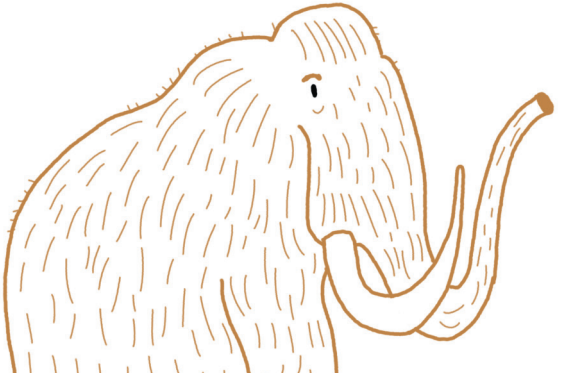






Eigenlijk moet je dit eerst even lezen

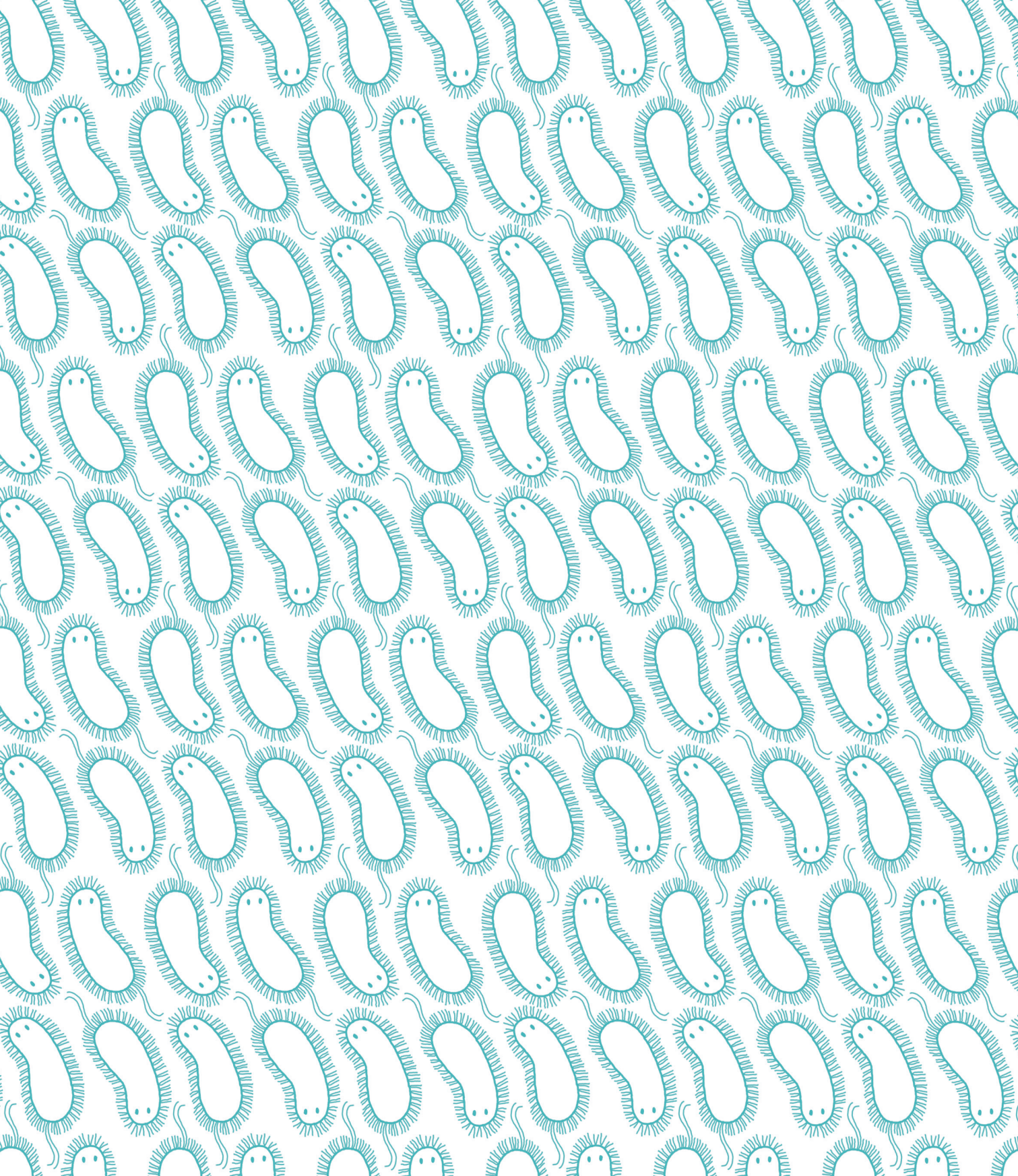
Ooit stonden er palmen op de Noordpool. Zie je het voor je? De meest tropische bomen op een plek waar nu alleen sneeuw en ijs ligt. Over een tijdje staan ze er misschien wel weer. Want het klimaat verandert voortdurend. In de ijstijden was het veel kouder dan nu. In de tijd van de dino's veel warmer.

Maar de laatste jaren verandert het klimaat nogal snel. Daarom heeft iedereen het over klimaatverandering. Terwijl dat best een ingewikkeld verhaal is, met stukjes natuurkunde, scheikunde, geologie, biologie, meteorologie... Hoe kunnen amateurs zoals jij en ik dat nou snappen? Want we willen natuurlijk wel weten hoe het zit met de ijsberen, de orkanen en al die overstromingen.

Daarom heb ik een paar jaar lang overal informatie verzameld. Op internet, in de krant, op tv, in boeken en bij mensen die er veel van weten. Ik heb alles voor jou en voor mezelf op een rijtje gezet, op een manier die jij en ik meestal wel en soms net niet begrijpen. Maar als je het even niet begrijpt is dat echt niet zo'n probleem. Als je even doorzet begrijp je het weer wel.

Je zult zien dat het grote verhaal van klimaatverandering over veel meer gaat dan ijsberen en uitlaatgassen. Daarom duurt het ook even voor die om de hoek komen. Eerst moeten we het hebben over vulkanen, mammoeten en bibberende wetenschappers. Daarna lees je alles over de klimaatverandering van nu. Wat gaat er veranderen? Voor wie, waar, waarom, wanneer, hoe, is het heus en mag je nog wel elke dag warm douchen?





1 · Sneeuwballen & vulkanen

Waarin je leest… dat de geschiedenis van de aarde veel pieken en dalen kent • waar de eerste regen vandaan kwam • hoe de aarde van top tot teen in een sneeuwbal kon veranderen • welke griezels er tussen de eerste planten rondkropen • waarom de dino's zijn uitgestorven • hoe een paar dikke zeescheten voor een hittegolf zorgden.

Kortom: over de vroege geschiedenis van het klimaat.

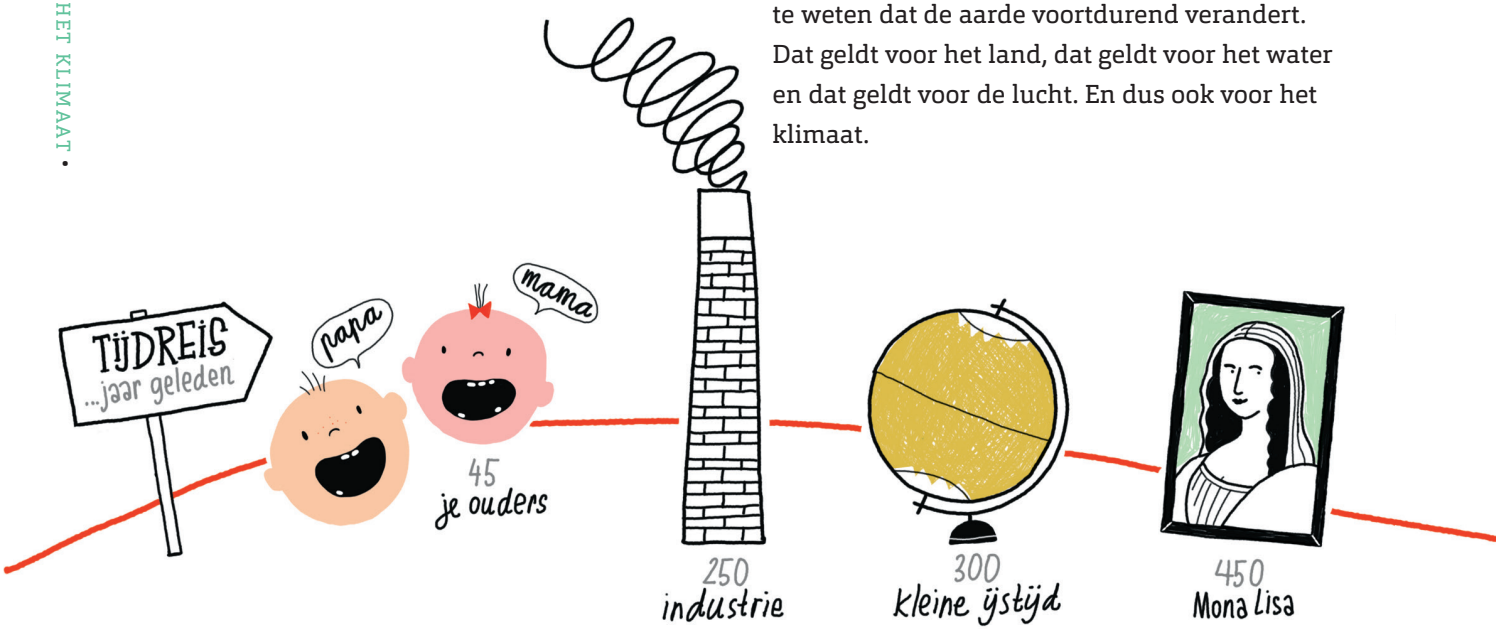
Die goeie ouwe aarde

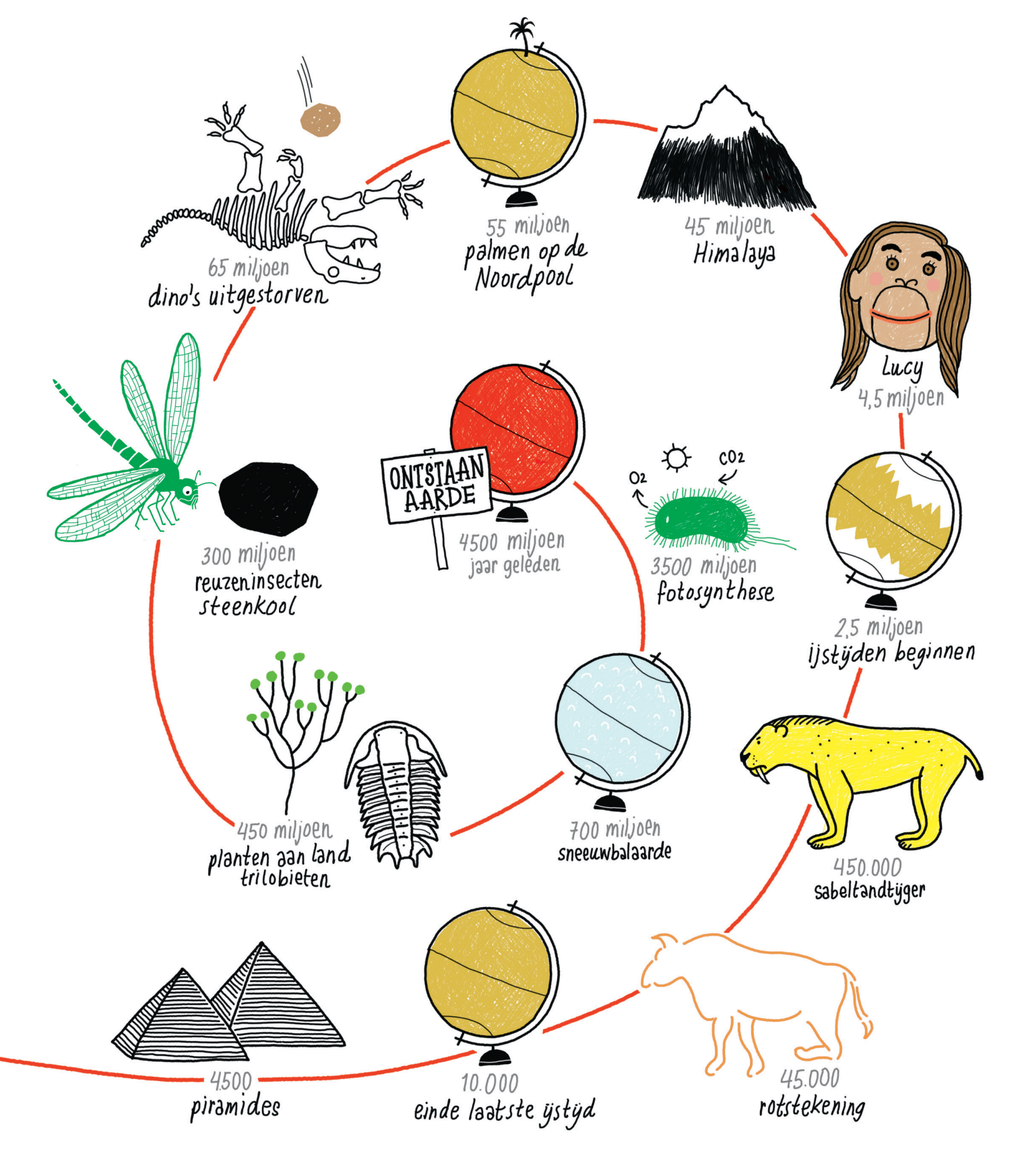
Jij denkt misschien dat je ouders oud zijn. Dat de piramides oud zijn. Of de dino's die je in het natuurmuseum kunt zien. Maar dat is echt niks vergeleken bij de aarde. De aarde is al meer dan 4,5 miljard jaar oud. Dat is 10 keer zo oud als de eerste trilobieten die in de oceanen zwommen. 100 keer zo oud als het Himalayagebergte. 1000 keer zo oud als Lucy, een van de eerste mensachtigen. 10 duizend keer zo oud als de sabeltandtijger. 100 duizend keer zo oud als de eerste rotstekeningen die mensen maakten. Een miljoen keer zo oud als de Egyptische piramides. 10 miljoen keer zo oud als de Mona Lisa. En ongeveer 100 miljoen keer zo oud als jouw ouders. Dát is pas oud.

Nu wil ik wedden dat je ouders de afgelopen jaren behoorlijk zijn veranderd. Ze zien er vast heel anders uit dan op hun kinderfoto's. De piramides zijn in de loop der tijd ook aardig gesleten. Van sommige is bijna niets meer over. De trilobieten zijn zelfs al heel lang uitgestorven. En dat geldt ook voor de sabeltandtijger.

Je snapt dat de aarde dus ook niet meer is wat ze ooit was. In de vele miljoenen jaren is ze zich almaar blijven ontwikkelen. 100 miljoen jaar geleden lagen Amerika en Europa aan elkaar vast. In die tijd was Australië nog geen eiland en India juist wel. Gebergten zijn gekomen en gegaan. De aarde was ooit helemaal bedekt met lava en ooit helemaal met sneeuw en ijs. Het water in de zeeën was soms hoger en soms veel lager dan nu.

Ook de laag lucht rond de aarde bleef niet hetzelfde. Er is een tijd geweest dat er veel meer zuurstof in zat dan nu, maar ook een tijd dat er helemaal geen zuurstof in de lucht zat. Het is dus goed om te weten dat de aarde voortdurend verandert. Dat geldt voor het land, dat geldt voor het water en dat geldt voor de lucht. En dus ook voor het klimaat.



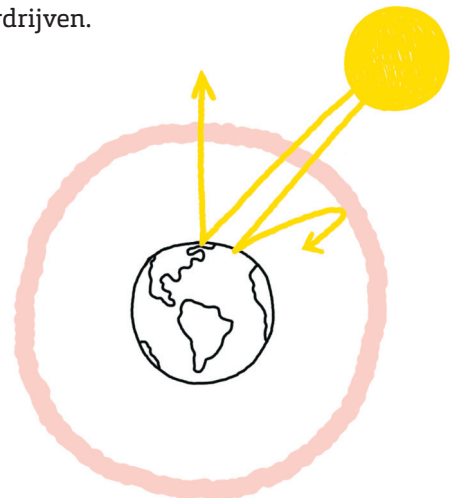

65 miljoen
dino's uitgestorven
55 miljoen
palmen op de Noordpool
45 miljoen
Himalaya
Lucy
4,5 miljoen
2,5 miljoen
ijstijden beginnen
450.000
sabeltandtijger
45.000
rotstekening
10.000
einde laatste ijstijd
4500
piramides
450 miljoen
planten aan land
trilobieten
700 miljoen
sneeuwbalaarde
3500 miljoen
fotosynthese
O2
CO2
4500 miljoen
jaar geleden
ONTSTAAN AARDE
300 miljoen
reuzeninsecten
steenkool

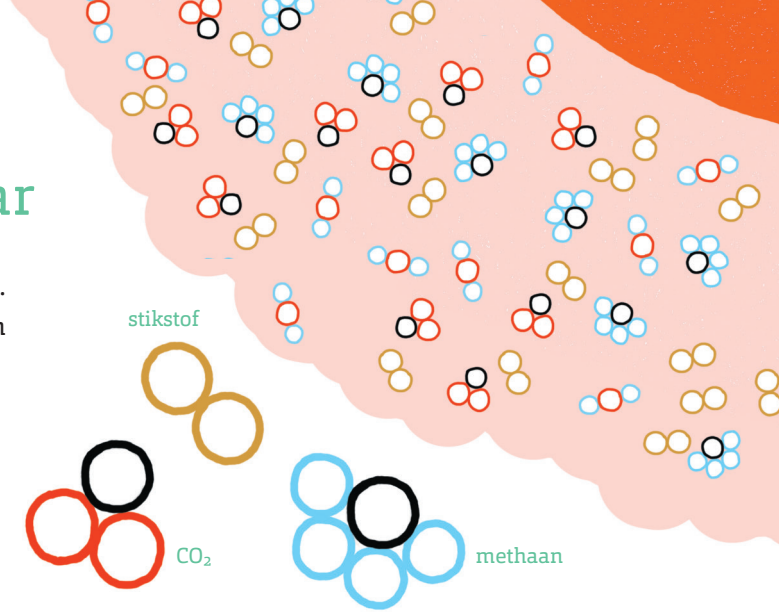
De eerste 2 miljard jaar

Toen de aarde net bestond, was het vreselijk heet. Er waren nog geen thermometers of weermannen die het konden meten, maar een graad of 2000 werd het wel. Het was zo heet dat de buitenste laag van de aarde helemaal gesmolten was. Onze planeet was één grote lavabol.

Rond de aarde ontstond een dunne laag lucht, de dampkring. In die lucht zat nog geen zuurstof, het heerlijke gas dat je in een uur wel 1000 keer inademt. Maar er zat wel stikstof in, methaan en koolstofdioxide. Dat laatste gas heeft zoveel lettergrepen en komen we zo vaak tegen dat we het CO_2 noemen, net zoals scheikundigen doen. Je spreekt het uit als seejotwee.

Methaan en CO_2 zijn heel goed in het vasthouden van warmte. Daardoor was het ook zo warm op aarde. De dampkring werkte als een broeikas: zo'n glazen kas waar ze planten in verbouwen. Het glas laat het zonlicht binnen en houdt de warmte heel lang vast. Dat broeikaseffect maakt de planeet dus lekker warm. Maar je kunt ook overdrijven.





In de beginjaren van onze planeet was het een helse toestand: een temperatuur van duizenden graden, overal uitbarstende vulkanen, een zee van stinkende lava en lucht die te giftig was om te ademen. Maar het kon nog erger. Een bombardement van meteorieten trof de aarde. Honderden miljoenen jaren lang vielen enorme rotsblokken en ijsblokken uit de ruimte op onze planeet. Het ijs smolt en verdampte. Zo kwam er steeds meer waterdamp in de lucht, water in de vorm van gas. Je ziet het niet, maar ook nu is het nog overal om je heen.



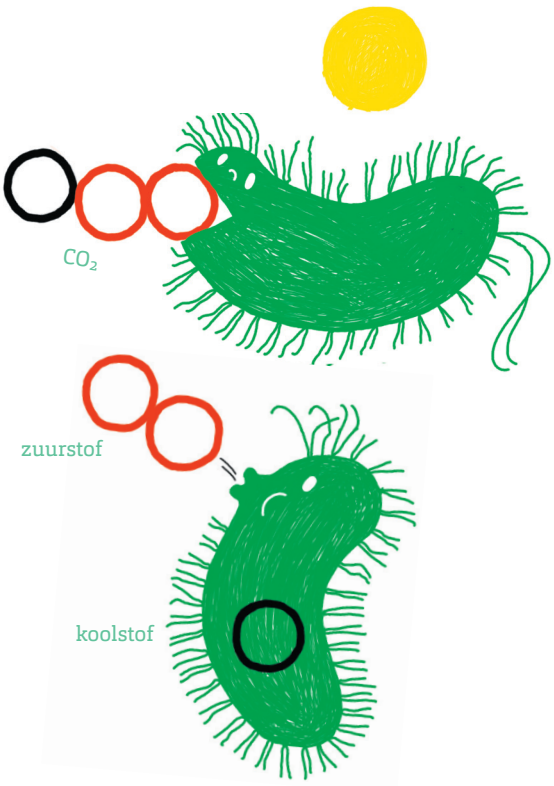
Door het water koelde het oppervlak van de aarde flink af, tot zo'n 200 graden. Op veel plaatsen begon de lava hard te worden. En harde lava is niets anders dan steen. Zo ontstond de aardkorst waarop wij leven. Het ijs van de meteorieten smolt nog wel, maar lang niet alles verdampte. Vloeibaar water vulde de oceanen. En uit de waterdamp ontstond de eerste regen.

Was er dan helemaal geen zuurstof op aarde? Jawel, maar het zat vast in water en steen. Zuurstof is namelijk een nogal opdringerig goedje. Het probeert zich overal mee te verbinden. Samen met waterstof vormt het water. Samen met ijzer en water vormt het roest. Samen met methaan vormt het water en CO_2.

Gelukkig zijn er op een gegeven moment bacteriën ontstaan die van CO_2 zuurstof maken. Fotosynthese noem je dat. Met zonlicht en water braken ze de CO_2 in stukjes. Zo ontstond er koolstof (C) en zuurstof (O_2). Van de koolstof maakten de bacteriën hun piepkleine lichaam. En de zuurstof ging natuurlijk meteen weer lopen binden met ijzer en andere metalen. Maar na een tijd hadden die metalen er genoeg van. Er kon geen zuurstof meer bij.

De enige plek waar de zuurstof nog heen kon, was de lucht. Hoog in de lucht vormde de zuurstof een belangrijke beschermlaag tegen uv-stralen van de zon: de ozonlaag. Maar zuurstof zou zuurstof niet zijn als het zich niet ook weer met andere stoffen zou bemoeien. En ja hoor: dit keer ging het in de weer met methaan. Daar was genoeg van in de dampkring. Als zuurstof methaan tegenkomt, dan maakt het er CO_2 van. Dat is als broeikasgas wel vervelend, maar minder erg dan methaan.

Dus: de zuurstof maakte CO_2 van methaan en de bacteriën maakten zuurstof van CO_2. Zo werd de dampkring langzaam minder broeikasserig.



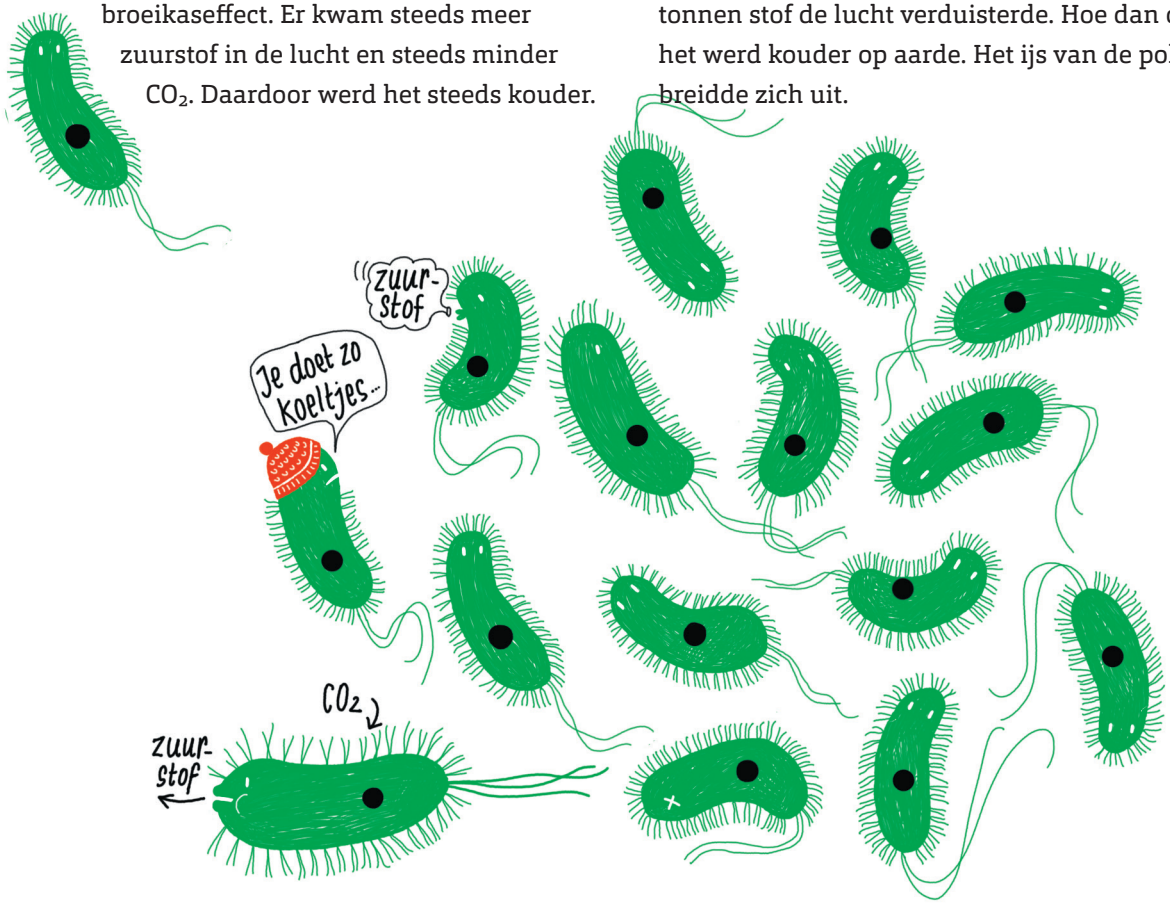
Het sneeuwbaleffect

Ongeveer 700 miljoen jaar geleden ontstond de grootste sneeuwbal ter wereld. Hij was net zo groot als de wereld, want het wás de wereld. De gemiddelde temperatuur op aarde was gedaald tot 45 graden onder nul. Miljoenen jaren lang was de wereld bedekt met een laag ijs van dik een kilometer. Je hoefde niet bang te zijn dat je daar doorheen zakte. Al was er ook nog niemand die ging schaatsen.

Het enige leven dat er was, waren onze piepkleine oervoorouders: de bacteriën die zo lekker bezig waren om van CO_2 zuurstof te maken. Op die manier zorgden ze voor een soort omgekeerd broeikaseffect. Er kwam steeds meer zuurstof in de lucht en steeds minder CO_2. Daardoor werd het steeds kouder.

Daar hadden ze mooi zichzelf mee. Want denk maar niet dat het makkelijk is om te overleven op een diepvriesplaneet. Met een beetje pech zat je de hele tijd met je bacteriefamilie te kleumen rond een diepzeevulkaan. En maar wachten tot het ging dooien.

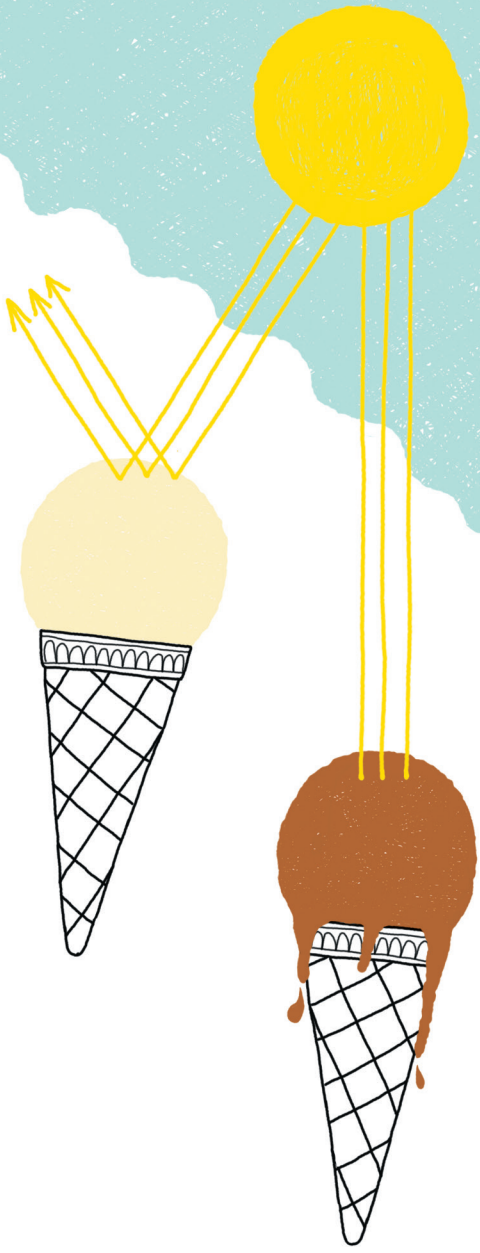
Maar hoe kon die sneeuwbalaarde ontstaan? Het begon natuurlijk met een enorme afkoeling. Dat kan goed het werk van de bacteriën zijn geweest, maar wetenschappers denken ook aan andere oorzaken. Misschien een zwak momentje van de zon, een hobbeltje in de baan van de aarde of een supervulkaan die met tonnen stof de lucht verduisterde. Hoe dan ook: het werd kouder op aarde. Het ijs van de polen breidde zich uit.



Dat ijs is wit en weerkaatst het zonlicht veel beter dan de grond of het water. Zo verdween veel van de warmte weer de ruimte in en werd het nog kouder op aarde. Het ijs groeide verder aan en weerkaatste nog meer zonlicht. Het witte ijs werkte als een klimaatversterker: de kou zorgde er zelf voor dat het steeds kouder werd.

Over de hele wereld vroren de zeeën dicht. Zelfs rond de evenaar lag een dikke laag ijs en sneeuw. Al zijn er ook wetenschappers die denken dat het daar hooguit een beetje papsneeuw was en dat het er regelmatig dooide.

Miljoenen jaren lang zweefde de aarde als een witte ijswereld door het heelal. De meeste soorten bacteriën stierven uit. Alleen in de buurt van vulkanen konden een paar soorten overleven. Die vulkanen moeten er ook voor hebben gezorgd dat het ijs weer ontdooide. Het binnenste van de aarde bleef een kolkende massa van heet gesteente. Onder het ijs kraakte en siste het. Uiteindelijk vond de lava op steeds meer plekken een weg naar buiten. Het was niet eens de hitte die het ijs deed ontdooien. Het waren de broeikasgassen CO_2 en methaan die de vulkanen de lucht in bliezen. Gassen die de warmte weer vasthielden. Zonlicht dat op het ijs weerkaatste verdween nu moeilijker de ruimte in. Op steeds meer plaatsen smolt het ijs. Wit maakte plaats voor donkerdere kleuren die de warmte beter vasthielden. Zo werd het weer steeds warmer op aarde. Binnen de kortste keren was de sneeuwbal gesmolten.



Lang leve koolstof

We gaan 500 miljoen jaar terug vanaf nu. De aarde viert zijn viermiljardste verjaardag en de trilobieten mogen ook op het feestje komen. Het is flink opgewarmd sinds de aarde een sneeuwbal was. In de zee ontstaan allemaal nieuwe vormen van leven: vreemde schepsels met ogen op pootjes, malle sprieten, gekke slurfjes, gemene stekels en ingewikkelde tentakels. Maar boven water is het echt één dooie boel. Alleen maar rotsen en lava. Er is in de verste verte geen levend wezen en geen mosje te bekennen.

Maar dan, heel voorzichtig, gaan de eerste planten aan land. De lucht barst nog van de CO_2. Komt dat even goed uit: planten hebben CO_2 nodig om te groeien. Net als bacteriën gebruiken ze zonlicht en water om van CO_2 koolhydraten te maken. Daar maken ze bladeren, takken en vruchten van. De zuurstof die ze overhouden verdwijnt weer in de lucht.

Zo veroveren de planten langzaam de wereld. Overal op aarde groeien ze als kool. Daardoor komt er steeds minder CO_2 in de lucht en steeds meer zuurstof. Dat maakt de wereld boven water ook geschikt voor dieren. Nog geen dino's of zoogdieren, maar wel reuzeninsecten en andere grote griezels. Wat dacht je van spinnen van een meter, libellen met vleugels van een halve meter en duizendpoten die langer zijn dan mensen?

De dieren hebben koolhydraten nodig om te groeien en als energiebron. Ze eten van de planten om de koolhydraten binnen te krijgen. Ze ademen zuurstof om het voedsel te kunnen verbranden. Niet op een vuurtje, maar in hun lichaam, net als jij. Bij die verbranding komt CO_2 vrij. Dat ademen ze uit. Planten kunnen die CO_2 weer goed gebruiken.

Zo wisselt de koolstof dus steeds van plek. Het zit in de lucht, in een plant, in de grond of in een dier. Het mixt met allerlei andere kleine deeltjes. Met zuurstof vormt het CO_2. Met waterstof vormt het methaan. En met zuurstof en waterstof vormt het koolhydraten. Er is geen levend wezen dat zonder kan. Deel je gewicht door 5 en je weet hoeveel kilo koolstof er in je zit.

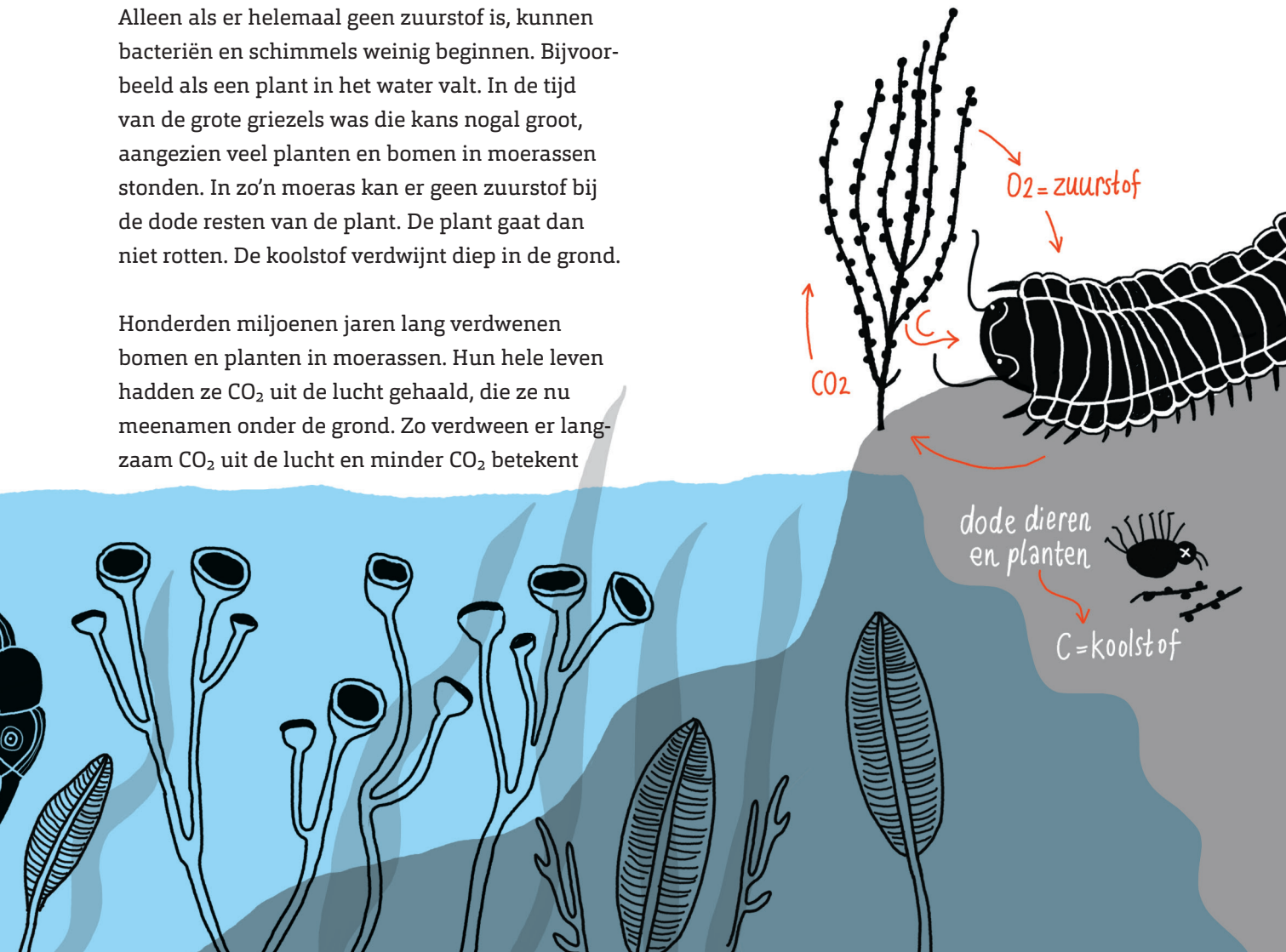
Als mensen, dieren of planten doodgaan komt de koolstof weer in de lucht. Dat gebeurt doordat ze gaan rotten: bacteriën en schimmels breken alles



af. Laat maar eens een appel of boterham wekenlang op een bordje liggen. Dan zie en ruik je het vanzelf. Uiteindelijk blijft van de koolhydraten koolstof en zuurstof over: CO_2. Voor het rotten is wel veel zuurstof nodig. Als er weinig zuurstof is, dan kunnen bacteriën er geen CO_2 van maken. Dan maken ze er maar methaan van: koolstof en waterstof.

Alleen als er helemaal geen zuurstof is, kunnen bacteriën en schimmels weinig beginnen. Bijvoorbeeld als een plant in het water valt. In de tijd van de grote griezels was die kans nogal groot, aangezien veel planten en bomen in moerassen stonden. In zo'n moeras kan er geen zuurstof bij de dode resten van de plant. De plant gaat dan niet rotten. De koolstof verdwijnt diep in de grond.

Honderden miljoenen jaren lang verdwenen bomen en planten in moerassen. Hun hele leven hadden ze CO_2 uit de lucht gehaald, die ze nu meenamen onder de grond. Zo verdween er langzaam CO_2 uit de lucht en minder CO_2 betekent minder warmte. Er groeiden weer ijskappen rond de Noordpool en Zuidpool. Maar dit keer kwam het niet tot een sneeuwbalaarde. De kou bleef in de buurt van de polen. Daartussenin was het een stuk warmer. Net als nu waren er veel verschillende klimaten op aarde.



Wat nekte de dino's?

Zo'n 230 miljoen jaar geleden brak het tijdperk van de dinosaurussen aan. In allerlei soorten en maten stampten, trippelden en vlogen de dino's over de aarde. Tot 66 miljoen jaar geleden een grote meteoriet uit de hemel viel. Bijna 165 miljoen jaar hadden ze het volgehouden, maar nu stierven de meeste dinosaurussen uit. Wat dat met het klimaat te maken heeft? Meer dan je denkt.



165 miljoen jaar is een lange periode. In het begin ervan zaten alle werelddelen aan elkaar vast. Ze vormden samen één oercontinent met de naam Pangea. Op de meeste plekken was het warm, warmer dan nu. Maar er waren grote verschillen in klimaat tussen de binnenlanden en de kustgebieden.



Aan de randen van Pangea was het vochtig. Want die grensden aan de oceanen, waar de regen vandaan kwam. In het binnenland van Pangea was het een stuk droger. Daar heerste een woestijnklimaat. De regen kwam bijna nooit zo ver, net als nu in het binnenland van Australië. Bovendien werd het in het binnenland 's nachts en in de winter ijskoud en overdag en in de zomer bloedheet. Dichter bij zee waren die verschillen veel kleiner. Dat komt doordat water langzamer afkoelt en opwarmt dan land. En de temperatuur van de zee heeft veel invloed op de kustgebieden. Dat merk je ook in Nederland en België. Door onze ligging aan zee hebben wij vaak kwakkelwinters, terwijl het in Berlijn en Moskou hard vriest.

Maar Pangea bleef niet heel. Het enorme gebied viel uiteen in verschillende stukken. Uiteindelijk dreven de werelddelen uit elkaar tot de wereld-

kaart die we nu hebben. Daardoor grensden veel meer gebieden aan zee. Het klimaat werd vochtiger en de verschillen in temperatuur werden steeds kleiner. Zelfs op de Noordpool was het warmer dan het nu in Nederland is. Dit betekende dat de dinosaurussen echt de hele wereld konden veroveren, van de Noordpool tot de Zuidpool en alles ertussenin. En dat zonder vacht of bontjas.

Maar je weet het: 66 miljoen jaar geleden stierven de dino's uit. De meeste wetenschappers denken dat dat komt door een enorme steen uit de ruimte die op de aarde viel. Bij Mexico is een krater gevonden zo groot als Nederland. Die moet veroorzaakt zijn door een meteoriet met een doorsnee van minstens 10 kilometer. De dino's gingen niet dood doordat ze dit rotsblok op hun kop kregen. Nou ja, misschien een paar dino's die toevallig op het verkeerde moment op de verkeerde plek waren. Maar misschien waren die wel beter af. Ze hoefden in elk geval niet de verschrikkelijke gevolgen van de inslag mee te maken.

Want je kunt wel zeggen dat de meteoriet een boel stof deed opwaaien. Jarenlang werd de zon verduisterd. Daardoor kregen planten en algen het moeilijk. Die hebben zonlicht nodig om te overleven. Doordat veel planten stierven, stierven ook de plantenetende dino's. En toen de vleesetende dino's de laatste plantenetende dino op hadden, bleef er voor hen ook weinig over. Met een rammelende maag kwamen ook de laatste dino's aan hun einde.

Door de inslag van de meteoriet ontstonden waarschijnlijk ook grote bosbranden. Door de bosbranden vergingen veel bomen en kwam er veel CO_2 in de lucht. Je weet al wat dit betekent: extra broeikasgassen en dus extra warmte. Dat zal het voor de verzwakte dino's niet echt makkelijker hebben gemaakt om te overleven.

En dan was er in die tijd ook nog eens een niet te stoppen vulkaanuitbarsting in India. Miljoenen jaren lang bleef het lava naar buiten kolken. Tot er een laag van 2 kilometer dik lag, over een gebied zo groot als Frankrijk. De vulkaan pompte een enorme lading CO_2 en stof de lucht in. Het stof verduisterde de zon, waardoor het eerst een paar jaar kouder werd en de planten stierven. Maar later werd het juist warmer, door de CO_2 van de vulkaan en de dode planten.

Je ziet dat er veel dingen zijn die invloed hebben op het klimaat. Een veranderende wereldkaart kan het natter of droger maken. Meteorieten, bosbranden en vulkanen brengen extra CO_2 en extra stof in de lucht. De CO_2 warmt de aarde op. Het stof koelt de aarde af doordat het zonlicht er niet door kan. Maar het zorgt ook dat planten sterven en er dus weer extra CO_2 vrijkomt.

De laatste dino's hebben het aan den lijve ondervonden. Ze kregen te maken met grote natuurrampen. Al die rampen hadden invloed op het klimaat in die tijd. En het klimaat had een rampzalige invloed op de dino's.

Scheten uit de zee

In onze tijd zijn de Noordpool en Antarctica (de Zuidpool) allebei kale, droge, ijzige gebieden met weinig leven. Maar 55 miljoen jaar geleden stond het er vol met bomen. Het was er 25 graden en zelfs in de donkere poolnachten kwam de temperatuur niet onder nul. Er groeiden palmen op de Noordpool, bomen die van nature alleen in warme klimaten voorkomen. In die tijd was er op de polen dan ook geen ijs te bekennen. IJsberen en poolhazen moesten nog uitgevonden worden. In plaats daarvan leefden in het noordpoolgebied voorouders van krokodillen en nijlpaarden.

In 20 duizend jaar tijd was het wereldwijd zeker 5 graden warmer geworden. Geologen en klimatologen vinden dat waanzinnig veel en waanzinnig snel. Die stijging kwam doordat er ineens veel CO_2 in de lucht bij kwam. Misschien door vulkaanuitbarstingen, maar zeker weten doen ze dat niet. Waarschijnlijk werd de hittegolf nog erger door een aantal reusachtige scheten uit de zee.

Die scheten bestonden grotendeels uit methaangas dat miljoenen jaren veilig in de bodem van de oceanen had gelegen. Het methaan was het resultaat van rottende resten van dieren en planten. Je weet hoe het gaat: als er geen zuurstof in de buurt is maken de bacteriën daar maar wat graag methaan van. Door de kou op de oceaan-



bodem bleef het methaan min of meer bevroren liggen. Totdat het dus warmer werd. Het methaan kwam vrij, maar kon geen kant op. De druk werd groter en groter. Je kent het gevoel vast wel. Het was niet meer te houden. Met grote explosies bevrijdde het methaan zich uit de bodem, steeg in een enorme luchtbel naar boven en knalde de zee uit. Boem, de dampkring in. Samen met de CO_2 zorgde het methaan ervoor dat het nog vele jaren een broeikas bleef op aarde. Zo warm is het op aarde nooit meer geweest.

Ongeveer 35 miljoen jaar geleden kwamen Australië en Zuid-Amerika los van Antarctica. Dat betekende dat het koude water rondom de Zuidpool in het rond ging stromen. Warmer water kon nu niet meer bij Antarctica komen. Daardoor koelde dit werelddeel snel af. De bomen verdwenen. De ijskap ontstond. Het koele water werd nog koeler en koelde ook de rest van de oceanen af. De planeet was klaar voor de ijstijden.

