

DE  
LAATSTE LENTE  
VAN DE  
DINOSAURIËRS

DE DINOSAURUS, VAN UITSTERVING  
TOT ONTDEKKING

MELANIE DURING

HarperCollins



Voor het papieren boek is papier gebruikt dat onafhankelijk is gecertificeerd door FSC® om verantwoord bosbeheer te waarborgen.  
Kijk voor meer informatie op [www.harpercollins.co.uk/green](http://www.harpercollins.co.uk/green).

HarperCollins is een imprint van Uitgeverij HarperCollins Holland, Amsterdam.

Copyright © 2023 Melanie During  
Omslagontwerp: Villa Grafica  
Omslagbeeld: © Shutterstock  
Auteursfoto links: © Naturalis / Anne Schulp  
Auteursfoto rechts: © Frank Ruiters  
Zetwerk: Mat-Zet B.V., Huizen  
Druk: ScandBook UAB, Lithuania, met gebruik van 100% groene stroom

ISBN 978 94 027 1279 7  
ISBN 978 94 027 6884 8 (e-book)  
NUR 600  
Eerste druk september 2023

HarperCollins Holland is een divisie van Harlequin Enterprises ULC.  
\* en ™ zijn handelsmerken die eigendom zijn van en gebruikt worden door de eigenaar van het handelsmerk en/of de licentienemer. Handelsmerken met ® zijn geregistreerd bij het United States Patent & Trademark Office en/of in andere landen.

[www.harpercollins.nl](http://www.harpercollins.nl)

Niets uit deze uitgave mag openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, internet of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Het e-book is beveiligd met zichtbare en onzichtbare watermerken en mag niet worden gekopieerd en/of verspreid.

# Inhoud

Voorwoord 7

1. Wat, waar, wanneer? 13
2. Lang leve de dinosauriërs 40
3. Geschiedenis van de paleontologie 104
4. Uitgestorven, maar hoe? 170
5. Eén verschrikkelijke dag 191
6. De laatste lente van de dinosauriërs 239
7. De nasleep 257
8. Wat als? 276

Dankwoord 285

Verder lezen 287

Afbeeldingen 289

Literatuurlijst 293

Websites 302

# Voorwoord

*T. rex*, de onbetwiste koning van het Krijt, en *Diplodocus*, de majestueuze reus uit het Jura-tijdperk. *Ankylosaurus* met zijn kenmerkende pantser van botplaten en zijn enorme knots aan de staart en de snelle *Velociraptor* ‘clever girl’. Op school wordt er vaak niet veel over dinosauriërs gesproken, maar toch ken je ze. Hoe is het mogelijk dat we zo veel weten over deze prehistorische giganten? Veel van deze kennis komt tegenwoordig de woonkamer binnen via de televisie, maar is dat allemaal wel correct? Want tussen de *Stegosaurus* en de *Triceratops* zat meer tijd dan tussen de *Triceratops* en de maanlanding. Er wordt pas 200 jaar onderzoek gedaan naar de fossiele botten van deze enorme reptielen, maar we worden er steeds beter in om te reconstrueren hoe deze beesten leefden en stierven. Heb je ooit nagedacht over de bijzondere weg die een dinosaurus moet afleggen om een versteend fossiel te worden? Dit boek bevat niet alleen de geschiedenis van de majestueuse dieren die ooit op aarde hebben rondgelopen, maar ook mijn avonturen als paleontoloog.

Hoe ik paleontoloog ben geworden is misschien niet het meest voor de hand liggende verhaal. Ik werd als kind niet blootgesteld aan *Jurassic Park* – ik was nog geen 4 jaar oud toen de film uitkwam. Ook namen mijn ouders mij niet mee naar Naturalis, of op jacht naar fossielen. Het is eigenlijk gewoon stom toeval geweest.

Als ik eerlijk ben, heb ik niet de leukste jeugd gehad. Mijn ouders gingen door een vechtscheiding en mijn zussen en ik woonden het grootste deel van de tijd bij mijn moeder. Dat weerhield mijn vader

er echter niet van om haar het leven zuur te maken. Ik was arm, ging niet veel op vakantie en als we dat wel deden was het nooit ver. Ik droeg kleding van de kringloopwinkel of die gedoneerd was. Ik werd gepest, uitgesloten van feestjes en uitgelachen op school. Zo lang als ik mij kan herinneren, hoorde ik er niet bij. Ik was die rare snuiter, en die afwijzing heeft mij echt gevormd.

Dit zou natuurlijk het begin kunnen zijn van een verschrikkelijk verhaal van ontbering, pijn, verdriet en een verschrikkelijk leven, maar dat is niet het geval, dus leg het boek niet weg. Want weet je, ik weigerde mijn lot te accepteren. Ik was anders – dat was duidelijk – en ik zou er nooit echt bij horen. Maar ik wilde er helemaal niet bij horen. Ik wilde niet horen bij de massa die dacht dat je gelukkig kon worden door erbij te horen en door gewoon hard te werken aan een gewone, saaie baan. Ik had het anders zijn omarmd en eigenlijk was ik heel blij dat ik anders was.

Als kind had ik al een onweerstaanbare drang om de wereld om me heen te begrijpen. Op een dag, onderweg naar school, stuitte ik op heel vreemde schelpjes. Er was net een verse lading op het schelpenpad in het park gestort, en ik was gefascineerd door hun verbluffende vormen en de gedachte dat ze ooit deel uitmaakten van levende wezens. Ik begon deze schatten gretig te verzamelen en ontdekte al snel dat deze schelpjes mijn eerste kennismaking waren met fossielen. Ze openden een poort naar een ver verleden, naar een wereld van uitgestorven wezens die onze aarde ooit hebben bewoond. Mijn verzameling groeide gestaag en ik verzwoeg elk boek over fossielen dat ik kon vinden. Deze vroege ontdekkings-tocht heeft mijn pad onherroepelijk beïnvloed met een ontombare passie voor paleontologie.

Mijn fascinatie voor uitgestorven dieren en de aarde leidde me naar de studie aardwetenschappen, waarbij ik me al snel realiseerde dat elk onderzoeksproject over fossielen een onweerstaanbare aantrekkingskracht op me had. De gedachte aan fossielen, soms honderden miljoenen jaren oud, vervulde me met verwondering en opende een vat aan onbeantwoorde vragen.

Tijdens mijn bachelor- en masterjaren richtte ik me volledig op het onderzoeken van enkele van de volgende vragen. Welke reptielen zwierven er bijvoorbeeld door de Muschelkalk-waddenzone van Winterswijk? En hoe zag het ecosysteem er toen uit? Mijn onderzoeksprojecten brachten me naar verschillende landen, waar ik deelnam aan opgravingen van mariene reptielen en dinosauriërs. Terwijl ik me richtte op het afronden van een onderzoeksproject, kreeg ik de kans om een presentatie van Jan Smit bij te wonen. Jan Smit, een emeritus hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam, is dé Nederlandse expert op het gebied van de meteorietinslag die de dinosauriërs deed uitsterven. In zijn presentatie deelde hij al zijn ontdekkingen van de afgelopen 50 jaar. Maar het was zijn introductie van de Tanis-locatie die mijn hart sneller deed kloppen. Dit is overigens niet de Egyptische plaats Tanis, die voorkomt in de Indiana Jones-film *Raiders of the Lost Ark*, maar daar was het wel naar vernoemd. Een jonge onderzoeker uit de VS had Jan gevraagd om te verifiëren wat hij dacht dat een tsunamiachtige afzetting was in North Dakota, die vol zat met visfossielen die allemaal levend begraven leken te zijn. Terwijl ik ademloos luisterde, voelde ik een plotselinge opwindning door me heen gieren. Ik móést deze vissen bestuderen. Zonder aarzeling pakte ik mijn telefoon en stuurde ik meteen een e-mail, waarin ik vroeg of ik deze vissen mocht onderzoeken. Waarom juist deze vissen mij zo fascineerden? Daar kom ik later uitgebreid op terug, maar dat mijn wereld veel mensen interesseert, dat is duidelijk.

Sinds ik het pad van paleontologie in ben geslagen merk ik dat mensen vooral vragen hebben over dinosauriërs. De beveiliging op de VU, die aanvankelijk elke dag om sluitingstijd kwam vertellen dat het tijd was om naar huis te gaan, kwam uiteindelijk elke dag wel met een andere dinosaurusvraag. Mijn burens in Amsterdam-Noord, die wilden weten waarom ik een struisvogel had ontleed in de achtertuin – ‘Hoe bedoel je: dat is een dinosaurus?’ Basisscholen die vroegen of ik op één dag acht lezingen kon komen geven, elk halfuur voor een andere klas – een verzoek dat ik met een collega

samen wél aandurfde, maar dat voor mij alleen veel te zwaar zou zijn geweest.

Mensen zijn gewoon eindeloos gefascineerd door dinosauriërs. Soms denk ik dat dit ten dele komt doordat ze er zo weinig over leren op school. De schoolboeken die in Nederland geproduceerd worden zijn namelijk voor alle scholen, en sommige scholen willen om ideologische redenen geen boeken met de evolutietheorie of dinosauriërs erin – straks ontdekken de kindjes nog dat de aarde niet in zeven dagen is gemaakt. Aangezien het te veel werk is om allerlei verschillende schoolboeken te maken, werd daarom vaak de keuze gemaakt om het dan maar weg te laten. Als consequentie is paleontologie daarom in Nederland een soort tv-wetenschap geworden. Op Discovery Channel worden dinosauriërs afgebeeld in een wereld die op de onze lijkt en in *Jurassic Park* of *Jurassic World* lijken ze zelfs samen met ons te leven. Hierdoor kan iedereen zich iets voorstellen bij deze prehistorische giganten en de interesse lijkt alleen maar toe te nemen. Tegenwoordig mag ik zelf daarom ook weleens op tv vertellen over dinosauriërs.

En op een dag, ongeveer drie weken nadat mijn zoon was geboren, kreeg ik een mailtje van Lianne Mathijssen van HarperCollins Holland. Of ik niet een boek wilde schrijven. In mijn wilde enthousiasme zei ik ja, maar het slaapgebrek en tijdgebrek haalden mij al snel in en ik vroeg of ze een jaar later bij mij terug wilde komen – en dat deed ze. En nu, nu is het af. Na anderhalf jaar bloed, zweet en tranen en heel weinig slaap.

In dit boek ga ik in op hoe de aarde in 4,6 miljard jaar is veranderd. Hoe de continenten zijn verplaatst en werden bewoond door de prehistorische hoofdrolspelers van dit boek. Welke verschillende groepen dinosauriërs er allemaal waren en welke er zijn uitgestorven. Wanneer raakten mensen voor het eerst geïnteresseerd in dinosauriërs? Wanneer ontdekten we ze? Wacht, begrepen ze eigenlijk wel dat het dinosauriërs waren? Pas in 1842 kreeg deze groep giganten een naam, wat dacht men daarvoor eigenlijk dat het voor beesten waren?

Met dit boek hoop ik dat ik de fascinatie voor uitgestorven dieren en onze wonderlijke planeet kan delen. Ik hoop dat je kunt genieten van mijn avonturen als paleontoloog en dat je geïnspireerd raakt door de wereld om ons heen. Blijf die altijd met nieuwsgierigheid en bewondering verkennen. Hopelijk moedigt dit boek je aan om je eigen pad te volgen, je eigen passies na te streven en de schoonheid van de natuur te omarmen. Want in een wereld vol mysteries en fossielen die fluisteren over een ver verleden, liggen er nog talloze avonturen en ontdekkingen op ons te wachten.

Melanie



## Hoofdstuk I

# Wat, waar, wanneer?

Fossielen zijn de versteende overblijfselen van planten of dieren die soms wel honderden miljoenen jaren oud zijn. Maar het is eigenlijk heel zeldzaam dat een organisme daadwerkelijk een fossiel wordt. Om te fossiliseren, oftewel tot steen te transformeren, moet een organisme harde delen hebben. Dat is de reden waarom beestjes met zachte lichamen, zoals octopussen of insecten, zeer zeldzaam zijn in het fossielenbestand. Een veel groter probleem is dat veel dieren worden opgegeten (predatie) en ook veel overblijfselen worden opgegeten. Hyena's, bijvoorbeeld, eten zelfs de botten van een dode giraf die op de grond ligt in het Kruger National Park in Zuid-Afrika. De brandende zon zal de weinige delen die overblijven bovendien uitdrogen en tot stof terugbrengen. Binnen enkele jaren is de giraf in zijn geheel verdwenen. Of een paradijsvogel, in het tropisch regenwoud van Indonesië, sterft en valt neer op de bosbodem. Alles, van duizendpoten tot microben, doet zich te goed aan het lijkje en er blijft niets van over. Predatie en ontbinding sluiten fossilisatie over het algemeen uit. Dit betekent dat er relatief weinig fossielen worden gevonden van dieren die in woestijnen, regenwouden of op de steppen leefden.

### **Hoe word je een fossiel?**

Stel, ik heb een dinosaurusfossiel om te onderzoeken. Wat is er nodig geweest voor dit fossiel om bewaard te zijn gebleven? Wat is er miljoenen jaren geleden gebeurd om ervoor te zorgen dat ik mij er nu over kan buigen om het te bestuderen? Wat is ervoor nodig om

te fossiliseren? Stel, je wilt de onderzoekers van de toekomst inspireren. Je wilt dat je lichaam zo goed mogelijk bewaard blijft en over tientallen tot honderden miljoenen jaren ontdekt wordt. Dan heb je geluk. Hier is namelijk mijn vierstapsgids om een fossiel te worden.

1. Sterf in de buurt van sedimentrijk water. Denk aan een getijdengebied zoals de Waddenzee, of de oever van een meanderende rivier. Of kom om in de buurt van een instortende duin in een woestijn, een modderstroom of een lawine. Probeer al gedeeltelijk onder water te zijn op het moment van overlijden. Als je echt volledige controle wilt en wilt wachten tot jouw tijd echt komt, zak dan langzaam weg in de kleiachtige bodem van de Zwarte Zee. Of laat je ergens invriezen in permafrost. Dit laatste kan wel wat lastiger zijn, omdat het meeste daarvan momenteel smelt en dit kan betekenen dat je niet al te lang bewaard blijft.

2. Laat je snel en diep begraven. Bij voorkeur moet de sedimentatiesnelheid enkele centimeters per jaar zijn. Dit betekent dat er enkele centimeters klei, modder of zand per jaar boven op jouw lichaam worden gelegd. Hoe sneller dit gaat, hoe sneller je volledig bent bedekt. En hoe sneller je begraven bent, hoe kleiner de kans dat iemand je vindt, de politie belt en je in een kist laat leggen waar je tot stof vergaat – of erger nog, gecremeerd wordt. Maar ook als we deze menselijke analogie buiten beschouwing laten, betekent snel begraven worden dat je niet opgegeten zult worden door grote en kleine organismen (van hyena's tot bacteriën).

3. Word weer opgeheven. Als je als fossiel gevonden wilt worden, moet je weer aan de oppervlakte komen. De gesteentelaag waarin je begraven bent zal weer omhoog moeten komen. Dit kan gebeuren door plaattektoniek. Alle continenten bestaan uit één of meerdere platen en die bewegen. Zo ontstaan bijvoorbeeld ook bergen. En als gesteenten worden opgetild, dan eroderen ze meer. Wind, water en/of ijs schuurt de bovenste lagen weg tot je uiteindelijk, hopelijk op een dag, wordt blootgelegd.

4. Word gevonden. Dit klinkt misschien makkelijk, maar wij paleontologen brengen de meeste tijd door achter onze computers. We hebben steeds minder tijd om in het veld te zijn en we gaan meestal naar een plaats waarvan we weten dat we er waarschijnlijk iets kunnen vinden. Locatie is alles. Als je wordt blootgelegd op de top van een bergketen zoals de Himalaya, dan is de kans groot dat niemand de moeite zal nemen je naar beneden te dragen. Of als je naar boven komt in een gebied als de Gobiwoestijn, dan kun je tot stof veranderen door de zon voordat iemand de kans krijgt je te vinden. En er is nog een belangrijke factor: als een willekeurig persoon je vindt, weten ze dan wat ze moeten doen? Boeren in bijvoorbeeld Noord-Amerika die over een uitstekend bot in de prairie struikelen weten gelukkig meestal wel dat ze een paleontoloog moeten bellen.

Het is dus vrij zeldzaam dat iets fossiliseert en dan ook nog gevonden en bestudeerd wordt. Wij paleontologen hebben dan ook vaak slechts een handvol fossielen die we gebruiken om grote delen van de geschiedenis van het leven op aarde te verklaren. Dit maakt ons werk niet erg makkelijk, en vaak kan de vondst van een enkel nieuw fossiel onze theorieën volledig overhoophalen. Wat we weten over de dinosauriërs en hun tijd op aarde is dus gebaseerd op de weinige fossielen die we van ze gevonden hebben. Wat er nu volgt is wat we denken te weten – wat de wetenschappelijke consensus is over de tijd waarin ze leefden en hoe de aarde er toentertijd uitzag.

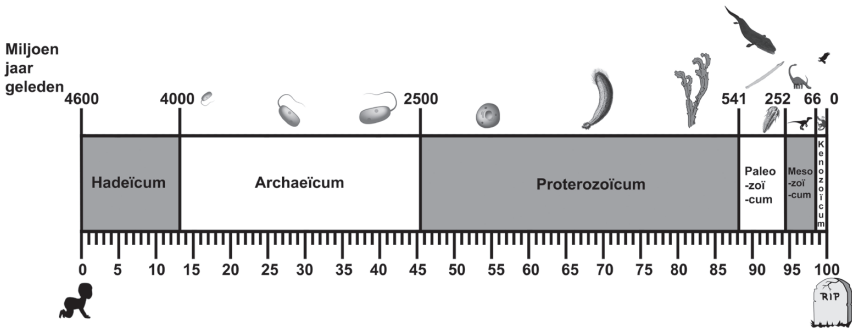
## Tijd

Tijd is een lastig concept. Uiteraard bedoel ik niet tijd zoals we het zelf ervaren. Wij weten hoelang een uur, een week of een jaar duurt en daar hebben we allemaal een idee bij. Maar hoelang duurt een miljoen jaar? Of een miljard jaar? Dat is zo groot dat het abstract wordt, en het lastig wordt om je er iets bij voor te stellen.

Laten we bij het begin beginnen zoals we het vandaag de dag kennen. Tijd begon ongeveer 13,8 miljard jaar geleden. Een extreem klein puntje in de ruimte met een extreem hoge dichtheid

‘explodeerde’ met de ‘oerknal’ en begon uit te breiden. Deze uitbreiding is nooit opgehouden; de ruimte is nog steeds bezig groter te worden. Dat is bijna niet te bevatten, maar in ons leven merken wij er dan ook bijna niets van. Ongeveer 100 miljoen jaar na de oerknal kregen we de eerste sterren en bijna een miljard jaar later de eerste sterrenstelsels. De Melkweg is een voorbeeld van een sterrenstelsel – ‘ons’ sterrenstelsel. Laten we nu meteen maar even de grootste stap in de tijd nemen. Ongeveer 4,6 miljard jaar geleden vormde ons zonnestelsel zich. De zon en onze planeetbuurtjes eromheen kwamen tot stand uit een dichte wolk sterrenstof en gas, waarschijnlijk het resultaat van een supernova – een gigantische exploderende ster – in de buurt. Door de zwaartekracht klonterde die stof en dit gas samen en hoe groter het werd, hoe meer materiaal het aantrok. De zwaarste elementen bleven bij het centrum van dit sterrenstelsel en de lichtste reisden veel verder: Mercurius, Venus, de aarde en Mars zijn de stenen planeten. Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus zijn de gasreuzen. Tussen Jupiter en Mars ontstond een planetoidengordel van rotsblokjes die de hele tijd uit elkaar getrokken worden en niet kunnen samenklonteren. Die brokstukken knallen weleens tegen elkaar aan en soms wordt er eentje in de richting van een andere planeet gestuurd, waar het als een meteoriet inslaat. Na Neptunus hebben we geen planeten meer, omdat de zwaartekracht daar niet sterk genoeg meer is om ze tot de grootte van een planeet te laten samenklonteren. Pluto is zodoende ook geen planeet, maar een dwergplaneetje en onderdeel van een hele hoop ruimtepuin dat de buitenkant van ons zonnestelsel vormt.

Onze blauwe knikker is net zo oud als het zonnestelsel. Een voorstelling vormen bij 4,6 miljard jaar is bijna niet te doen. Het is lang, het is echt heel erg lang. Laten we het daarom voor het gemak even vertalen naar iets wat we wel kunnen meten. We spreken af dat deze 4.600.000.000 jaar gelijkstaan aan de duur van een mensenleven, jouw leven. Voor het gemak heb ik even besloten dat je precies 100 jaar oud gaat worden.



### De geschiedenis van de aarde vergeleken met een mensenleven van 100 jaar.

Jouw geboorte trekken we gelijk aan de vorming van de aarde, toen die nog een vloeibare bal magma was. Tegen de tijd dat je 2 jaar oud was stelde de buitenkant van de aarde tot een harde korst. De aarde kreeg vloeibaar water toen je net iets ouder was dan 4. Vanaf je 17<sup>e</sup> verschenen de eerste eencellige levensvormen, of prokaryoten. Het is nog erg lastig om te reconstrueren waar deze eencelligen precies vandaan kwamen. Vervolgens gebeurde er bijna 40 jaar lang heel erg weinig, eencelligen doen immers niet veel.

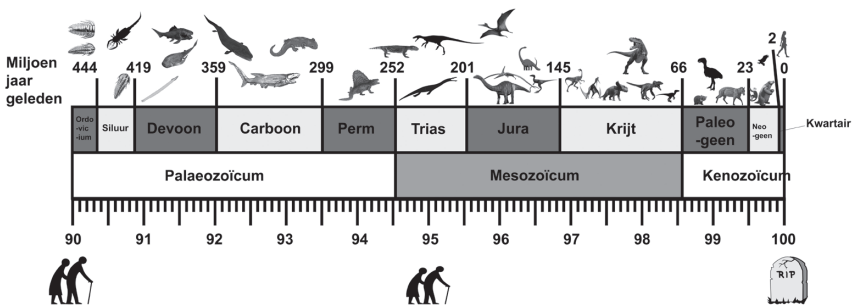
Rond de tijd dat je 56,5 jaar was, verschenen de eerste meercelligen, of eukaryoten. De eerste waren vooral algen en andere flagellaten, micro-organismen met zweepachtige structuren die lijken op een tiktak met een staart waarmee ze zich konden voortbewegen. Deze levensvormen namen allemaal slechts passief voedingsstoffen op uit het water. Sommige maakten zuurstof, andere gebruikten zuurstof, maar er was geen sprake van interactie. Tot nu toe leefde alles altijd onder water, en het duurde heel lang voor er genoeg zuurstof, O<sub>2</sub>, in de atmosfeer werd gepompt voor de vorming van ozon, O<sub>3</sub>. Ozon absorbeert uv-straling – die kennen wij natuurlijk allemaal wel, want een deel komt nog steeds bij ons en daarom smeren wij zonnebrandcrème. Voordat de ozonlaag gevormd was, kwam alle uv-straling dus gewoon 'binnen', en aangezien die het DNA en de celstructuur van organismen beschadigt maakte dat het leven buiten het water onmogelijk. Vlak voor jouw 87<sup>e</sup> verjaardag

werd eindelijk de ozonlaag gevormd, waardoor schadelijke uv-straling de aardoppervlakte niet langer kon bereiken en leven buiten het water plotseling mogelijk werd.

Toen het Cambrium begon (en jij 88,3 jaar oud was) werd het leven plotseling veel dynamischer. De meercelligen hadden zich ontwikkeld tot complexere levensvormen en zo kreeg de aarde haar eerste planten en dieren. Deze dieren begonnen elkaar al snel op te eten waardoor er voor het eerst een voedselketen ontstond. Roofdieren ontwikkelden een wendbaardere lichaamsbouw met scherpe, sterke klauwen of tanden. Tegelijkertijd begonnen prooidieren zich te bepantseren. In deze periode zien we ook het ontstaan van de vertebraten – dit zijn alle dieren met een ruggengraat, oftewel de gewervelden. Je bent zelf ook onderdeel van deze groep.

De eerste vertebraten waren allemaal vissen. Aanvankelijk stond hun mond permanent open, want ze hadden geen kaken. In plaats van kaken hadden ze een cirkelvormige mondopening, omringd door een reeks benige platen of tandachtige structuren.

Omdat we nu de laatste 10 jaar van jouw leven naderen, zoomen we even in op onze tijdschaal.



De laatste 460 miljoen jaar van de aardse geschiedenis vergeleken met de laatste 10 jaar van jouw leven.

Rond het eind van het Ordovicium – je was toen ongeveer 90 jaar oud – zien we de eerste vissen met kaken verschijnen. Die vissen die konden happen begonnen al snel succesvoller te worden dan

hun gapende voorouders. In het Devoon, 419,2 tot 358,9 miljoen jaar geleden (90,9-92,2) leerden vissen nog iets nieuws. De vinnen van sommige vissen begonnen zich te ontwikkelen tot armen en benen. En als vertebraten armen en benen krijgen, dan noemen we ze tetrapoden, oftewel viervoeters. Toen jij 92,5 jaar oud was lieten de amfibische eerste viervoeters hun hand- en voetafdrukjes achter op het land. De eerste reptielen verschenen in het Carboon, zo'n 312 miljoen jaar geleden (93,2), al leken ze nog heel veel op hun amfibische voorouders, maar ze hoefden hun eieren niet meer in het water te leggen.

Tegen de tijd dat je 95 was verschenen de eerste dinosauriërs. Een paar maanden later, toen je 95,4 was, werden de dinosauriërs vergezeld door de eerste zoogdieren. Tegen de tijd dat je 98,6 jaar oud was waren alle niet-vliegende dinosauriërs uitgestorven. Toen je 99,9 jaar oud was verschenen de eerste Hominini (de groep mensapen waar de voorouders van chimpansees, bonobo's en mensen onder vallen). En toen, eindelijk, iets meer dan 2 dagen voor je je laatste adem uitblies verscheen de *Homo sapiens* op het toneel. Laat dit alsjeblieft even op je inwerken: mensen zijn er ongeveer even lang als een weekend in jouw leven. Weet jij nog wat je hebt gedaan afgelopen weekend? Het vloog voorbij, of niet?

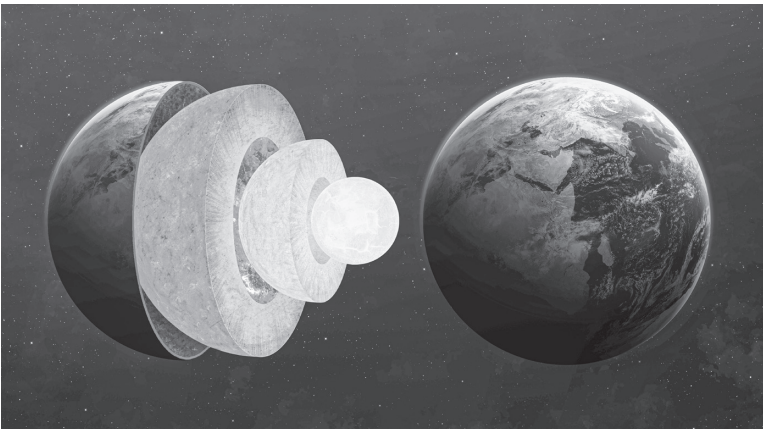
Kort samengevat: de dinosauriërs waren er van pak 'm beet 235 miljoen jaar geleden tot 66 miljoen jaar geleden. In jouw leven was dit een periode van 3,6 jaar tot zelfs 5 jaar als we de vogels meetellen die er nog steeds zijn. Op die vogels kom ik nog veel terug in dit boek, maar vogels zijn dinosauriërs. *Homo sapiens* kwam pas 300.000 jaar geleden de aarde bevolken, dat is slechts een weekend uit jouw leven. Een weekend dat de rest van het leven op aarde een flinke kater heeft opgeleverd...

## Ruimte

Ik hoop dat je nu een idee hebt over de tijd waarin al deze geologische mijlpalen werden bereikt. Maar er is ook nog ruimte. Gedurende de ongeveer 160 miljoen jaar (of 3,6 jaar in jouw leven)

waarin de dinosauriërs domineerden, onderging onze planeet veel veranderingen. De grond waarop wij nu staan heeft soms wel duizenden kilometers afgelegd om hier te komen.

Toen onze planeet zich 4,6 miljard jaar geleden vormde, daalden alle zwaardere elementen naar de kern van de bol en stegen alle lichtere elementen naar de korst. Als je onze planeet, hypothetisch gezien, zou doorsnijden, dan zou je die in verschillende lagen kunnen onderverdelen.



De aarde in dwarsdoorsnede. In het midden de solide binnenkern, daarbuiten de vloeibare buitenkern, de dikke mantel bevindt zich daar weer omheen, die deels gesmolten en deels vast is, de korst is de dunne schil daarbuiten.

In het midden tref je een harde binnenkern van nikkel, ijzer en andere zware metalen. Deze binnenkern heeft een comfortabele temperatuur van zo'n 5430 graden Celsius, dat is vergelijkbaar met de temperatuur aan het oppervlak van de zon. Om deze harde binnenkern zit een vloeibare buitenkern van nikkel en ijzer. Deze buitenkern is vloeibaar dankzij hitte uit de binnenkern. De radioactieve hitte van de kern reikt zelfs tot buiten de buitenste kern, waardoor het gesteente smelt; dit proces noemen we convectie, of zelfs turbulente convectie. Je kunt dit het beste vergelijken met een elektrische generator die bewegingsenergie omzet in elektrische en



magnetische energie. Op onze planeet merken wij dit door het bestaan van ons magnetisch veld. De draaiing van de aarde in combinatie met de convectie in de vloeibare buitenste kern is waarschijnlijk de reden dat de aarde een magnetisch veld heeft.

Om de vloeibare buitenste kern heen bevindt zich de dikste laag, die we de mantel noemen. En ook al is deze mantel grotendeels gestold, de convectie en hitte van de binnenste en buitenste kern zorgen ervoor dat magma in de mantel als een dikke stroperige karamel beweegt. De mantel is ook het raakvlak waar de radioactieve hitte – afkomstig uit de binnenkern – zogenaamde ‘mantelpluimen’ veroorzaakt. Mantelpluimen zijn hete stromen vloeibaar gesteente die vanuit de kern tot diep in de mantel spuwen. Deze mantelpluimen zorgen ervoor dat de aardkorst beweegt. Ook voeden mantelpluimen vulkanen. De mantel is rondom de mantelpluimen iets dikker, waardoor de continenten erboven uit elkaar bewegen. Elders, waar geen mantelpluimen zitten, is de mantel dunner en bewegen de continenten juist naar elkaar toe. Boven op deze voornamelijk harde, maar gedeeltelijk vloeibare, bewegende mantel bevindt zich de aardkorst. Die is ontzettend dun. De korst is wel variabel in dikte, zo is de korst onder oceanen het dunst, en bijvoorbeeld bij bergen is die flink dik. De gemiddelde dikte van de korst ten opzichte van de binnenkant van de aarde komt het meest overeen met de dikte van een schil om een appel.

De aardkorst heeft vulkanen waar zich mantelpluimen of andere bronnen van gesmolten magma onder de oppervlakte bevinden. De korst is zwaar en dun onder de oceanen en licht en dik onder de continenten. De oceanische korst heeft dus een hoge dichtheid, maar is dun. De continentale korst heeft een lage dichtheid en is dik. De convectie van de mantel, van de hitte die effectief uit de kern komt, zorgt ervoor dat onze continenten een soort dans doen. Die continentale dans zorgt ervoor dat continenten naar elkaar toe, van elkaar af en langs elkaar heen bewegen. Daardoor ziet de wereldkaart er heel anders uit als we terug in de tijd gaan. Zo zijn er meermaals supercontinenten gevormd, waarin veel of zelfs alle continenten tegen

elkaar aan plakken. Hoe verder we terug in de tijd gaan, hoe lastiger het wordt om te reconstrueren hoe de aardplaten toentertijd lagen. Van ons laatste supercontinent weten we gelukkig vrij veel. Tijdens het Carboon, ongeveer 335 miljoen jaar geleden (of toen jij 92,7 was) vormde dit supercontinent Pangaea en tegen het eind van het Trias, ongeveer 200 miljoen jaar geleden (of toen jij 95,6 was) begon het weer op te breken. Pangaea was een supercontinent waarbij Noord- en Zuid-Amerika nog tegen Eurazië en Afrika aan geplakt zaten. Vooral aan de vorm van Zuid Amerika en Afrika kun je zien dat ze als puzzelstukjes perfect in elkaar passen.



Pangaea met de continenten aangegeven zoals we ze vandaag de dag kennen.