

A prehistoric landscape featuring a river, a forest, and several dinosaurs. In the foreground, a large, long-necked dinosaur (sauropod) is partially submerged in the water, its head and neck extending upwards. The water reflects the surrounding greenery and the sky. In the background, a grassy bank is populated by several other dinosaurs, including long-necked sauropods and smaller, more agile dinosaurs. The scene is set in a lush, green environment with tall trees and rolling hills.

DR TOM FLETCHER
LIFE ON
OUR PLANET

Over leven op onze aarde

FONTAINE UITGEVERS







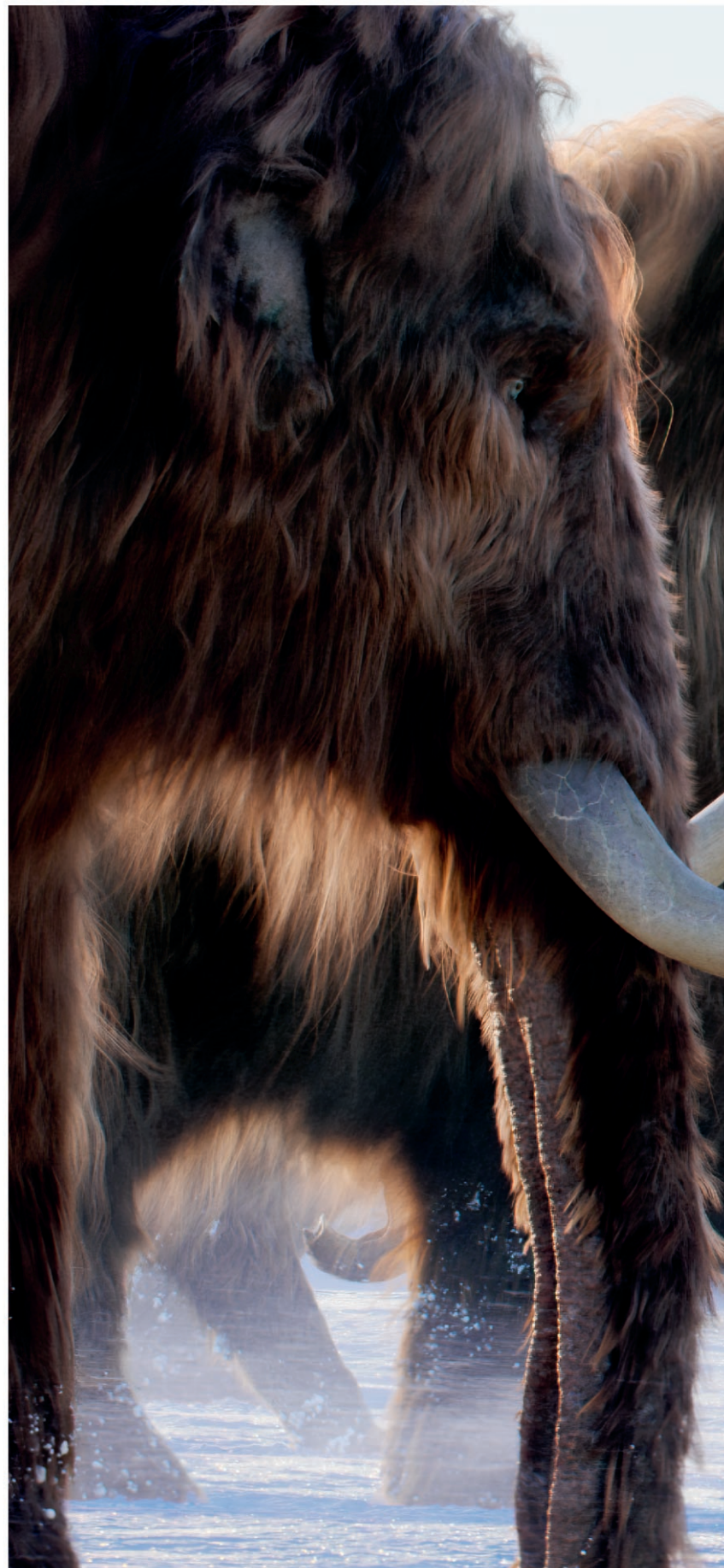
INHOUD

	INLEIDING	9
1	OORSPRONG	17
2	DE EERSTE GRENS	51
3	VEROVERAARS VAN HET LAND	85
4	IN KOELEN BLOEDE	115
5	DE OPKOMST VAN DE DINOSAURUSSEN	147
6	VERLOREN PARADIJS	185
7	DE LANGSTE WINTER	223
8	HET TIJDPERK VAN IJS EN VUUR	257
9	ACHTER DE LENS	287
	REGISTER	306
	DANKBETUIGING	310
	FOTOVERANTWOORDING	311

Ons sterrenstelsel, de Melkweg, is slechts één van een biljoen sterrenstelsels in het heelal. Alleen al het onze kan weleens 400 miljard sterren bevatten, verspreid over een gebied van ruim 830 biljard kubieke kilometer. Ergens daarbinnen zweeft nederig ons zonnestelsel met een diameter van 290 miljard kilometer, en daarin draait onze planeet op een afstand van 150 miljoen kilometer rondjes om de zon. In ons kleine stukje heelal is een rondje om de aarde, zo'n 40.000 kilometer, te verwaarlozen. Zelfs voor intelligente apen zoals wij vallen deze cijfers ver buiten het bereik van wat we moeten weten om te overleven. Getallen groter dan duizend – boven een tastbare hoeveelheid – worden al gauw abstract en betekenisloos. Net zo onbevattelijk is de ouderdom van het heelal: 13,8 miljard jaar. Het zonnestelsel en de aarde bestaan pas sinds een derde van die tijd, 4,54 miljard jaar. Hierop volgde een spectaculaire toevallige reeks gebeurtenissen die voor zover we weten volstrekt uniek is. Er vond een transitie plaats van strakke en simpele chemie naar biologie, en verrassend kort daarop de evolutie van het leven, slechts 4 miljard jaar geleden. Het was het begin van een ongelooflijk verhaal dat we nu pas beginnen te begrijpen.

RECHTS: Een kudde wolharige mammoeten op trek door een sinds lang verloren ijswereld. De eens zo machtige mammoeten zijn nu sterke symbolen van uitsterving.

Onze soort, *Homo sapiens*, is slechts 300.000 jaar oud, dus we bestaan pas 0,007 procent van de tijd dat de aarde bestaat. Het is lastig je zulke lange periodes voor te stellen, vooral omdat ze benadrukken dat de mens relatief betekenisloos is voor de lange geschie-





denis van de aarde. Echter, van alle soorten die ooit hebben geleefd is de onze de enige die zijn plaats in ruimte en tijd heeft leren kennen. Dankzij onze nieuwsgierigheid en intelligentie zijn we in de unieke positie ons eigen verhaal te vertellen, in de wetenschap dat we hier niet toevallig zijn. We zijn de laatste in een lange reeks overlevers waarvan we, door ons eigen bestaan, weten dat ze leefden om zich voort te planten. Elk afzonderlijk organisme tussen ons en het allereerste was een winnaar omdat zijn genetische blauwdruk terugkwam in de volgende generatie. Iedere levensvorm van nu is slechts de laatste van ontelbare herhalingen van een biologische formule die werkte.

Op dit moment leven er zeker 10 miljoen soorten op aarde en er zijn wetenschappers die denken dat het er miljarden kunnen zijn – misschien wel meer dan een biljoen. Eén gram aarde kan weleens 50.000 soorten bacteriën bevatten. Dat is echter nog niets vergeleken met wat er ooit was: meer dan 99 procent van alle soorten die ooit hebben bestaan, is uitgestorven. De nalatenschap van die gesneuvelde massa is de genetische code die in het DNA van hun nakomelingen gebakken zit en andere restjes van hun overblijfselen, die gefossiliseerd zijn in gesteenten. Fossielen zijn schaduwen van het leven dat we nu om ons heen zien en de ultieme cold case voor wetenschappers die proberen hun geheimen te doorgronden. Uitgestorven schepsels hebben altijd al op onze verbeelding gewerkt, van het vreemde, wonderlijke leven in de oude zeeën tot de reusachtige dinosaurussen die op land rondstruinden. Onze musea liggen vol met hun resten, maar de gesteenten waarin ze zijn verborgen bevatten ook een schat aan informatie doordat er een immens lange tijd in is vastgelegd.

We leven in een spannende tijd van wetenschappelijke ontdekkingen en hebben pas in de afgelopen eeuw geleerd de taal van deze stenen te lezen. Kilometers gesteentelagen liggen onder onze voeten – een archief van evolutie, geografie, klimaat en crisis. Gedurende honderden miljoenen jaren zijn door het onophoudelijke bewegen van de aardkorst deze gesteenten verstoord en door elkaar gegooid. Tektonische platen geven het aardoppervlak voortdurend een nieuwe vorm, duwen bergen omhoog, sturen continenten over de aardbol en laten hele zeeën vol- of leeglopen. Voor ons gaan deze processen zo langzaam dat moeilijk te zien is dat ze zich voltrekken. Totdat we aan het geweld van onze planeet worden herinnerd door aardbevingen of vulkaanuitbarstingen. In het landschap kun je de littekens herkennen van deze grote tektonische ontwrichtingen en een gelukkig gevolg ervan is dat zelfs de diepst gelegen en oudste gesteenten naar de oppervlakte kunnen worden geperst, waar wij ze kunnen vinden.

Alleen al in de afgelopen decennia hebben wetenschappers enorme vorderingen gemaakt in het reconstrueren van de geschiedenis van de aarde, waarbij ze alle mogelijke analytische gereedschappen hebben ingezet. Er gaat nauwelijks een week voorbij of er wordt een nieuw fossiel ontdekt en er is veel veranderd sinds de eerste leerboeken werden geschreven. Vernieuwingen in de technologie hebben een revolutie teweeggebracht in de manier waarop fossielen geanalyseerd

RECHTS: Mensen zijn met hun grote intelligentie ongeëvenaard. Onze geschiedenis en die van onze planeet kunnen ons veel leren over overleven in evenwicht met de aarde.



A misty, blue-toned landscape with rolling hills and a forest, serving as a background for the title. The scene is hazy and atmospheric, with a color palette dominated by blues, greys, and muted greens. The text is centered in the middle of the image.

DE LANGSTE WINTER

Minstens zes maanden lang, en misschien wel jaren, heerste er een dondelijke schemering op aarde. De planetoïde was terechtgekomen op een plaats in de grond die vol zwavel zat, waardoor de planeet in duisternis werd gehuld en de temperatuur pijlsnel daalde. De dikke zwaveldamp die de lucht verstikte, was scharlaken- en karmijnrood en zal er spookachtig mooi hebben uitgezien. Toen zich regenwolken vormden, loste de zwavelstof op in het water en viel als zure regen op alles wat nog op de grond in leven was. De planten die de klap en de tsunami's, aardbevingen, natuurbranden, zure regen en dalende temperatuur hadden overleefd, moesten het doen met een fractie van het licht dat ze eerder opvingen. Een paar dinosaurussen en pterosaurussen hebben mogelijk nog een tijdje hun kostje bij elkaar kunnen scharrelen, maar hun dagen waren geteld. De situatie was hopeloos. In deze episode stierven de pterosaurussen allemaal uit en slechts een fractie van de hagedissen- en slangensoorten zou het einde van deze lange winter halen. Bijzonder weinig vogels vertegenwoordigden de laatste overlevende dinosaurussen van een 150 miljoen jaar oude dynastie.

In de oceanen was door gebrek aan zonlicht een einde gekomen aan de fotosynthese door fytoplankton en was het afgelopen met de voedselketens aan het oppervlak. Ammonieten – die inktvissen in hun opgerolde schelpen die het hele dinosaurussenverhaal hadden meegemaakt – stierven eindelijk uit. Tere koralen leden in het ondiepe water onvoorstel-

VOORGAANDE BLADZIJDEN: Een met as bedekte vlakte na een bosbrand, 66 miljoen jaar geleden. De brand was ontstaan door de enorme hitte van brokstukken van een planetoïde, die van de plaats van de inslag alle kanten op werden geslingerd.

RECHTS: In de bijna complete duisternis was het griezelig stil op aarde, waar de verbrande resten van de laatste reuzendinosaurussen verspreid lagen.







bare verliezen: nog niet de helft van de soorten overleefde en zij die afhankelijk waren van zonlicht stierven uit. Net als de dinosaurussen op land kregen de zeereptielen te maken met de nucleaire winter en hongersnood. De reusachtige mosasaurussen en de laatste van de plesiosaurussen met hun lange nek verdwenen. Schepsels in de diepzee, die minder kwetsbaar waren voor de hel op aarde, deden het misschien beter maar niets was echt beschermd tegen de gevolgen.

Op land hadden dieren lichter dan tien kilo een grotere kans dan de andere, misschien omdat ze zich konden verstoppen of met minder voedsel toekonden. Beken en rivieren lijken ook voor veel dieren een reddingslijn te zijn geweest; amfibieën, krokodillen en waterschildpadden wisten zich er te redden. Veel van deze dieren kunnen een korte periode van kou overleven en kunnen langere tijd vasten, twee factoren die hun kansen hebben vergroot. Dieren met een minder specialistisch dieet, zoals aaseters en omnivoren, hadden ook meer kans. Het postapocalyptische menu was echt beperkt en zal waarschijnlijk hebben bestaan uit niet meer dan schimmels en ongewervelden die van rottend materiaal leven. De overlevende zoogdieren waren zo groot als ratten, niet gespecialiseerd en in staat zich in deze chaos te redden.

Gedurende ongeveer duizend jaar na de inslag domineerden varens het landschap, rampsoorten die weten te overleven en zelfs gedijen in weinig licht en die nu minder concurrentie hadden van bomen. Geleidelijk daalde het stof neer en kon het herstel aanvangen. Zoogdieren hadden ongeveer 200.000 jaar nodig om op te krabbelen terwijl bossen herstelden en habitats van de grond af aan werden herbouwd. Bedektzadigen waren door de extinctie hard getroffen, maar waren in een unieke positie de macht te grijpen, misschien dankzij hun zaden. Zo ontdekten Russische wetenschappers in 2012 bijvoorbeeld zaad van *Silene stenophylla*, een bloem uit de anjerfamilie, dat bijna 32.000 jaar geleden was begraven door een eekhoorn. Ondanks dat het al die tijd in de permafrost had gelegen, ontkiemden sommige van deze zaden, waardoor ze direct de oudste planten op aarde waren. Dit vermogen van bedektzadigen om *in stasis*, 'in stilstand', te overleven, kan het verschil hebben gemaakt; de zaden werden goed beschermd in hun schil, klaar om actief te worden zodra de omstandigheden het toelieten. Na de extinctie stegen de temperaturen geleidelijk aan weer. De aarde werd tropisch en vochtig en dichte wouden veroverden binnen 6 miljoen jaar het land. Er lag geen ijs aan de polen, er waren geen savannes, open bossen of velden met struiken of grassen, er was slechts een tapijt van oerwoud dat zich over alle continenten uitstreckte.

Het was rond deze tijd, 65 miljoen jaar geleden, dat India, het eilandcontinent dat sinds het Krijt noordwaarts dreef, eindelijk tegen Azië aan botste. De Tethysociaan tussen de Indiase en de Aziatische tektonische plaat ging langzaam dicht. De botsing zorgde ervoor dat de vaart van de Indische plaat met vijftien centimeter per jaar werd vertraagd, maar kon de beweging niet stoppen. Als tektonische platen botsen, vindt het grootste deel van de actie onder de grond plaats, en in dit geval werd de Indische plaat onder de Aziatische plaat getrokken. Rond 60 miljoen jaar geleden,

LINKS: Redwood National Park, VS. Varens en coniferen als deze, goed aangepast aan koude omstandigheden, kunnen de eerste planten zijn geweest die van de inslag herstelden.

toen de rand van de Indische plaat steeds dieper de aarde in dook, begon hij te smelten en kwamen lichte bellen magma naar boven. Het is bijna onvoorstelbaar hoe gesmolten gesteente opstijgt naar het oppervlak, ongeveer zoals een lavalamp, maar enkele van de indrukwekkendste vulkanen op aarde zijn op deze wijze ontstaan. Terwijl de meeste vulkanen bij de spleten van de tektonische platen constant pruttelen en bruisen, zijn juist de vulkanen die langzaam naar het oppervlak komen het gevaarlijkst. Onder de grond heeft het magma van deze vulkanen de tijd om heel veel kiezel te smelten, waardoor het dikker en stroperiger wordt. Naarmate dit zogeheten kiezel magma dicht bij het aardoppervlak komt, neemt de druk af en zet het in het magma opgeloste gas uit. Als dat niet snel kan ontsnappen, kan het mengsel van gas en lava met een ongelooflijke kracht exploderen. Het is alsof je een fles spuitwater openmaakt, vergeleken met een straatje prikwater. Gewelddadig en explosief vulkanisme kwam in deze tijd langs die botsingszone tussen India en Azië veel voor. Deze uitbarstingen zullen zijn waargenomen door de eerste dieren die van de ene naar de andere landmassa trokken – land dat nu met elkaar was verbonden. In de nasleep van de catastrofale astronomische gebeurtenis van bovenaf begon de grond zich nu ook van onderaf te roeren.

UIT DE SCHADUWEN

De eerste 10 miljoen jaar van de postplanetoïde wereld was een tijd van herstel, een geologische periode die het Paleoceen wordt genoemd. De bossen waren fundamenteel anders dan voor de extinctie nu bedektzadigen de vrijgekomen niches gingen bezetten. De regenwouden zagen er moderner uit, met een gesloten bladerdek en een bosbodem in de schaduw. De strijd om licht en voedingsstoffen was zo fel dat sommige planten niet in de grond wortelden, maar op boomtakken. De dichte wouden waren een fantastische evolutionaire speeltuin voor de nog bestaande groepen zoals de vogels en de zoogdieren. Gecomplieerde en productieve habitats bieden veel plaatsen om je te verbergen en een scala aan mogelijkheden unieke relaties op te bouwen met andere soorten. Zoogdieren bleven eerst nog klein, maar al heel gauw werden ze groter en diverser. Het grootste zoogdier van het Krijt was ongeveer een meter lang geweest, maar in het Paleoceen bereikten sommige placentadieren de grootte van beren. Hoewel ze er min of meer uitzagen als wolven, waren deze predatoren meer verwant aan koeien, nijlpaarden en walvissen. Zoogdieren konden zich in het algemeen nu vrijelijk ontplooien zonder de ecologische druk van de reusachtige dinosaurussen en dus ontwikkelden zich in de wouden veel vruchteneters die zonder angst overdag konden eten. De razendsnelle diversifiëring in het Paleoceen zorgde voor splitsingen in de zoogdierenstamboom en de evolutie van de meeste zoogdiergroepen die we nu kennen. Terwijl de eierleggende cloacadieren beperkt werden tot Zuid-Amerika en Australië, namen de buidel- en de placentadieren de wereld over.