



DE
BIOLOGISCHE
KLOK

LEVENSRITMES
IN BEELD



Helen Pilcher



KNNV Uitgeverij

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING	7
ALLES DRAAIT OM TIJD	8
VEEL PLEZIER BUITEN	10
NATUURLIJKE KLOKKEN	12
LEVEN IN SLOW MOTION	16

Oorspronkelijke titel: *THE TIME NATURE KEEPS: A Visual Guide to the Cycles and Time Spans of the Natural World*
Copyright © 2023, UniPress Books Limited
Pagina 208 is een vervolg op deze copyright pagina.
Oorspronkelijk uitgegeven door The Experiment, LLC.
The Experiment, LLC | 220 East 23rd Street,
Suite 600 | New York, NY 10010-4658
theexperimentpublishing.com

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door
middel van druk, microfilm, fotokopie of op welke
andere wijze dan ook, zonder voorafgaande
schriftelijke toestemming van de uitgever.

Tekst Helen Pilcher
Vertaling Thom van Hoek
Redactie José Ferdinandus
Concept en ontwerp UniPress Books Limited
Omslag Bart van den Tooren (BVDT)
Opmaak Mat-Zet bv
ISBN 9789050119276
NUR 410
www.knnvuitgeverij.nl

Natuur ontdekken en beleven
KNNV Uitgeverij is de uitgever van informatieve
boeken over natuur & duurzaamheid.
Je vindt bij ons inspirerende boeken op het gebied
van Groene Lifestyle, Kind & Natuur, Wildlife &
Reizen, Filosofie & Wetenschap. Daarmee geeft de
uitgeverij waardevolle kennis door aan een breed
publiek. Zo dragen we bij aan de bescherming van
de Nederlandse natuur en aan het plezier dat je
eraan beleeft.



1 EVOLUTIONAIRE TIJD

INLEIDING	20
HET LEVEN IN ÉÉN DAG	22
GEOLOGISCHE TIJDSPANNEN	24
DE EVOLUTIE IN WERKING	26
MASSA-EXTINCTIE	30
DE OPKOMST VAN PLANTEN	32
GEVREESDE HAGEDISSEN	34
TIJD OM TE VLIEGEN	38
ROCKSTERREN	42
CLOACADIEREN, BUIDELDIEREN & ZOOGDIEREN	46
HUISELIJKE LUXE	48
DE ZILVERVOS	50

2 ECOLOGISCHE TIJD

INLEIDING	54
HET VERVAL VAN EEN DODE WALVIS	56
HET NUT VAN EEN ZEEMANSGRAF	58
HERREZEN UIT DE AS	60
BEVERS: GROENE INGENIEURS	62
DE LONGEN VAN DE AARDE	66
KWIJNENDE KIKKERS	70
LEVEN MET DE GETIJDEN	72
EENMAAL, ANDERMAAL	74
VRUCHTBAAR NATUURBELEID	78

3 LEVENSDUUR

INLEIDING	84
HOE OUD?	86
KLONALE KOLONIES	90
DE TIJD VLIEGT VOORBIJ	92
EEN LEVENSELIXER	96
ONGEWONE LEVENSLOPEN	98
HET MOMENT SUPRÊME	102
WINTERSLAAP	104
SLUIMERSTAND	108

4 GROEITIJD

INLEIDING	114
HET LEVEN IN EEN EI	116
ZWANGERE ZOOGDIEREN	120
GROOT GROEIEN	124
DE EERSTE STAP	128
KORAALRIFFEN & RIFKORALEN	130
ONTSPRUITEN	134
DIERLIJKE REGENERATIE	138

5 GEDRAGSDUUR

INLEIDING	144
SLAAPRITMES	146
MIGRATIE BIJ DIEREN	148
UW TIJD ZIT EROP	152
NIET TE LANG NADENKEN	156
OUDERSCHAP	158
OOST WEST, THUIS NEST	162
HOFMAKERIJ	166
PARINGSSESSIES	170
SEIZOENSVERSCHUIVING	174

6 BIOLOGISCHE TIJD

INLEIDING	178
MENSTRUATIECYCLI	180
HET MENOPAUZEMYSTERIE	182
REISTIJD	184
VERANDERING VAN SPIJS	188
DIEP ADEMHALEN	192
BUITEN ADEM	196
DE SNELHEID VAN GELUID	198

BIBLIOGRAFIE	202
REGISTER	204
BEELDVERANTWOORDING	208

INLEIDING

ALLES DRAAIT OM TIJD

Volgens voorstanders van de bigbangtheorie begon de tijd ongeveer 13,8 miljard jaar geleden met een enorme explosie. Daarmee ontstond alle energie, materie en uiteindelijk ook de planeet waar wij op leven.

Tegenwoordig bruist onze planeet van leven door gebeurtenissen die, door de lens van de tijd gezien, hebben plaatsgevonden. In dit boek verkennen we de tijdspannen die deze natuurlijke gebeurtenissen in beslag nemen, om te ontdekken hoe de biologische klok tikt. Elk hoofdstuk licht een ander type tijdspanne toe.

De evolutionaire tijd vertelt verhalen op een planetaire schaal, zoals de overgang van het leven in de zee naar het leven op het land, het uitsterven van diersoorten en het ontstaan van een mens die in staat is zijn eigen planeet te vernietigen.

Ecologische tijd duidt op de dynamische aard van ecosystemen. Zo kunnen bevers bijvoorbeeld binnen enkele weken hun eigen zoetwaterecosysteem opbouwen en kunnen de rottende overblijfselen van een blauwe vinvis een diepzee-ecosysteem creëren dat de leefbaarheid nog tientallen jaren ten goede zal komen.

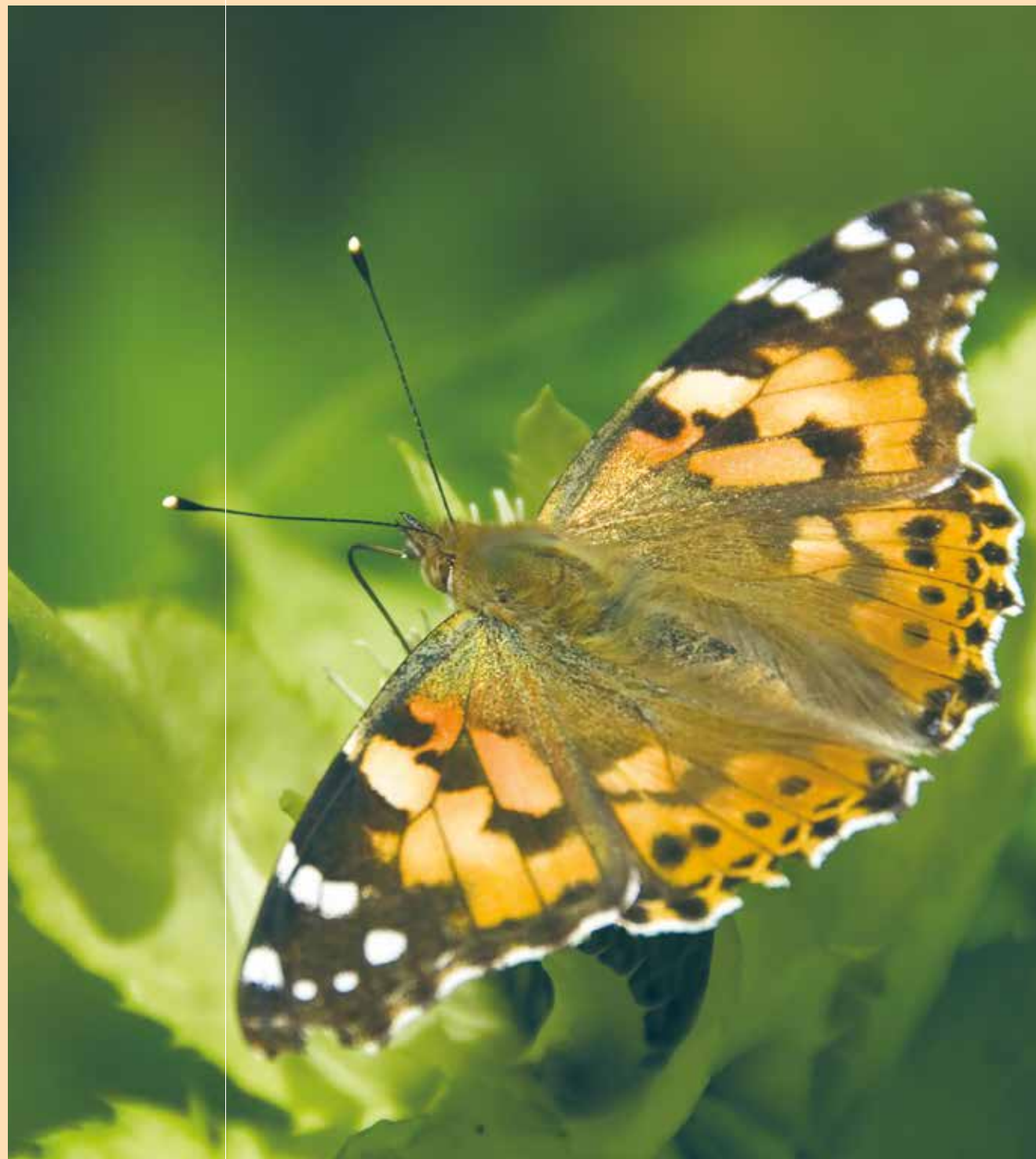
Een levensduur is de ruimte tussen het begin en het einde van een leven. Een volwassen eendagsvlieg leeft nog geen dag, terwijl de oudste boom meer dan 4500 jaar oud is.

De groeitijd brengt de ontwikkeling tijdens een leven in kaart. Aan de ene kant doet een Groenlandse haai er 150 jaar over om geslachtsrijp te worden; aan de andere kant blijven axolotls hun hele leven in de larvefase hangen.

De gedragsduur meet de tijd die een organisme nodig heeft om te reageren op zijn leefomgeving. Dat kan een langere periode zijn, zoals bij de migratie van distelvlinder, of slechts een milliseconde, zoals bij het valmechanisme van vleesetend blaasjeskruid.

Tot slot is de biologische tijd afhankelijk van fysiologische processen, zoals de stofwisseling en de werking van hormonen. Van het aantal ademhalingen per minuut tot aan de tijd van een toiletbezoek – tijd en frequentie brengen de natuurlijke processen in beeld die organismen gebruiken om te functioneren en te overleven. Laten we ontdekken hoe de biologische klok tikt.

Het leven van distelvlinders duurt slechts een paar weken, maar in die periode leggen ze duizenden kilometers af.



VEEL PLEZIER BUITEN

Van de zoete geur van een wilde bloemenweide tot aan de ontroerende zang van een merel in de schemering; de natuur heeft de kracht die ervoor zorgt dat wij ons goed voelen. Instinctief weten we dit al, maar recentelijk hebben wetenschappelijke onderzoeken empirisch bewezen dat iedereen baat heeft bij het idee van een 'natuurlijke gezondheidszorg'.

Tijd doorbrengen in een groene omgeving heeft zowel fysieke als mentale voordelen. Mensen die in een groene omgeving wonen lopen minder risico op hart- en vaatziekten, obesitas en diabetes. Ook wordt daar minder stress, een betere nachtrust, meer fitheid en algemeen welzijn gemeten.

De potentiële voordelen van tijd doorbrengen in de natuur zijn zo groot dat sommige dokters 'groene receptuur' uitschrijven, waarmee patiënten worden aangespoord om vaker en langer in de natuur door te brengen. Een onderzoek in Nieuw-Zeeland stelde vast dat twee derde van deze patiënten zich na zes maanden gezonder voelden en actiever leefden.

De opkomst van het stadsleven



300.000 jaar geleden

Homo sapiens evolueert.

6000 jaar geleden

De eerste steden worden gebouwd.

10 jaar geleden

Meer mensen leven in steden dan daarbuiten.

2050

70% van de mensheid woont in steden.

Ecotherapie, waarbij mensen deelnemen aan activiteiten buitenshuis zoals tuinieren en groepswandelingen, wordt ook onderzocht als een mogelijke behandeling voor sommige soorten depressie.

Dat klinkt mooi, maar we leiden allemaal een druk leven. Dus wat zou dan de optimale 'dosis' natuur zijn die we tot ons moeten nemen? Wederom biedt de wetenschap uitkomst. In 2019 bleek uit een onderzoek met bijna 20.000 proefpersonen dat elke week twee uur in een groene omgeving doorbrengen genoeg is om ons geluk en onze gezondheid te bevorderen. Dat kan een lange wandeling zijn maar ook meerdere kortere uitstapjes; in de natuur zijn verbeterd onze fysieke en mentale staat en de effecten zijn op iedereen van toepassing, ongeacht leeftijd, geslacht, gezondheid of hulpbehoefendheid.

We kennen allemaal het advies dat we per dag vijf stuks fruit of groente moeten eten en 150 minuten per week moeten bewegen, maar nu wordt het misschien tijd om het over de voordelen van de natuur te hebben.

WAAROM DOET DE NATUUR ONS GOED?

Volgens natuurbeschermer Edward O. Wilson komt dat omdat we deel uitmaken van de natuur. Naarmate onze soort evolueerde bleven onze hersenen positief reageren op natuurlijke kenmerken, zoals rivieren, bossen en weilanden, die ons voortbestaan bevorderen. Wilson noemde dit in 1984 de 'biofilie-hypothese'.

NATUURLIJKE KLOKKEN

Van de mechanische klok tot het digitale horloge – door de eeuwen heen heeft de mens steeds preciezere uurwerken gefabriceerd. Maar ook de natuur kent een indrukwekkend aantal tijdwaarnemers. Sommige daarvan zijn op het grote geheel afgestemd en registreren belangrijke gebeurtenissen over miljoenen jaren, terwijl andere op een kleinere schaal gericht zijn en veranderingen bijhouden die zich binnen één kort leven voordoen. Ze hebben niet de precisie van een atoomklok, die er in 100 miljoen jaar slechts 1 seconde naastzit, maar dat maken ze ruimschoots goed met hun context en kleur.

Fossielen vertellen bijvoorbeeld het verbazingwekkende levensverhaal van de aarde. Sedimenten komen laag voor laag over elkaar heen te liggen en iedere laag bevat de gefossiliseerde overblijfselen van organismen die destijds leefden. De wetenschap van deze aardlagen heet 'stratigrafie' en wordt door paleontologen gebruikt om fossielen te dateren.

DE OUDERDOM VAN FOSSIELEN

Gesteentelagen worden 'strata' genoemd. De strata onderaan zijn als eerste afgezet, wat betekent dat ze ouder zijn dan de lagen

Voorbeelden van ontdekte fossielen



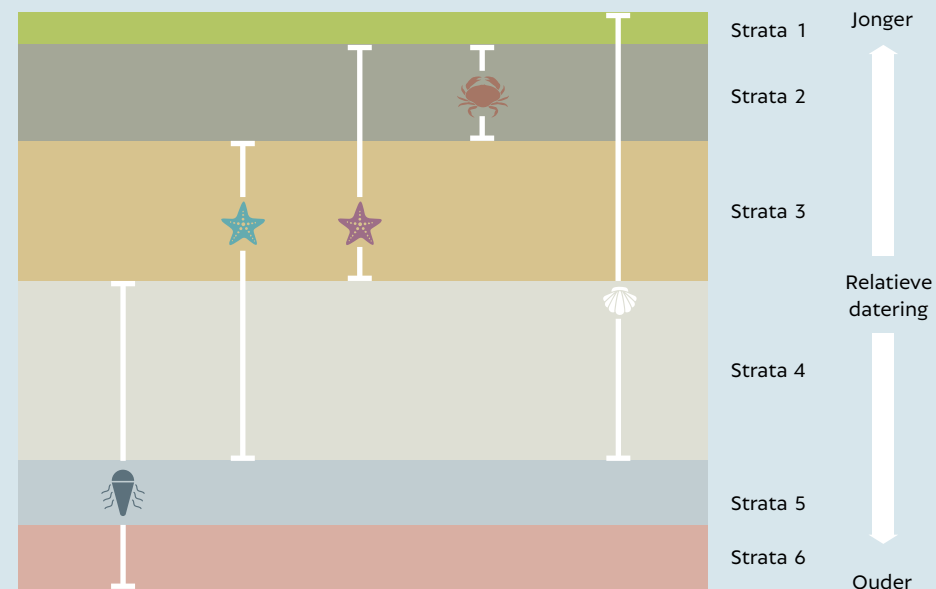
daarboven. Zulke informatie helpt ons om de ouderdom van fossielen te weten te komen. In de grafiek hieronder moet de grijze trilobiet – gevonden in strata 4 tot en met 6 – wel ouder zijn dan de groene schelp (ammoniet), aangezien die zich alleen in strata 3 bevindt. De groene schelp is op zijn beurt ouder dan de rode krab (belemniet), die alleen te vinden is in strata 2.

RADIOMETRISCH DATEREN

Stratigrafie kan ons een idee geven van de relatieve ouderdom, maar om te weten wat de absolute ouderdom is (in miljoenen jaren) zijn andere methoden nodig. Een daarvan is radiometrische datering die berust op het feit dat sommige gesteenten instabiele, radioactieve atomen bevatten, die in een voorspelbaar tempo vervallen.

Wetenschappers bestuderen radioactief uranium, potassium of koolstof. Door de hoeveelheid instabiele radioactieve atomen in een gesteente te meten en die te vergelijken met de hoeveelheid stabiele atomen die er geproduceerd zijn, kunnen wetenschappers schatten hoeveel tijd er is verstreken sinds het gesteente is ontstaan.

VOORBEELDEN VAN DE OUDERDOM VAN BEKENDE FOSSIELEN



LEVENDE KLOKKEN

Velen van ons zijn wel bekend met het feit dat we door middel van de jaarringen van bomen hun leeftijd kunnen meten. Uit de afwisselend donkere en lichte cirkels halen we informatie, over hoe oud de boom precies is en hoe de omstandigheden waren in zijn leven.

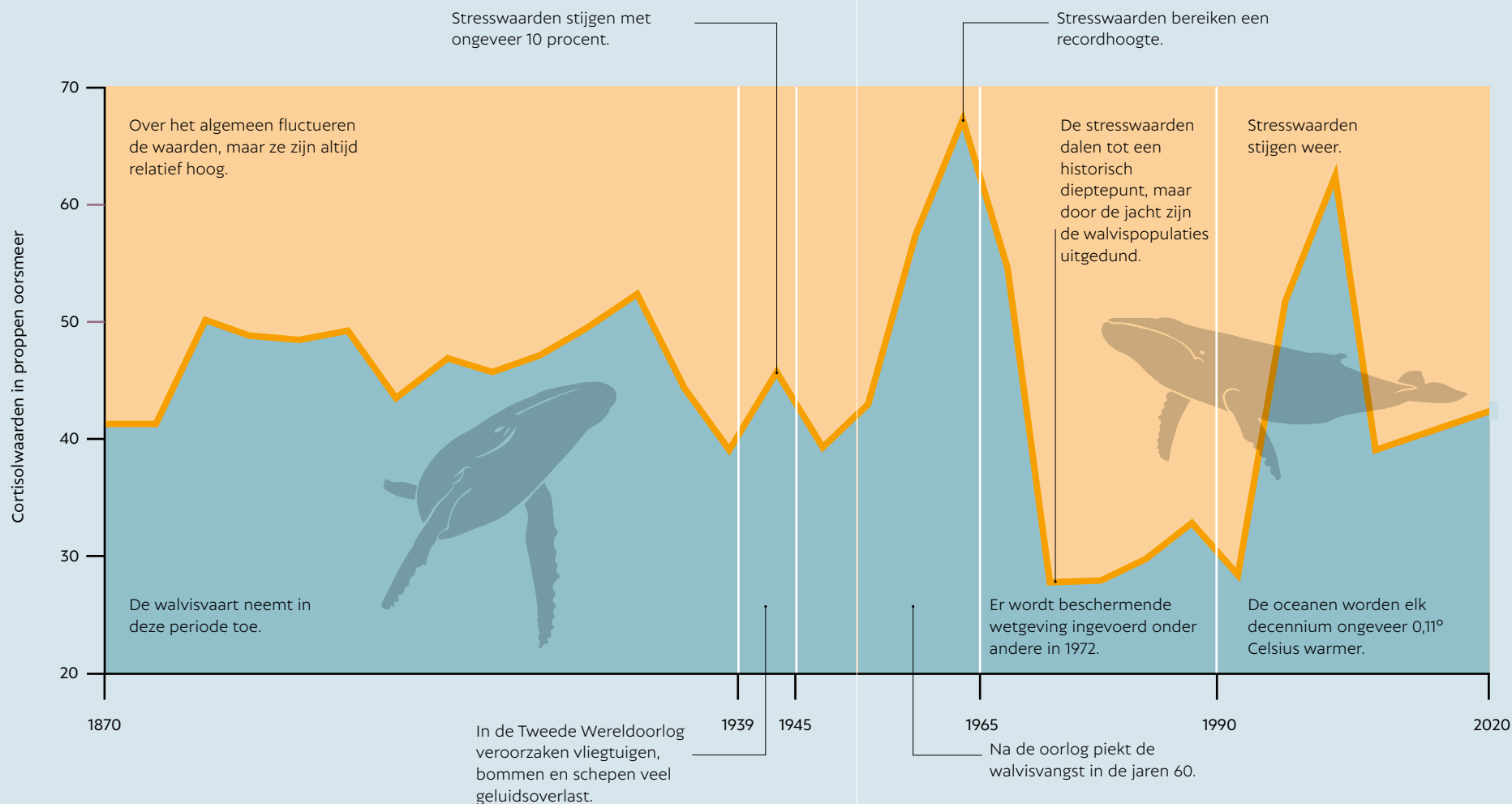
Hetzelfde geldt voor het oorsmeer van walvissen. Tijdens hun leven bouwen walvissen in hun gehoorgangen lagen vet oorsmeer op. Wanneer een walvis kort na zijn dood ergens wordt aangetroffen kunnen de harde, staafvormige propjes oorsmeer eruit worden gehaald. Als we zo'n prop doormidden zagen, krijgen we lichte en donkere ringen te zien waaruit de leeftijd van de walvis valt af te lezen. Zo functioneert een prop oorsmeer als een klok.

Ze informeren ons ook over het leven van de walvis. Walvissen

worden vaak erg oud en ervaren in hun leven onvermijdelijk een bepaalde mate van stress. Als een walvis gestresst is, produceert hij een hormoon genaamd cortisol. Tijdens zijn leven variëren de cortisolwaarden en dat is in het oorsmeer terug te zien. Wetenschappers kunnen door verschillende monsters te nemen van het oorsmeer en die te analyseren de waarde meten. Elk monster vertegenwoordigt een periode in het leven van de walvis. Door deze informatie met elkaar in verband te brengen is het mogelijk te bepalen hoe de stress bij het dier fluctueerde.

In 2018 verzamelden wetenschappers data van 20 walvissen, verspreid over 150 jaar. De hoogste cortisolwaarden, dus wanneer een walvis écht gestresst was, kwamen overeen met perioden van walvisjacht en oorlogen. Nu de oceanen opwarmen zien we deze waarden opnieuw stijgen, dus het onderzoek toont aan hoe schadelijk ons handelen is voor deze vriendelijke reuzen.

Menselijk handelen beïnvloedt stress



LEVEN IN SLOW MOTION

Er wordt wel eens gezegd dat de tijd vliegt als je plezier maakt, maar we weten ook allemaal hoe langzaam het kan gaan als er een hoop huishoudelijke taken gedaan moeten worden. Het idee dat de tijd voor ons gevoel sneller en langzamer kan gaan komt ons allemaal bekend voor, maar onderzoek toont aan dat sommige diersoorten hun tijdwaarneming gewoon aanpassen als het hen uitkomt.

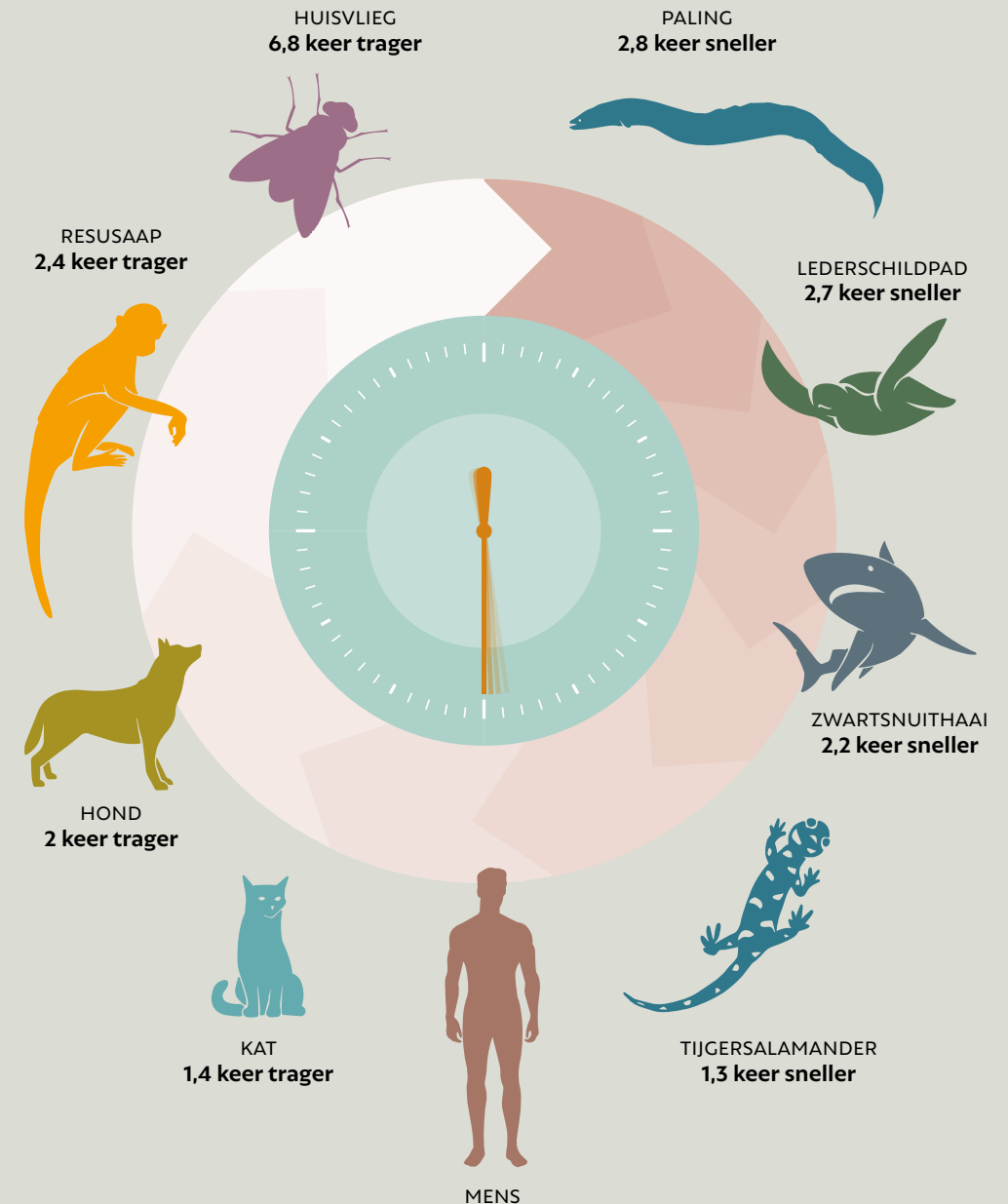
Tijdwaarneming is afhankelijk van de snelheid waarmee de hersenen informatie kunnen verwerken. Die snelheid kan gemeten worden door dieren lichtflitsen te laten zien. Eerst langzaam en dan steeds sneller. Op een gegeven moment knippert het licht zo snel dat er sprake is van een continue waas. Dit wordt *critical flicker fusion frequency* genoemd. Nauwkeurig geplaatste hersenelektroden kunnen vaststellen wanneer deze overgang precies plaatsvindt.

Uit onderzoek blijkt dat kleine, snelle dieren lichtflitsen met een hogere frequentie kunnen waarnemen dan grote dieren met een trage stofwisseling. Vliegen kunnen bijvoorbeeld tot wel vier keer sneller flikkerend licht waarnemen dan wij. Net als voor het fictieve personage Neo, die in *The Matrix* kogels ontwijkt, lijken handelingen en gebeurtenissen zich bij vliegen langzamer te voltrekken. Dat verklaart hoe het kan dat vliegen in staat zijn om, helaas voor ons, een opgerolde krant te ontwijken, maar het roept ook een waarom-vraag op.

Vanuit evolutionair perspectief bezien is het logisch dat de dieren die sneller moeten zijn – om te voorkomen dat ze opgegeten worden of om een snelle prooi te vangen – de tijd langzamer waarnemen zodat ze vliegensvlug kunnen handelen. Het is ook begrijpelijk dat dezelfde dieren hun tijdwaarneming kunnen aanpassen wanneer het snelle handelen niet meer nodig is, bijvoorbeeld wanneer ze moeten uitrusten.

In hetzelfde kader hebben wetenschappers ontdekt dat sommige zwaardvissen tijdens de jacht de bloedstroom naar hun hersenen kunnen versnellen. Daardoor vertraagt hun tijdwaarneming, wat ervoor zorgt dat ze een groter aantal visuele prikkels per seconde kunnen verwerken. Wanneer ze niet jagen verstrikt de tijd sneller en neemt de hoeveelheid informatie die ze per seconde verwerken af.

Tijdwaarneming bij dieren in vergelijking met de menselijke perceptie van tijd



1

EVOLUTIONAIRE TIJD

INLEIDING

Op de aarde komt al meer dan 3,5 miljard jaar leven voor en in die tijd hebben er honderden miljoenen soorten bestaan. Nu leven er naar schatting zo'n 9 miljoen verschillende soorten op onze planeet, terwijl meer dan 98% van de soorten die ooit hebben geleefd is uitgestorven.

De aarde is getuige geweest van de opkomst van het leven in zijn oorspronkelijke eencellige vorm en van de explosie aan diversiteit die plaatsvond toen de enkele cellen samen gingen werken, waardoor meercellige organismen zich ontwikkelden. Onze planeet was erbij toen levende wezens uit de oceaan kropen en op het land bleken te gedijen. Omgekeerd verlieten de voorouders van walvissen en dolfijnen destijds het land om terug te keren naar het water. De aarde heeft de opkomst van planten meegemaakt, de teloorgang van dinosauriërs en de evolutie van onze eigen soort. Onze planeet is de thuisbasis geweest van paddenstoelen zo hoog als bomen, bevers zo groot als beren en libelles met een spanwijdte als van kerkuilen.

Door evolutie zijn veel fascinerende levensvormen ontstaan. Evolutie is het proces dat levende wezens in staat stelt om in de loop van de tijd te veranderen. Vaak is daar een onvoorstelbaar lange tijdsperiode mee gemoeid, met subtiele veranderingen die zo traag optreden dat het moeilijk is ze op waarde te schatten. Soms kan evolutie worden waargenomen over veel kortere perioden, bijvoorbeeld gedurende één mensenleven. Zoals we zullen ontdekken kan leven over miljoenen of miljarden jaren evolueren, maar die evolutie kan zich ook binnen een aantal decennia of zelfs binnen één jaar voltrekken.

De voorouder van de walvis was een landzoogdier dat ongeveer 50 miljoen jaar geleden terug de zee inging.



HET LEVEN IN ÉÉN DAG

De aarde vormde zich ongeveer 4,5 miljard jaar geleden toen de materie die overbleef bij het ontstaan van de zon met elkaar in aanraking kwam en samenklonterde. Daarna maakte onze planeet ongelooflijke veranderingen door, waaronder het ontstaan van de maan, de vorming van de oceanen en natuurlijk de evolutie van het leven. Maar wat als de geschiedenis van de aarde in één dag gestopt kon worden – hoe zou die dag er dan uit zien?

In de eerste uren van de dag krijgt onze planeet te maken met vulkaanuitbarstingen en neerstortende meteorieten. De aarde is dan nog heet en neemt de tijd om af te koelen. De eerste levensvorm steekt rond 2:45 zijn kop op, in de vorm van

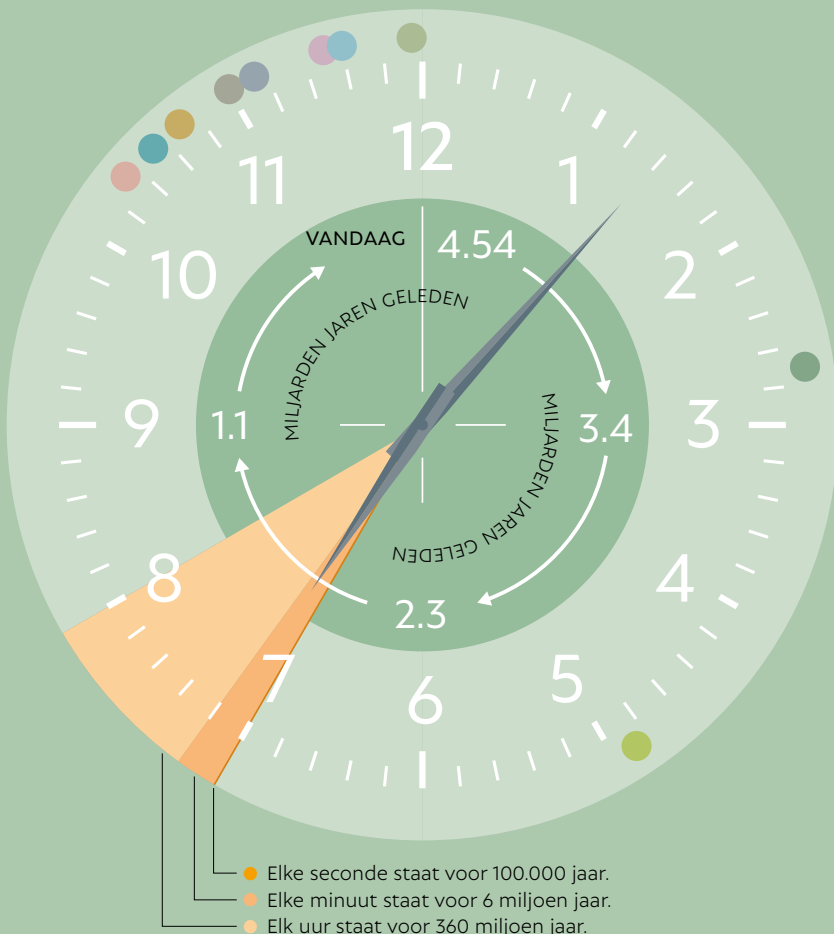

eencellige organismen genaamd prokaryoten.

Twee uur later smelt een prokaryoot samen met een andere en vormen ze samen de eerste cellen met een celkern, waardoor eukaryoten tot leven komen. Een paar uur later, rond 10:25, groeperen de cellen zich en beginnen ze samen te werken. De eerste meercellige levensvormen ontstaan en maken de weg vrij voor het scala dat we nu kennen. Het ontstaan van onze soort, de *Homo sapiens*, vormt slechts een ogenblik op een drukke dag. De hele geschiedenis van de mensheid past in enkele seconden en een mensenleven is zo kortstondig dat het in een dag nauwelijks valt waar te nemen.



2:45
Prokaryoten zijn de allereerste levensvormen die ontstaan.

Evolutionaire ijkpunten in twaalf uren

4:50
Eukaryoten, voorzien van een celkern, komen tot volle wasdom.




10:25
De evolutie van het meercellig leven.



10:34
Het leven krijgt meerdere gedaantes, waaronder geledpotigen en vissen.



10:40
Enkele planten en dieren gaan vanuit de zee naar het land. De eerste insecten duiken op.



11:00
De eerste wezens met vier ledematen evolueren en komen uit het water.



11:10
Uit reptielen evolueren de dinosauriërs.



11:32
De wereld verwelkomt de eerste zoogdieren.



11:36
Vogels fladderen de lucht in.

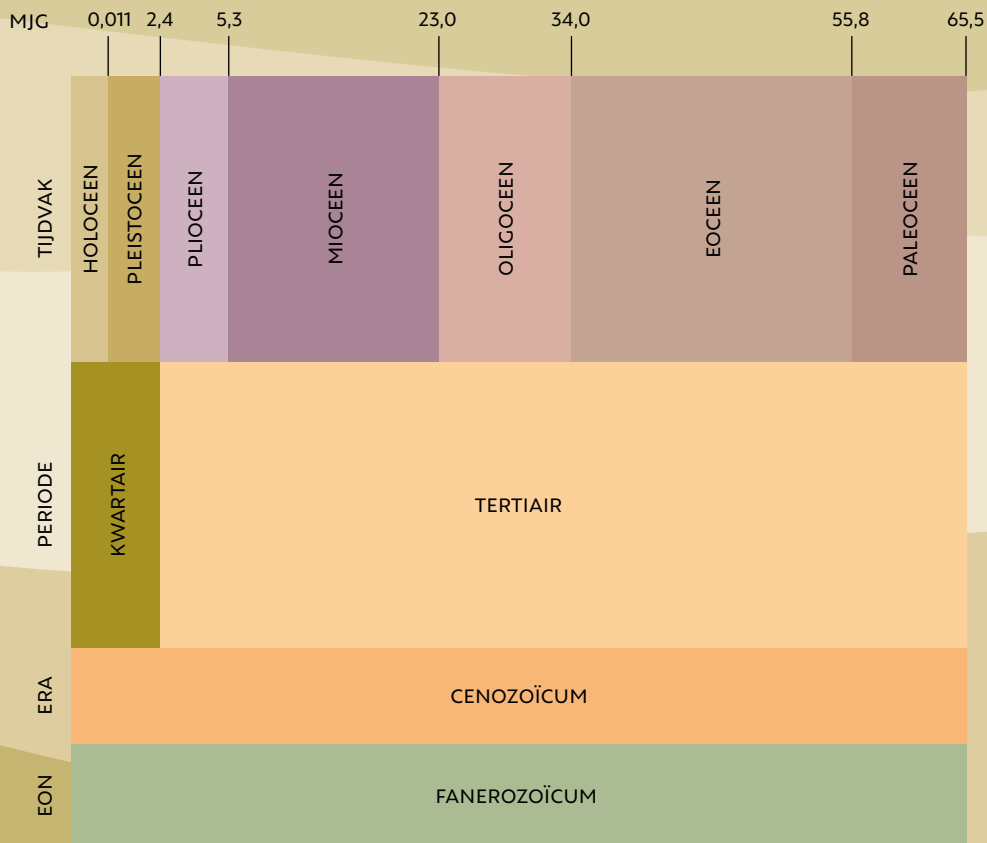


11:57 en 57 seconden
De vroege moderne mens doet zijn intrede.

GEOLOGISCHE TIJDSPANNEN

De tijd die wij in ons dagelijks leven ervaren is netjes geordend. Elke dag telt 24 uur, elk uur 60 minuten en elke minuut 60 seconden. De geschiedenis van de aarde wordt echter gemeten in geologische tijdschalen. Dit zijn grote, logge tijdperken die miljoenen tot miljarden jaren kunnen duren (zie hieronder – ‘mjpg’ staat voor ‘miljoen jaar geleden’). Om het makkelijker te maken hebben wetenschappers deze tijdperken verdeeld in kleinere stukken.

Eonen zoals het Fanerozoïcum zijn de grootste perioden. Deze worden onderverdeeld in era's, periodes en tijdvakken. In tegenstelling tot de geordende tijd die wij gewend zijn, zijn deze geologische tijdperken niet allemaal even lang. De geologische tijd is namelijk ingedeeld aan de hand van belangrijke gebeurtenissen in de geschiedenis van de aarde en dus omvat geen enkele era



evenveel jaren. De gigantische stijging in diversiteit van het leven op aarde markeert bijvoorbeeld het begin van het Paleozoïcum.

Wetenschappers hebben de geschiedenis van de aarde leren kennen door gesteentelagen te bestuderen. Elke laag ontstond in een andere tijd, waardoor deze een verscheidenheid aan fossielen en chemische eigenschappen bevat. Dit helpt wetenschappers om de tijd in te delen en het levensverhaal van de aarde na te vertellen.

We leven nu in het Holoceen, maar veel wetenschappers tonen aan dat ons handelen ertoe leidt dat het klimaat verandert. Zodoende zouden we ons nu in een nieuw tijdvak bevinden, het Antropoceen. *Antropo* komt van het Griekse woord voor 'mens' en *ceen* betekent 'nieuw'.

