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*, Yale University, 1969, no. 30, pag. 142.

Pagina 2: *Hypsilophodon*, illustratie door Neave Parker, 1960. Natural History Museum, Londen.

Pagina 3: John Bell Hatcher (1861–1904), *The Ceratopsia*, 1907; Schedel van *Triceratops serratus*.

INHOUD

Voorwoord: Het plezier van resten	6
Inleiding: Toen fossielen leven werden	10

Hoofdstuk 1

Organische restanten van een vroegere wereld	20
William Smith: Een gelaagde chronologie van fossielen	34
Mary Anning: 'De grootste fossielenjager die de wereld ooit heeft gekend'	52
Charles Darwin: Fossielen verzamelen in Zuid-Amerika	70

Hoofdstuk 2

Een bovennatuurlijke selectie	78
Charles Marsh en Edward Dinker Cope: De bottenoorlogen	96
Charles Knight: <i>Leaping Laelaps</i> en zijn medesterren	108
Charles Walcott: De Burgess Shale en de Cambrische explosie	118

Hoofdstuk 3

Van Indiana Jones tot de iridiumanomalie	126
Roy Chapman Andrews: Tot de verre uiteinden van de wereld	140
Roy Sprigg en Trevor Ford: Leven voor het vroege leven	154
Mary Leakey: Consuls, notenkrakers en voetafdrukken in de as	162
Luis en Walter Alvarez: Doodde een buitenaardse inslag de dinosauriërs?	178

Hoofdstuk 4

De moderne oertijd	182
Jenny Clack: Grondverovering	194
<i>King Kong</i> en <i>Jurassic Park</i> : Paleontologie en popcorn	204
Joeri Choedi: Herrijzenis van <i>Mammuthus primigenius</i>	214
Leven op aarde: Fossielen van toen de aarde jong was	228

Bronvermelding illustraties	250
Trefwoordenregister	254

VOORWOORD: HET PLEZIER VAN RESTEN

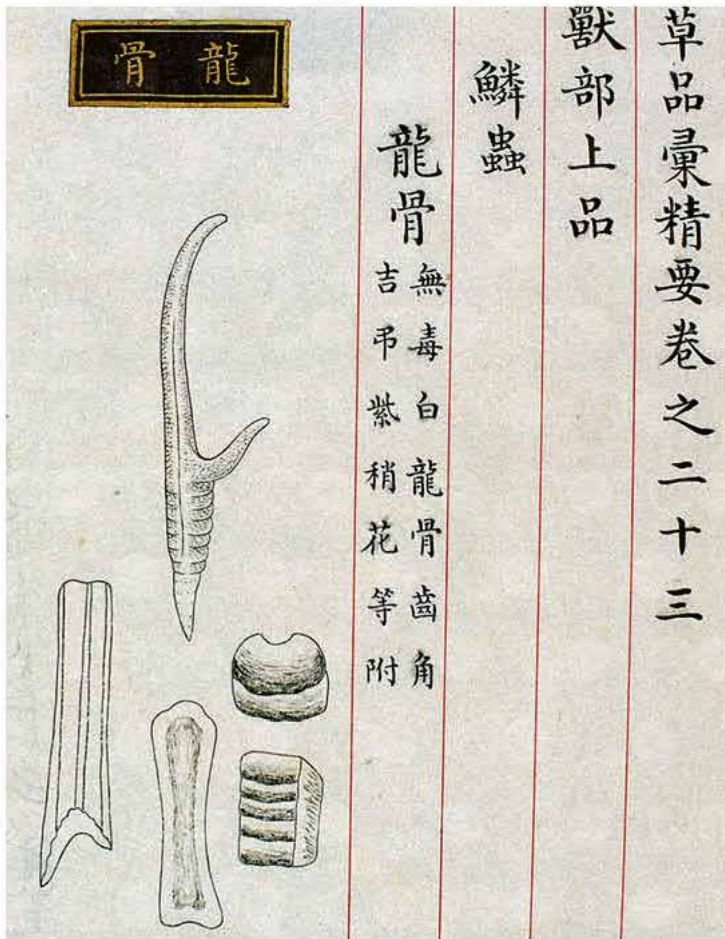
Het schrijven van deze geschiedenis van de paleontologie heeft levendige fossiel-gerelateerde herinneringen uit mijn verleden teruggebracht. Sinds mijn kindertijd was ik al gefascineerd en geïnspireerd door de fragmentarische overblijfselen van vroegere schepsels, het puin van ooit grote dierenrijken.

Elke verjaardag smeekte ik mijn ouders dat ze me zouden meenemen naar het National History Museum in Londen, in een naïever tijdperk waarin een kleine jongen kon worden losgelaten om de terracotta zalen van die Romaanse 'kathedraal van leven' te verkennen. Ik was uiteraard dol op de grote dinosaurïerskeletten, hoewel ik er me bewust van was dat sommige waren gemaakt van gips, maar het was de weinig bezochte galerij van vroegere vissen die ik me het beste kan herinneren. Nog meer dan hun spectaculaire op het land levende afstammelingen zagen de inwoners van deze galerij er intrigerend, *overweldigend* oud uit – geplette en verminkte boodschappers van een zonderling tijdperk voordat poten de aarde betraden. Vele leken timide en onschadelijk, maar sommige waren zwaar gepantserd, een aanwijzing dat er een of andere vreselijke dreiging in die dagen rondwaarde.

Een decennium later begon ik mijn opleiding diergeneeskunde en al gauw begon de structuur en de architectuur van dieren mijn aandacht te trekken. Elke

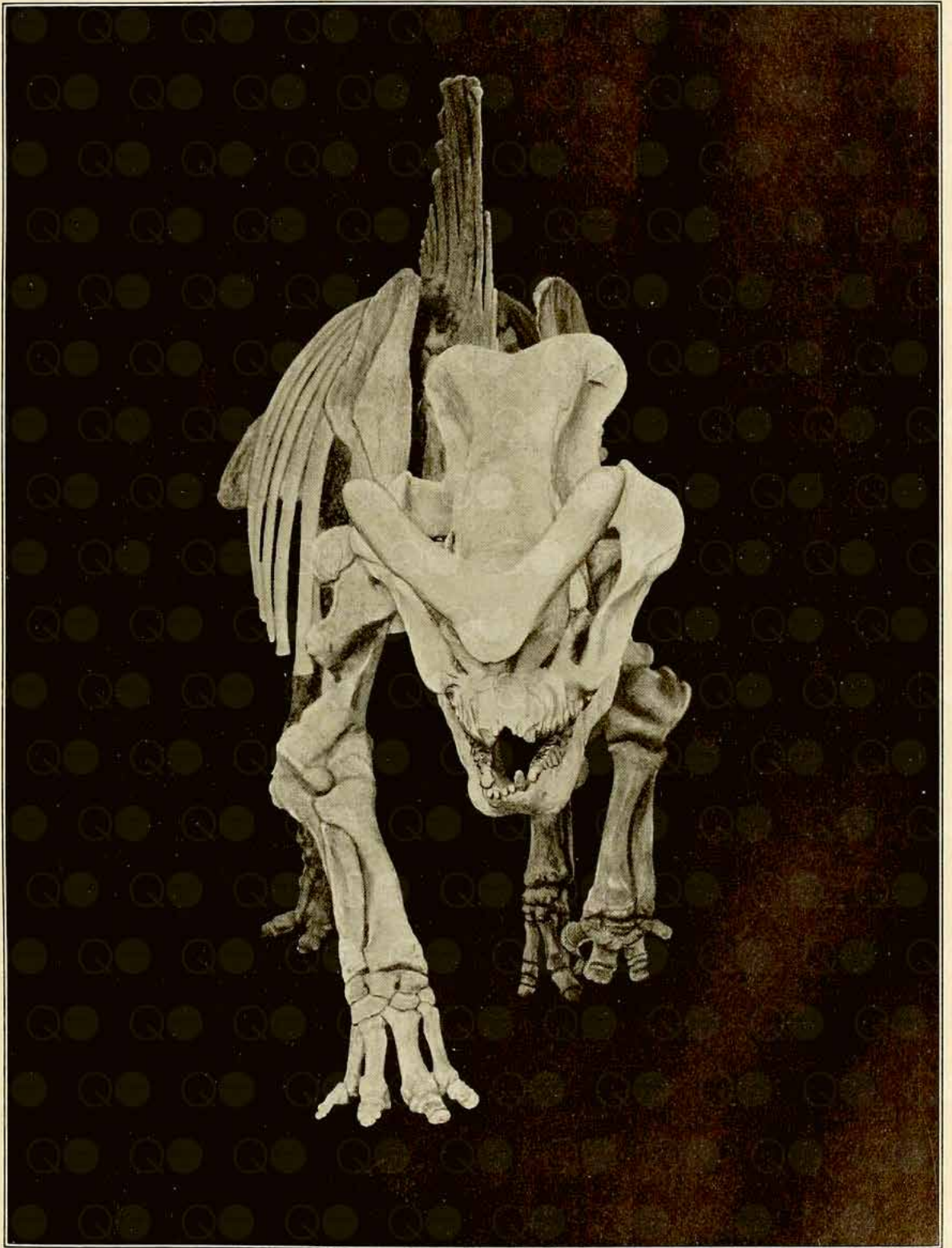
Herakles, Hesione en Ketos, het 'Trojaanse monster'; Korinthisch keramiek, zwart-figurige krater (mengvat), circa 550 v.Chr. Museum of Fine Arts, Boston.





Liu Wentai en anderen, *Bencao pinbui jingyao (Materia Medica)*, 1505; drakenbeenderen.

anatomische steun, gewricht en verdikking leek wonderbaarlijk aangepast aan de functie ervan, de levende belichaming van de natuurkunde die een vleesmachine laat werken. Ik wist dat dieren nooit als zodanig zijn 'gebouwd', maar de gedachteloze dwalingen van natuurlijke selectie hadden duidelijk constructies opgeleverd die een ingenieur zou begrijpen. Aan de universiteit kon ik een jaar lang een vakgebied naar keuze volgen en dat is waarom ik uiteindelijk een graad behaalde in de paleontologie van gewervelden en zoogdieren – en dat was toevallig een jaar waarin veel nieuwe fossielen opdoken en er veel nieuwe manieren ontstonden om over evolutie na te denken. Ik kon ook een zomer lang studeren aan Cornell University, in de staat New York, en ik zorgde ervoor dat ik tijd had voor een bezoek aan het American Museum of Natural History in New York City, waar ik tot mijn verrukking ontdekte dat de dinosauriërschedels niet van gips waren gemaakt en zo talrijk waren dat ze samen aan de muren konden worden gehangen in een reusachtige familiestamboom.

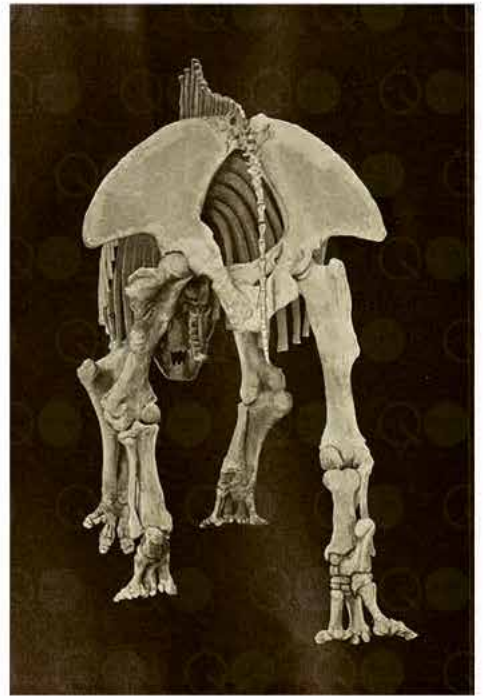


En nu, dertig jaar later, is het mijn bedoeling in dit boek om de geschiedenis van het vakgebied van de paleontologie te vertellen, een ironisch genoeg relatief jong vakgebied – misschien tweehonderd jaar oud in zijn volledig wetenschappelijke vorm. Al doende hoop ik te laten zien hoe fossielen visueel schitteren op hun antieke, ontregelende manier en dat ze ook de inspiratie vormden voor enkele schitterende afbeeldingen. Ik zal het verhaal vertellen van de ontwikkeling van het vakgebied zodat de mensen, expedities en publicaties in ongeveer de juiste chronologische volgorde verschijnen, hoewel dat betekent dat dit niet geldt voor de fossielen zelf. Ik zal echter nu en dan aandacht schenken aan een specifieke verzameling dieren die naast elkaar leefden in een of andere oude omgeving en die nu naast elkaar worden gevonden, gevangen in dezelfde klif of groeve, met een fossiele faam die ze door hun uitstekende conservering of morfologische noviteit hebben verkregen. Ook moet ik alvast toegeven dat ik de voorkeur geef aan dieren boven planten, en aan dieren met een ruggengraat boven ongewervelden, naast een meer vergeeflijke voorkeur voor het leven van de laatste 500 miljoen jaar omdat fossielen van voor die tijd enorm zeldzaam zijn.

Inderdaad, paleontologen zijn meer dan de meeste andere wetenschappers beperkt door het beschikbare materiaal. Dat ene cruciale fossiel dat noodzakelijk is voor het oplossen van een bepaald biologisch raadsel kan ergens daarbuiten in de gesteenten wachten, maar er is geen enkele garantie dat het ooit wordt gevonden. En steeds meer beseffen we dat fossiliseren een irritant onregelmatig en onbetrouwbaar proces is. De grote meerderheid van dieren fossiliseert helemaal niet, en zij die dat wel doen kunnen zijn verstrooid door stromend water of tot poeder vermalen door het rusteloze omliggende gesteente. En het verhaal van die paar fossielen die *wel* overleven hoeft niet te zijn waar het op lijkt – vroege homininenfossielen ontberen vaak vingers en tenen omdat dat lichaamsdelen zijn waarop grote katten graag kauwden, terwijl de ichtyosauriërs die ogenschijnlijk fossiliseerden tijdens het baren geen vastgelegde momenten van moederlijke vreugde weergeven, maar sterfte in het 'kraambed'.

Maar als een verhaal verteld door de ouden en de doden is de geschiedenis van de paleontologie gevarieerd en boeiend, vol met briljante, avontuurlijke en zonderlinge mensen. Misschien is er iets met het omgaan met het oude en het dode dat iemand jong en levend houdt.

David Bainbridge, Cambridge, 2021



Henry Fairfield Osborn (1857-1935), *The Titanotheres of Ancient Wyoming Dakota, and Nebraska*. U.S. Geological Survey, vol. 55, 1929; *Brontosaurus*, vooraanzicht (linkerpagina), achteraanzicht (boven).

INLEIDING: TOEN FOSSIELEN LEVEN WERDEN

oudheid tot 1800

‘O Tijd, snelle rover van geschapen dingen... hoeveel veranderingen van toestand en omstandigheden zijn er gevolgd sinds de wonderschone vorm van deze vis hier stierf?’

Leonardo da Vinci

Er gingen vele eeuwen van filosoferen voorbij voordat het concept van paleontologie als een wetenschappelijk vakgebied zelfs maar ontstond. Mensen zijn sinds prehistorische tijden gestuit op de versteende resten van vroegere dieren maar het inzicht in wat die overblijfselen werkelijk zijn vergde een pijnlijk lange tijd.

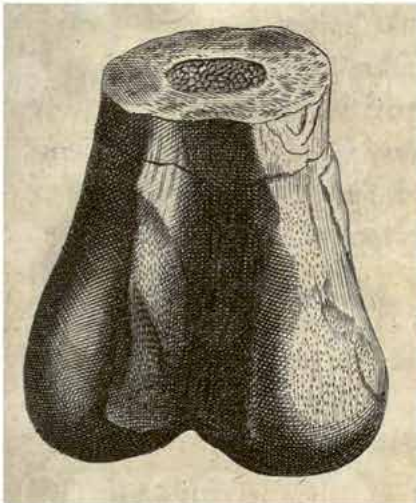
De instinctieve menselijke reactie op het vinden van restanten van overgrote schepselen, of fossiele dieren die zich ver weg bevinden van waar de moderne verwanten van die dieren nu leven, bestond er vaak in die fossielen geforceerd in te passen in de bestaande mythologieën van menselijke culturen – of mogelijk die zelfs te laten helpen bij het vormen van die mythologieën. In Japan werden fossiele haaiantanden beschouwd als bewijs voor een legendarische ‘hemelse hond’;

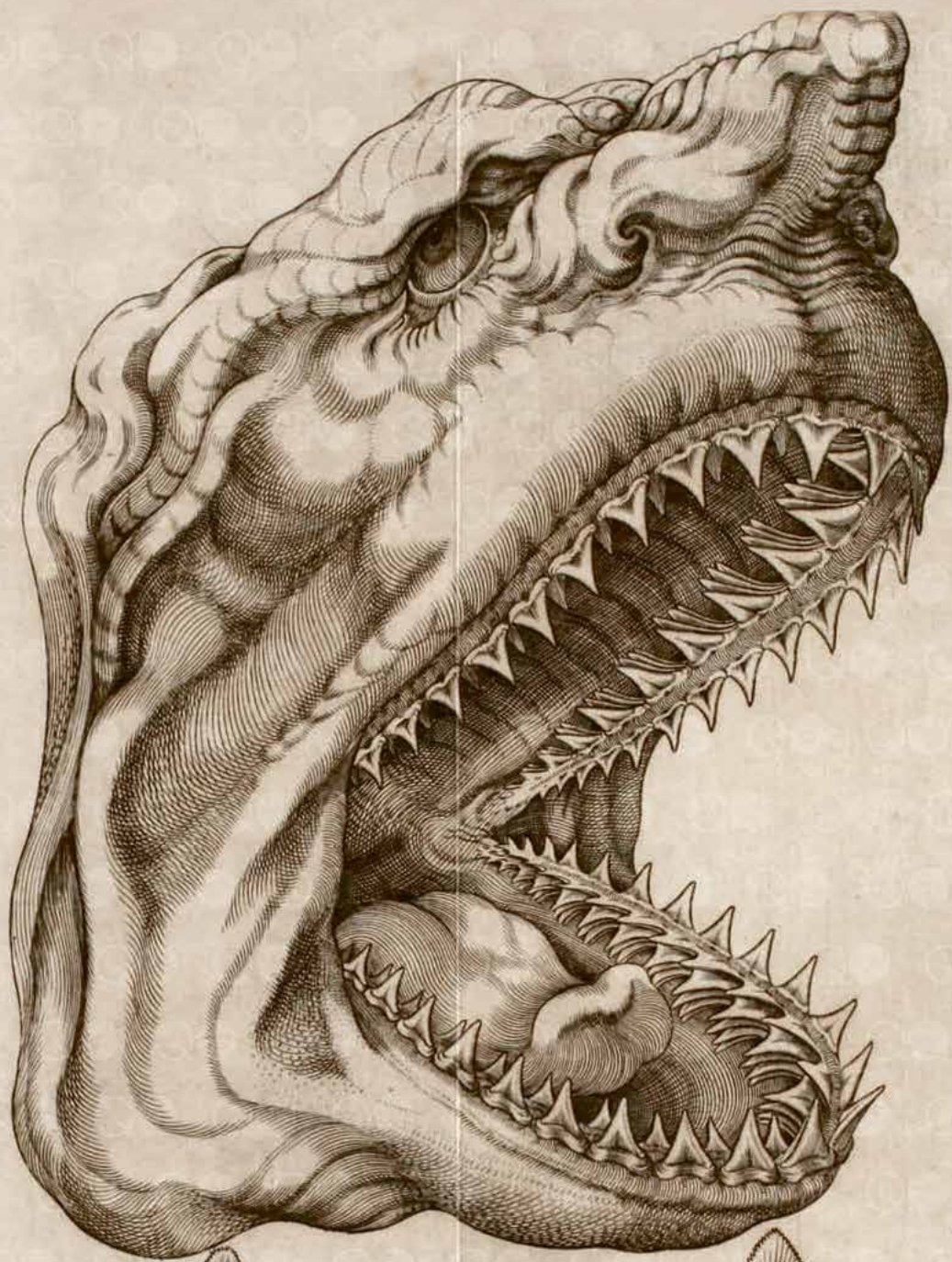
de beenderen van reusachtige oude reptielen voedden waarschijnlijk de verhalen van de indianenstammen op de Noord-Amerikaanse vlakten over de dondervogel; en in China werden fossiele beenderen vaak ‘drakenbeenderen’ genoemd (zie pag. 7) en zelfs gemalen voor gebruik in traditionele geneesmiddelen.

Fossielen kwamen volop voor in de klassieke wereld – reusachtige zoogdieren rond het bekken van de relatief recent ondergelopen Middellandse Zee, dinosauriërs die uit kliffen steken langs de handelsroutes naar Azië, en slakkenhuizen vrijwel overal, zelfs op de toppen van bergen. Er is bewijs dat de Grieken en hun intellectuele medestanders al in de zevende eeuw voor Christus fossielen verzamelden en bestudeerden. Ze vereerden die zelfs in

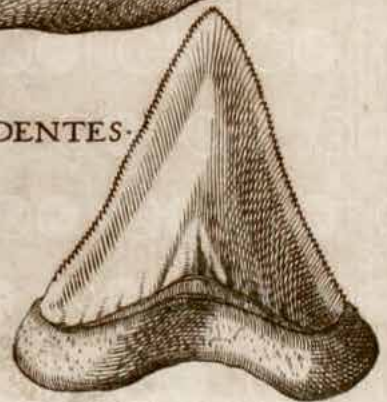
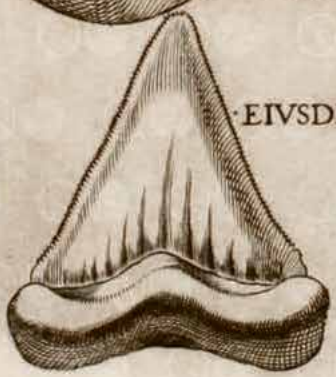
Rechterpagina: Nicolaas Steno (1638–1686), *Canis Cacharia Dissectum Caput*, 1667; Kop van een grote witte haai.

Onder: Robert Plot (1640–1696), *The Natural History of Oxford-Shire*, 1677; Distaal dijbeen van een *Megalosaurus*.





EIVSDEM LAMIAE DENTES.

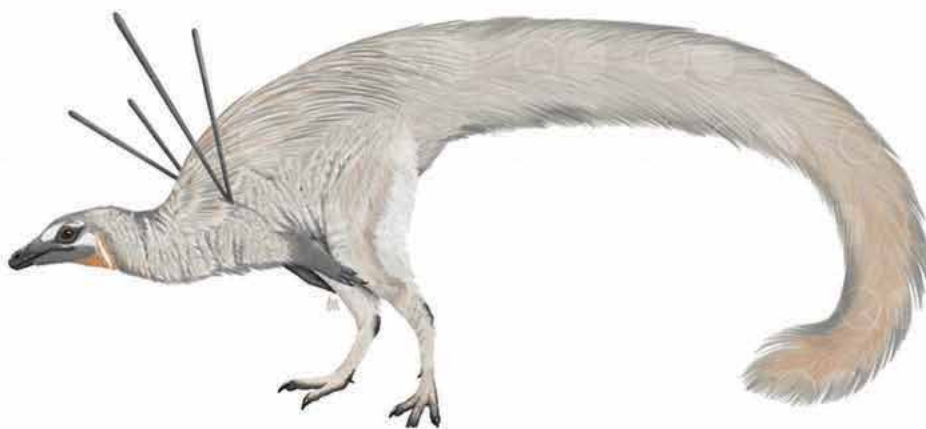


tempels, terwijl later een Romeinse keizer ze in zijn paleis uitstalde in het 'museum van monsters'. Sommige grote fossielen, vaak uitgestorven olifantensoorten, droegen waarschijnlijk bij aan de mythen van de cyclopen, het Calydonische zwijn en Geryones, de drielijvige reus. Mogelijk de vroegste overgebleven afbeelding van een fossiel is een reusachtige schedel geveerd op een keramische mengbeker die het verhaal vertelt over Ketos Troias, het Trojaanse monster (zie pag. 6). Maar niet alle klassieke interpretaties van fossielen waren mythologisch – al in 500 v.Chr. speculeerde Xenofanes dat de vreemde verdeling van fossielen zou kunnen inhouden dat de wereld, of grote delen daarvan die tegenwoordig droog land zijn, ooit door een vroegere oceaan waren bedekt.

Het idee dat de geografie van de aarde met de tijd kan veranderen, werd versterkt toen de Perzische denker Abu Raihan Biruni (973-1048) in zijn werk over India stelde dat fossiel bewijs aangaf dat het gebied ooit onder de zee had gelegen. De islamitische gouden eeuw was werkelijk cruciaal in de ontwikkeling van onze ideeën over vroeger leven – meerdere filosofen kwamen met theorieën over de veranderlijkheid van dierlijke vormen die vergelijkbaar zijn met de theorieën over evolutie en natuurlijke selectie die in de negentiende eeuw werden opgesteld. En in 1027 probeerde de Perzische wetenschapper en arts Ibn Sina (in Latijn Avicenna) de kennelijke/klaarblijkelijke steenachtigheid van fossielen te verklaren in zijn *Het boek van genezing*. Met een vooruitziende blik stelde hij dat fossielen worden gevormd wanneer de overblijfselen van dode dieren en planten worden veranderd naar steen door een 'verstenende deugd' die uit de aarde sijpelt, wellicht tijdens aardbevingen of andere, langzamere verheffingen.

Vijf eeuwen later, tijdens de renaissance, ontwikkelde de veelzijdige wetenschapper en kunstenaar Leonardo da Vinci (1452-1519) opmerkelijke inzichten in de aard van fossielen. Leonardo's liefde voor gesteenteformaties blijkt duidelijk uit zijn kunst maar hij schreef ook in zijn aantekeningen over het ontdekken van

De kleine gevederde theropode dinosauriër *Ubirajara jubatus*, in 1995 ontdekt in Brazilië. Reconstructie door Luxquine, 2020.



oude pootafdrukken, hollen, uitwerpselen en beenderen die waren opgesloten in het gesteente van de Toscaanse heuvels. Hij beschrijft dat hij op reusachtige beenderen in een grot is gestuit, walvisbotten die op grote hoogte terecht zijn gekomen, en een van zijn schetsen lijkt sterk op *Paleodictyon*, een vijfhonderd miljoen jaar oud zeshoekig gesteentepatroon, mogelijk gefossiliseerde hollen, dat paleontologen heden ten dage nog steeds voor raadsels stelt. Hij verwierp het heersende idee dat fossielen niet meer dan *lusi naturae* (spelingen van de natuur) zijn, die de aangeboren neiging van de aarde om leven uit steen te scheppen weerspiegelt, en voerde bewijs aan van parasitaire beschadiging aan fossiele schelpen die bewijst dat ze ooit springlevend waren geweest. Hij stelde zelfs voor dat het landschap om ons heen is gevormd door enorm trage en langdurige processen, met water als de primaire beeldhouwende kracht.

Niet lang daarna, in 1565, publiceerde de Zwitserse filosoof Conrad Gessner (1516-1565) een van zijn vele sleutelbijdragen aan de biologie, het werk *De Omni Rerum Fossilium*, waarin hij de sterke overeenkomsten liet zien tussen fossiele en levende krabben en zee-egels, en op zijn beurt vroeg hij zich af hoe zee-organismen in fossiele vorm zo ver weg van de zee waren geraakt.

De meest belangrijke figuur in de protopaleontologie is echter de Deen Niels Stensen (1638-1686), vooral bekend als Steno. Hij lijkt al vroeg met zijn overpeinzingen over de aarde en zijn rotsachtige dierenoverblijfselen te zijn begonnen – hij werkte eerst aan de Universiteit Leiden, in Nederland, en nadat hij daar in de buurt fossielenverzamelingen had onderzocht, schreef hij: ‘Of ze zijn daar achtergebleven na een vroegere overstroming of omdat de bedding van de zee langzaam is veranderd. Over die verandering van het oppervlak van de aarde wil ik een boek schrijven.’ Hij verhuisde al snel naar Florence waar hij de opdracht kreeg om een ‘curiositeitenkabinet’ samen te stellen voor de groothertog van Toscane. Roemrucht was de vangst in 1666 van een grote witte haai bij de kust bij Livorno; men besloot dat Steno de man was waar de afgehakte kop naartoe moest worden verstuurd. In zijn werk uit 1667, *Canis Carcharia Dissectum Caput*, stelde Steno dat de tanden van de moderne haai vrijwel identiek zijn aan de *glossopetrae* of ‘tongstenen’ waarvan al lang werd beweerd dat die uit de hemel waren gevallen. Hij maakte ook een intellectuele sprong door de opperen dat fossielen ontstaan wanneer de ‘corpuskels’ waaruit levende tanden bestaan langzaam worden vervangen door minerale ‘corpuskels’ om een stevig fossiel in vast gesteente te vormen, en vandaar de titel van een ander werk van hem uit 1667, *De Solido intra Solidum*.

Opmerkelijk is dat Steno ook een complete geologische theorie ontwikkelde om zijn vondsten te verklaren – dat het oppervlak van de aarde ophoopt door de ‘superpositie’ van gesteentelagen die zijn neergelegd in vloeibare vorm, maar dat die keurige, chronologisch gerangschikte lagen vervolgens bewogen en ontwricht

Animalium Tabula generalis.

Animalia sunt vel

- { Sanguinea, eaque vel
 - { Pulmone respirantia, corde ventriculis prædito,
 - { Duobus,
 - { Vivipara,
 - { Aquatica; Cetaceum genus.
 - { Terrestria, Quadrupedia, vel, ut Manati etiam complectamur, pilosa. Animalia hujus generis amphibia terrestribus annumeramus.
 - { Ovipara, Aves.
 - { Unico, Quadrupedia vivipara & Serpentes.
 - { Branchiis respirantia, Pisces sanguinei præter Cetaceos omnes.
- { Exanguia.
 - { Majora, quæ vel
 - { Mollia, Manducæ, Polypus, Sepia, Lolligo.
 - { Crustacea, Μαλακόςχητος, Locusta, Astacus, Cancr.
 - { Testacea, Ὀστράκωδοντα, quæ vel univalvia, vel bivalvia, vel turbinata.
 - { Minora, Infecta.

konden worden. Met andere woorden, Steno beseftte dat fossielen in gesteente zijn gevangen door wat we nu zouden aanduiden als processen van sedimentatie en eruptie, en dat ze worden ontworcht door geologische plooiing, breuken en intrusie. Ondanks zijn radicale ideeën was Steno voorzichtig en hij paste zijn theorieën in in een orthodoxe Bijbelse chronologie, en het is daarom dat hij niet door de autoriteiten werd veroordeeld. Sterker nog, Steno bekeerde zich al snel tot het katholicisme, trad toe tot een orde en werd uiteindelijk bisschop.

In de zeventiende eeuw werd het gebruik van het woord 'fossil' steeds algemener, een term die nogal vaag duidt op een ding dat 'wordt verkregen door graven.' Ook was er in 1677 de eerste beschrijving in de wetenschappelijke literatuur – in Robert Plots *The Natural History of Oxford-Shire* – van een dinosauriërfossil, hoewel dat niet als zodanig werd

John Ray (1627-1705),
*Synopsis Methodica
Animalium*, 1693;
Een algemene tabel van
dieren.

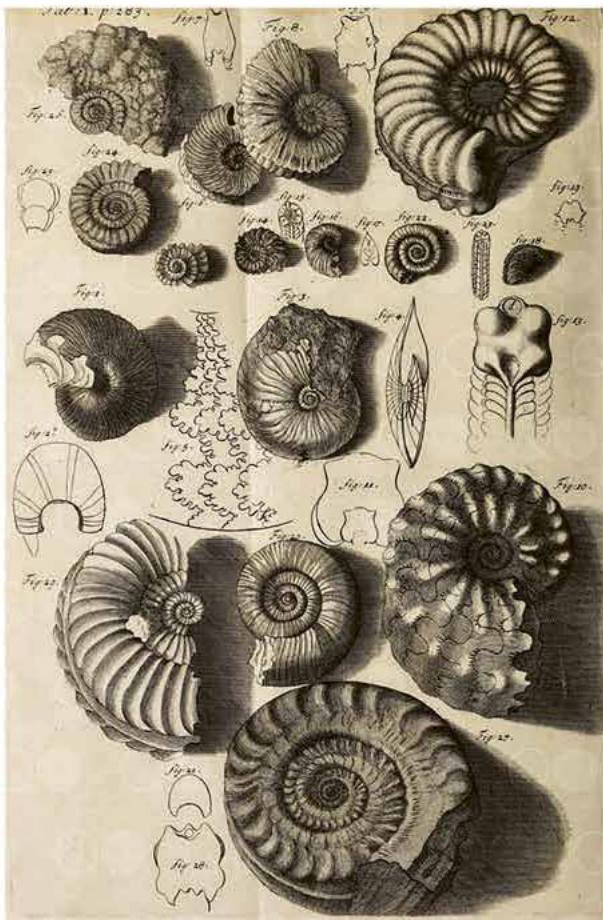
herkend. Het uiteinde van een reusachtig dijbeen was in het graafschap gevonden en Plot had het geïnterpreteerd als iets dat toebehoorde aan een Romeinse krijgsolifant of reus van Bijbels formaat. Een eeuw later inspireerden de twee knobbelige uiteinden of 'knokkels' een andere geleerde tot de naam *Scrotum humanum*, een naam die tot geluk van de dinosauriërsort recent officieel is veranderd naar *Megalosaurus bucklandi*.

Rond die tijd had de Engelse natuurvorser John Ray (16127-1705) een probleem met de Bijbelse chronologie, een christelijke orthodoxie die zelf grotendeels in de eeuw daarvoor was gefabriceerd. Hij wees erop dat veel fossielen de overblijfselen zijn van dieren die leefden in oerzeeën waar nu land is, boven de golven verheven door 'onderaardse vuren en winden'. Hij beweerde ook dat de Bijbelse zondvloed geen mariene fossielen langs berghellingen omhoog kon spoelen. In tegenstelling tot Ray beweerde zijn tijdgenoot Robert Hooke (1635-1703), de Curator van Experimenten aan de nieuw gevormde Royal Society, dat de meeste fossielen dierentypen voorstelden die nu waren uitgestorven – 'tekenen van oudheid' noemde hij ze. Hij bestudeerde ammonieten, krabben, slakken en zoogdier-

tanden en in zijn *Micrographia* uit 1665 beschreef hij versteend hout, waarvan hij beweerde dat het was gevormd door ‘verstenend’ water dat mineralen door dood weefsel liet sijpelen.

De laatste grote figuur in dit korte proto-paleontologische overzicht is de Schotse boer, natuurvorser en geoloog James Hutton (1726-1797), de denker die het meest verantwoordelijk is voor onze moderne kijk op de wereld als een enorm oude maar voortdurend veranderende plek. Schotland is de ideale plek voor een geoloog en er zijn maar weinig plekken op aarde met zo’n uiteenlopend scala aan geologische vormen in zo’n klein gebied. Hutton was vooral geïnteresseerd in de abrupte grenzen die hij in de aardkorst waarnam waar rotslagen van verschillende typen, ordeningen of richtingen elkaar ontmoeten. Het was duidelijk voor Hutton dat dit verschijnsel er niet op wees dat de aarde was gevormd tijdens een samenhangende gebeurtenis en daarna voor altijd onveranderd bleef. In plaats daarvan stelde hij voor dat de schijnbaar onveranderlijke gesteenten waarop we staan voortdurend worden geschapen en vernietigd tijdens een ‘grote geologische kringloop’ van eruptie, erosie en sedimentatie, gevolgd door plooiën en kantelen – langzame maar enorme processen gedreven door onderaardse warmte. In zijn *Theory of the Earth* uit 1788 vergeleek hij dat voortdurende veranderende karakter van de aarde met zijn hypothese dat de *processen* die deze verandering voortdrijven vanaf de oorsprong van de planeet tot op heden in wezen hetzelfde zijn gebleven.

Dit ‘uniformitarianisme’ is een centraal basisprincipe van de geologie en paleontologie geworden, en inderdaad de subtekst voor alle moderne wetenschap. Het heelal verandert maar de processen daarin niet. Het begon bij velen te dagen dat de aarde in feite onvoorstelbaar oud is, maar een nuttige chronologie van vroeger leven in de gelaagde gesteenten heeft vastgelegd. En in het eerste hoofdstuk zullen we zien hoe dit besef van een enorme oertijd, de tijd ook waarin dieren vormen kunnen veranderen, samenviel met het eerste grote tijdperk van de ontdekking van de versteende overblijfselen van die dieren.



**Robert Hooke (1635-1703),
Posthumous Works, 1705;
Slangenstenen of ammonieten.**



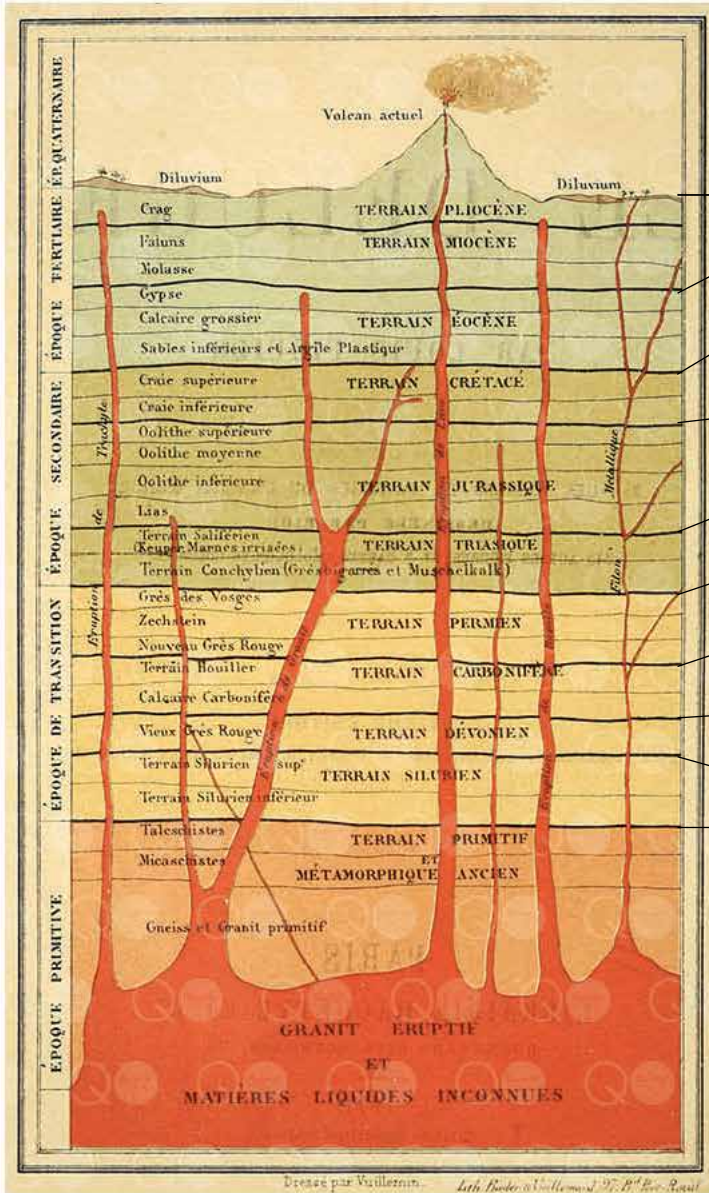
Boven: Barnum Brown en zijn gravers tillen het ingepakte heiligbeen van een *Tyrannosaurus rex* op, Hell Creek, Montana, 1908.

Rechterpagina: Louis Figuier (1819-1894) *La Terre Avant le Déluge*, 1871; Stratigrafisch diagram gecombineerd met gegevens uit de *Interactive International Chronostratigraphic Chart* (2020) van de International Commission of Stratigraphy.

Ter naslag tijdens het lezen van dit boek staat hier een overzicht van een laat-negentiende-eeuws stratigrafisch diagram tegenover het moderne, internationaal geaccepteerde geologische chronologische systeem. Tegen 1871 werd algemeen geaccepteerd dat de aardkorst bestaat uit gesteentelagen die met de tijd waren afgezet, met de meer oude sedimenten op grotere diepte – hoewel die keurige ordening vaak verstoord en beschadigd is door erosie, vervorming of eruptie. In dit diagram zijn alle geologische ‘perioden’ afgezien van de alleroudste en modernste, aangeduid zoals dat tegenwoordig zou zijn, hoewel met verschillende relatieve tijdsduren. De onlosmakelijke verbindingen tussen geologische wetenschap en zoölogie blijken uit het feit dat de grote stratigrafische ‘tijdperken’ nu worden aangeduid als paleozoïcum, mesozoïcum en kaenozoïcum: ‘oud leven’, ‘middenleven’ en ‘nieuw leven’.

Hoewel er in dit boek geologische tijdperken worden genoemd, worden leeftijden aangegeven in ‘miljoenen jaren,’ om vergelijken gemakkelijker te maken. De aarde is ongeveer 4500 miljoen jaar oud; meercellige fossielen dateren vanaf ongeveer 600 miljoen jaar geleden; de niet-vliegende dinosauriërs stierven 66 miljoen jaar geleden uit; en van mensen wordt gedacht dat hun afstammingslijn zich ongeveer 6 miljoen jaar geleden afsplitste van die van de chimpansees.

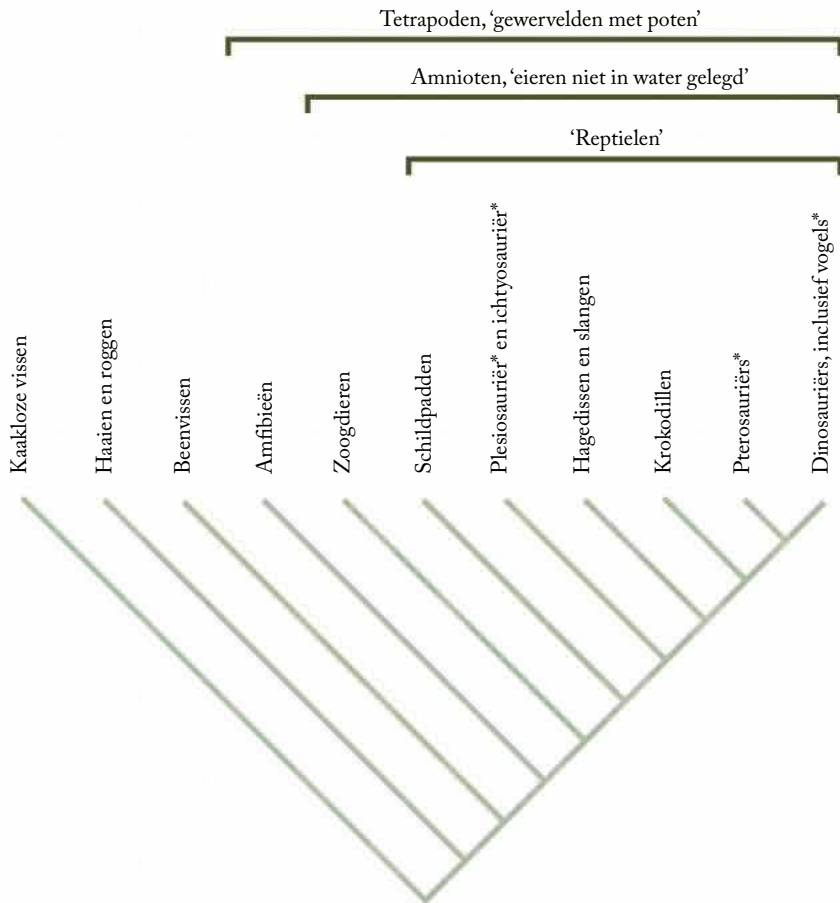
Alle getallen geven miljoenen jaren geleden aan



Neogeen (Miocen, Pliocen) Kwartair (Pleistocen, Holoceen)

	2.6	KALENO-ZOÏCUM
Paleogeen (Paleocen, Eocen, Oligocen)	23	
Krijt	66	
Jura	145	MESOZOÏCUM
Trias	201	
Perm	252	
Carboon	299	PALEOZOÏCUM
Devoon	359	
Siluur	419	
Ordovicium	444	
Cambrium	485	
	541	

Ouderdom van de aarde
Ongeveer 4500



Boven: Illustratie van de auteur; een boomgrafiek van voorgestelde verbanden tussen sommige geselecteerde groepen gewervelden, met asterisken die uitgestorven vormen aangeven.

Groepen verbonden door kortere takken zijn nauwer verwant – ze splitsen zich pas recent – dan diegene verbonden met langere takken. Al dit soort boomgrafieken zijn noodzakelijkerwijs voorlopig, met name de relaties tussen plesiosauriërs, ichtyosauriërs en schildpadden blijven omstreden.

Rechterpagina: Charles Willson Peale (1741-1827), *The Artist in His Museum*, 1822, Pennsylvania Academy of Fine Arts.