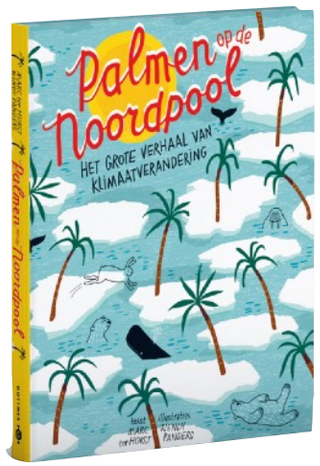
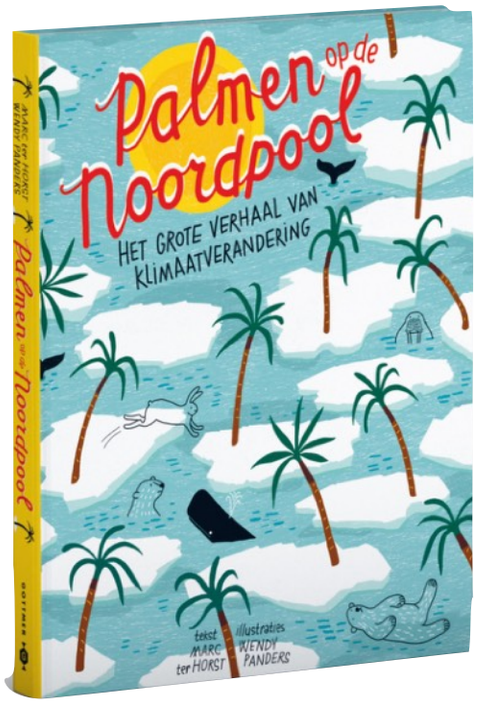



waarin je leest...

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| hoe de indianen in Amerika kwamen | wat de mensen op de Noordzeebodem aten | waar ze kerst vieren in bikini | wat het recept is voor een lekkere ijstijd | dat zonnevlekken er niks aan kunnen doen | waarom er krassen op de bergen zitten | hoe een wetenschapper zijn liefdesverdriet overleeft | hoe de aarde in- en uitademt | wat oeroude luchtbelletjes ons vertellen | waar onze bossen zijn gebleven | wie Watt was | wat de truc van steenkool is | waarom er midden in de woestijn wolkenkrabbers staan | dat je stroom gewoon van stoom komt | waarom koeien zo onschuldig kijken | waarom de Noordpool sneller smelt dan de Zuidpool | hoe duizenden plastic eendjes de oceaankunde hielpen | welke robots elke tien dagen kopje onder gaan | waarom je steeds beter uit moet kijken voor hagelstenen | welke tijdbom onder de grond ligt | welke eilanden kopje onder dreigen te gaan | hoe jouw smartphone voor dorst zorgt in Bolivia | wat het gevaarlijkste dier ter wereld in Nederland doet | wat je met je opa en oma moet doen tijdens een hittegolf | hoe weerkundigen de chocola moeten redden | wat het schattigste dier is dat je niet kent | van wie de ijsbeer best uit mag sterven | hoe een boom levens kan redden | waardoor je de kriebels krijgt van klimaatverandering | hoe je schelpen kunt laten verdwijnen | hoeveel kinderen je moet nemen | hoe een aardbei zijn sporen nalaat | waarom een uitlaat ouderwets wordt | waarom luchtdeeltjes altijd voor de kortste rij kiezen | wat energiecentrales in jouw kliko zien | hoe duurzaam de Japanse makaken zijn | wat de overeenkomst is tussen energiebronnen en de Smurfen | over een ijsbeer die nooit bestaan heeft | waarom sommige mensen doen alsof er niets aan de hand is | hoe moeilijk het is om een deal te sluiten met 195 landen | waarom de gezichten van standbeelden

(aantal teasers uit de hoofdstukopeners)




Marc ter Horst
KINDERBOEKENSCHRIJVER


* marcterhorst.nl
* marc@marcterhorst.nl
* twitter: @marcth
* instagram: @marcth
* linkedin: marcterhorst

Meer kinderboeken. Voor AK is vooral Hé Aardbewoner interessant.

Hé Aardbewoner: kinderboek over aardrijkskunde. Aardbevingen, vulkanen, klimaten, landschappen, gps etc.
Vertaalrechten aan 7 landen verkocht.

Educatief auteur bij Malmberg.

Eigenlijk moet je dit eerst even lezen 9

1 Sneeuwballen & vulkanen
OVER DE VROEGE GESCHIEDENIS VAN HET KLIMAAT
Die goeie ouwe aarde 12
De eerste 2 miljard jaar 14
Het sneeuwbaleffect 16
Lang leve koolstof 18
Wat nekte de dino's? 20
Scheten uit de zee 22

2 IJstongen & mammoeten
OVER IJSTIJDEN EN ZO
Welkom in de ijstijd 26
Op de bodem van de Beringzee 28
Op de bodem van de Koraalzee 30
Op de bodem van de Noordzee 32
Winter in de zomer 34
Maak je eigen ijstijd 36
Vulkaanstof en zonnevlekken 38

3 Luchtbellen & boomringen
OVER ONDERZOEK NAAR KLIMAATVERANDERING
Tijd voor onderzoek 42
Zwervende stenen 44
Ontdekkers van de broeikas 46
De ademhaling van de aarde 48
De groeiende hockeystick 50
Gevangen in ijs 52
De vingerafdruk van $CO_2$ 54

4 Schoorstenen & koeienscheten
OVER DE OORZAKEN VAN KLIMAATVERANDERING
Hout 58
De waterdampmachine 60
Gestampte moerasplanten 62
Gestampte zeedieren 64
Mensen mensen mensen 66
Uit de schoorsteen 68
Uit een uitlaat 70
Uit de koe 72

5 Smeltwater & hittegolven
OVER DE GEVOLGEN VAN KLIMAATVERANDERING
Klimaatverwarring 76
Eén graad warmer 78
Smeltende polen 80
Raar water 82
Rivieren in de zee 84
Zure oceanen 86
Heftig weer 88
Enzovoort 90
Op het randje 92

6 Rampspoed & ellende
OVER DE GEVOLGEN VAN DE GEVOLGEN VAN KLIMAATVERANDERING
Het goede nieuws 96
Verdwijnende eilanden 98
Bedreigde steden 100
Wij willen water 102
De wind die regen brengt 104
Teken, muggen en pollen 106
Zweten 108
Eten voor iedereen 110
Watergevechten 112

7 Fluithaas & inktvis
OVER DE GEVOLGEN VOOR DE NATUUR
Fluiten naar de fluithaas 116
Bij de bijeneter 118
Meer dan de ijsbeer 120
De yucca ja 122
De laatste gouden pad 124
Draaigatje en co 126
Kleurloos koraal 128

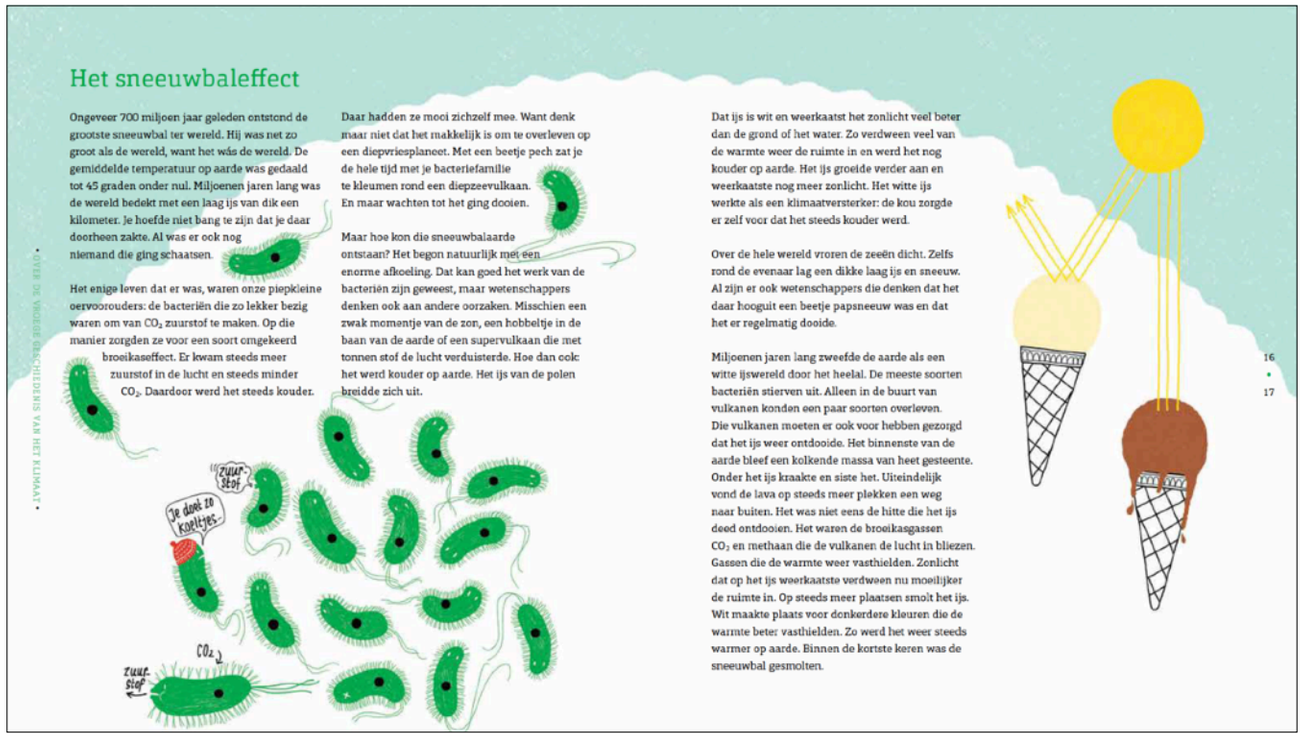
8 Waterstof & insectenburgers
OVER DE MAATREGELEN TEGEN KLIMAATVERANDERING
Oké, dit is wat we nu weten 132
Klaar voor de toekomst 134
Doe het zelf 136
In het spoor van je eten 138
Vliegen op frituurvet 140
Rijden op stroom 142

9 Windmolens & waterkracht
OVER DE ENERGIE VAN DE TOEKOMST
Lieve steenkool, aardgas en aardolie 146
Kandidaat 1: zon 148
Kandidaat 2: wind 150
Kandidaat 3: water 152
Kandidaat 4: biomassa 154
Kandidaat 5: aardwarmte 156
Kandidaat 6: kernenergie 158
En de winnaar is... 160

10 Welles & nietes
OVER HET GEZEUR OVER KLIMAATVERANDERING
Bogus de Beer 164
Het valt wel mee 166
Het is hun schuld 168
Het is al vaker zo gegaan 170
Het komt wel goed 172
Het vliegtuig vliegt toch 174
Het heeft toch geen zin 176

Klimaatbingo 178
Dankjewel 180
Register 181


Inhoudsopgave Palmen op de Noordpool - Het grote verhaal van klimaatverandering.
Ik laat een aantal voorbeelden uit het boek zien, met af en toe lessuggesties en bronnen.



## 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.





Positieve feedback (klimaatversterker)
Voorbeeld: albedo effect.

## 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 wereldkaart 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 vleeseetende 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.

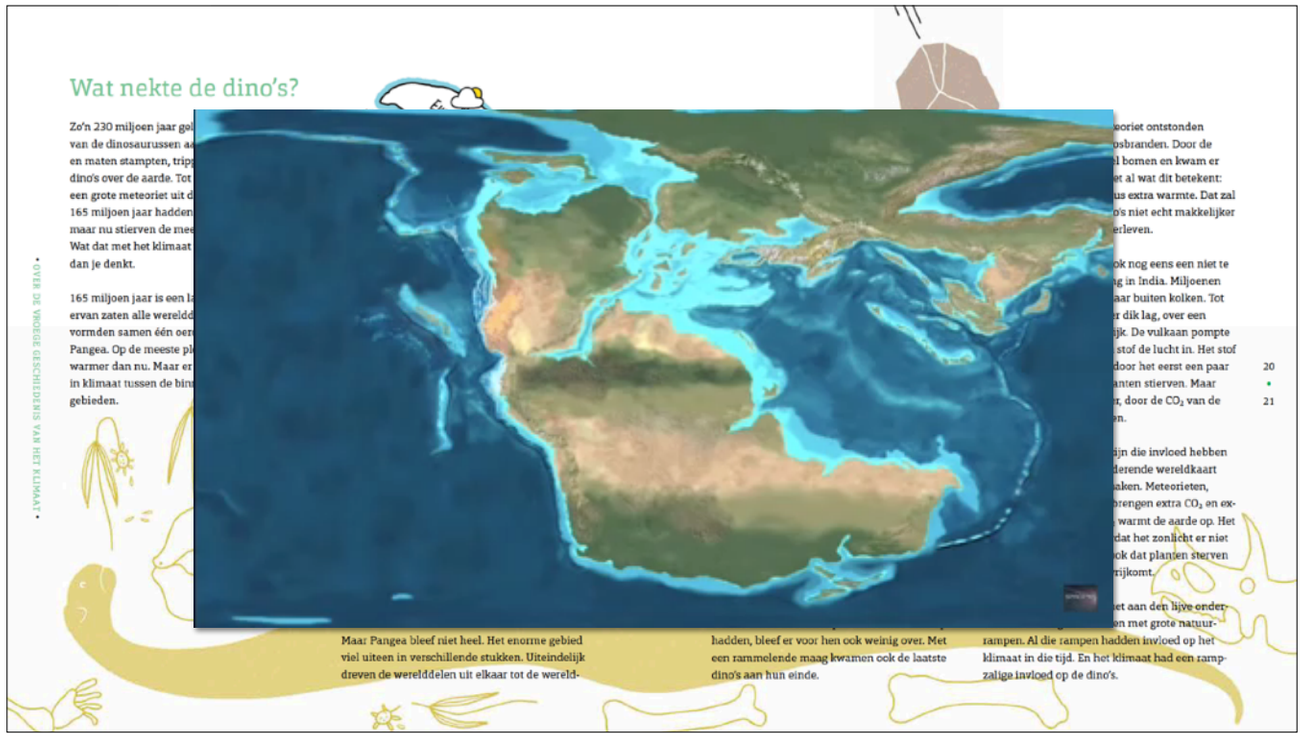
En dan was er in die tijd ook nog eens een niet te stoppen vulkaanuitbarsting in India. Miljoenen jaren lang bleef het lava naar buiten kolken. Tot er een laag van 2 kilometer dik lag, over een gebied zo groot als Frankrijk. De vulkaan pompte een enorme lading $CO_2$ en stof de lucht in. Het stof verduisterde 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.



De dino's erbij gehaald om een aantal invloeden op klimaat te introduceren:
Landklimaat vs zeeklimaat, vulkanisme, stof, CO2 (bosbrand)



## Wat nekte de dino's?

Zo'n 230 miljoen jaar gel
van de dinosaurussen aa
en maten stampten, tripp
dino's over de aarde. Tot
een grote meteoriet uit d
165 miljoen jaar hadden
maar nu stierven de mee
Wat dat met het klimaat
dan je denkt.

165 miljoen jaar is een la
ervan zaten alle wereldd
vormden samen één oer
Pangea. Op de meeste pl
warmer dan nu. Maar er
in klimaat tussen de bin
gebieden.

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

hadden, bleef er voor hen ook weinig over. Met een rammelende maag kwamen ook de laatste dino's aan hun einde.

eoriet ontstonden
psbranden. Door de
l bomen en kwam er
et al wat dit betekent:
us extra warmte. Dat zal
o's niet echt makkelijker
erleven.

ok nog eens een niet te
g in India. Miljoenen
aar buiten kolken. Tot
r dik lag, over een
ijk. De vulkaan pompte
stof de lucht in. Het stof
door het eerst een paar
anten stierven. Maar
r, door de $CO_2$ van de
en.

ijn die invloed hebben
derende wereldkaart
aken. Meteorieten,
brengen extra $CO_2$ en ex-
warmt de aarde op. Het
dat het zonlicht er niet
ok dat planten sterven
rijkomt.

et aan den lijve onder-
en met grote natuur-
rampen. Al die rampen hadden invloed op het klimaat in die tijd. En het klimaat had een ramp-zalige invloed op de dino's.





Pangea animaties te vinden op YouTube
https://www.youtube.com/watch?v=uGcDed4xVD4&

## Op de bodem van de Beringzee

Als je erop let, zie je het ineens. De eerste inwoners van Amerika, de indianen en de Inuit, zien er een beetje Aziatisch uit. Ze hebben donkere haren zonder krullen en vaak lijken hun ogen en huidskleur op die van bijvoorbeeld Chinese volken. Dat is geen toeval en het heeft ook een beetje te maken met de ijstijd.

De eerste mensen zijn ontstaan in Afrika. Van deze mensen stammen alle moderne mensen af. Omdat er steeds meer mensen kwamen, trokken sommige families een stukje verder. Eerst gingen ze naar Europa en Azië. Het duurde tienduizenden jaren voordat er mensen in het uiterste oosten van Azië aankwamen. Heel langzaam, van moeder op kind, veranderde het uiterlijk van de mensen. Zo kregen ze een lichtere huid. Dat was handig in gebieden verder van de evenaar, waar de zon niet zo hoog kwam. Want een lichte huid helpt je lichaam om met maar een beetje zonlicht toch genoeg vitamine D aan te maken.

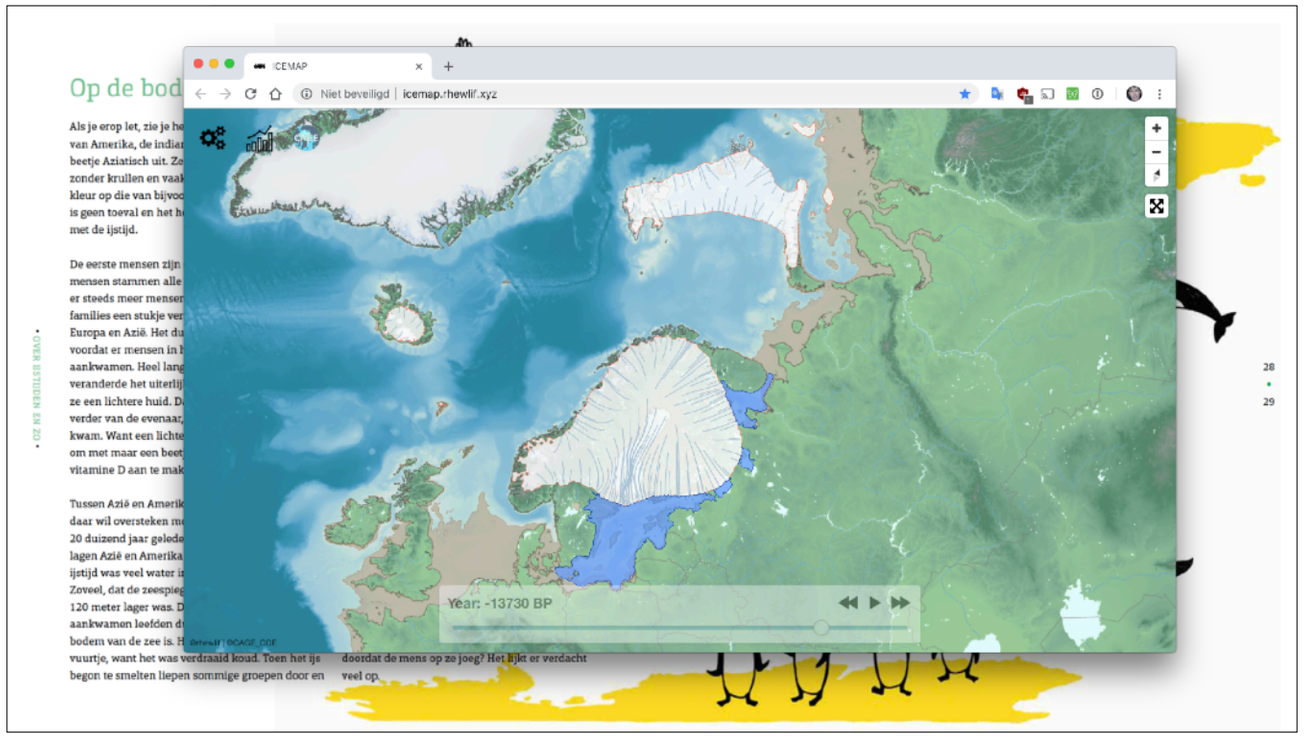
Tussen Azië en Amerika ligt de Beringzee. Wie daar wil oversteken moet 80 kilometer varen. 20 duizend jaar geleden was dat niet nodig. Toen lagen Azië en Amerika aan elkaar vast. Door de ijstijd was veel water in ijskappen opgeslagen. Zoveel, dat de zeespiegel over de hele wereld 120 meter lager was. De mensen die in Amerika aankwamen leefden duizenden jaren op wat nu de bodem van de zee is. Hopelijk maakten ze wel een vuurtje, want het was verdraaid koud. Toen het ijs begon te smelten liepen sommige groepen door en bevolkten het noorden van Noord-Amerika. Dat werden de Inuit. Sommige gingen door naar het zuiden. Dat werden de indianen.

Toen de mensen aankwamen in Amerika liepen ze allemaal grote dieren tegen het lijf. Dieren als de reuzenbever, de holenleeuw, de sabeltandkat, de reuzenwolf, de mammoet en de megatherium: een grondluiaard zo groot als een olifant. De meeste megadieren leefden hier al miljoenen jaren. Ze hadden nog nooit een mens gezien. Een paar duizend jaar later waren alle megadieren in Noord- en Zuid-Amerika uitgestorven. Kwam het doordat de mens op ze joeg? Het lijkt er verdacht veel op.

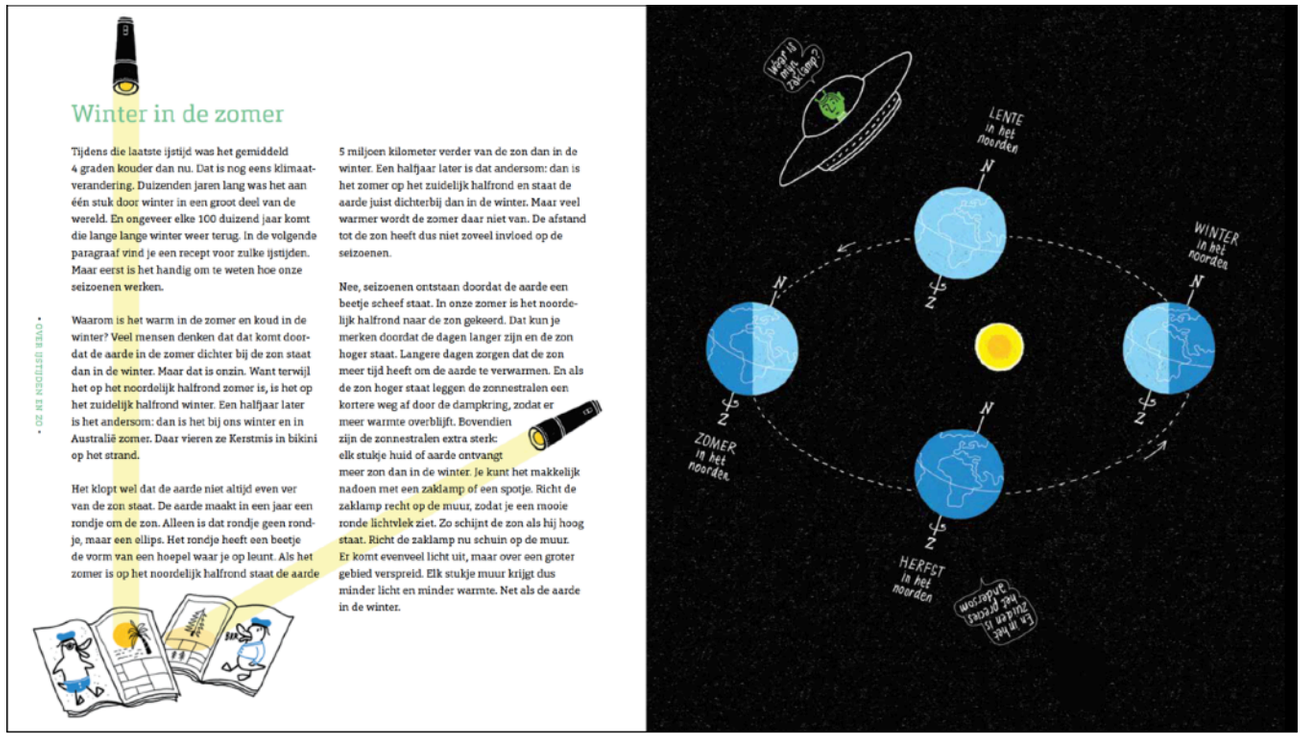




Introductie ijstijden door gevolgen voor mensen Beringzee, Koraalzee, Noordzee / Doggerland.




Interactieve kaart van laatste ijstijd
http://icemap.rhewlif.xyz/



## Winter in de zomer

Tijdens die laatste ijstijd was het gemiddeld 4 graden kouder dan nu. Dat is nog eens klimaatverandering. Duizenden jaren lang was het aan één stuk door winter in een groot deel van de wereld. En ongeveer elke 100 duizend jaar komt die lange lange winter weer terug. In de volgende paragraaf vind je een recept voor zulke ijstijden. Maar eerst is het handig om te weten hoe onze seizoenen werken.

Waarom is het warm in de zomer en koud in de winter? Veel mensen denken dat dat komt doordat de aarde in de zomer dichter bij de zon staat dan in de winter. Maar dat is onzin. Want terwijl het op het noordelijk halfrond zomer is, is het op het zuidelijk halfrond winter. Een halfjaar later is het andersom: dan is het bij ons winter en in Australië zomer. Daar vieren ze Kerstmis in bikini op het strand.

Het klopt wel dat de aarde niet altijd even ver van de zon staat. De aarde maakt in een jaar een rondje om de zon. Alleen is dat rondje geen rondje, maar een ellips. Het rondje heeft een beetje de vorm van een hoepel waar je op leunt. Als het zomer is op het noordelijk halfrond staat de aarde 5 miljoen kilometer verder van de zon dan in de winter. Een halfjaar later is dat andersom: dan is het zomer op het zuidelijk halfrond en staat de aarde juist dichterbij dan in de winter. Maar veel warmer wordt de zomer daar niet van. De afstand tot de zon heeft dus niet zoveel invloed op de seizoenen.

Nee, seizoenen ontstaan doordat de aarde een beetje scheef staat. In onze zomer is het noordelijk halfrond naar de zon gekeerd. Dat kun je merken doordat de dagen langer zijn en de zon hoger staat. Langere dagen zorgen dat de zon meer tijd heeft om de aarde te verwarmen. En als de zon hoger staat leggen de zonnestralen een kortere weg af door de dampkring, zodat er meer warmte overblijft. Bovendien zijn de zonnestralen extra sterk: elk stukje huid of aarde ontvangt meer zon dan in de winter. Je kunt het makkelijk nadoen met een zaklamp of een spotje. Richt de zaklamp recht op de muur, zodat je een mooie ronde lichtvlek ziet. Zo schijnt de zon als hij hoog staat. Richt de zaklamp nu schuin op de muur. Er komt evenveel licht uit, maar over een groter gebied verspreid. Elk stukje muur krijgt dus minder licht en minder warmte. Net als de aarde in de winter.





Om ijstijden te begrijpen moet je eerst seizoenen begrijpen.

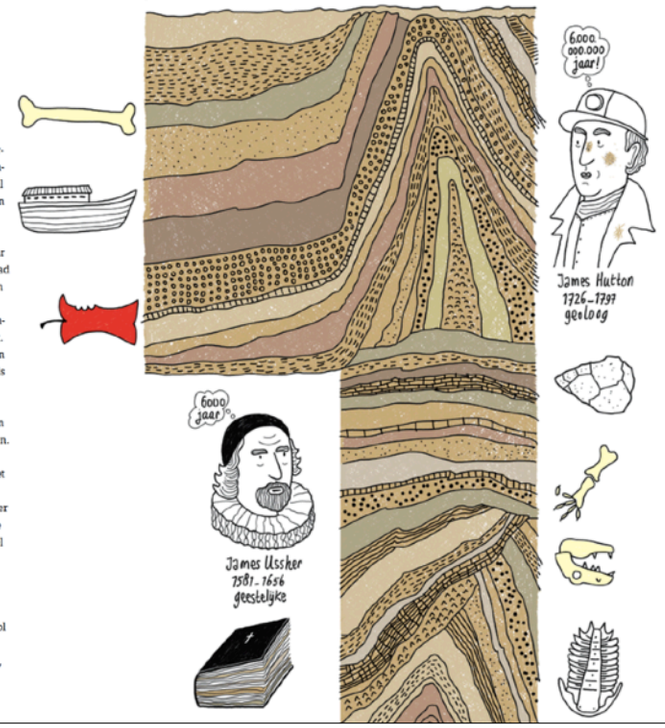
## Tijd voor onderzoek

Zo'n beetje alles wat je tot nu toe hebt gelezen wisten ze 200 jaar geleden nog niet. Tot de 18de eeuw deden wetenschappers weinig onderzoek naar de aarde en naar het klimaat. Ze dachten dat het hele verhaal van onze planeet toch al in de Bijbel stond. Daar viel niet zoveel meer aan te onderzoeken.

God had de aarde geschapen, ongeveer 6000 jaar geleden. De Ierse aartsbisschop James Ussher had het zelf uitgerekend. Op zaterdag 22 oktober van het jaar 4004 voor Christus om 6 uur 's avonds schiep God hemel en aarde. Daar kun je om lachen, maar Ussher had het echt serieus aangepakt. Hij had alle verhalen uit de Bijbel erbij gepakt en vergeleken met historische gebeurtenissen, zoals een maansverduistering en de sterfdag van een bekende koning. En alles moest natuurlijk zijn begonnen in oktober, want anders waren er geen appels waar Eva een hap van had kunnen nemen.

Na een tijdje was de zondvloed gekomen. Je weet wel: het verhaal van Noach die met allemaal dieren in zijn ark zat, omdat God de wereld onder had laten lopen. Dat verklaarde natuurlijk al die botten en fossielen in de grond. Die moesten wel van de dieren zijn die Noach niet had kunnen redden.

Maar in de 18de eeuw groeven mijnwerkers steeds dieper in de aarde, op zoek naar steenkool om de stoommachines mee te stoken. Geologen zagen dat de aarde uit allemaal laagjes bestond,




elk met z'n eigen soort stenen en steeds weer andere fossielen erin. Toch lagen de laagjes niet altijd even netjes en recht. Dat kon alleen maar betekenen dat er nog meer rampen waren geweest zoals de zondvloed. Maar nu was de aarde af, dachten ze.

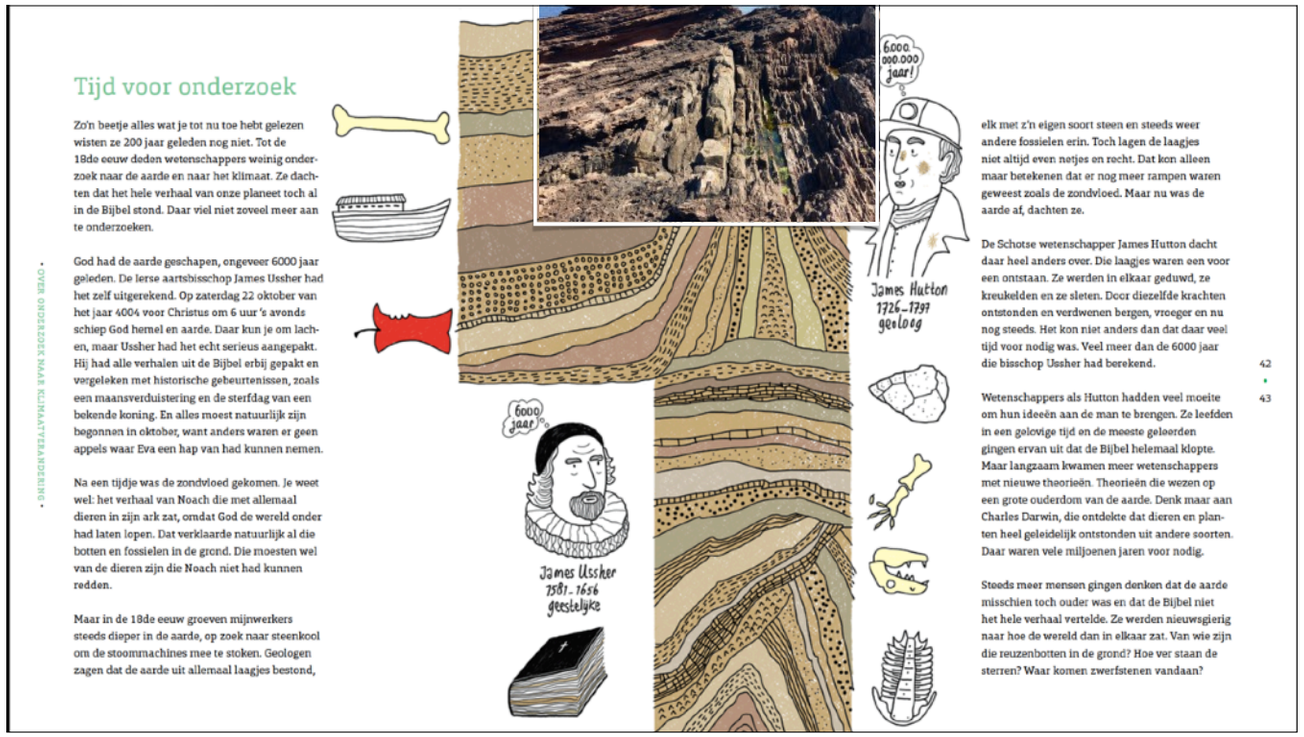
De Schotse wetenschapper James Hutton dacht daar heel anders over. Die laagjes waren een voor een ontstaan. Ze werden in elkaar geduwd, ze kreukelden en ze sleten. Door diezelfde krachten ontstonden en verdwenen bergen, vroeger en nu nog steeds. Het kon niet anders dan dat daar veel tijd voor nodig was. Veel meer dan de 6000 jaar die bisschop Ussher had berekend.

Wetenschappers als Hutton hadden veel moeite om hun ideeën aan de man te brengen. Ze leefden in een gelovige tijd en de meeste geleerden gingen ervan uit dat de Bijbel helemaal klopte. Maar langzaam kwamen meer wetenschappers met nieuwe theorieën. Theorieën die wezen op een grote ouderdom van de aarde. Denk maar aan Charles Darwin, die ontdekte dat dieren en planten heel geleidelijk ontstonden uit andere soorten. Daar waren vele miljoenen jaren voor nodig.

Steeds meer mensen gingen denken dat de aarde misschien toch ouder was en dat de Bijbel niet het hele verhaal vertelde. Ze werden nieuwsgierig naar hoe de wereld dan in elkaar zat. Van wie zijn die reuzenbotten in de grond? Hoe ver staan de sterren? Waar komen zwerfstenen vandaan?



18e eeuw start wetenschappelijk onderzoek



## Tijd voor onderzoek

Zo'n beetje alles wat je tot nu toe hebt gelezen wisten ze 200 jaar geleden nog niet. Tot de 18de eeuw deden wetenschappers weinig onderzoek naar de aarde en naar het klimaat. Ze dachten dat het hele verhaal van onze planeet toch al in de Bijbel stond. Daar viel niet zoveel meer aan te onderzoeken.

God had de aarde geschapen, ongeveer 6000 jaar geleden. De Ierse aartsbisschop James Ussher had het zelf uitgerekend. Op zaterdag 22 oktober van het jaar 4004 voor Christus om 6 uur 's avonds schiep God hemel en aarde. Daar kun je om lachen, maar Ussher had het echt serieus aangepakt. Hij had alle verhalen uit de Bijbel erbij gepakt en vergeleken met historische gebeurtenissen, zoals een maansverduistering en de sterfdag van een bekende koning. En alles moest natuurlijk zijn begonnen in oktober, want anders waren er geen appels waar Eva een hap van had kunnen nemen.

Na een tijdje was de zondvloed gekomen. Je weet wel: het verhaal van Noach die met allemaal dieren in zijn ark zat, omdat God de wereld onder had laten lopen. Dat verklaarde natuurlijk al die botten en fossielen in de grond. Die moesten wel van de dieren zijn die Noach niet had kunnen redden.

Maar in de 18de eeuw groeven mijnwerkers steeds dieper in de aarde, op zoek naar steenkool om de stoommachines mee te stoken. Geologen zagen dat de aarde uit allemaal laagjes bestond, elk met z'n eigen soort stenen en steeds weer andere fossielen erin. Toch lagen de laagjes niet altijd even netjes en recht. Dat kon alleen maar betekenen dat er nog meer rampen waren geweest zoals de zondvloed. Maar nu was de aarde af, dachten ze.

De Schotse wetenschapper James Hutton dacht daar heel anders over. Die laagjes waren een voor een ontstaan. Ze werden in elkaar geduwd, ze kreukelden en ze sleten. Door diezelfde krachten ontstonden en verdwenen bergen, vroeger en nu nog steeds. Het kon niet anders dan dat daar veel tijd voor nodig was. Veel meer dan de 6000 jaar die bisschop Ussher had berekend.

Wetenschappers als Hutton hadden veel moeite om hun ideeën aan de man te brengen. Ze leefden in een gelovige tijd en de meeste geleerden gingen ervan uit dat de Bijbel helemaal klopte. Maar langzaam kwamen meer wetenschappers met nieuwe theorieën. Theorieën die wezen op een grote ouderdom van de aarde. Denk maar aan Charles Darwin, die ontdekte dat dieren en planten heel geleidelijk ontstonden uit andere soorten. Daar waren vele miljoenen jaren voor nodig.

Steeds meer mensen gingen denken dat de aarde misschien toch ouder was en dat de Bijbel niet het hele verhaal vertelde. Ze werden nieuwsgierig naar hoe de wereld dan in elkaar zat. Van wie zijn die reuzenbotten in de grond? Hoe ver staan de sterren? Waar komen zwerfstenen vandaan?







Hutton's unconformity (Siccar Point)

Tijd voor onder

Zo'n beetje alles wat je tot nu toe h
wisten ze 200 jaar geleden nog nie
18de eeuw deden wetenschappers
zoek naar de aarde en naar het kli
ten dat het hele verhaal van onze
in de Bijbel stond. Daar viel niet z
te onderzoeken.

God had de aarde geschapen, ong
geleden. De Ierse aartsbisschop Ja
het zelf uitgerekend. Op zaterdag
het jaar 4004 voor Christus om 6 u
schiep God hemel en aarde. Daar
en, maar Ussher had het echt seri
Hij had alle verhalen uit de Bijbel
vergeleken met historische gebeur
een maansverduistering en de ste
bekende koning. En alles moest n
begonnen in oktober, want anders
appels waar Eva een hap van had

Na een tijdje was de zondvloed ge
wel: het verhaal van Noach die m
dieren in zijn ark zat, omdat God
had laten lopen. Dat verklaarde n
botten en fossielen in de grond. D
van de dieren zijn die Noach niet
redden.

Maar in de 18de eeuw groeven mi
steeds dieper in de aarde, op zoek
om de stoommachines mee te sto
zagen dat de aarde uit allemaal la

n steeds weer
en de laagjes
. Dat kon alleen
er rampen waren
aar nu was de

nes Hutton dacht
ges waren een voor
aar geduwd, ze
diezelfde krachten
gen, vroeger en nu
s dan dat daar veel
dan de 6000 jaar
end.

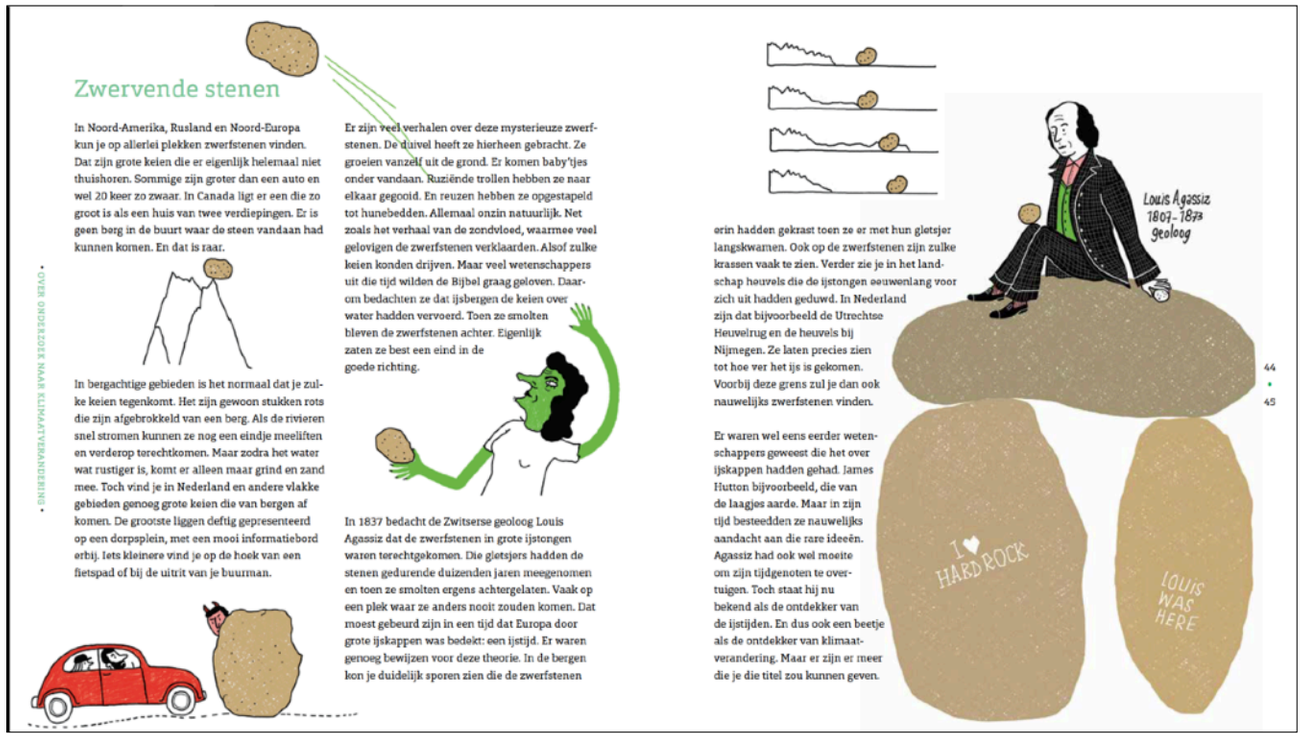
dden veel moeite
brengen. Ze leefden
te geleerden
helemaal klopte.
wetenschappers
en die wezen op
rde. Denk maar aan
at dieren en plan-
uit andere soorten.
en voor nodig.

enken dat de aarde
at de Bijbel niet
erden nieuwsgierig
aar zat. Van wie zijn
Hoe ver staan de
nen vandaan?





Uw reporter ter plekke :-)



## Zwervende stenen

In Noord-Amerika, Rusland en Noord-Europa kun je op allerlei plekken zwerfstenen vinden. Dat zijn grote keien die er eigenlijk helemaal niet thuishoren. Sommige zijn groter dan een auto en wel 20 keer zo zwaar. In Canada ligt er een die zo groot is als een huis van twee verdiepingen. Er is geen berg in de buurt waar de steen vandaan had kunnen komen. En dat is raar.

In bergachtige gebieden is het normaal dat je zulke keien tegenkomt. Het zijn gewoon stukken rots die zijn afgebrokkeld van een berg. Als de rivieren snel stromen kunnen ze nog een eindje meeliften en verderop terechtkomen. Maar zodra het water wat rustiger is, komt er alleen maar grind en zand mee. Toch vind je in Nederland en andere vlakke gebieden genoeg grote keien die van bergen af komen. De grootste liggen deftig gepresenteerd op een dorpsplein, met een mooi informatiebord erbij. Iets kleinere vind je op de hoek van een fietspad of bij de uitrit van je buurman.

Er zijn veel verhalen over deze mysterieuze zwerfstenen. De duivel heeft ze hierheen gebracht. Ze groeien vanzelf uit de grond. Er komen baby'tjes onder vandaan. Ruziënde trollen hebben ze naar elkaar gegooid. En reuzen hebben ze opgestapeld tot hunebedden. Allemaal onzin natuurlijk. Net zoals het verhaal van de zondvloed, waarmee veel gelovigen de zwerfstenen verklaarden. Alsof zulke keien konden drijven. Maar veel wetenschappers uit die tijd wilden de Bijbel graag geloven. Daarom bedachten ze dat ijsbergen de keien over water hadden vervoerd. Toen ze smolten bleven de zwerfstenen achter. Eigenlijk zaten ze best een eind in de goede richting.

In 1837 bedacht de Zwitserse geoloog Louis Agassiz dat de zwerfstenen in grote ijstongen waren terechtgekomen. Die gletsjers hadden de stenen gedurende duizenden jaren meegenomen en toen ze smolten ergens achtergelaten. Vaak op een plek waar ze anders nooit zouden komen. Dat moest gebeurd zijn in een tijd dat Europa door grote ijskappen was bedekt: een ijstijd. Er waren genoeg bewijzen voor deze theorie. In de bergen kon je duidelijk sporen zien die de zwerfstenen erin hadden gekrast toen ze er met hun gletsjer langskwamen. Ook op de zwerfstenen zijn zulke krassen vaak te zien. Verder zie je in het landschap heuvels die de ijstongen eeuwenlang voor zich uit hadden geduwd. In Nederland zijn dat bijvoorbeeld de Utrechtse Heuvelrug en de heuvels bij Nijmegen. Ze laten precies zien tot hoe ver het ijs is gekomen. Voorbij deze grens zul je dan ook nauwelijks zwerfstenen vinden.

Er waren wel eens eerder wetenschappers geweest die het over ijskappen hadden gehad. James Hutton bijvoorbeeld, die van de laagjes aarde. Maar in zijn tijd besteedden ze nauwelijks aandacht aan die rare ideeën. Agassiz had ook wel moeite om zijn tijdgenoten te overtuigen. Toch staat hij nu bekend als de ontdekker van de ijstijden. En dus ook een beetje als de ontdekker van klimaatverandering. Maar er zijn er meer die je die titel zou kunnen geven.







Zwerfstenen. Hunebedden. Stuwwallen. Gletsjers.

## Ontdekkers van de broeikas

Begin 19de eeuw piekerde de Fransman Joseph Fourier zich suf. Hoe was het mogelijk dat het op aarde niet veel kouder was dan het was? Hij nam de grootte van de aarde en de afstand tot de zon en goochelde een beetje met de cijfers. Zo berekende hij dat het op aarde gemiddeld 13 graden onder nul moest zijn. Maar het was bijna 15 graden boven nul. Dat kon alleen maar betekenen dat de aarde een deel van de warmte van de zon vasthoudt. Fourier had het broeikaseffect ontdekt.

De dampkring laat de meeste stralen van de zon lekker binnenkomen op aarde. Pas als ze de grond of jouw huid of iets anders raken, zorgen ze voor warmte. Dat kun je merken als je op een mooie winterdag uit de wind zit. De lucht is dan heel koud, maar de zon op je huid voelt wel warm aan. Dat komt doordat een deel van de stralen veranderd is in warmtestralen. En die komen de dampkring niet zo makkelijk uit als de zonnestralen erin kwamen. Zo werkt de dampkring als het glas in een broeikas. Of in een auto of een klaslokaal, want daar kan het ook aardig warm worden. Zonnestralen komen door de ramen naar binnen, veranderen in warmtestralen en blijven nog gezellig even hangen.

Pas 70 jaar later pikte iemand de ideeën van Fourier weer op. Het was de Zweedse natuurkundige Svante Arrhenius. Het was 1896 en de arme man zat in zak en as: zijn huwelijk was hopeloos gestrand. Tja, wat doe je dan als briljant geleerde? Je begraaft je in een berg met cijfers en rekent dag en nacht door, totdat je iets bijzonders hebt gevonden. Na een jaar was Arrhenius eruit: als er half zoveel $CO_2$ in de lucht zit, zal de temperatuur 5 graden dalen. Genoeg om een ijstijd te veroorzaken.

Maar het betekende ook het tegenovergestelde: als de hoeveelheid $CO_2$ verdubbelt, stijgt de temperatuur op aarde 5 graden. Achteraf gezien blijken die getallen een beetje overdreven. Maar Arrhenius was een van de eersten die inzagen dat fabrieken met het verbranden van steenkool zoveel $CO_2$ in de lucht konden brengen dat de aarde erdoor opwarmde. Dat zou het broeikaseffect verder versterken. Je mag hem dus best de ontdekker van onze klimaatverandering noemen.

Als inwoner van het koude Zweden zag Arrhenius die opwarming trouwens helemaal zitten. Hij was er trots op dat zijn kinderen en kleinkinderen dankzij ons een milder klimaat zouden hebben. In een warmer klimaat konden de Zweedse boeren veel meer voedsel verbouwen. Hij was alleen bang dat het nogal lang zou duren. Wat Arrhenius betreft mochten we wel wat meer kolen verstoken. Dat deden we ook. Maar niet omdat hij het zei.

Svante Arrhenius
1859-1927
natuurkundige

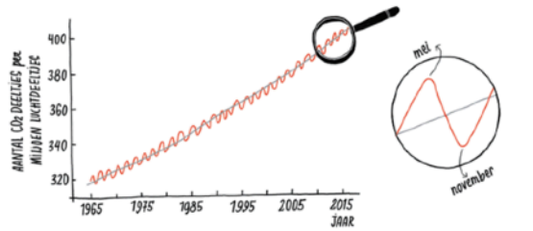


Broeikaseffect Fourier
Arrhenius ontdekker van klimaatverandering (hoewel… Humboldt?)

# De ademhaling van de aarde

Op een mooie dag in 1958 rijdt de Amerikaanse scheikundige Charles Keeling naar de top van de Mauna Loa-vulkaan op Hawaï, een eilandengroep midden in de Grote Oceaan. Het is een hele klim door een kaal landschap van gestolde lava. Op 3397 meter hoogte ligt het onderzoeksstation waar Keeling gaat werken. Hij gaat meten hoeveel $CO_2$ er in de lucht zit. Daar is het een ideale plek voor. Op deze hoogte, ver van de bewoonde wereld, is de lucht lekker zuiver. Niet voor niets kijken sterrenkundigen een vulkaantje verderop hun ogen uit door de telescopen die er staan. Fabrieken of files kunnen hier geen roet in het eten gooien. Dat is maar goed ook, want de hoeveelheid $CO_2$ in de lucht moet je heel nauwkeurig meten.

Wanneer Keeling begint, zitten bij elke miljoen luchtdeeltjes 315 deeltjes $CO_2$. De rest is stikstof, zuurstof en zo. Hoe weet hij nou dat er 315 deeltjes per miljoen in zitten? Daarvoor pompt hij de lucht door een apparaatje met een speciale lamp. De lamp zendt infraroodstraling uit, net als de afstandsbediening van de tv. Hoe meer $CO_2$ er in de lucht zit, hoe meer straling er wordt tengehouden. Een metertje aan de andere kant kijkt hoeveel infrarood daar nog over is. Zo meten ze de hoeveelheid $CO_2$. Het werkt trouwens ook met methaan en andere gassen.



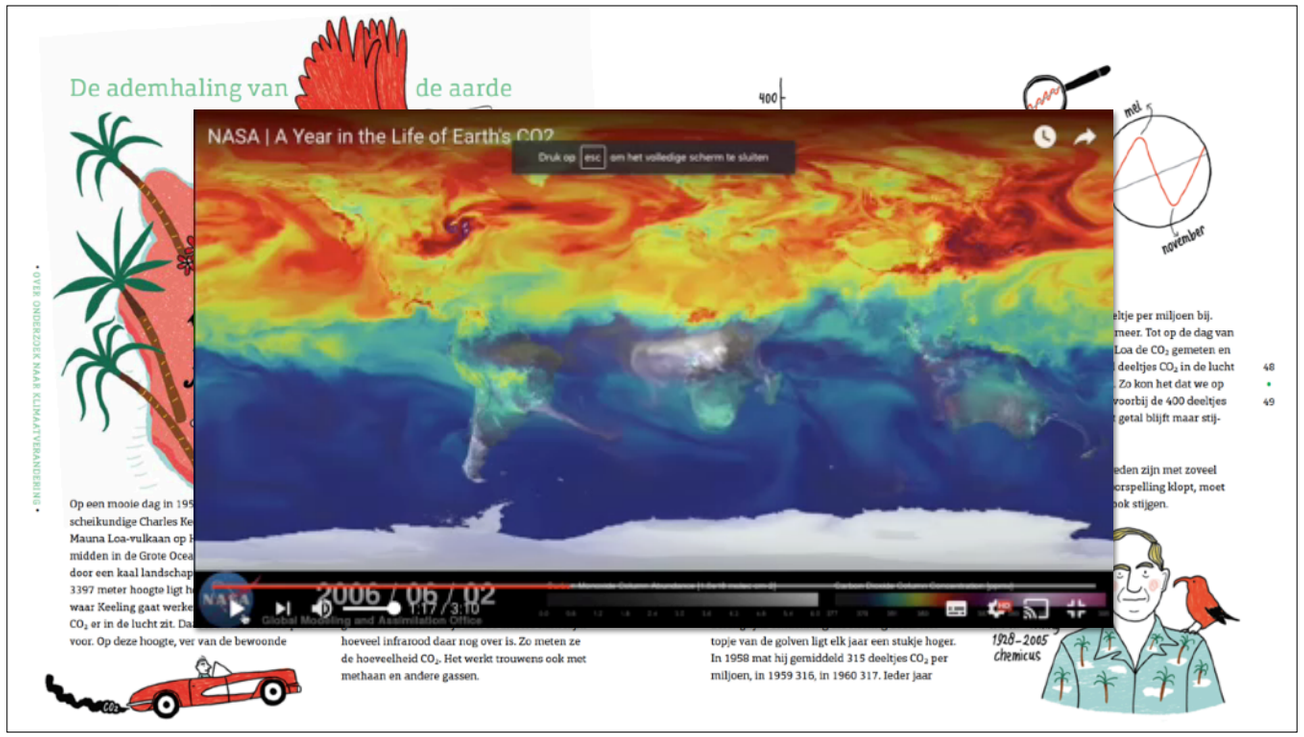

Na een paar jaar meten ontdekt Keeling twee belangrijke dingen. De $CO_2$ in de lucht verandert met de seizoenen. Vanaf mei daalt de hoeveelheid $CO_2$ en vanaf november wordt die weer meer. Wat Keeling zag was de ademhaling van de planten op aarde. Op het noordelijk halfrond om precies te zijn, want daar is veel meer land en groeien veel meer planten dan in het zuiden van onze planeet. In de lente groeien de planten als kool en nemen ze dus veel $CO_2$ op. In de herfst gaan veel planten dood, gaat alles rotten en komt de $CO_2$ weer in de lucht. In een grafiek zie je de hoeveelheid $CO_2$ per miljoen luchtdeeltjes dalen en stijgen als een golf. 315, 316, 317, 316, 315, 314, 313, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 317, 316, 315, 314, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319....

Als je goed naar de cijfers kijkt zie je de tweede belangrijke ontdekking die Keeling deed. Het topje van de golven ligt elk jaar een stukje hoger. In 1958 mat hij gemiddeld 315 deeltjes $CO_2$ per miljoen, in 1959 316, in 1960 317. Ieder jaar kwam er ongeveer één deeltje per miljoen bij. Maar ook dat werd steeds meer. Tot op de dag van vandaag wordt op Mauna Loa de $CO_2$ gemeten en inmiddels stijgt het aantal deeltjes $CO_2$ in de lucht ieder jaar met meer dan 2. Zo kon het dat we op 9 mei 2013 voor het eerst voorbij de 400 deeltjes per miljoen gingen. En dat getal blijft maar stijgen.

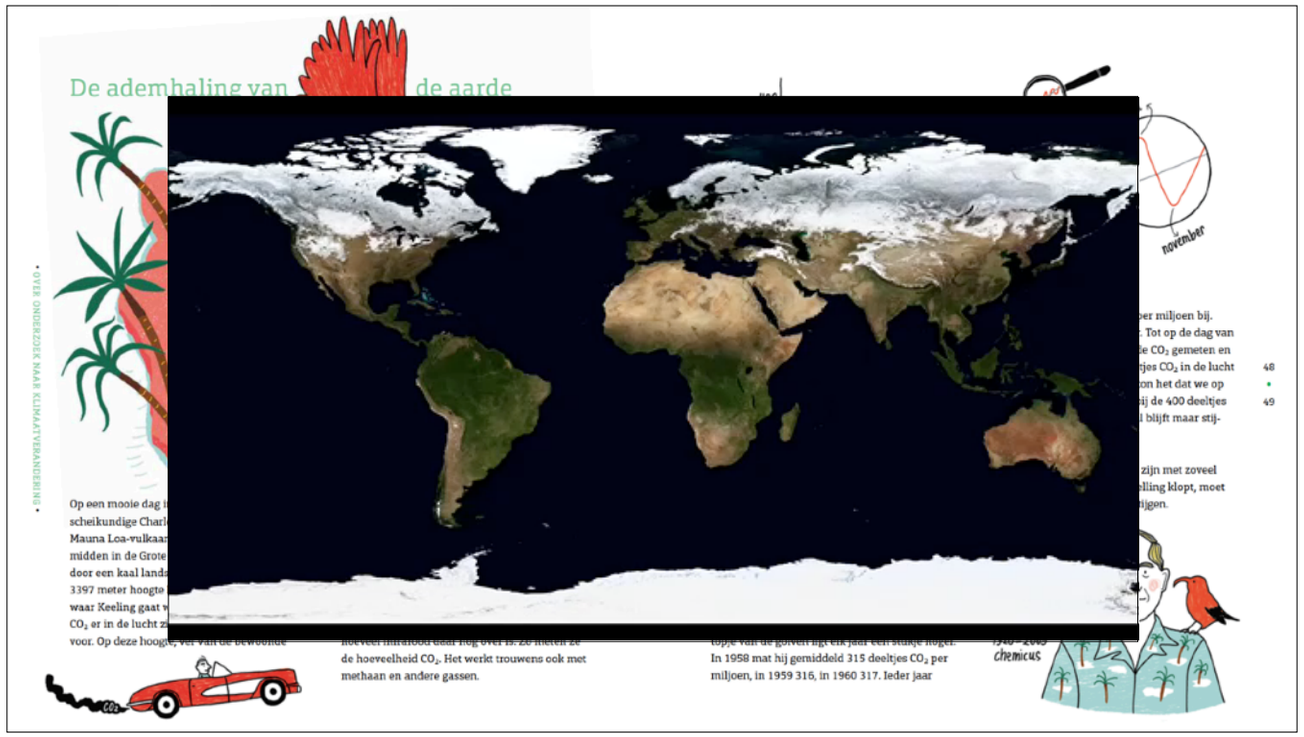
Svante Arrhenius zou tevreden zijn met zoveel $CO_2$ in de lucht. Als zijn voorspelling klopt, moet de temperatuur op aarde ook stijgen.

Keeling: start modern klimaatonderzoek.

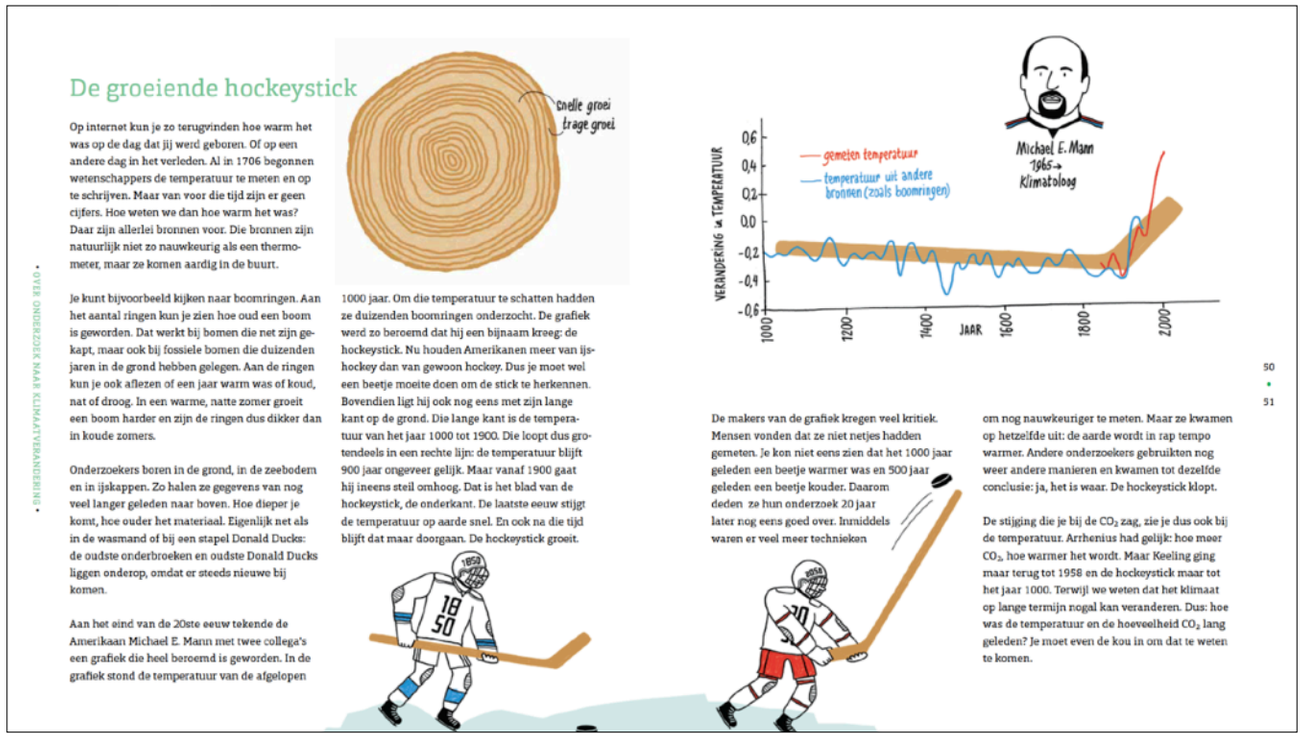
Keelingcurve te volgen op Twitter




Bossen halen CO2 uit de lucht vanaf ± juni.
https://www.youtube.com/watch?v=x1SgmFa0r04




Ademhaling van de aarde zichtbaar in bossen.
https://www.youtube.com/watch?v=hvMABV5JsTk



## De groeiende hockeystick

Op internet kun je zo terugvinden hoe warm het was op de dag dat jij werd geboren. Of op een andere dag in het verleden. Al in 1706 begonnen wetenschappers de temperatuur te meten en op te schrijven. Maar van voor die tijd zijn er geen cijfers. Hoe weten we dan hoe warm het was? Daar zijn allerlei bronnen voor. Die bronnen zijn natuurlijk niet zo nauwkeurig als een thermometer, maar ze komen aardig in de buurt.

Je kunt bijvoorbeeld kijken naar boomringen. Aan het aantal ringen kun je zien hoe oud een boom is geworden. Dat werkt bij bomen die net zijn gekapt, maar ook bij fossiele bomen die duizenden jaren in de grond hebben gelegen. Aan de ringen kun je ook aflezen of een jaar warm was of koud, nat of droog. In een warme, natte zomer groeit een boom harder en zijn de ringen dus dikker dan in koude zomers.

Onderzoekers boren in de grond, in de zeebodem en in ijskappen. Zo halen ze gegevens van nog veel langer geleden naar boven. Hoe dieper je komt, hoe ouder het materiaal. Eigenlijk net als in de wasmand of bij een stapel Donald Ducks: de oudste onderbroeken en oudste Donald Ducks liggen onderop, omdat er steeds nieuwe bij komen.

Aan het eind van de 20ste eeuw tekende de Amerikaan Michael E. Mann met twee collega's een grafiek die heel beroemd is geworden. In de grafiek stond de temperatuur van de afgelopen 1000 jaar. Om die temperatuur te schatten hadden ze duizenden boomringen onderzocht. De grafiek werd zo beroemd dat hij een bijnaam kreeg: de hockeystick. Nu houden Amerikanen meer van ijshockey dan van gewoon hockey. Dus je moet wel een beetje moeite doen om de stick te herkennen. Bovendien ligt hij ook nog eens met zijn lange kant op de grond. Die lange kant is de temperatuur van het jaar 1000 tot 1900. Die loopt dus grotendeels in een rechte lijn: de temperatuur blijft 900 jaar ongeveer gelijk. Maar vanaf 1900 gaat hij ineens steil omhoog. Dat is het blad van de hockeystick, de onderkant. De laatste eeuw stijgt de temperatuur op aarde snel. En ook na die tijd blijft dat maar doorgaan. De hockeystick groeit.



De makers van de grafiek kregen veel kritiek. Mensen vonden dat ze niet netjes hadden gemeten. Je kon niet eens zien dat het 1000 jaar geleden een beetje warmer was en 500 jaar geleden een beetje kouder. Daarom deden ze hun onderzoek 20 jaar later nog eens goed over. Inmiddels waren er veel meer technieken om nog nauwkeuriger te meten. Maar ze kwamen op hetzelfde uit: de aarde wordt in rap tempo warmer. Andere onderzoekers gebruikten nog weer andere manieren en kwamen tot dezelfde conclusie: ja, het is waar. De hockeystick klopt.

De stijging die je bij de $CO_2$ zag, zie je dus ook bij de temperatuur. Arrhenius had gelijk: hoe meer $CO_2$, hoe warmer het wordt. Maar Keeling ging maar terug tot 1958 en de hockeystick maar tot het jaar 1000. Terwijl we weten dat het klimaat op lange termijn nogal kan veranderen. Dus: hoe was de temperatuur en de hoeveelheid $CO_2$ lang geleden? Je moet even de kou in om dat te weten te komen.





Discussie reconstrueren. Bekijk argumenten van sceptici.
https://www.climategate.nl/
https://www.destaatvanhet-klimaat.nl/
vs
https://klimaatverandering.wordpress.com/
https://skepticalscience.com/

Discussie reconstrueren. Bekijk argumenten van sceptici.
https://www.climategate.nl/
https://www.destaatvanhet-klimaat.nl/
vs
https://klimaatverandering.wordpress.com/
https://skepticalscience.com/

# IJskernonderzoek

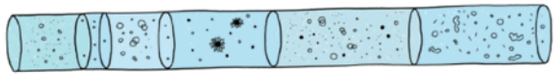
## Gevangen in ijs

Het sneeuwt op Antarctica. Luchtige vlokjes dwarrelen neer, niet ver van de Zuidpool. Ieder jaar komt er een dun laagje bij. Zo komen de vlokjes steeds dieper te liggen onder andere lagen sneeuw. Piepkleine luchtbelletjes in de sneeuw worden afgesloten van de buitenwereld. In de belletjes zit zuurstof, stikstof, de adem van een mammoet, een snufje zout van de zee, stuifmeel en… $CO_2$. Jaar na jaar komen de belletjes dieper onder de sneeuw te liggen. Dikke sneeuwlagen persen de sneeuw samen tot ijs. In elke laag komen luchtbelletjes gevangen te zitten. Ze vormen het geheugen van het klimaat.

800 duizend jaar later staat een team onderzoekers dik ingepakt bij een installatie van palen en kabels. De wind is guur, de temperatuur 40 graden onder nul. Aan de installatie zit een boor van 10 centimeter doorsnee. Een voor een komen staven ijs naar boven, die de onderzoekers zorgvuldig aanpakken en afvoeren. Ze zagen ze in stukken van 1 meter en schrijven op een label van welke diepte dit ijs komt. 5 jaar lang gaat het werk zo door. De boor komt dieper dan 3 kilometer. Op die diepte ligt het ijs dat 800 duizend jaar geleden is ontstaan, met de luchtbelletjes nog steeds gevangen.

De staven ijs gaan naar een lab met een temperatuur van 35 graden onder nul. In het ijskoude lab liggen metalen kokers in de rekken, met staven ijs die naar boven zijn gehaald op verschillende plekken in Groenland en Antarctica. Soms halen wetenschappers een koker uit de rekken. Heel voorzichtig bekijken ze de laagjes ijs. Ze laten stukjes van het ijs smelten, zodat de lucht voor het eerst in honderdduizenden jaren vrijkomt. Die lucht vangen ze op in buisjes en dan kan het analyseren beginnen.

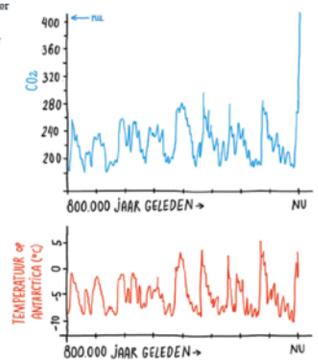
Uit de ijsstaven halen de wetenschappers een schat aan informatie. Door verschillen in de zomersneeuw en wintersneeuw kun je de jaren aan de laagjes herkennen. Aan de stuifmeelkorrels kun je zien welke planten er in die tijd in bloei stonden. Als er veel zout in de luchtbelletjes zit, weet je dat er dat jaar veel wind van zee kwam. Restjes as van vulkaanuitbarstingen vertellen welke vulkanen er actief waren. Maar het belangrijkste voor ons zijn de temperatuur en de hoeveelheid $CO_2$.

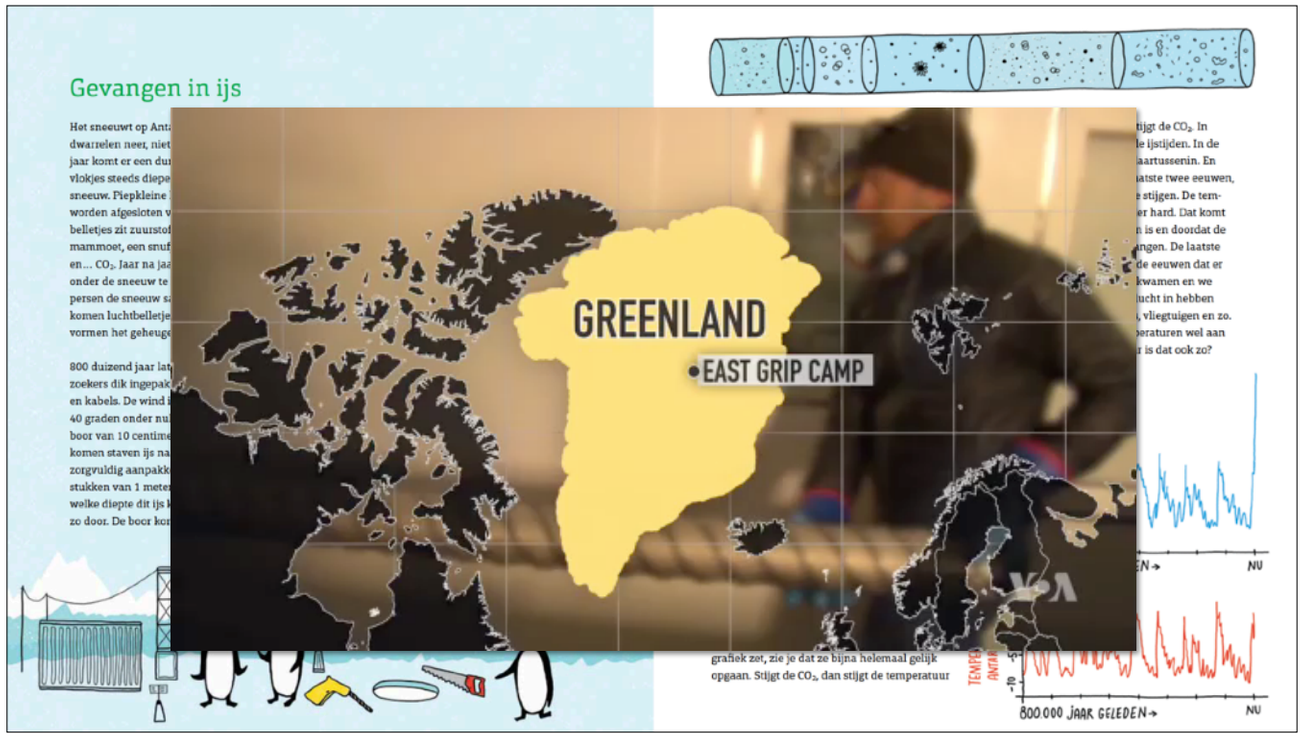


Hoeveel $CO_2$ er in een luchtbelletje zit, kun je net zo meten als Keeling. De temperatuur van vroeger is wat lastiger te achterhalen. Die is niet bewaard gebleven in het ijs. De dikte van de sneeuwlagen geeft wel een idee van de temperatuur. Als het heel koud is valt er minder sneeuw dan als het een beetje koud is. Want er is warmte nodig om water te verdampen om wolken van te maken waar sneeuw uit kan vallen. Dunne sneeuwlagen wijzen dus op koudere tijden dan dikke sneeuwlagen. Maar het kan nog preciezer.

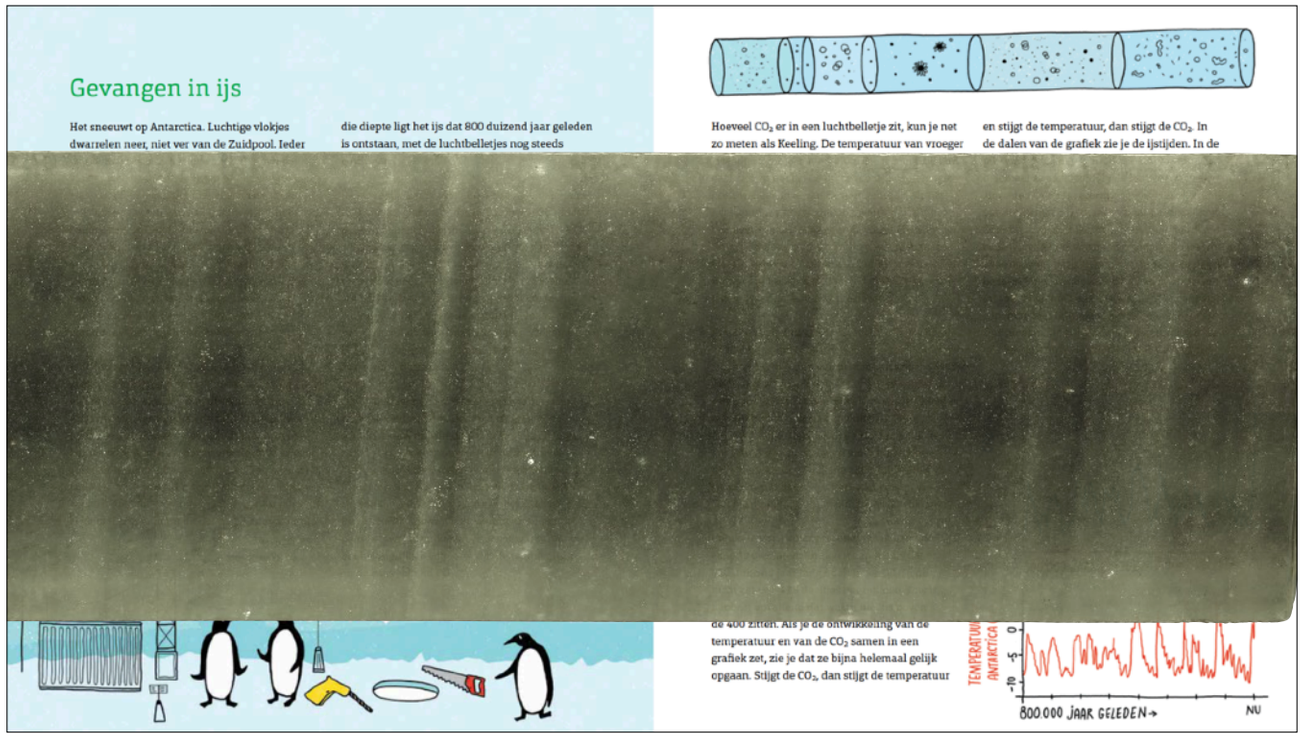
Aan het soort zuurstof in de luchtbelletjes kun je zien of het koud of warm was op aarde. Sommige zuurstofdeeltjes zijn iets lichter dan andere. Water met lichte zuurstofdeeltjes verdampt eerder dan water met zware zuurstofdeeltjes. Als het kouder is verdampt het water moeilijker en komen er vooral lichte deeltjes in de wolken en in de sneeuw. Als je dus ijslagen vindt met luchtbelletjes waarin veel lichte zuurstofdeeltjes en weinig zware deeltjes zitten, dan komen die waarschijnlijk uit een ijstijd. Ingewikkeld hoor.

Gelukkig kun je dit soort onderzoek aan de experts overlaten. Zij zagen aan het ijs dat er 800 duizend jaar lang nooit meer $CO_2$ in de lucht zat dan 278 deeltjes per miljoen. Dus is het best opvallend dat we nu ineens boven de 400 zitten. Als je de ontwikkeling van de temperatuur en van de $CO_2$ samen in een grafiek zet, zie je dat ze bijna helemaal gelijk opgaan. Stijgt de $CO_2$, dan stijgt de temperatuur en stijgt de temperatuur, dan stijgt de $CO_2$. In de dalen van de grafiek zie je de ijstijden. In de pieken de warmere perioden daartusserin. En helemaal aan het eind, in de laatste twee eeuwen, zie je de $CO_2$ naar recordhoogte stijgen. De temperatuur stijgt ook, maar minder hard. Dat komt doordat die moeilijker te meten is en doordat de oceanen een beel warmte opvangen. De laatste twee eeuwen, dat zijn nou net de eeuwen dat er heel veel mensen op aarde bij kwamen en we met z'n allen heel veel $CO_2$ de lucht in hebben gepompt. Met fabrieken, auto's, vliegtuigen en zo. Dus moeten die stijgende temperaturen wel aan ons liggen, zou je denken. Maar is dat ook zo?

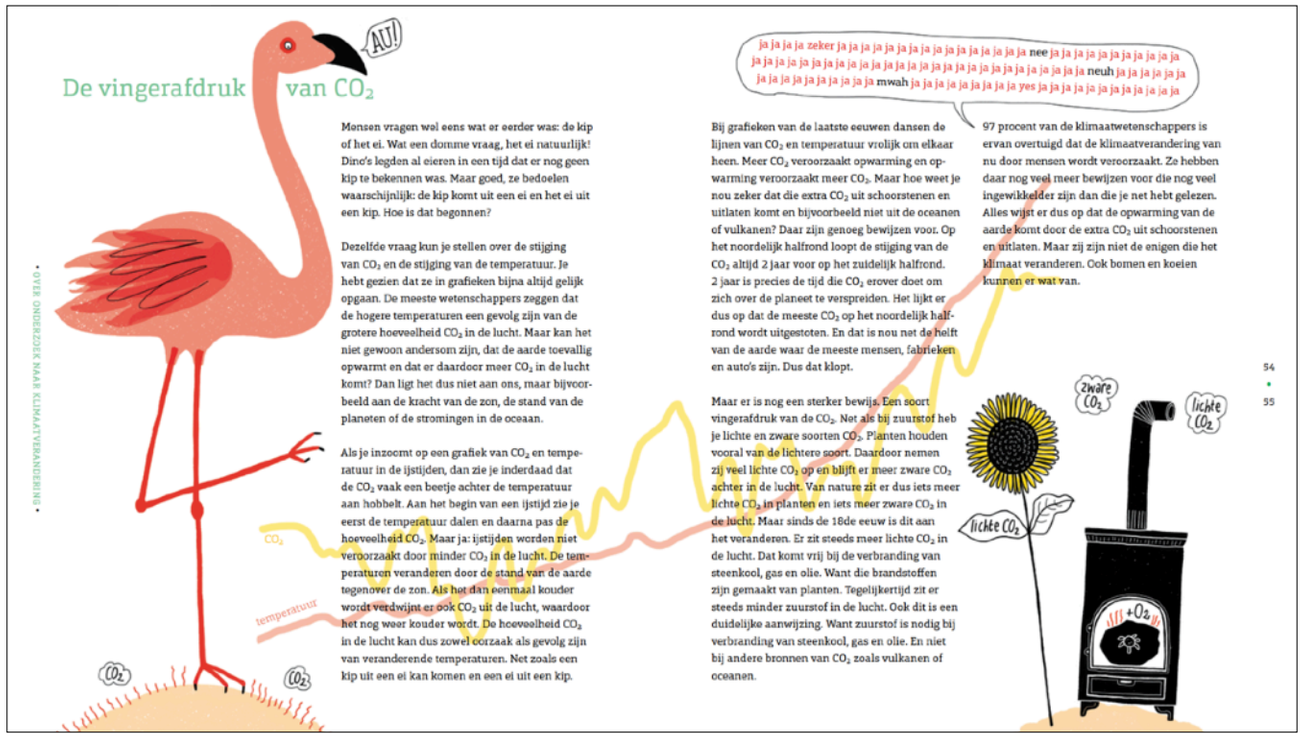





https://www.youtube.com/watch?v=fHWnoGl79y4




GISP2 5 jaar boren, 3 km diep.
https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Ice_cores#/media/File:GISP2D1837.jpg



# De vingerafdruk van $CO_2$





Mensen vragen wel eens wat er eerder was: de kip of het ei. Wat een domme vraag, het ei natuurlijk! Dino's legden al eieren in een tijd dat er nog geen kip te bekennen was. Maar goed, ze bedoelen waarschijnlijk: de kip komt uit een ei en het ei uit een kip. Hoe is dat begonnen?

Dezelfde vraag kun je stellen over de stijging van $CO_2$ en de stijging van de temperatuur. Je hebt gezien dat ze in grafieken bijna altijd gelijk opgaan. De meeste wetenschappers zeggen dat de hogere temperaturen een gevolg zijn van de grotere hoeveelheid $CO_2$ in de lucht. Maar kan het niet gewoon andersom zijn, dat de aarde toevallig opwarmt en dat er daardoor meer $CO_2$ in de lucht komt? Dan ligt het dus niet aan ons, maar bijvoorbeeld aan de kracht van de zon, de stand van de planeten of de stromingen in de oceaan.

Als je inzoomt op een grafiek van $CO_2$ en temperatuur in de ijstijden, dan zie je inderdaad dat de $CO_2$ vaak een beetje achter de temperatuur aan hobbelt. Aan het begin van een ijstijd zie je eerst de temperatuur dalen en daarna pas de hoeveelheid $CO_2$. Maar ja: ijstijden worden niet veroorzaakt door minder $CO_2$ in de lucht. De temperaturen veranderen door de stand van de aarde tegenover de zon. Als het dan eenmaal kouder wordt verdwijnt er ook $CO_2$ uit de lucht, waardoor het nog meer kouder wordt. De hoeveelheid $CO_2$ in de lucht kan dus zowel oorzaak als gevolg zijn van veranderende temperaturen. Net zoals een kip uit een ei kan komen en een ei uit een kip.

ja ja ja ja zeker ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja nee ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja ja

# Hout

Al sinds de laatste paar ijstijden bemoeit de mens zich met het klimaat. Tot die tijd had alleen de natuur invloed op de hoeveelheid $CO_2$ in de lucht. Maar pak hem beet 400 duizend jaar geleden gingen mensen voor het eerst kampvuurtjes maken. Vind je het gek, met die kou en met de wolven die op de loer lagen?

Door vuur te maken ging alle koolstof die eerst in de bomen zat, als $CO_2$ de lucht in. Er ontstonden nu ook meer bosbranden. Misschien per ongeluk, doordat een vonkje overwaaide naar het droge bos. Of toch expres, omdat de oermens open vlaktes wilde maken waar hij beter op wild kon jagen. Hoe dan ook: archeologen hebben in de grond laagjes houtskool gevonden die uit de laatste ijstijd stammen en die bewijzen dat er toen grote bosbranden waren. Zulke bosbranden brengen een boel $CO_2$ in de lucht en ze vernietigen bomen die weer $CO_2$ op kunnen nemen. Net zoals in de 21ste eeuw in Brazilië, Indonesië en andere landen gebeurt. En net zoals het de afgelopen eeuwen in Europa, Azië en Noord-Amerika is gebeurd.

Want hoe denk je dat het er hier zo'n 5000 jaar geleden uitzag? Het was een en al bos. Zo ver als je kon kijken. Kijk voor je, kijk achter je, kijk links, kijk rechts. Overal stonden bomen, zelfs in de moerassen die er toen waren. Tussen de bomen groeiden varens, paddenstoelen en mos en liepen kevers, muizen en vossen. Op de plek waar nu je school staat was het niet anders. En op de plek van de skatebaan, de supermarkt, het stadion: allemaal bos. Waar is het gebleven?

De meeste bomen zijn gebruikt om mee te bouwen. De eerste huizen, schepen, wegen: ze waren allemaal van hout. Mensen hadden er geen enkel probleem mee om het bos te kappen of plat te branden. Integendeel: het bos was donker, er zaten enge beesten en gemene struikrovers. Weg ermee!

Eeuwenlang was hout de belangrijkste grondstof voor dorpen en steden. Ook toen er huizen van baksteen kwamen, bleef het hout nodig. Baksteen maak je door klei te bakken in een oven, die je stookt op… hout. Ook de smid had hout nodig voor zijn vuur. En de bakker en de glasblazer en ga zo maar door.

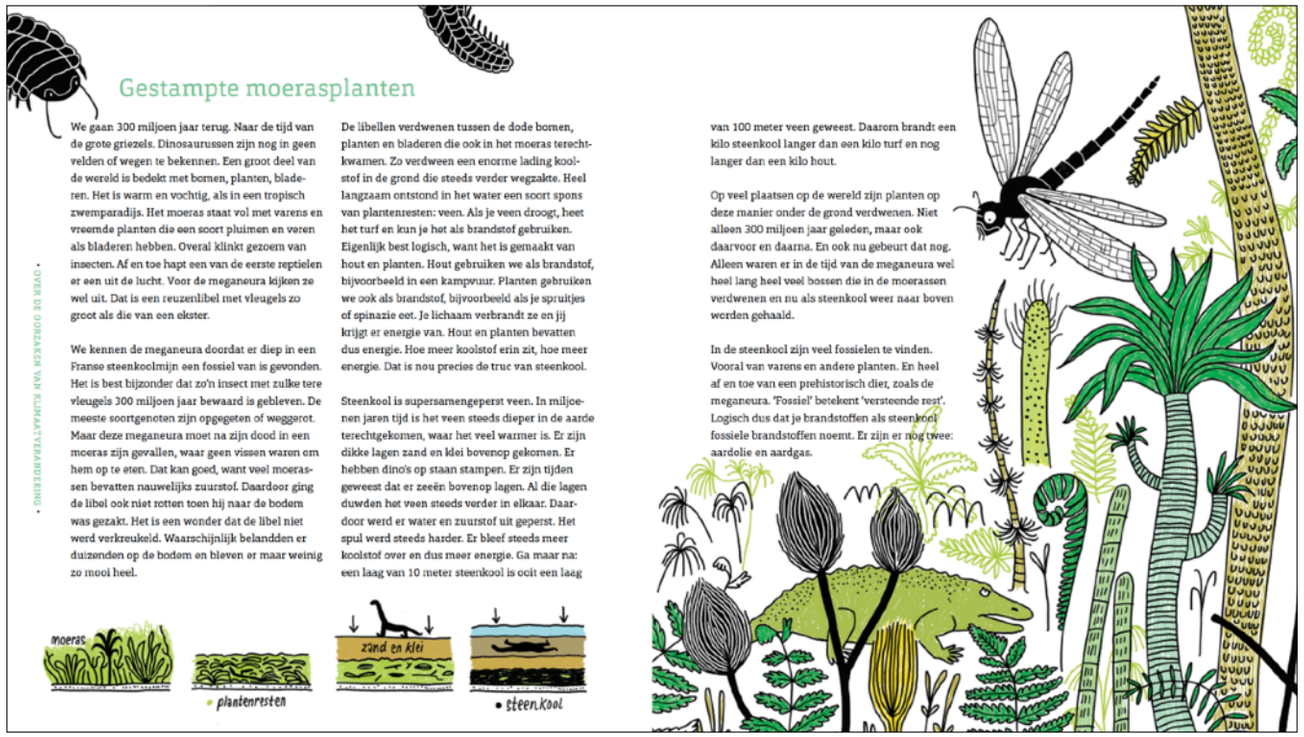
Overal waar grote steden ontstonden verdwenen de bossen. Rijke steden en landen haalden daarom het hout van ver. Net zoals we nu aardolie uit verre landen halen. In de Gouden Eeuw liet Nederland zijn hout uit Scandinavië en Duitsland komen. In die tijd kon je op de Rijn vlotten zien zo lang als de hogesnelheidstrein. Ze waren gemaakt van Duitse boomstammen die bestemd waren voor het welvarende Holland.

Tot in de 19de eeuw was hout daardoor de grootste bron van extra $CO_2$. Als je in ijsstaven kijkt, vind je in luchtbelletjes uit de Gouden Eeuw net iets meer $CO_2$ dan in luchtbelletjes uit de riddertijd dan in luchtbelletjes uit de Romeinse tijd dan in luchtbelletjes uit de oertijd. Maar de stijging is nog niet opvallend. In het begin van de 19de eeuw wonen er ook nog 'maar' 1 miljard mensen op de wereld. 7 keer zo weinig als nu. En de industriële revolutie is dan nog maar net begonnen.





Oorzaken. Hout als eyeopener en eenvoudig voorbeeld koolstofkringloop.





## Gestampte moerasplanten

We gaan 300 miljoen jaar terug. Naar de tijd van de grote griezels. Dinosaurussen zijn nog in geen velden of wegen te bekennen. Een groot deel van de wereld is bedekt met bomen, planten, bladeren. Het is warm en vochtig, als in een tropisch zwemparadijs. Het moeras staat vol met varens en vreemde planten die een soort pluimen en veren als bladeren hebben. Overal klinkt gezoem van insecten. Af en toe hapt een van de eerste reptielen er een uit de lucht. Voor de meganeura kijken ze wel uit. Dat is een reuzenlibel met vleugels zo groot als die van een ekster.

We kennen de meganeura doordat er diep in een Franse steenkoolmijn een fossiel van is gevonden. Het is best bijzonder dat zo'n insect met zulke tere vleugels 300 miljoen jaar bewaard is gebleven. De meeste soortgenoten zijn opgegeten of weggerot. Maar deze meganeura moet na zijn dood in een moeras zijn gevallen, waar geen vissen waren om hem op te eten. Dat kan goed, want veel moerassen bevatten nauwelijks zuurstof. Daardoor ging de libel ook niet rotten toen hij naar de bodem was gezakt. Het is een wonder dat de libel niet werd verkreukeld. Waarschijnlijk belandden er duizenden op de bodem en bleven er maar weinig zo mooi heel.

De libellen verdwenen tussen de dode bomen, planten en bladeren die ook in het moeras terechtkwamen. Zo verdween een enorme lading koolstof in de grond die steeds verder wegzakte. Heel langzaam ontstond in het water een soort spons van plantenresten: veen. Als je veen droogt, heet het turf en kun je het als brandstof gebruiken. Eigenlijk best logisch, want het is gemaakt van hout en planten. Hout gebruiken we als brandstof, bijvoorbeeld in een kampvuur. Planten gebruiken we ook als brandstof, bijvoorbeeld als je spruitjes of spinazie eet. Je lichaam verbrandt ze en jij krijgt er energie van. Hout en planten bevatten dus energie. Hoe meer koolstof erin zit, hoe meer energie. Dat is nou precies de truc van steenkool.

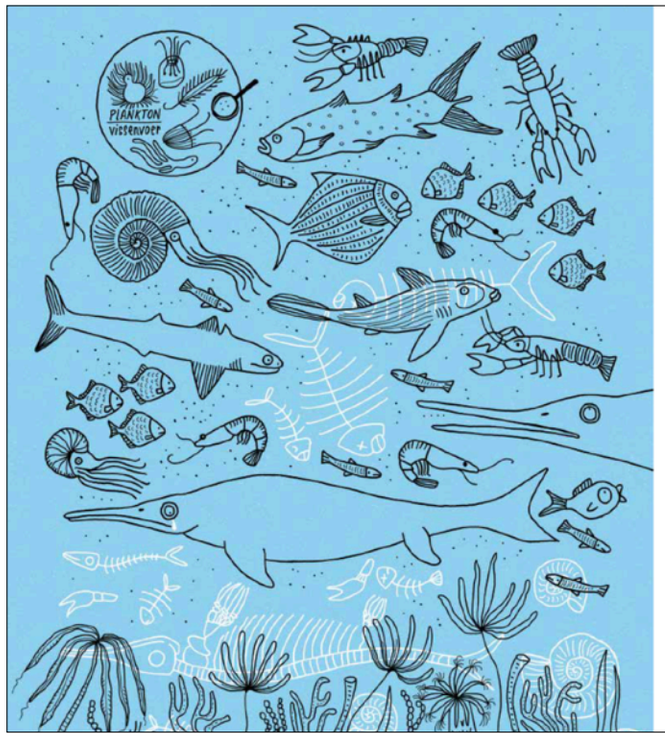
Steenkool is supersamengeperst veen. In miljoenen jaren tijd is het veen steeds dieper in de aarde terechtgekomen, waar het veel warmer is. Er zijn dikke lagen zand en klei bovenop gekomen. Er hebben dino's op staan stampen. Er zijn tijden geweest dat er zeeën bovenop lagen. Al die lagen duwden het veen steeds verder in elkaar. Daardoor werd er water en zuurstof uit geperst. Het spul werd steeds harder. Er bleef steeds meer koolstof over en dus meer energie. Ga maar na: een laag van 10 meter steenkool is ooit een laag van 100 meter veen geweest. Daarom brandt een kilo steenkool langer dan een kilo turf en nog langer dan een kilo hout.

Op veel plaatsen op de wereld zijn planten op deze manier onder de grond verdwenen. Niet alleen 300 miljoen jaar geleden, maar ook daarvoor en daarna. En ook nu gebeurt dat nog. Alleen waren er in de tijd van de meganeura wel heel lang heel veel bossen die in de moerassen verdwenen en nu als steenkool weer naar boven werden gehaald.

In de steenkool zijn veel fossielen te vinden. Vooral van varens en andere planten. En heel af en toe van een prehistorisch dier, zoals de meganeura. 'Fossiel' betekent 'versteende rest'. Logisch dus dat je brandstoffen als steenkool fossiele brandstoffen noemt. Er zijn er nog twee: aardolie en aardgas.



Fotosynthese, koolstofkringloop, vorming fossiele brandstoffen.



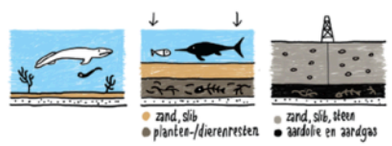

## Gestampte zeedieren

Aardolie is wat oneerlijker over de wereld verdeeld dan steenkool. Dat vinden ze in landen als Koeweit en Saoedi-Arabië helemaal niet erg. Daar zit de grond zo vol olie dat ze bijna alles voor veel dollars aan andere landen verkopen. Met het geld bouwen ze midden in de woestijn de hoogste wolkenkrabbers, de duurste winkels en de modernste musea.

200 miljoen jaar geleden lag in dit gebied een grote ondiepe oceaan. Het water barstte van de vissen, kreeftjes, garnalen en plankton. Zodra ze stierven zonken de dode zeediertjes naar de bodem. Daar werden ze bedekt met zand en klei, zodat ze niet gingen rotten. Zo ging het miljoenen jaren door. De diertjes zakten steeds dieper weg. Net als het veen werden ze almaar verder in elkaar geperst. En net als bij de steenkool bleef er vooral koolstof over. Maar doordat er minder planten in zaten en doordat het dieper lag, was het vloeibaar: aardolie.

Op plekken waar aardolie of steenkool ligt, wordt soms ook aardgas gevonden. Aardgas is eigenlijk gewoon methaan uit de aarde. Het ontstaat als aardolie of steenkool flink wordt verwarmd. Dat wil nog wel eens gebeuren. Want aardolie en steenkool liggen vaak onder kilometers dikke lagen steen, waar de temperatuur makkelijk 100 graden kan worden. Dan komt er methaan uit de dieren- en plantenresten. Zoals elk gas gaat het methaan omhoog. Het meeste kruipt door de kieren en gaten van de aarde en ontsnapt naar de dampkring. Maar soms stuit het op een grondlaag waar het niet doorheen kan. Dan blijft het gas gevangen in kleine holtes in de grond.

Verspreid over de wereld liggen dus dikke lagen 64
koolstof in de bodem. Koolstof in vaste vorm •
(steenkool), in vloeibare vorm (aardolie) en in 65
de vorm van gas (aardgas). De koolstof komt van dieren en planten die vaak al honderden miljoenen jaren dood zijn. Als ze niet in ondiepe zeeën en moerassen terecht waren gekomen, waren ze vlak na hun dood opgegeten of gaan rotten. Dan was alle $CO_2$ stukje bij beetje de lucht in gegaan. Maar dat is niet gebeurd. Onder onze voeten ligt een enorme voorraad koolstof die de natuur in miljoenen jaren heeft opgespaard. En die we er nu in een paar eeuwen doorheen jagen.




Fotosynthese, koolstofkringloop, vorming fossiele brandstoffen.
+ olielanden, geopolitiek

## Mensen mensen mensen

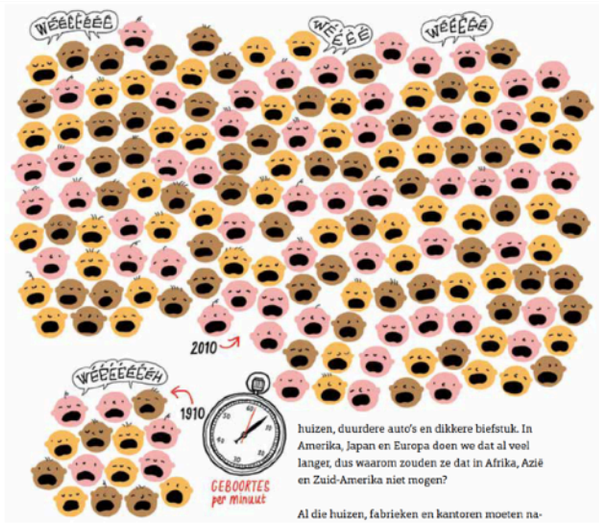
In de tijd van James Watt leefden er 1 miljard mensen op aarde. Dat zijn 1000 keer 1000 keer 1000 mensen. Mensen reisden met paard-en-wagen. Er waren nog geen auto's. De stoomtrein was net uitgevonden. Veel mensen leefden met grote gezinnen in kleine, benauwde huizen. Er was geen toilet en geen waterleiding. Via de poepemmer en de waterpomp grepen besmettelijke ziekten hun kans. Mensen werden sneller ziek en als ze ziek waren gingen ze sneller dood, want er waren weinig goede medicijnen.

Het duurde 123 jaar voor er 2 miljard aardbewoners waren. Dat was in 1927. In die tijd leefde de oma van je oma nog. Auto's en paard-en-wagen reden samen door de straten. Steeds meer huizen kregen een wc die was aangesloten op het riool. De antibiotica werden ontdekt: medicijnen waardoor een simpele ziekte niet meer dodelijk hoeft te zijn. Vanaf dat moment groeide de wereldbevolking steeds sneller.

Nog geen 100 jaar later zitten we al op meer dan 7,5 miljard mensen. Samen hebben die mensen meer dan 1 miljard auto's, 1,5 miljard tv's en 7 miljard telefoons. Al die auto's gebruiken benzine. Al die apparaten gebruiken elektriciteit. Al die mensen moeten eten en drinken. En er komen steeds meer mensen bij.

Het is moeilijk te voorspellen hoe snel de bevolking in de toekomst groeit. In de tijd dat je deze zin leest worden er 30 mensen geboren en gaan er 10 mensen dood. Zo komen er elke dag 200 duizend mensen bij op onze planeet. Als dat zo doorgaat hebben we 11 miljard aardbewoners in 2050 en 17 miljard in 2100. Maar het lijkt erop dat vrouwen gemiddeld steeds minder kinderen krijgen. Waarschijnlijk heb je zelf ook minder broers en zussen dan je opa en oma hadden. Als dat zo doorgaat zijn er 9,5 miljard aardbewoners in 2050 en 11 miljard in 2100. Nog steeds veel.

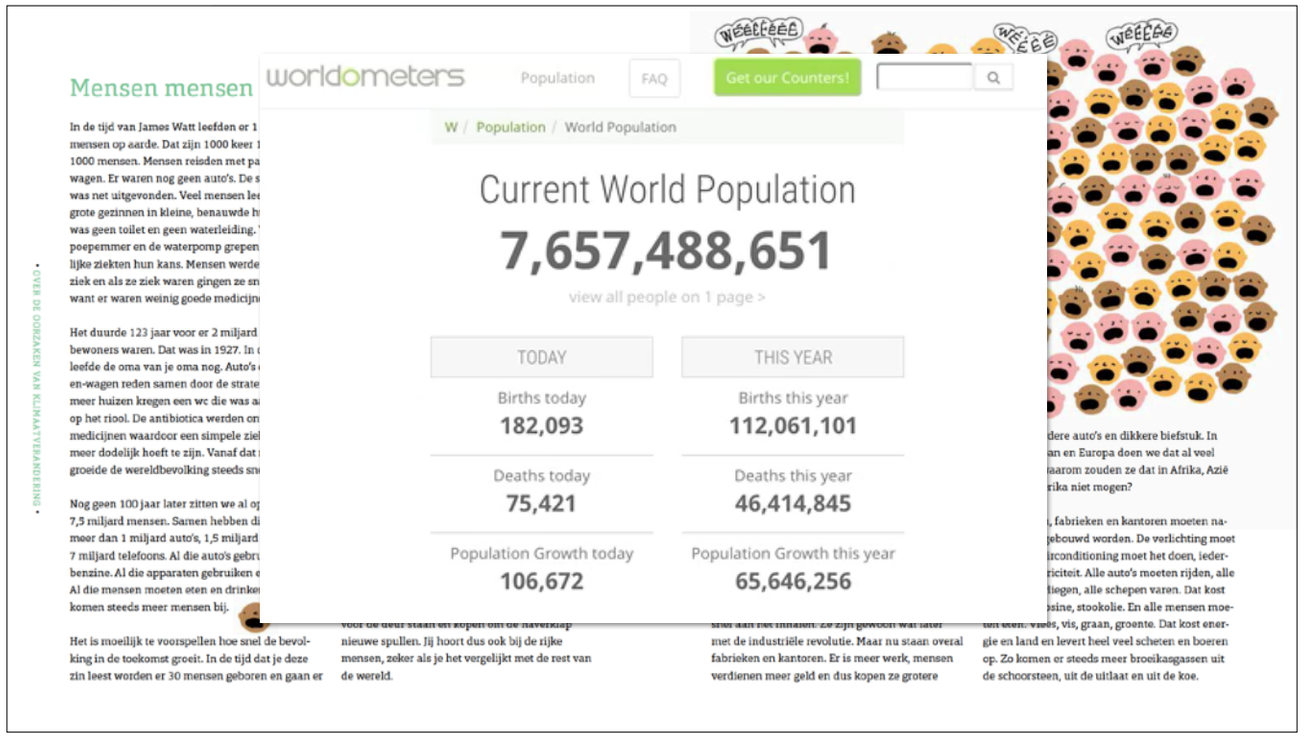
Er zijn dus steeds meer mensen die moeten eten en drinken. En er zijn steeds meer kleren en huizen nodig. Maar weet je wat pas echt een probleem is? Mensen worden steeds rijker en ouder. Dat is natuurlijk hartstikke fijn, maar die lange luxe levens kosten pas echt veel energie. Want rijke mensen gebruiken veel apparaten, gaan vaak op vakantie, hebben een of twee auto's voor de deur staan en kopen om de haverklap nieuwe spullen. Jij hoort dus ook bij de rijke mensen, zeker als je het vergelijkt met de rest van de wereld.



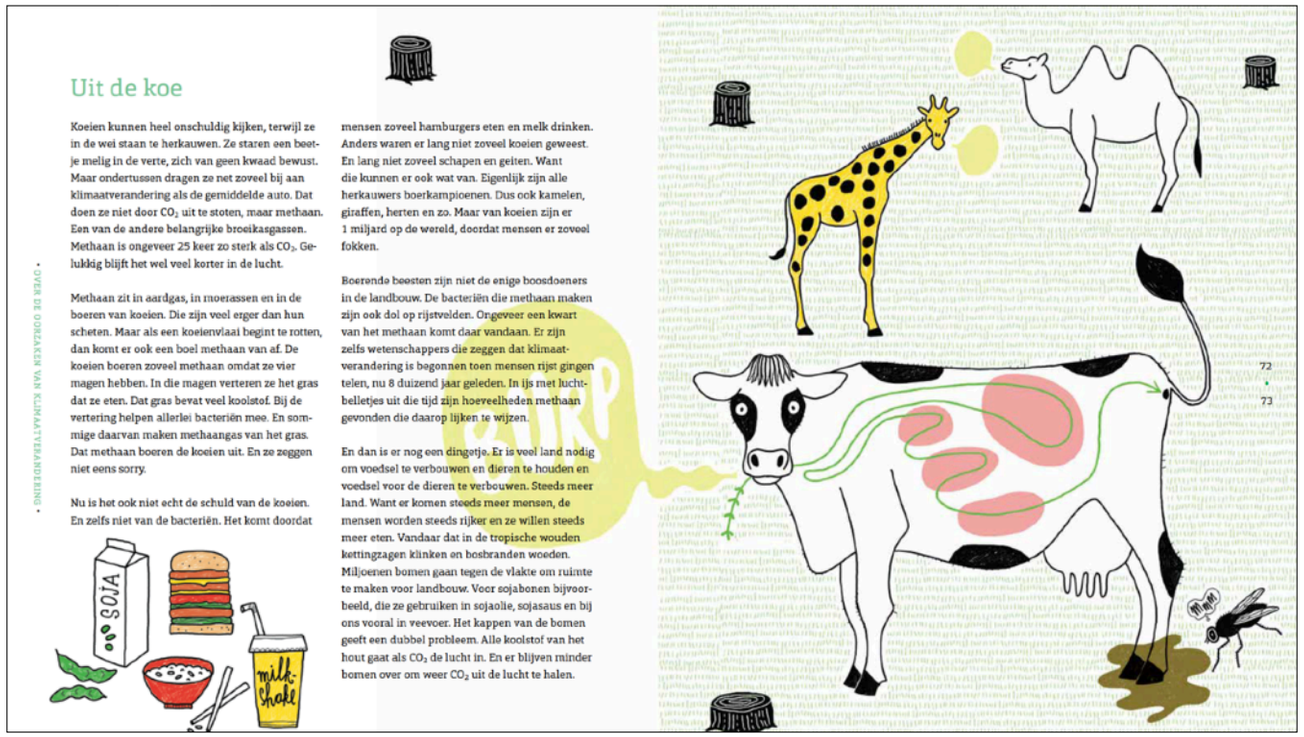

Gelukkig wordt de rest van de wereld ook steeds rijker. Wat dat betreft gaat het echt geweldig met onze planeet. Landen als China, Brazilië en Zuid-Afrika waren 30 jaar geleden veel armer dan nu. De laatste jaren zijn ze hun achterstand snel aan het inhalen. Ze zijn gewoon wat later met de industriële revolutie. Maar nu staan overal fabrieken en kantoren. Er is meer werk, mensen verdienen meer geld en dus kopen ze grotere huizen, duurdere auto's en dikkere biefstuk. In Amerika, Japan en Europa doen we dat al veel langer, dus waarom zouden ze dat in Afrika, Azië en Zuid-Amerika niet mogen?

Al die huizen, fabrieken en kantoren moeten natuurlijk wel gebouwd worden. De verlichting moet werken, de airconditioning moet het doen, iedereen wil elektriciteit. Alle auto's moeten rijden, alle vliegtuigen vliegen, alle schepen varen. Dat kost benzine, kerosine, stookolie. En alle mensen moeten eten. Vlees, vis, graan, groente. Dat kost energie en land en levert heel veel scheten en boeren op. Zo komen er steeds meer broeikasgassen uit de schoorsteen, uit de uitlaat en uit de koe.

Laat lln verschillende scenario's van VN bekijken en voorspellingen doen.




http://www.worldometers.info/nl/
Nog veel meer tellers, ook o.a. over energieverbruik, CO2 etc.
Laat lln bedenken hoe de tellers werken en hoe precies ze kunnen zijn. Zie ook faq.



## Uit de koe

Koeien kunnen heel onschuldig kijken, terwijl ze in de wei staan te herkauwen. Ze staren een beetje melig in de verte, zich van geen kwaad bewust. Maar ondertussen dragen ze net zoveel bij aan klimaatverandering als de gemiddelde auto. Dat doen ze niet door $CO_2$ uit te stoten, maar methaan. Een van de andere belangrijke broeikasgassen. Methaan is ongeveer 25 keer zo sterk als $CO_2$. Gelukkig blijft het wel veel korter in de lucht.

Methaan zit in aardgas, in moerassen en in de boeren van koeien. Die zijn veel erger dan hun scheten. Maar als een koeienvlaai begint te rotten, dan komt er ook een boel methaan van af. De koeien boeren zoveel methaan omdat ze vier magen hebben. In die magen verteren ze het gras dat ze eten. Dat gras bevat veel koolstof. Bij de vertering helpen allerlei bacteriën mee. En sommige daarvan maken methaangas van het gras. Dat methaan boeren de koeien uit. En ze zeggen niet eens sorry.

Nu is het ook niet echt de schuld van de koeien. En zelfs niet van de bacteriën. Het komt doordat mensen zoveel hamburgers eten en melk drinken. Anders waren er lang niet zoveel koeien geweest. En lang niet zoveel schapen en geiten. Want die kunnen er ook wat van. Eigenlijk zijn alle herkauwers boerkampioenen. Dus ook kamelen, giraffen, herten en zo. Maar van koeien zijn er 1 miljard op de wereld, doordat mensen er zoveel fokken.

Boerende beesten zijn niet de enige boosdoeners in de landbouw. De bacteriën die methaan maken zijn ook dol op rijstvelden. Ongeveer een kwart van het methaan komt daar vandaan. Er zijn zelfs wetenschappers die zeggen dat klimaatverandering is begonnen toen mensen rijst gingen telen, nu 8 duizend jaar geleden. In ijs met luchtbelletjes uit die tijd zijn hoeveelheden methaan gevonden die daarop lijken te wijzen.

En dan is er nog een dingetje. Er is veel land nodig om voedsel te verbouwen en dieren te houden en voedsel voor de dieren te verbouwen. Steeds meer land. Want er komen steeds meer mensen, de mensen worden steeds rijker en ze willen steeds meer eten. Vandaar dat in de tropische wouden kettingzagen klinken en bosbranden woeden. Miljoenen bomen gaan tegen de vlakte om ruimte te maken voor landbouw. Voor sojabonen bijvoorbeeld, die ze gebruiken in sojaolie, sojasaus en bij ons vooral in veevoer. Het kappen van de bomen geeft een dubbel probleem. Alle koolstof van het hout gaat als $CO_2$ de lucht in. En er blijven minder bomen over om weer $CO_2$ uit de lucht te halen.







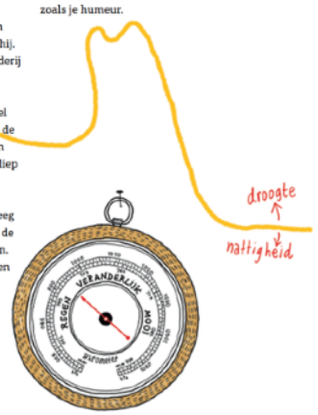
Discussie over vlees eten. Wie heeft er wel eens insecten gegeten? Vaker doen?

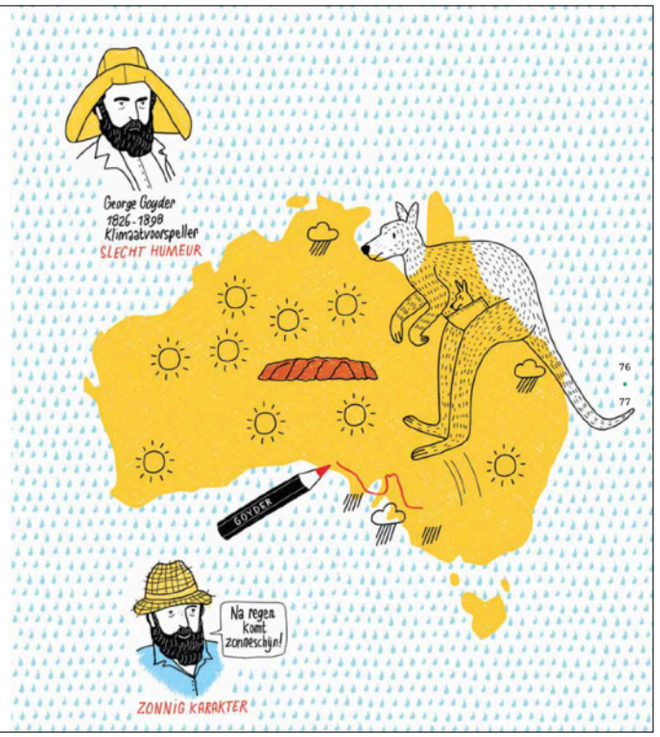
## Klimaatverwarring

In Zuid-Australië is een gebied met allemaal verlaten boerderijtjes. Van de meeste is niet veel meer over dan een paar half ingestorte muren. De boerderijen zijn niet lang bewoond geweest. Ze zijn gebouwd rond 1865. De boeren woonden nog maar net in Australië. Ze kenden het land nog niet goed. Ze wisten alleen dat het in het binnenland erg droog was en dat het dichter bij zee meer regende. Daarom moest een landmeter onderzoek doen naar de gebieden die geschikt waren voor de landbouw. Goyder heette de beste man. Hij ging op onderzoek uit en na een tijdje trok hij een duidelijke streep op de kaart. Ten noorden van die lijn is het te droog voor landbouw, zei hij. Maar ten zuiden ervan kun je gerust een boerderij beginnen.

Goyder had het nog niet gezegd of de regen viel met bakken uit de lucht. Ook ten noorden van de lijn die hij had getekend. De eigenwijze boeren wisten genoeg. Ze bouwden hun boerderijen diep landinwaarts. In het gebied waar het volgens Goyder veel te droog was voor landbouw. Dat jaar was de oogst goed. Maar de jaren erna kreeg Goyder toch nog gelijk. Een voor een verlieten de boeren hun land en trokken ze naar het zuiden. Daar viel bijna ieder jaar genoeg regen voor een goede oogst.

De boeren hadden een vervelende fout gemaakt. Ze verwarden het weer met het klimaat. Als het ergens een keer regent of sneeuwt betekent het niet dat het daar altijd regent of sneeuwt. Het weer is grillig, het klimaat niet. Het weer gaat over de temperatuur en neerslag op een bepaald moment. Het klimaat gaat over het gemiddelde weer van minstens 30 jaar. Het is eigenlijk net als met mensen. Je kunt een heel vrolijk persoon zijn, maar soms heb je gewoon een slechte bui. Het klimaat is net zoiets als je karakter. Het weer is zoals je humeur.

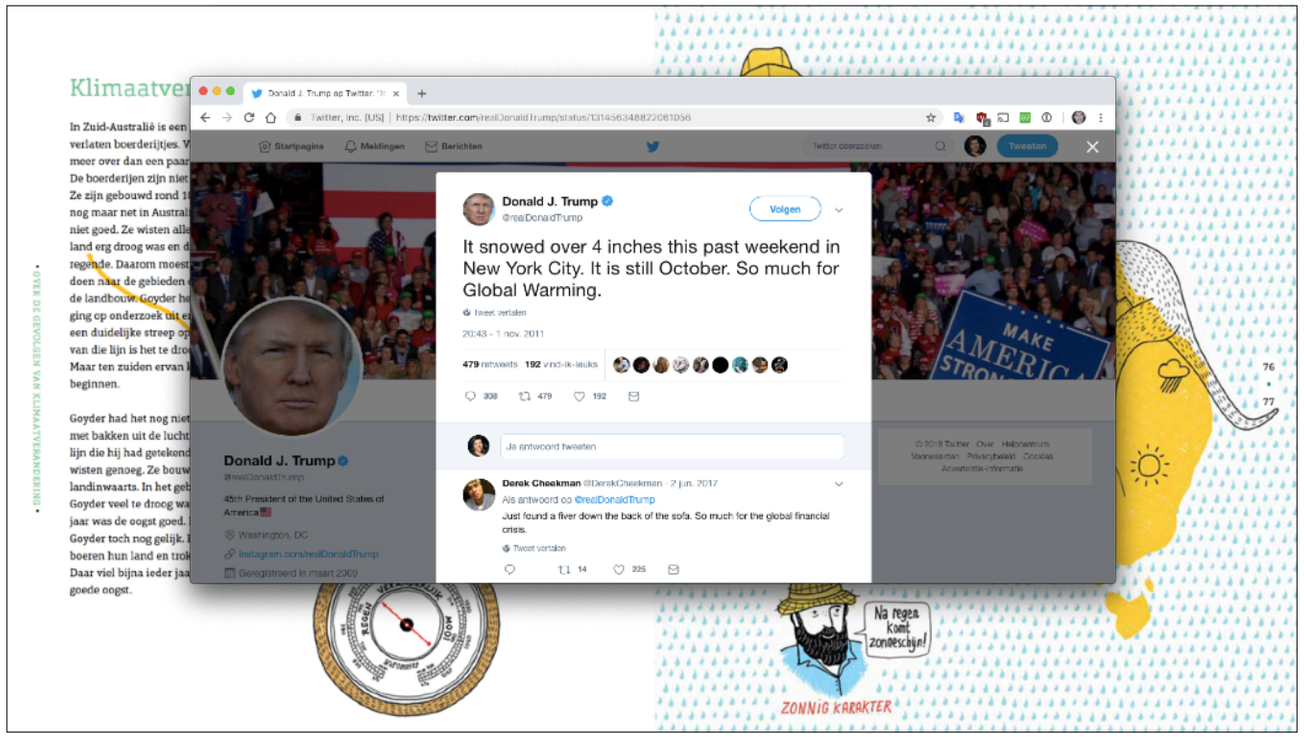





Verschil weer en klimaat

https://marcterhorst.nl/blog/beste-ida/


Donald J. Trump
@realDonaldTrump
Volgen
It snowed over 4 inches this past weekend in New York City. It is still October. So much for Global Warming.
Derek Cheekman
Just found a fiver down the back of the sofa. So much for the global financial crisis.
Na regen komt zonneschijn!
ZONNIG KARAKTER
76
77

## Eén graad warmer

'Warmste jaar ooit gemeten', 'Droogste november', 'Langste hittegolf'. Het ene weerrecord na het andere gaat eraan de laatste jaren. Op zich zegt dat niks over het klimaat, alleen over het weer. Een bizar warme winter of een idiote hagelbui kan ook zonder klimaatverandering gebeuren. Maar als heel veel van die dingen vaak gebeuren, dan lijkt er toch iets aan de hand.

Vergelijk het met een dobbelsteen. Je kunt best drie keer achter elkaar een 6 gooien. Bij elke worp heb je evenveel kans op een 6 als bij de vorige worp. Maar als je achter elkaar door bijna alleen maar zessen gooit, dan wordt het verdacht. Voor 3 euro kun je in de speelgoedwinkel verzwaarde dobbelstenen kopen...

Iemand die een paar keer achter elkaar een 6 gooit hoeft dus geen valsspeler te zijn. Maar als hij maar doorgaat met zessen gooien, ga je daar toch aan denken. Op dezelfde manier hoeft niet elk weerrecord de schuld van klimaatverandering te zijn. Maar met zoveel records op een rij moet er wel iets aan de hand zijn.

Op dit moment is de gemiddelde temperatuur op de wereld ruim 1 graad hoger dan in 1850. Vind je dat weinig? Denk dan maar eens terug aan de hockeystick. De laatste duizend jaar schommelde de temperatuur rond de 13,5 graden Celsius. Soms was het 13,3, soms 13,6. Maar veel gekker werd het niet. Boomringen en luchtbelletjes in ijsstaven lieten zien dat het zeker 10 duizend jaar lang rond de 13,5 graden bleef. Daarmee vergeleken is een stijging van 1 graad in nog geen 200 jaar dus belachelijk veel. En de laatste jaren gaat de stijging ook steeds sneller. Als het zo doorgaat is er maar 50 jaar nodig om er nog een graad bij te doen.

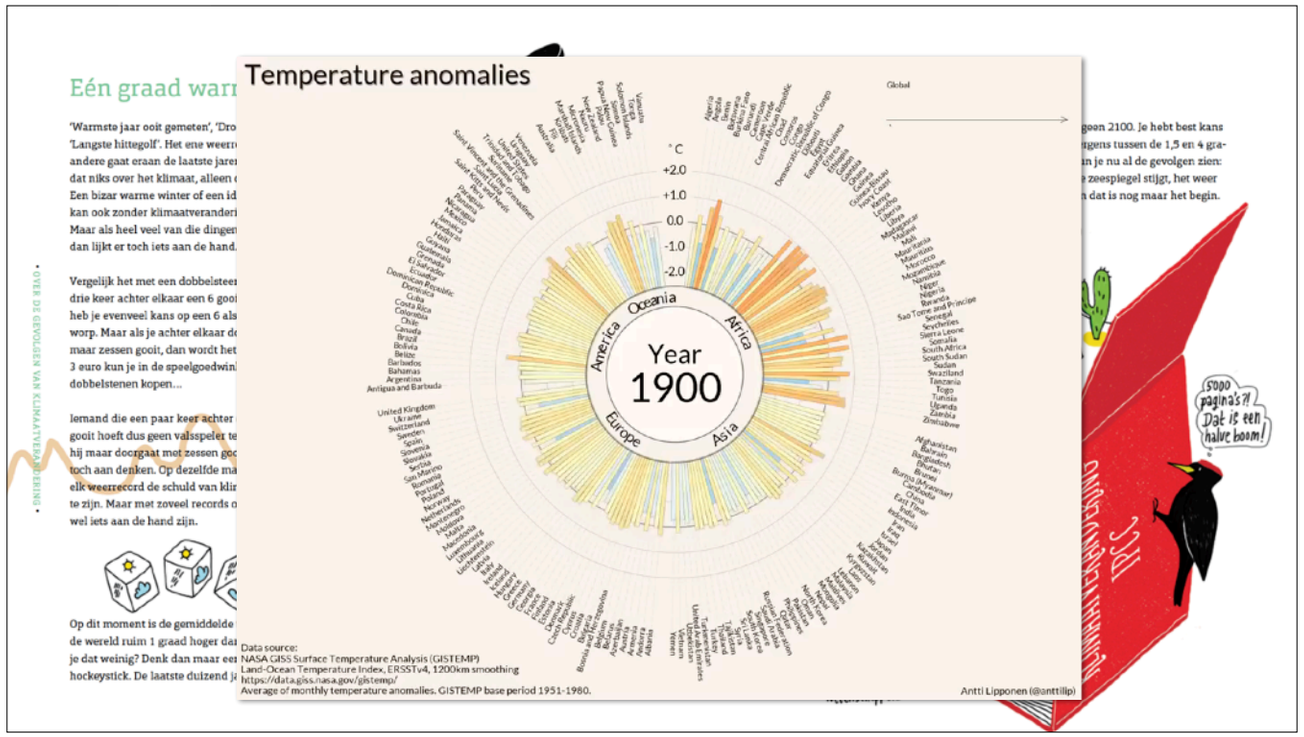
Eens in de vijf of zes jaar verschijnt er een dik rapport van het IPCC. Dat is een club van duizenden wetenschappers uit de hele wereld die onderzoek doen naar klimaatverandering. De wetenschappers zijn het lang niet over alles eens, maar ze moeten wel een gezamenlijk rapport schrijven. Daardoor krijg je een soort gemiddelde conclusies. Als een heleboel landen zeggen 'klimaatverandering komt zeker door de mens' en een paar landen zeggen 'klimaatverandering komt misschien door de mens', dan wordt de conclusie 'klimaatverandering komt uiterst waarschijnlijk door de mens'.

Het laatste rapport van het IPCC telt bijna 5000 pagina's. Daarin zeggen ze dat de aarde aan het eind van de eeuw zeker 1,5 graad warmer zal zijn dan in 1850. Zelfs als we nu alle schoorstenen, uitlaten en koelen afsluiten. Dat gaat natuurlijk niet gebeuren. Maar misschien lukt het wel om de opwarming tot 2 graden te beperken. Dan moeten we met z'n allen flink aan de bak: kolencentrales sluiten, windmolens bouwen en minder hamburgers eten. Als we helemaal niks doen, lekker steenkool blijven stoken en bomen blijven kappen, dan komen we in 2100 meer dan 4 graden hoger uit dan in 1850.

Van 13,5 naar 17,5 in tweeënhalve eeuw. Dan groeit de hockeystick wel heel snel. Het klimaat is in het verleden vaker veranderd, maar zo snel nog nooit. De gevolgen van 4 graden opwarming zijn dan ook niet te overzien. En dan is die opwarming ook nog maar een gemiddelde. Er zijn plekken die minder opwarmen en dus ook plekken die nog meer opwarmen dan 4 graden.

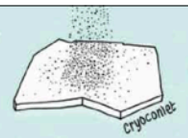
Maar hé, het is nog geen 2100. Je hebt best kans dat de opwarming ergens tussen de 1,5 en 4 graden uitkomt. Wel kun je nu al de gevolgen zien: gletsjers smelten, de zeespiegel stijgt, het weer doet raar. En dat is nog maar het begin.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change




Veelzeggende visualisaties. Ook te vinden op https://marcterhorst.nl/kinderboeken/palmen-op-de-noordpool/lesmateriaal-en-bronnen-bij-palmen-op-de-noordpool/

## Smeltende polen



In Groenland kun je de klimaatverandering horen. *Drup drup drup*. Het geluid van smeltend ijs. Verderop is geen *drup* meer te horen. Het wordt overstemd door kolkende rivieren die het smeltwater afvoeren. Met enorm geweld banen ze zich een felblauwe weg door het ijs. Dichter bij zee hoor je ook het piepen en kraken van platen ijs. Ze breken af van de gletsjer en drijven stilletjes de oceaan op, waar ze langzaam zullen smelten.

Gletsjers vind je overal waar sneeuw valt en het koud genoeg is voor de sneeuw om de zomer te overleven. Rond de Noordpool en de Zuidpool dus. Maar ook op andere plekken, vooral in de bergen. Want daar kan het ook koud genoeg zijn. Misschien heb je wel eens geskied op gletsjersneeuw. Misschien ken je de foto's wel van giraffen en olifanten met op de achtergrond de besneeuwde Kilimanjaro, midden in Afrika. Ook daar, niet ver van de evenaar, liggen gletsjers. Al is het de vraag hoe lang nog. Overal ter wereld worden gletsjers kleiner. In Zwitserland, Argentinië, Tanzania, Nepal… Dat heeft grote gevolgen. Miljarden mensen gebruiken de gletsjers als watervoorraad.

Op Antarctica en Groenland liggen de grootste pakken ijs. Ze liggen er al sinds het begin van de ijstijden, miljoenen jaren terug. Op sommige plekken is het ijs 3 kilometer dik. Er liggen

complete gebergten onder verborgen. Ieder jaar wordt de laag ijs een stukje dunner. In de zomer smelt er meer ijs weg dan er in de winter bij komt. Dat komt natuurlijk doordat de temperatuur stijgt. Maar er zijn allerlei dingen die het smelten versnellen. Ze hebben rare namen als *moulins* en *cryoconiet*.

Moulins is Frans voor molens. Het zijn grote ronde holtes in het ijs waar het water als in een draaikolk in wegstroomt. Daardoor komt het smeltwater aan de onderkant van het ijs, waardoor dat ijs weer eerder smelt en in stukken breekt. Zo versnellen ze het smelten van de gletsjers. Cryoconiet is dat zwarte spul dat je wel eens op foto's van gletsjers ziet. Een dun laagje dat die mooie sneeuw een beetje smoezelig maakt. Het laagje bestaat uit stof van woestijnen, as van vulkanen en roet van fabrieken en auto's. Het is met de wind naar de polen gedreven. De zwarte plekken nemen meer warmte op dan het witte ijs. Daardoor smelt het sneller en ontstaan er zwarte gaten in het ijs. Nog een smeltversneller dus.

Op Groenland ligt de grootste plak ijs van het noordpoolgebied. Maar ook andere landen rond de Noordelijke IJszee zijn bedekt met gletsjers. De zee zelf is een groot deel van het jaar bevroren. Zo ver als je kunt kijken zie je pakijs, een soort aan elkaar gevroren ijsschotsen. Je kent het vast wel van die foto's met eenzame ijsberen. Elke zomer smelt een deel van het ijs weg en elke winter groeit het weer aan. Maar doordat de zomers en winters warmer worden, smelt er steeds meer weg en groeit er minder ijs aan. Volgens sommige voorspellingen zal het ijs in de zomer binnen een paar jaar zijn verdwenen.

Het noordpoolgebied heeft trouwens wel pech. Het warmt veel harder op dan andere gebieden op aarde. Eeuwenlang werkte het zeeijs als een beschermlaagje tegen de warmte. Met zijn witte kleur weerkaatste het ijs het zonlicht. Nu het ijs verdwijnt neemt de donkere zee veel meer warmte op. Bovendien komt de warmte vrij die onder het zeeijs opgeslagen lag. Heel warm is die natuurlijk niet, maar nog altijd warmer dan de ijslaag erboven.

Het zuidpoolgebied is in bijna alles het tegengestelde van de Noordpool. Als het zomer is bij de een is het winter bij de ander. Op de Zuidpool wonen geen ijsberen en op de Noordpool geen pinguïns. De Zuidpool is land omringd door zee en de Noordpool is zee omringd door land. Antarctica zou bijna als een kurk in de Noordelijke IJszee passen. Doordat ijs op land veel dikker kan worden, ligt er op de Zuidpool 10 keer zoveel ijs als op de Noordpool. Samen bevatten de twee tegenpolen meer dan 99 procent van alle ijs op aarde.

De Zuidpool is ook veel kouder dan de Noordpool. Dat komt doordat het zo'n grote landmassa is. Er is veel minder zee om de kou een beetje te verzachten. Bovendien is het er nogal bergachtig. Als je wel eens in de bergen bent geweest, weet je dat het daarboven een stuk kouder is dan in het dal. De dikke laag ijs op Antarctica maakt het continent nog hoger en dus nog kouder. Gemiddeld is het er in de zomer net zo koud als in de winter op de Noordpool. Ongeveer 25 graden onder nul. In de winter kan het zo 60 graden vriezen. Dit maakt ook verschil voor het smeltende ijs. Op Antarctica moet het wel heel erg opwarmen, wil het ijs smelten. Wel zie je aan de randen van het land grote en kleine ijsplaten afbreken. Daardoor glijden de gletsjers erachter ook makkelijker de zee in. Die gletsjers zorgen dat de zeespiegel stijgt, want zij komen van het land af.

Door smeltend landijs stijgt de zeespiegel. Het water komt erbij. Smeltend zeeijs maakt voor de waterstand niks uit. IJsschotsen en ijsplaten drijven al op het water. Probeer zelf maar eens uit wat er gebeurt als ze smelten.

Zoek de verschillen tussen Noordpool en Zuidpool. Verklaar de verschillen.
Waarom is het in de bergen kouder dan in het dal?
https://www.vpro.nl/programmas/klimaatjagers.html

## Smeltende polen

In Groenland kun je de klimaatverandering horen. *Drup drup drup*. Het geluid van smeltend ijs. Verderop is geen *drup* meer te horen. Het wordt overstemd door kolkende rivieren die het smeltwater afvoeren. Met enorm geweld banen ze zich een felblauwe weg door het ij
hoor je ook het piepen en kra
Ze breken af van de gletsjer e
oceaan op, waar ze langzaam

Gletsjers vind je overal waar
koud genoeg is voor de sneeu
overleven. Rond de Noordpoo
dus. Maar ook op andere plek
bergen. Want daar kan het oo
Misschien heb je wel eens ge
sneeuw. Misschien ken je de
giraffen en olifanten met op
besneeuwde Kilimanjaro, mi
daar, niet ver van de evenaar,
is het de vraag hoe lang nog.
worden gletsjers kleiner. In Z
nië, Tanzania, Nepal... Dat he
Miljarden mensen gebruiken de gletsjers als watervoorraad.

Op Antarctica en Groenland liggen de grootste pakken ijs. Ze liggen er al sinds het begin van de ijstijden, miljoenen jaren terug. Op sommige plekken is het ijs 3 kilometer dik. Er liggen



complete gebergten onder verborgen. Ieder jaar wordt de laag ijs een stukje dunner. In de zomer smelt er meer ijs weg dan er in de winter bij komt.

Daardoor smelt het sneller en ontstaan er zwarte gaten in het ijs. Nog een smeltversneller dus.

Op Groenland ligt de grootste plak ijs van het noordpoolgebied. Maar ook andere landen rond de Noordelijke IJszee zijn bedekt met gletsjers. De zee zelf is een groot deel van het jaar bevroren. Zo ver als je kunt kijken zie je pakijs, een soort aan elkaar gevroren ijsschotsen. Je kent het vast wel van die foto's met eenzame ijsberen. Elke zomer smelt een deel van het ijs weg en elke winter groeit het weer aan. Maar doordat de zomers en winters warmer worden, smelt er steeds meer weg en groeit er minder ijs aan. Volgens sommige voorspellingen zal het ijs in de zomer binnen een

Het zuidpoolgebied is in bijna alles het tegengestelde van de Noordpool. Als het zomer is bij de een is het winter bij de ander. Op de Zuidpool wonen geen ijsberen en op de Noordpool geen pinguïns. De Zuidpool is land omringd door zee en de Noordpool is zee omringd door land. Antarctica zou bijna als een kurk in de Noordelijke IJszee passen. Doordat ijs op land veel dikker kan worden, ligt er op de Zuidpool 10 keer zoveel ijs als op de Noordpool. Samen bevatten de twee
99 procent van alle ijs op

el kouder dan de Noordpool.
zo'n grote landmassa is. Er
de kou een beetje te ver-
s het er nogal bergachtig. Als
en bent geweest, weet je dat
k kouder is dan in het dal.
ntarctica maakt het conti-
s nog kouder. Gemiddeld is
zo koud als in de winter op
er 25 graden onder nul. In
50 graden vriezen. Dit maakt
smeltende ijs. Op Antarctica
opwarmen, wil het ijs smel-
randen van het land grote
breken. Daardoor glijden de
gletsjers erachter ook makkelijker de zee in. Die gletsjers zorgen dat de zeespiegel stijgt, want zij komen van het land af.

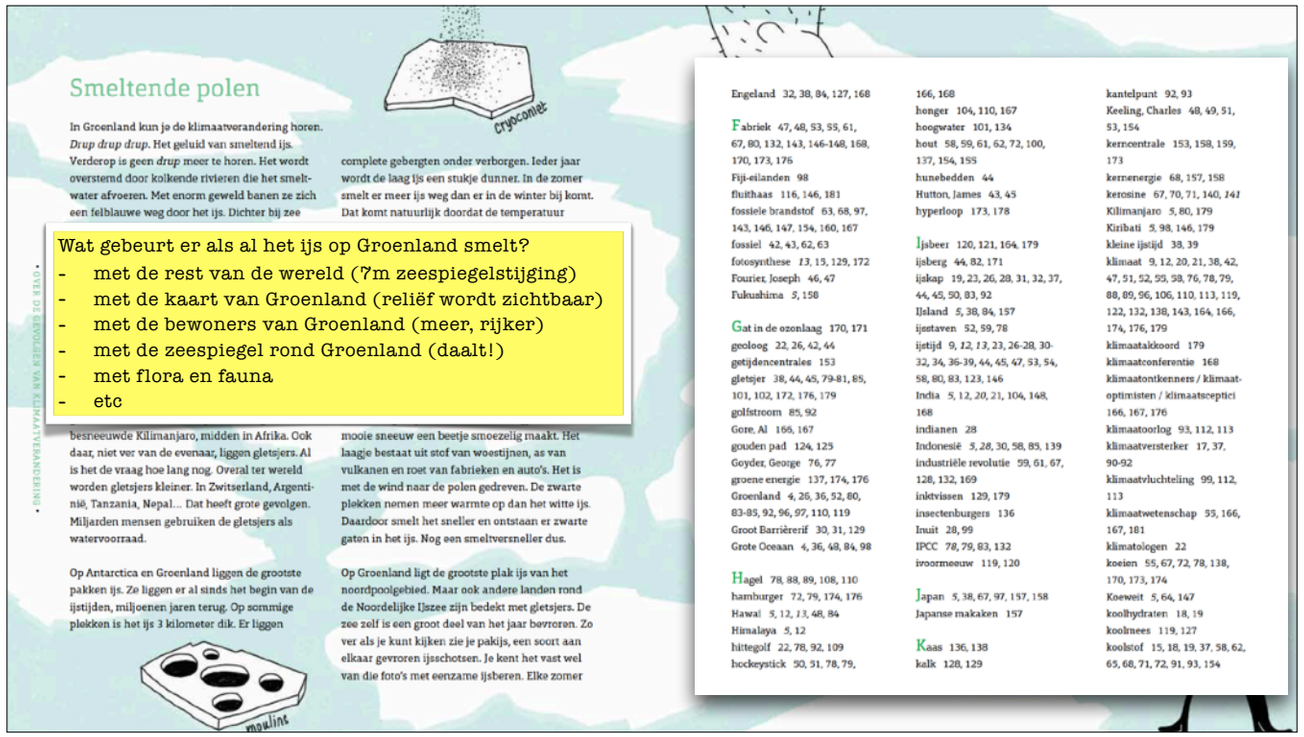
Door smeltend landijs stijgt de zeespiegel. Het water komt erbij. Smeltend zeeijs maakt voor de waterstand niks uit. IJsschotsen en ijsplaten drijven al op het water. Probeer zelf maar eens uit wat er gebeurt als ze smelten.





Wat gebeurt er als al het ijs op Groenland smelt?
- met de rest van de wereld (7m zeespiegelstijging)
- met de kaart van Groenland (reliëf wordt zichtbaar)
- met de bewoners van Groenland (meer, rijker)
- met de zeespiegel rond Groenland (daalt!)
- met flora en fauna
- etc

Opdracht waarbij je hele boek kunt gebruiken.



## Smeltende polen

In Groenland kun je de klimaatverandering horen. *Drup drup drup*. Het geluid van smeltend ijs. Verderop is geen *drup* meer te horen. Het wordt overstemd door kolkende rivieren die het smeltwater afvoeren. Met enorm geweld banen ze zich een felblauwe weg door het ijs. Dichter bij zee

besneeuwde Kilimanjaro, midden in Afrika. Ook daar, niet ver van de evenaar, liggen gletsjers. Al is het de vraag hoe lang nog. Overal ter wereld worden gletsjers kleiner. In Zwitserland, Argentinië, Tanzania, Nepal… Dat heeft grote gevolgen. Miljarden mensen gebruiken de gletsjers als watervoorraad.

Op Antarctica en Groenland liggen de grootste pakken ijs. Ze liggen er al sinds het begin van de ijstijden, miljoenen jaren terug. Op sommige plekken is het ijs 3 kilometer dik. Er liggen

cryoconiet

complete gebergten onder verborgen. Ieder jaar wordt de laag ijs een stukje dunner. In de zomer smelt er meer ijs weg dan er in de winter bij komt. Dat komt natuurlijk doordat de temperatuur

mooie sneeuw een beetje smoezelig maakt. Het laagje bestaat uit stof van woestijnen, as van vulkanen en roet van fabrieken en auto's. Het is met de wind naar de polen gedreven. De zwarte plekken nemen meer warmte op dan het witte ijs. Daardoor smelt het sneller en ontstaan er zwarte gaten in het ijs. Nog een smeltversneller dus.

Op Groenland ligt de grootste plak ijs van het noordpoolgebied. Maar ook andere landen rond de Noordelijke IJszee zijn bedekt met gletsjers. De zee zelf is een groot deel van het jaar bevroren. Zo ver als je kunt kijken zie je pakijs, een soort aan elkaar gevroren ijsschotsen. Je kent het vast wel van die foto's met eenzame ijsberen. Elke zomer

moulin

• OVER DE GEVOLGEN VAN KLIMAATVERANDERING •

Wat gebeurt er als al het ijs op Groenland smelt?
- met de rest van de wereld (7m zeespiegelstijging)
- met de kaart van Groenland (reliëf wordt zichtbaar)
- met de bewoners van Groenland (meer, rijker)
- met de zeespiegel rond Groenland (daalt!)
- met flora en fauna
- etc


Engeland 32, 38, 84, 127, 168

Fabriek 47, 48, 53, 55, 61, 67, 80, 132, 143, 146-148, 168, 170, 173, 176
Fijn-eilanden 98
fluithaas 116, 146, 181
fossiele brandstof 63, 68, 97, 143, 146, 147, 154, 160, 167
fossiel 42, 43, 62, 63
fotosynthese *13*, 15, 129, 172
Fourier, Joseph 46, 47
Fukushima *5*, 158

Gat in de ozonlaag 170, 171
geoloog 22, 26, 42, 44
getijdencentrales 153
gletsjer 38, 44, 45, 79-81, 85, 101, 102, 172, 176, 179
golfstroom 85, 92
Gore, Al 166, 167
gouden pad 124, 125
Goyder, George 76, 77
groene energie 137, 174, 176
Groenland 4, 26, 36, 52, 80, 83-85, 92, 96, 97, 110, 119
Groot Barrièrerif 30, 31, 129
Grote Oceaan 4, 36, 48, 84, 98

Hagel 78, 88, 89, 108, 110
hamburger 72, 79, 174, 176
Hawaï *5*, 12, *13*, 48, 84
Himalaya *5*, 12
hittegolf 22, 78, 92, 109
hockeystick 50, 51, 78, 79, 166, 168
honger 104, 110, 167
hoogwater 101, 134
hout 58, 59, 61, 62, 72, 100, 137, 154, 155
hunebedden 44
Hutton, James 43, 45
hyperloop 173, 178

Ijsbeer 120, 121, 164, 179
ijsberg 44, 82, 171
ijskap 19, 23, 26, 28, 31, 32, 37, 44, 45, 50, 83, 92
IJsland *5*, 38, 84, 157
ijzstaven 52, 59, 78
ijstijd 9, *12*, *13*, 23, 26-28, 30-32, 34, 36-39, 44, 45, 47, 53, 54, 58, 80, 83, 123, 146
India *5*, 12, *20*, 21, 104, 148, 168
indianen 28
Indonesië *5*, *28*, 30, 58, 85, 139
industriële revolutie 59, 61, 67, 128, 132, 169
inktvissen 129, 179
insectenburgers 136
Inuit 28, 99
IPCC 78, 79, 83, 132
ivoormeeuw 119, 120

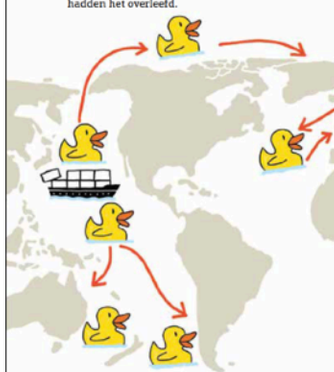
Japan *5*, 38, 67, 97, 157, 158
Japanse makaken 157

Kaas 136, 138
kalk 128, 129
kantelpunt 92, 93
Keeling, Charles 48, 49, 51, 53, 154
kerncentrale 153, 158, 159, 173
kernenergie 68, 157, 158
kerosine 67, 70, 71, 140, *141*
Kilimanjaro *5*, 80, 179
Kiribati *5*, 98, 146, 179
kleine ijstijd 38, 39
klimaat 9, 12, 20, 21, 38, 42, 47, 51, 52, 55, 58, 76, 78, 79, 88, 89, 96, 106, 110, 113, 119, 122, 132, 138, 143, 164, 166, 174, 176, 179
klimaatakkoord 179
klimaatconferentie 168
klimaatontkenners / klimaat-optimisten / klimaatsceptici 166, 167, 176
klimaatoorlog 93, 112, 113
klimaatversterker 17, 37, 90-92
klimaatvluchteling 99, 112, 113
klimaatwetenschap 55, 166, 167, 181
klimatologen 22
koeien 55, 67, 72, 78, 138, 170, 173, 174
Koeweit *5*, 64, 147
koolhydraten 18, 19
koolmees 119, 127
koolstof 15, 18, 19, 37, 58, 62, 65, 68, 71, 72, 91, 93, 154


…verschillende aspecten van in dit geval Groenland komen aan bod in het boek.

## Rivieren in de zee

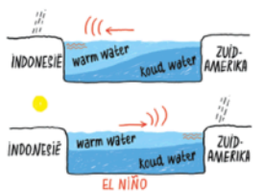
Ze waren bedoeld voor wat kleine avonturen in een Amerikaanse badkuip. Maar onderweg van China naar Amerika belandde hun schip in een zware storm. De container waarin ze zaten sloeg overboord en de deuren klapten open. Daar dreven ze dan, midden op de Grote Oceaan: bijna 29 duizend plastic badspeeltjes. Gele eendjes, groene kikkers, rode bevers en blauwe schildpadden. Ruim 10 maanden later vond een strandjutter aan de kust van Alaska de eerste 10 beestjes. Sommige zagen een beetje bleekjes, maar ze hadden het overleefd.



Oceanograaf Curtis Ebbesmeyer wist het meteen: dit was een geweldige kans om de stromingen van de oceaan beter te leren kennen. Met nog duizenden badspeeltjes op de open oceaan sloeg hij aan het rekenen. Hij probeerde te voorspellen waar de andere op zouden duiken. Waarschijnlijk zou een hele kudde van de speeltjes gezamenlijk door de Beringstraat gaan en vast komen te zitten in het paktjs. Heel langzaam zou het paktjs oostwaarts gaan en in een jaar of vijf moesten ze in de buurt van Groenland in warmer water terechtkomen. De oceanograaf loofde een beloning uit voor iedereen die zo'n badspeeltje vond in de Atlantische Oceaan. Uiteindelijk kreeg hij gelijk: er werden eendjes, kikkers, bevers en schildpadden gevonden in Canada, IJsland en later zelfs in Ierland en Engeland. Andere badspeeltjes waren richting Korea, Hawaï en Australië gedreven. Nog altijd moeten er duizenden onderweg zijn. Als je er een vindt moet je Curtis Ebbesmeyer maar even mailen: CurtisEbbesmeyer@comcast.net.

De badeendjes en hun vriendjes konden zo ver reizen door de stromingen in de oceanen. Aan de oppervlakte zorgt de wind voor de stroming. Maar in dieper water komt het vooral door verschil in zoutgehalte en temperatuur. Warm is lichter dan koud en zoet lichter dan zout. Als water zout of koud wordt zinkt het dus. Waar water zoet of warm wordt gaat het omhoog. Zo zijn er allerlei stromingen in de oceanen. Water stijgt als een roltrap, daalt als een waterval, raast als in een achtbaan over elkaar heen en onder elkaar door. Waar water verdwijnt moet nieuw water komen. Waar water komt moet ander water weg. Het is een ingewikkeld systeem waarin alles met elkaar samenhangt.

Een verandering in temperatuur kan grote gevolgen hebben. Dat zie je bijvoorbeeld bij het weersverschijnsel El Niño, tussen Zuid-Amerika en Indonesië. Normaal duwt de oostenwind het warme oceaanwater van Peru naar Indonesië. Daardoor komt er voor de kust van Peru plek vrij voor koud water uit de diepte. Dat koude water zorgt voor droog weer. Boven het warme water ontstaan heftige buien. Maar als de oostenwind wegvalt, draaien de stromingen om. Het warme water stroomt juist naar Zuid-Amerika. Australië en Indonesië krijgen nu het droge weer. De oogsten mislukken en er ontstaan veel bosbranden. Langs de kust van Zuid-Amerika wordt het juist warmer en natter. De plotselinge regen zorgt voor modderstromen en aardverschuivingen. Maar de gevolgen van El Niño zijn ook verderop merkbaar. Tot in zuidelijk Afrika veroorzaakt de droogte hongersnood. Een gemiddelde El Niño duurt ongeveer een halfjaar en dan wordt de situatie langzaam weer normaal.

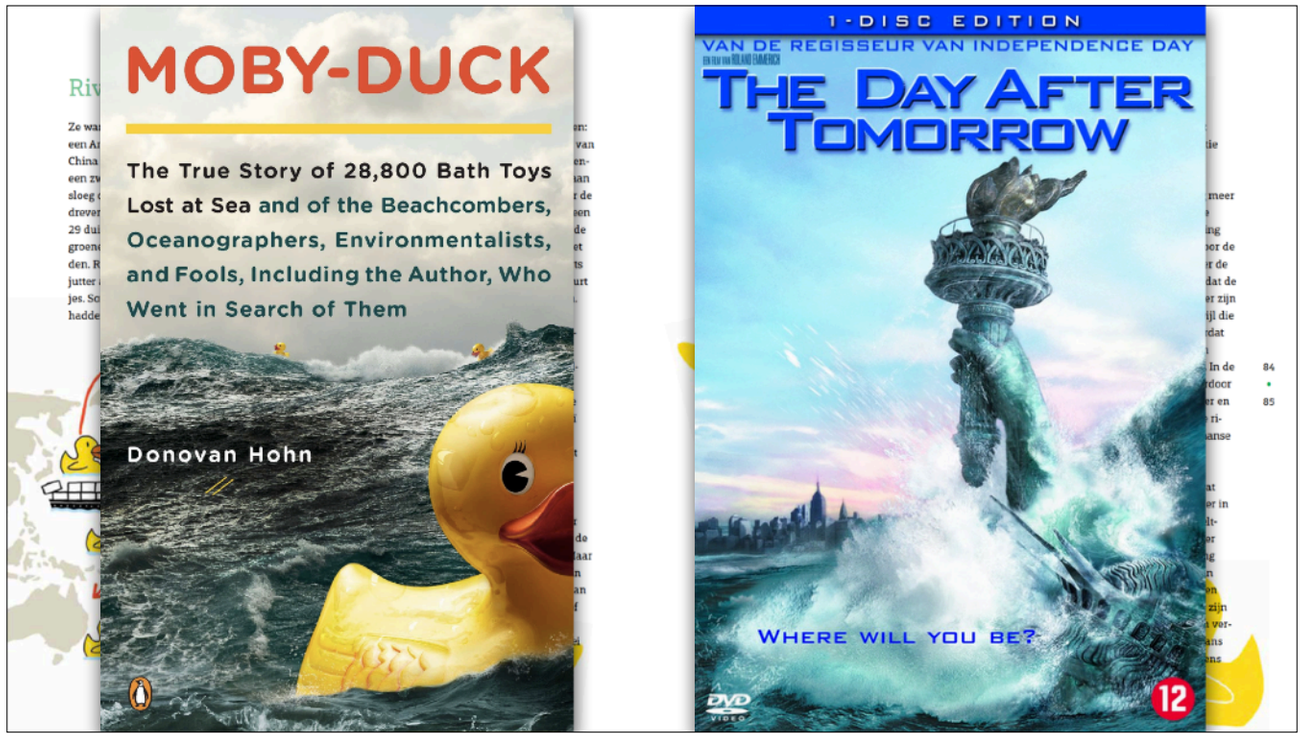



Maar veranderende stromingen kunnen nog meer gevolgen hebben. Er zijn wetenschappers die zeggen dat Europa door de klimaatverandering een stuk kouder zal worden. Huh? Kouder door de opwarming van de aarde? Ze hebben het over de warme golfstroom. Op dit moment zorgt die dat de winters in Amsterdam en Londen veel zachter zijn dan de winters in New York en Toronto, terwijl die steden veel zuidelijker liggen. Dat komt doordat de oceaanstroom warm water uit de Golf van Mexico helemaal naar Noord-Europa brengt. In de buurt van Groenland koelt het water af. Daardoor neemt het minder plek in, wordt het zwaarder en zinkt het naar de bodem. Als een onderzeese rivier stroomt het koude water via de Amerikaanse kust terug naar het zuiden.

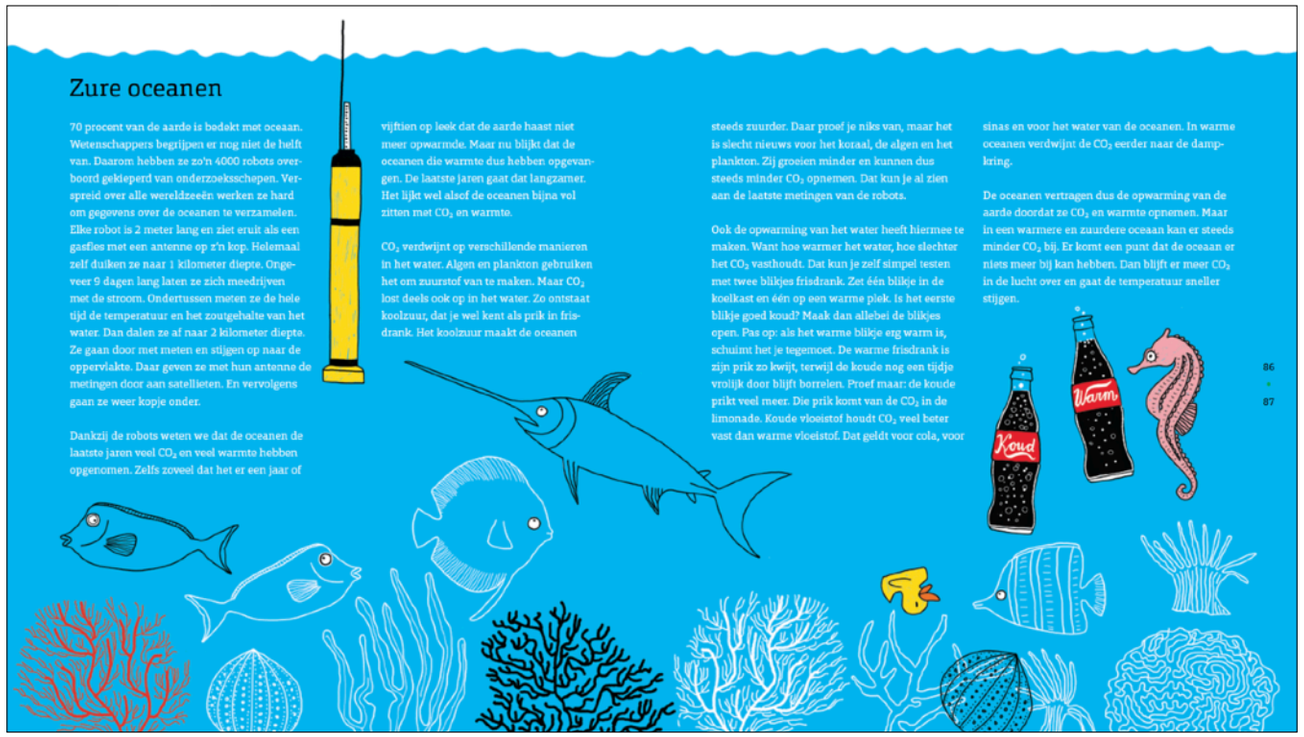
De laatste jaren lijkt de warme golfstroom wat zwakker te worden. Dat kan komen doordat er in Groenland zoveel ijs smelt dat het zoete smeltwater de golfstroom verstoort. Het zoete water drijft op het zoute water en houdt de stroming tegen. Als het warme water ons niet meer kan bereiken, kan het zo 10 graden kouder worden in Noord-Europa. Het zou niet de eerste keer zijn dat een flinke plens zoet water de golfstroom verstoort. 10.000 jaar geleden liep een Amerikaans gletsjermeer leeg en zat de halve wereld ineens weer in de kou.



El Niño
Warme golfstroom




Boek Moby Duck (ook in Nederlands verschenen)
Wat klopt er niet aan The day after tomorrow? (https://www.imdb.com/title/tt0319262/goofs/?tab=gf&ref_=tt_trv_gf)



## Zure oceanen

70 procent van de aarde is bedekt met oceaan. Wetenschappers begrijpen er nog niet de helft van. Daarom hebben ze zo'n 4000 robots overboord gekieperd van onderzoeksschepen. Verspreid over alle wereldzeeën werken ze hard om gegevens over de oceanen te verzamelen. Elke robot is 2 meter lang en ziet eruit als een gasfles met een antenne op z'n kop. Helemaal zelf duiken ze naar 1 kilometer diepte. Ongeveer 9 dagen lang laten ze zich meedrijven met de stroom. Ondertussen meten ze de hele tijd de temperatuur en het zoutgehalte van het water. Dan dalen ze af naar 2 kilometer diepte. Ze gaan door met meten en stijgen op naar de oppervlakte. Daar geven ze met hun antenne de metingen door aan satellieten. En vervolgens gaan ze weer kopje onder.

Dankzij de robots weten we dat de oceanen de laatste jaren veel $CO_2$ en veel warmte hebben opgenomen. Zelfs zoveel dat het er een jaar of vijftien op leek dat de aarde haast niet meer opwarmde. Maar nu blijkt dat de oceanen die warmte dus hebben opgevangen. De laatste jaren gaat dat langzamer. Het lijkt wel alsof de oceanen bijna vol zitten met $CO_2$ en warmte.

$CO_2$ verdwijnt op verschillende manieren in het water. Algen en plankton gebruiken het om zuurstof van te maken. Maar $CO_2$ lost deels ook op in het water. Zo ontstaat koolzuur, dat je wel kent als prik in frisdrank. Het koolzuur maakt de oceanen steeds zuurder. Daar proef je niks van, maar het is slecht nieuws voor het koraal, de algen en het plankton. Zij groeien minder en kunnen dus steeds minder $CO_2$ opnemen. Dat kun je al zien aan de laatste metingen van de robots.

Ook de opwarming van het water heeft hiermee te maken. Want hoe warmer het water, hoe slechter het $CO_2$ vasthoudt. Dat kun je zelf simpel testen met twee blikjes frisdrank. Zet één blikje in de koelkast en één op een warme plek. Is het eerste blikje goed koud? Maak dan allebei de blikjes open. Pas op: als het warme blikje erg warm is, schuimt het je tegemoet. De warme frisdrank is zijn prik zo kwijt, terwijl de koude nog een tijdje vrolijk door blijft borrelen. Proef maar: de koude prikt veel meer. Die prik komt van de $CO_2$ in de limonade. Koude vloeistof houdt $CO_2$ veel beter vast dan warme vloeistof. Dat geldt voor cola, voor sinas en voor het water van de oceanen. In warme oceanen verdwijnt de $CO_2$ eerder naar de dampkring.

De oceanen vertragen dus de opwarming van de aarde doordat ze $CO_2$ en warmte opnemen. Maar in een warmere en zuurdere oceaan kan er steeds minder $CO_2$ bij. Er komt een punt dat de oceaan er niets meer bij kan hebben. Dan blijft er meer $CO_2$ in de lucht over en gaat de temperatuur sneller stijgen.





Proefje met warme/koude limonade.

## Heftig weer

En dan nu de vooruitzichten voor de komende eeuw. Op de meeste plaatsen zal de temperatuur 1 tot 4 graden stijgen. In droge gebieden wordt het droger, in natte gebieden wordt het natter. Het orkaanseizoen wordt langer, de orkanen worden groter en ze kunnen ook op onverwachte plaatsen opduiken. In Europa is meer kans op hittegolven en de hittegolven zullen langer duren. Er komen meer periodes met grote droogte, maar ook meer periodes met heftige regen. In een bui moet je rekening houden met krachtiger windstoten, meer onweer en grotere hagelstenen.

Het weerbericht moet je al met een flinke korrel zout nemen. Het klimaat voorspellen is nog veel moeilijker. Daarom is deze voorspelling gebaseerd op de berekeningen van duizenden computers. Die voorspellen bijvoorbeeld dat de drogere gebieden droger worden en de natte natter. Dat komt door de hogere temperaturen. In gebieden waar het al droog is, zullen ook de laatste druppels verdampen en wordt het dus nog droger. In gebieden die nat zijn verdampt ook meer water. Daardoor komt er meer water in de lucht en regent het ook meer.

Orkanen zijn grote tropische stormen die enorme schade kunnen aanrichten. Door klimaatverandering kunnen ze groter worden en op steeds meer plekken ontstaan. Orkanen hebben een watertemperatuur nodig van minstens 27 graden. Hoe warmer het water, hoe makkelijker ze ontstaan en hoe sterker ze kunnen zijn. Daarom zie je ze vooral aan het eind van de zomer in tropische gebieden. Maar het zeewater warmt op en stromingen veranderen. Zo kon het dat er in 2017 zomaar een orkaan op Europa afkwam. Haar naam was Ophelia. Gelukkig zwakte Ophelia wat af voor ze aan land kwam in Ierland. Toch zorgde ze voor felle stortregens en windsnelheden tot 150 kilometer per uur. De storm kostte zeker vijf mensen het leven en zorgde voor 60 miljoen euro schade.

Wetenschappers ruziën nog over de vraag of er door opwarming van de aarde meer orkanen gaan komen of niet. Maar waarschijnlijk worden de orkanen die er komen gemiddeld wel heftiger en komen ze af en toe net als Ophelia op vreemde plaatsen voor.



warme lucht

koude lucht

Orkanen en andere stormen kunnen heftiger worden doordat warmere lucht meer waterdamp bevat. Dat betekent dat de buien die vallen vaak erger zijn. Hoe dat kan? Om water te verdampen is warmte nodig. Die warmte komt weer vrij als de damp weer druppels wordt. Dat is precies wat er gebeurt in wolken. Wolken ontstaan doordat waterdamp afkoelt en druppels vormt. De lucht in de wolk warmt hierdoor op en is warmer dan de lucht eromheen: daardoor kan de wolk blijven zweven als een heteluchtballon. Met meer waterdamp in de lucht kan de wolk nog warmer worden. Daardoor komt hij hoger, net als een heteluchtballon waarvan de ballonvaarder de lucht extra verwarmt. En hoe hoger de wolk, hoe heftiger het weer.

In een wolk suizen de deeltjes voortdurend langs elkaar heen. Warme lucht stijgt op en koude lucht daalt af. Hoe hoger de wolk, hoe harder dat gaat. Een soort verticale wind. Op die luchtstromen liften druppels mee. De kleine druppels die gevormd worden, zijn niet zwaar genoeg om te vallen. Ze waaien weer naar boven en groeien verder aan als ze met andere druppels botsen. Pas als ze zwaar genoeg zijn vallen ze op aarde. Warme lucht levert dus hogere wolken op en zwaardere buien.

Onweer ontstaat doordat de druppels bevriezen en ijskristallen vormen. Als ijskristallen en druppels langs elkaar wrijven ontstaat een spanningsverschil, net als wanneer je met een ballon over een wollen trui wrijft. Hoe harder je wrijft, hoe meer het knettert. Op dezelfde manier zorgt meer spanningsverschil in de wolken voor zwaarder onweer.

Ook hagel ontstaat door de luchtstromen in de wolk. Koude druppels klimmen de wolk in. Daar is het nog kouder en botsen de druppels op ijskristallen. Samen zijn ze zwaarder en zakken ze weer dieper in de wolk. Vanaf daar stijgen ze weer op en groeien verder aan. Dit gaat net zo lang door tot de hagelsteen te zwaar is om in de wolk te blijven. Dan stort hij zich met grote snelheid op de aarde. Hoe hoger de wolken zijn, hoe langer de hagelstenen doorgroeien. Daardoor kunnen er in een warmer klimaat grotere hagelstenen vallen. En hoe groter ze zijn, hoe harder ze op de aarde afkomen. Een hagelsteen met het formaat van een tennisbal haalt makkelijk 120 kilometer per uur.



Heftig weer herkenbaar voor kinderen.

## Heftig weer

En dan nu de vooruitzichten voor de komende eeuw. Op de meeste plaatsen zal de temperatuur 1 tot 4 graden stijgen. In droge gebieden wordt het droger, in natte gebieden wordt het natter. Het orkaanseizoen wordt langer, de orkanen worden groter en ze kunnen ook op onverwachte plaatsen opduiken. In Europa is meer kans op hittegolven en de hittegolven zullen langer duren. Er komen meer periodes met grote droogte, maar ook meer periodes met heftige regen. In een bui moet je rekening houden met krachtiger windstoten, meer onweer en grotere hagelstenen.

Het weerbericht moet je al met een flinke korrel zout nemen. Het klimaat voorspellen is nog veel moeilijker. Daarom is deze voorspelling gebaseerd op de berekeningen van duizenden computers. Die voorspellen bijvoorbeeld dat de drogere gebieden droger worden en de natte natter. Dat komt door de hogere temperaturen. In gebieden waar het al droog is, zullen ook de laatste druppels verdampen en wordt het dus nog droger. In gebieden die nat zijn verdampt ook meer water. Daardoor komt er meer water in de lucht en regent het ook meer.

door opwarming van de aarde meer orkanen gaan komen of niet. Maar waarschijnlijk worden de orkanen die er komen gemiddeld wel heftiger en komen ze af en toe net als Ophelia op vreemde plaatsen voor.

aan als ze met andere druppels botsen. Pas als ze zwaar genoeg zijn vallen ze op aarde. Warme lucht levert dus hogere wolken op en zwaardere buien.

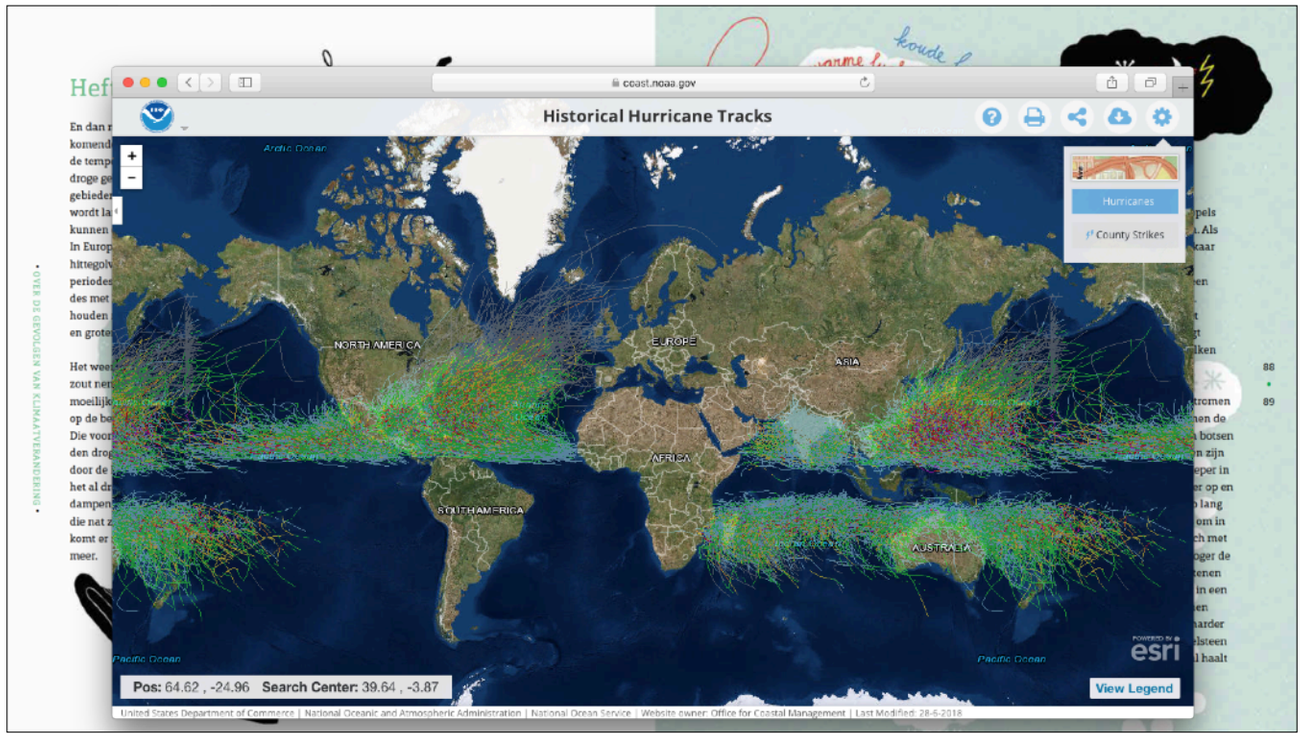
Onweer ontstaat doordat de druppels bevriezen en ijskristallen vormen. Als ijskristallen en druppels langs elkaar wrijven ontstaat een spanningsverschil, net als wanneer je met een ballon over een wollen trui wrijft. Hoe harder je wrijft, hoe meer het knettert. Op dezelfde manier zorgt meer spanningsverschil in de wolken voor zwaarder onweer.

Ook hagel ontstaat door de luchtstromen in de wolk. Koude druppels klimmen de wolk in. Daar is het nog kouder en botsen de druppels op ijskristallen. Samen zijn ze zwaarder en zakken ze weer dieper in de wolk. Vanaf daar stijgen ze weer op en groeien verder aan. Dit gaat net zo lang door tot de hagelsteen te zwaar is om in de wolk te blijven. Dan stort hij zich met grote snelheid op de aarde. Hoe hoger de wolken zijn, hoe langer de hagelstenen doorgroeien. Daardoor kunnen er in een warmer klimaat grotere hagelstenen vallen. En hoe groter ze zijn, hoe harder ze op de aarde afkomen. Een hagelsteen met het formaat van een tennisbal haalt makkelijk 120 kilometer per uur.





Snij een hagelsteen door en tel hoe vaak hij omhoog ging.




https://coast.noaa.gov/hurricanes/ (interactief)

## Enzovoort

Door de opwarming van de aarde warmt de aarde nog verder op. Dat klinkt raar, maar het is wel waar. Dat komt door de klimaatversterkers. Deze ken je al: door de opwarming smelt het ijs, wordt de aarde minder wit en neemt hij meer warmte op, waardoor het ijs nog verder smelt. Dit soort versterkers spelen een gemene rol bij klimaatverandering. Hier zijn er nog twee.

Denk maar eens terug aan dat ene terrasje, tijdens die warme vakantiedag. Was het vorig jaar of dat jaar ervoor? Maakt niet uit. Je ouders vroegen: 'Wat wil je drinken?' Limonade natuurlijk! En snel! Zodra de ober de bestelling bracht, pakte je het flesje. Wedden dat het flesje toen al helemaal nat was? Dat er binnen de kortste keren een plasje water op de tafel lag, waar het flesje had gestaan? Dat water komt uit de lucht. Het is de onzichtbare waterdamp die overal om je heen is. Zodra het koud wordt – op een koel flesje bijvoorbeeld – verandert de waterdamp in druppels.

In warme lucht zit meestal meer waterdamp dan in koude lucht. Vandaar dat je dat plasje water op tafel vaker in de zomer dan in de winter ziet. En vandaar dat waterdamp ook een soort klimaatversterker is. Waterdamp houdt warmte vast, net als $CO_2$ en methaan. Als het warmer is, verdampt er meer water en is er meer waterdamp om warmte vast te houden. Daardoor wordt het nog warmer, komt er nog meer waterdamp in de lucht die ook weer meer warmte vasthoudt. En zo gaat het maar door.

Voor een andere klimaatversterker gaan we naar de diepvries van Rusland. Twee dik ingepakte onderzoekers lopen over een bevroren meer in Siberië, het oosten van het land. In het ijs zijn kleine en grote bellen te zien. Met een ijzeren staaf hakt een van hen in zo'n bubbel. De ander houdt er haar aansteker bij en… woesj. Een steekvlam van minstens een meter gaat de lucht in. Ze weten het zeker: dit is methaangas. Het ontstaat als bacteriën zich tegoed doen aan resten van dode planten en dieren. Die zitten hier genoeg in de grond.

Al zeker 100 duizend jaar is de grond bevroren. Bewoners van het gebied hebben een zwaar leven. Alleen in de zomer smelt de bovenste grond heel even. Planten en dieren die doodgaan worden ingevroren zodra de lange winter weer invalt. Net als veen blijven ze goed bewaard doordat er weinig zuurstof is. Zo krijgen ze de kans niet om te gaan rotten. Duizenden jaren gaat het al zo en miljoenen dieren en planten liggen hier veilig in het ijs, als vissticks en spinazie in de diepvries. Maar als je de diepvries uitzet gaan de etenswaren rotten. Bacteriën grijpen hun kans en laten vieze geurtjes achter. Zo gaat het ook in Siberië.

De bevroren grond ontdooit. Het gesmolten ijs laat moerassen en meren ontstaan. In de bodem snoepen bacteriën van de ontdooiende mammoeten en rendieren. En je weet: waar zuurstof in de buurt is ontstaat $CO_2$. Zonder zuurstof blijft er methaan over. De gassen ontsnappen naar boven. Het water van het meer blaast bellen als een bubbelbad. In de winter komen de bellen in ijs terecht. Als het ijs smelt of als iemand er een gat in maakt, verdwijnen de gassen in de dampkring.

Dat ontdooien van de grond gebeurt niet alleen in Siberië. In totaal is een gebied twee keer zo groot als Europa bevroren. In de bodem ligt een enorme voorraad koolstof. Meer dan vier keer zoveel als in alle nu levende planten en bomen samen. Bijna de helft van die bevroren grond staat op het punt om te ontdooien. Dat gebeurt niet plotsklaps, maar geleidelijk. Er komt methaan en $CO_2$ in de lucht die de aarde verder opwarmt, waardoor er nog meer ijs ontdooit en er meer methaan en $CO_2$ in de lucht komt. Enzovoort enzovoort. Ook een echte klimaatversterker dus.







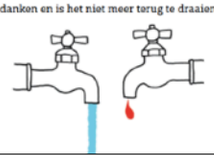
Positieve feedbacks (klimaatversterkers)

Enzovoort
Amazing video of exploding under-ice methane gas in Siberia
RT
1:16 / 1:43
90
91
OVER DE GEVOLGEN VAN KLIMAATVERANDERING

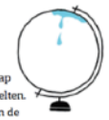
## Op het randje

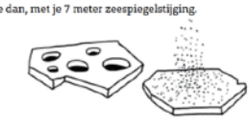
Sommige momenten kunnen je leven veranderen. Een hoge noot die je zingt bij een auditie, een auto die je bijna omverrijdt, een dapper appje dat je wel of niet of toch wel aan die knappe klasgenoot stuurt… Het zijn echte kantelpunten. Of *tipping points*, zoals de Engelsen zeggen. Ook de aarde heeft zulke momenten. En net als de voorbeelden hierboven is het ene kantelpunt een stuk heftiger dan het andere.

Kantelpunten zijn punten waarbij er geen weg meer terug is. Zoiets als de laatste dodo die dood neerviel. Bij klimaatverandering betekent dat meestal dat de klimaatversterkers niet meer te stoppen zijn. Het einde van de warme golfstroom zou zo'n punt kunnen zijn. Óf het gebeurt en wanneer het gebeurt is moeilijk te voorspellen. Maar als het gebeurt hebben we het wel aan onszelf te danken en is het niet meer terug te draaien.



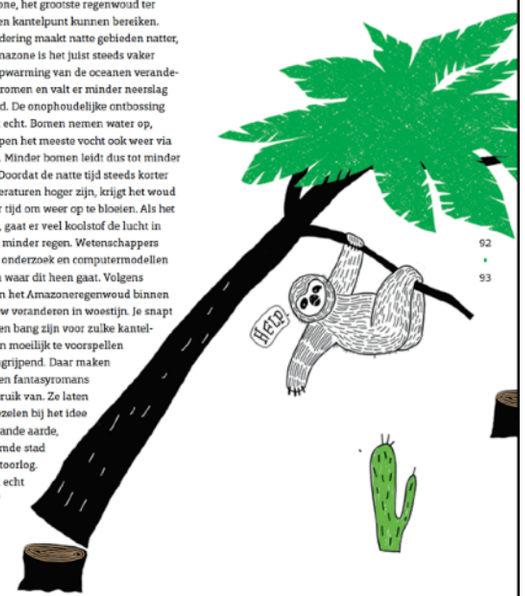
Je hebt ook al gelezen dat de ijskap van Groenland helemaal kan smelten. Zeker is het niet. Het hangt af van de temperatuur, van klimaatversterkers, maar ook van veel andere dingen, zoals de invloed van moulins en cryoconiet. Als het smelten ineens zo snel gaat dat deze dingen elkaar blijven versterken, dan is er geen weg meer terug. Daar zit je dan, met je 7 meter zeespiegelstijging.





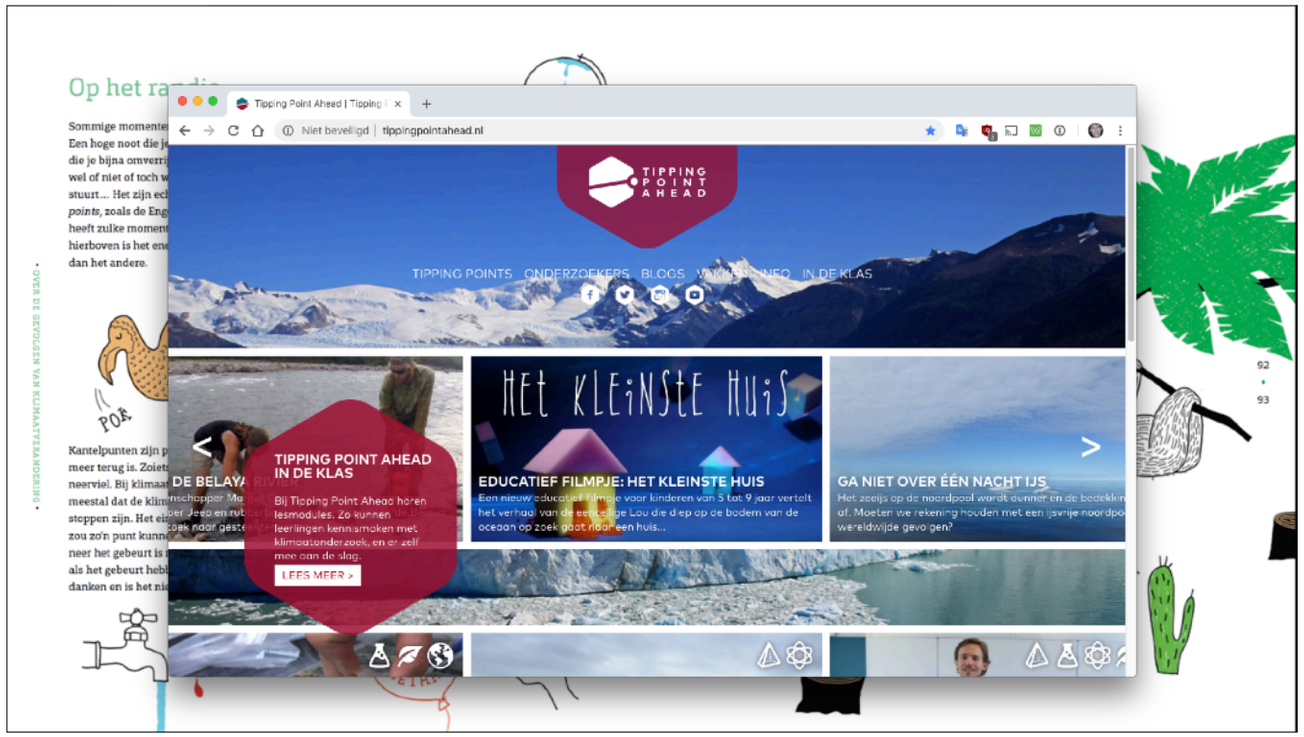
Het methaan dat vrijkomt uit de ontdooiende bodem noemen ze ook wel eens een kantelpunt. Toch gaat dit vrij geleidelijk en is het niet de tijdbom die mensen er soms in zien. Volgens sommigen ligt zo'n tijdbom wel op en in de bodem van de zeeën. De lage temperaturen houden daar enorme hoeveelheden methaan vast. In totaal zit er meer energie in dan in alle aardgas, aardolie en steenkool op aarde bij elkaar. Als het zeewater en de bodem opwarmen zou het methaan kunnen ontdooien en zich een weg naar buiten zoeken. Dan krijg je net zo'n snelle en lange hittegolf als bij de schoten uit de zee 55 miljoen jaar geleden.

Ook de Amazone, het grootste regenwoud ter wereld, zou een kantelpunt kunnen bereiken. Klimaatverandering maakt natte gebieden natter, maar in de Amazone is het juist steeds vaker droog. Door opwarming van de oceanen veranderen de luchtstromen en valt er minder neerslag boven het land. De onophoudelijke ontbossing helpt ook niet echt. Bomen nemen water op, maar verdampen het meeste vocht ook weer via hun bladeren. Minder bomen leidt dus tot minder verdamping. Doordat de natte tijd steeds korter is en de temperaturen hoger zijn, krijgt het woud steeds minder tijd om weer op te bloeien. Als het bos verdwijnt, gaat er veel koolstof de lucht in en valt er nog minder regen. Wetenschappers proberen met onderzoek en computermodellen te voorspellen waar dit heen gaat. Volgens sommigen kan het Amazoneregenwoud binnen een halve eeuw veranderen in woestijn. Je snapt wel dat mensen bang zijn voor zulke kantelpunten. Ze zijn moeilijk te voorspellen en vaak erg ingrijpend. Daar maken rampenfilms en fantasyromans dankbaar gebruik van. Ze laten ons graag griezelen bij het idee van een verbrande aarde, een overstroomde stad of een klimaatoorlog. Maar gaat het echt zover komen?






Tipping points




http://tippingpointahead.nl/
Ook lesmodules

Elk hoofdstuk wordt voorafgegaan door aantal teasers die de inhoud van de paragrafen aangeven.

Zet gevolgen op de kaart. Groepjes per werelddeel of groepjes per soort gevolg (droogte, overstroming, natuur etc)
Welke gevolgen hebben zelfde oorzaken? Waar kun je deze gevolgen nog meer verwachten?

## Verdwijnende eilanden

Had je nog plannen om op vakantie te gaan naar Kiribati? Misschien een beetje ver, maar wel mooi hoor. Witte stranden, blauwe zee en palmbomen. Dat werk. Kiribati ligt in de Grote Oceaan ten oosten van Australië. Het bestaat alleen uit zee en tropische eilanden. Heel kleine eilanden. Zo klein dat ze zich op de wereldkaart makkelijk verschuilen achter de puntjes op de i's van Kiribati.

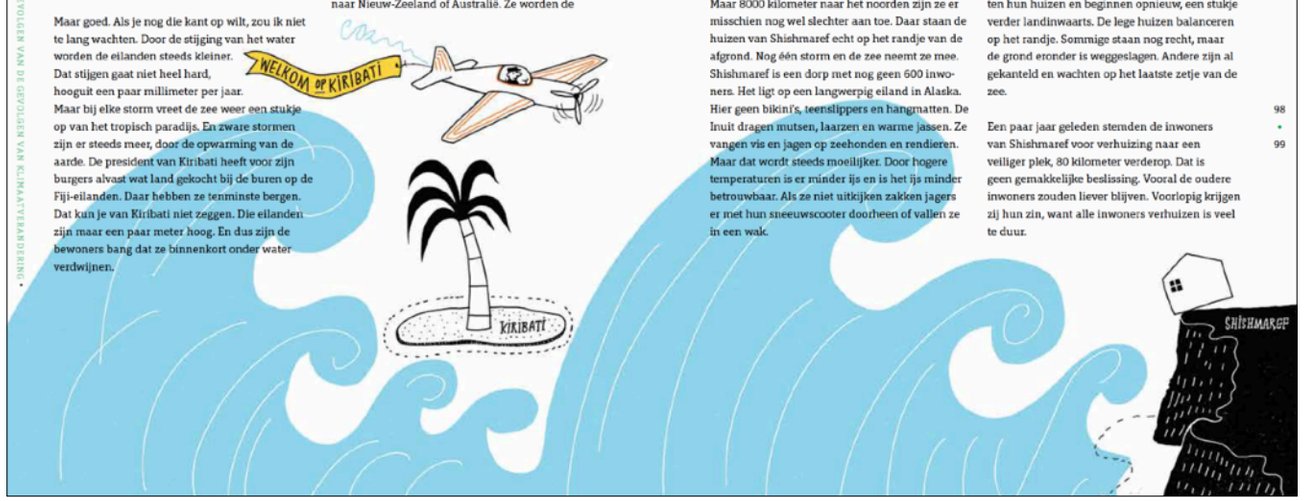
Maar goed. Als je nog die kant op wilt, zou ik niet te lang wachten. Door de stijging van het water worden de eilanden steeds kleiner.
Dat stijgen gaat niet heel hard, hooguit een paar millimeter per jaar.
Maar bij elke storm vreet de zee weer een stukje op van het tropisch paradijs. En zware stormen zijn er steeds meer, door de opwarming van de aarde. De president van Kiribati heeft voor zijn burgers alvast wat land gekocht bij de buren op de Fiji-eilanden. Daar hebben ze tenminste bergen. Dat kun je van Kiribati niet zeggen. Die eilanden zijn maar een paar meter hoog. En dus zijn de bewoners bang dat ze binnenkort onder water verdwijnen.

Volgens de voorspellingen gaat dat nog deze eeuw gebeuren. De bewoners bedenken van alles om dat te voorkomen. De eilanden ophogen, een dijk eromheen, drijvende eilanden aanleggen…
Maar het is allemaal te duur of te onmogelijk.
Nu al hebben de bewoners veel last van het zeewater. De kust brokkelt af. Het zoute water verpest de oogsten. Sommige eilanders verhuizen naar Nieuw-Zeeland of Australië. Ze worden de eerste klimaatvluchtelingen genoemd, maar dat is een beetje overdreven. De meesten zijn gewoon op zoek naar een beter leven. Toch kun je erop wachten dat de inwoners van deze eilanden op de vlucht moeten voor het water. Dat geldt trouwens ook voor andere tropische eilanden, zoals Nauru, Tuvalu en de Malediven.

Maar 8000 kilometer naar het noorden zijn ze er misschien nog wel slechter aan toe. Daar staan de huizen van Shishmaref echt op het randje van de afgrond. Nog één storm en de zee neemt ze mee. Shishmaref is een dorp met nog geen 600 inwoners. Het ligt op een langwerpig eiland in Alaska. Hier geen bikini's, teenslippers en hangmatten. De Inuit dragen mutsen, laarzen en warme jassen. Ze vangen vis en jagen op zeehonden en rendieren. Maar dat wordt steeds moeilijker. Door hogere temperaturen is er minder ijs en is het ijs minder betrouwbaar. Als ze niet uitkijken zakken jagers er met hun sneeuwscooter doorheen of vallen ze in een wak.

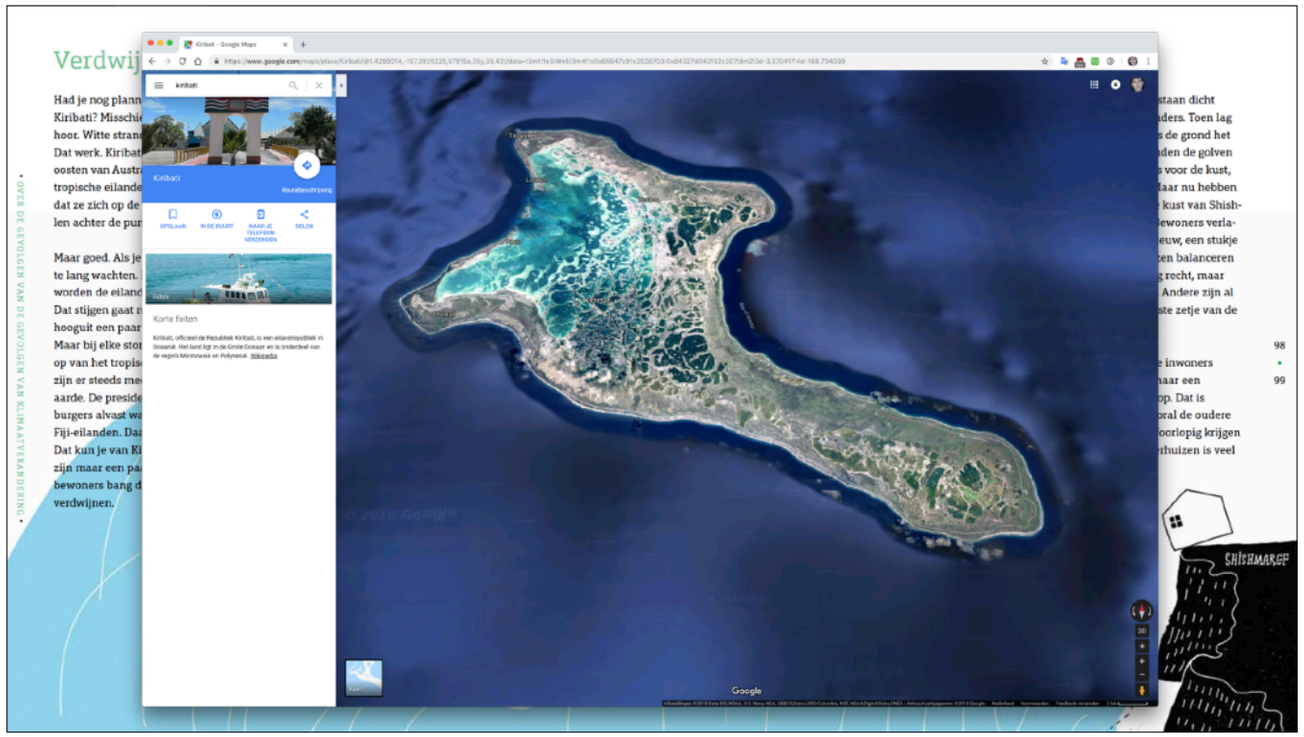
De meeste huizen in Shishmaref staan dicht bij de zee. Dat was vroeger wel anders. Toen lag er een breed strand tussen en was de grond het hele jaar door bevroren. Daar konden de golven niet tegenop. In de herfst lag er ijs voor de kust, die beschermde tegen stormen. Maar nu hebben de golven en de wind vrij spel. De kust van Shishmaref brokkelt steeds verder af. Bewoners verlaten hun huizen en beginnen opnieuw, een stukje verder landinwaarts. De lege huizen balanceren op het randje. Sommige staan nog recht, maar de grond eronder is weggeslagen. Andere zijn al gekanteld en wachten op het laatste zetje van de zee.

Een paar jaar geleden stemden de inwoners van Shishmaref voor verhuizing naar een veiliger plek, 80 kilometer verderop. Dat is geen gemakkelijke beslissing. Vooral de oudere inwoners zouden liever blijven. Voorlopig krijgen zij hun zin, want alle inwoners verhuizen is veel te duur.






Voorbeelden Kiribati, Marshal eilanden, Malediven…




Bekijk de hoogte in Maps of Earth

Verdwijnende eilanden

Had je nog plannen om op vakantie te gaan naar Kiribati? Misschien een beetje ver, maar wel mooi hoor. Witte stranden, blauwe zee en
Dat werk. Kiribati ligt in de Grote Oc
oosten van Australië. Het bestaat all
tropische eilanden. Heel kleine eilan
dat ze zich op de wereldkaart makk
len achter de puntjes op de i's van K

Maar goed. Als je nog die kant op wi
te lang wachten. Door de stijging va
worden de eilanden steeds kleiner.
Dat stijgen gaat niet heel hard,
hooguit een paar millimeter per jaa
Maar bij elke storm vreet de zee we
op van het tropisch paradijs. En zwa
zijn er steeds meer, door de opwarm
aarde. De president van Kiribati hee
burgers alvast wat land gekocht bij
Fiji-eilanden. Daar hebben ze tenmi
Dat kun je van Kiribati niet zeggen.
zijn maar een paar meter hoog. En d
bewoners bang dat ze binnenkort o
verdwijnen.

Volgens de voorspellingen gaat dat nog deze eeuw gebeuren. De bewoners bedenken van alles om

eerste klimaatvluchtelingen genoemd, maar dat is een beetje overdreven. De meesten zijn gewoon

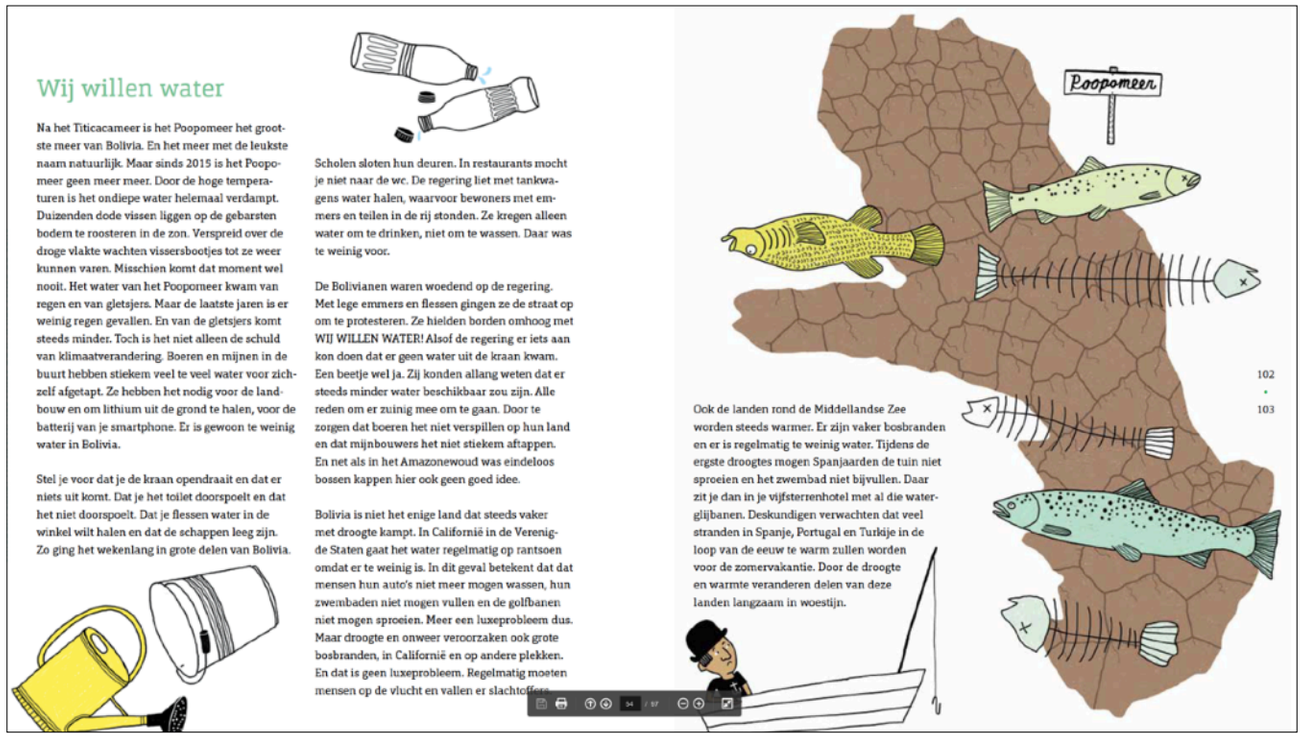
De meeste huizen in Shishmaref staan dicht bij de zee. Dat was vroeger wel anders. Toen lag
en en was de grond het
Daar konden de golven
t lag er ijs voor de kust,
ormen. Maar nu hebben
j spel. De kust van Shish-
erder af. Bewoners verla-
nen opnieuw, een stukje
lege huizen balanceren
staan nog recht, maar
geslagen. Andere zijn al
p het laatste zetje van de

temden de inwoners
huizing naar een
der verderop. Dat is
ssing. Vooral de oudere
blijven. Voorlopig krijgen
woners verhuizen is veel

98
99



Shishmaref veel over verschenen. Artikelen, film, fotoboek…



## Wij willen water

Na het Titicacameer is het Poopomeer het grootste meer van Bolivia. En het meer met de leukste naam natuurlijk. Maar sinds 2015 is het Poopomeer geen meer meer. Door de hoge temperaturen is het ondiepe water helemaal verdampt. Duizenden dode vissen liggen op de gebarsten bodem te roosteren in de zon. Verspreid over de droge vlakte wachten vissersbootjes tot ze weer kunnen varen. Misschien komt dat moment wel nooit. Het water van het Poopomeer kwam van regen en van gletsjers. Maar de laatste jaren is er weinig regen gevallen. En van de gletsjers komt steeds minder. Toch is het niet alleen de schuld van klimaatverandering. Boeren en mijnen in de buurt hebben stiekem veel te veel water voor zichzelf afgetapt. Ze hebben het nodig voor de landbouw en om lithium uit de grond te halen, voor de batterij van je smartphone. Er is gewoon te weinig water in Bolivia.

Stel je voor dat je de kraan opendraait en dat er niets uit komt. Dat je het toilet doorspoelt en dat het niet doorspoelt. Dat je flessen water in de winkel wilt halen en dat de schappen leeg zijn. Zo ging het wekenlang in grote delen van Bolivia.

Scholen sloten hun deuren. In restaurants mocht je niet naar de wc. De regering liet met tankwagens water halen, waarvoor bewoners met emmers en teilen in de rij stonden. Ze kregen alleen water om te drinken, niet om te wassen. Daar was te weinig voor.

De Bolivianen waren woedend op de regering. Met lege emmers en flessen gingen ze de straat op om te protesteren. Ze hielden borden omhoog met WIJ WILLEN WATER! Alsof de regering er iets aan kon doen dat er geen water uit de kraan kwam. Een beetje wel ja. Zij konden allang weten dat er steeds minder water beschikbaar zou zijn. Alle reden om er zuinig mee om te gaan. Door te zorgen dat boeren het niet verspillen op hun land en dat mijnbouwers het niet stiekem aftappen. En net als in het Amazonewoud was eindeloos bossen kappen hier ook geen goed idee.

Bolivia is niet het enige land dat steeds vaker met droogte kampt. In Californië in de Verenigde Staten gaat het water regelmatig op rantsoen omdat er te weinig is. In dit geval betekent dat dat mensen hun auto's niet meer mogen wassen, hun zwembaden niet mogen vullen en de golfbanen niet mogen sproeien. Meer een luxeprobleem dus. Maar droogte en onweer veroorzaken ook grote bosbranden, in Californië en op andere plekken. En dat is geen luxeprobleem. Regelmatig moeten mensen op de vlucht en vallen er slachtoffers.

Ook de landen rond de Middellandse Zee worden steeds warmer. Er zijn vaker bosbranden en er is regelmatig te weinig water. Tijdens de ergste droogtes mogen Spanjaarden de tuin niet sproeien en het zwembad niet bijvullen. Daar zit je dan in je vijfsterrenhotel met al die waterglijbanen. Deskundigen verwachten dat veel stranden in Spanje, Portugal en Turkije in de loop van de eeuw te warm zullen worden voor de zomervakantie. Door de droogte en warmte veranderen delen van deze landen langzaam in woestijn.





Poopomeer (was ook op Jeugdjournaal)

## Wij willen water

Na het Titicacameer is het Poopomeer het grootste meer van Bolivia. En het meer met de leukste naam natuurlijk. Maar sinds 2015 is het Poopomeer geen meer meer. Door de hoge temperaturen is het ondiepe water helemaal verdampt. Duizenden dode vissen liggen op de gebarsten bodem te roosteren in de zon. Verspreid over de droge vlakte wachten vissersbootjes tot ze weer kunnen varen. Misschien komt dat moment wel nooit. Het water van het Poopomeer kwam van regen en van gletsjers. Maar de laatste jaren is er weinig regen gevallen. En van de gletsjers komt steeds minder. Toch is het niet alleen de schuld van klimaatverandering. Boeren en mijnen in de buurt hebben stiekem veel te veel water voor zichzelf afgetapt. Ze hebben het nodig voor de landbouw en om lithium uit de grond te halen, voor de batterij van je smartphone. Er is gewoon te weinig water in Bolivia.

Stel je voor dat je de kraan opendraait en dat er niets uit komt. Dat je het toilet doorspoelt en dat het niet doorspoelt. Dat je flessen water in de winkel wilt halen en dat de schappen leeg zijn. Zo ging het wekenlang in grote delen van Bolivia.

Scholen sloten hun deuren. In restaurants mocht je niet naar de wc. De regering liet met tankwagens water halen, waarvoor bewoners met emmers en teilen in de rij stonden. Ze kregen alleen water om te drinken, niet om te wassen. Daar was te weinig voor.

De Bolivianen waren woedend op de regering. Met lege emmers en flessen gingen ze de straat op om te protesteren. Ze hielden borden omhoog met WIJ WILLEN WATER! Alsof de regering er iets aan kon doen dat er geen water uit de kraan kwam. Een beetje wel ja. Zij konden allang weten dat er steeds minder water beschikbaar zou zijn. Alle reden om er zuinig mee om te gaan. Door te zorgen dat boeren het niet verspillen op hun land en dat mijnbouwers het niet stiekem aftappen. En net als in het Amazonewoud was eindeloos bossen kappen hier ook geen goed idee.

Bolivia is niet het enige land dat steeds vaker met droogte kampt. In Californië in de Verenigde Staten gaat het water regelmatig op rantsoen omdat er te weinig is. In dit geval betekent dat dat mensen hun auto's niet meer mogen wassen, hun zwembaden niet mogen vullen en de golfbanen niet mogen sproeien. Meer een luxeprobleem dus. Maar droogte en onweer veroorzaken ook grote bosbranden, in Californië en op andere plekken. En dat is geen luxeprobleem. Regelmatig moeten mensen op de vlucht en vallen er slachtoffers.

https://earthobservatory.nasa.gov/images/87363/bolivias-lake-poopo-disappears

## Wij willen water

Na het Titicacameer is het Poopomeer het grootste meer van Bolivia. En het meer met de leukste naam natuurlijk. Maar sinds 2015 is het Poopomeer geen meer meer. Door de hoge temperaturen is het ondiepe water helemaal verdampt. Duizenden dode vissen liggen op de gebarsten bodem te roosteren in de zon. Verspreid over de droge vlakte wachten vissersbootjes tot ze weer kunnen varen. Misschien komt dat moment wel nooit. Het water van het Poopomeer kwam van regen en van gletsjers. Maar de laatste jaren is er weinig regen gevallen. En van de gletsjers komt steeds minder. Toch is het niet alleen de schuld van klimaatverandering. Boeren en mijnen in de buurt hebben stiekem veel te veel water voor zichzelf afgetapt. Ze hebben het nodig voor de landbouw en om lithium uit de grond te halen, voor de batterij van je smartphone. Er is gewoon te weinig water in Bolivia.

Stel je voor dat je de kraan opendraait en dat er niets uit komt. Dat je het toilet doorspoelt en dat het niet doorspoelt. Dat je flessen water in de winkel wilt halen en dat de schappen leeg zijn. Zo ging het wekenlang in grote delen van Bolivia.

Scholen sloten hun deuren. In restaurants m
je niet naar de wc. De regering liet met tankw
gens water halen, waarvoor bewoners met e
mers en teilen in de rij stonden. Ze kregen al
water om te drinken, niet om te wassen. Daa
te weinig voor.

De Bolivianen waren woedend op de regerin
Met lege emmers en flessen gingen ze de str
om te protesteren. Ze hielden borden omhoo
WIJ WILLEN WATER! Alsof de regering er iet
kon doen dat er geen water uit de kraan kwa
Een beetje wel ja. Zij konden allang weten d
steeds minder water beschikbaar zou zijn. A
reden om er zuinig mee om te gaan. Door te
zorgen dat boeren het niet verspillen op hun
en dat mijnbouwers het niet stiekem aftapp
En net als in het Amazonewoud was eindelo
bossen kappen hier ook geen goed idee.

Bolivia is niet het enige land dat steeds vake
met droogte kampt. In Californië in de Veren
de Staten gaat het water regelmatig op rants
omdat er te weinig is. In dit geval betekent d
mensen hun auto's niet meer mogen wassen
zwembaden niet mogen vullen en de golfba
niet mogen sproeien. Meer een luxeprobleen
Maar droogte en onweer veroorzaken ook gr
bosbranden, in Californië en op andere plek
En dat is geen luxeprobleem. Regelmatig mo
mensen op de vlucht en vallen er slachtoff

https://earthobservatory.nasa.gov/images/87363/bolivias-lake-poopo-disappears

droogte in Nederland

## Wij willen water

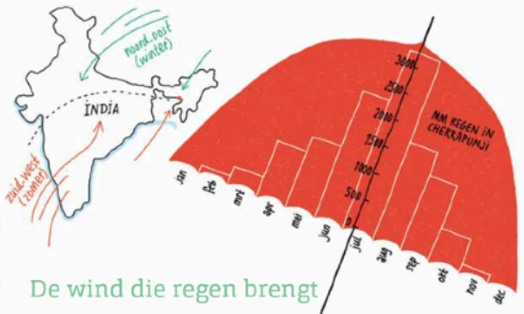
Na het Titicacameer is het Poopomeer het groot-
ste meer van Bolivia. En het meer met de leukste
naam natuurlijk. Maar sind
meer geen meer meer. Doo
turen is het ondiepe water
Duizenden dode vissen lig
bodem te roosteren in de z
droge vlakte wachten visse
kunnen varen. Misschien k
nooit. Het water van het Po
regen en van gletsjers. Maa
weinig regen gevallen. En v
steeds minder. Toch is het
van klimaatverandering. B
buurt hebben stiekem veel
zelf afgetapt. Ze hebben he
bouw en om lithium uit de
batterij van je smartphone.
water in Bolivia.

Stel je voor dat je de kraan
niets uit komt. Dat je het to
het niet doorspoelt. Dat je f
winkel wilt halen en dat de
Zo ging het wekenlang in g

mensen hun auto's niet meer mogen wassen, hun
zwembaden niet mogen vullen en de golfbanen
niet mogen sproeien. Meer een luxeprobleem dus.
Maar droogte en onweer veroorzaken ook grote
bosbranden, in Californië en op andere plekken.
En dat is geen luxeprobleem. Regelmatig moeten
mensen op de vlucht en vallen er slachtoffers.



Droogte in Kaapstad

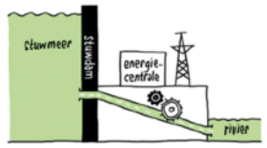



## De wind die regen brengt

In de Indiase stad Cherrapunji staat een bord met de tekst DE NATSTE PLEK OP AARDE. Er zijn plaatsen op de wereld die zichzelf nog natter vinden, maar je kunt gerust zeggen dat Cherrapunji een natte plaats is. Gemiddeld valt er ieder jaar 11 meter regen. Daar zou een diplodocus in kopje-onder gaan. Vergelijk dat eens met Amsterdam of Brussel waar ongeveer 80 centimeter per jaar valt. Toch is het niet altijd nat in Cherrapunji. In december en januari valt er hooguit een paar centimeter, in de zomer komt het met bakken uit de lucht. De maand juli van 1861 haalde zelfs het *Guinness Recordboek*. Toen viel er 9 meter en 30 centimeter regen. In één maand dus.

De grote verschillen in regenval komen door de moesson die in India en Zuidoost-Azië waait. Dat is een wind die eerst een halfjaar de ene kant op staat en dan een halfjaar de andere kant op. Dit heeft te maken met de temperatuurverschillen tussen land en zee. Als de wind vanaf het land komt is de lucht erg droog. Als de wind van zee waait brengt hij een enorme plens water mee. Door de opwarming van de aarde worden de verschillen nog groter. En de moesson wordt moeilijker te voorspellen. Soms zal het erg droog zijn en soms erg nat. Soms zal de moesson veel te vroeg zijn en soms veel te laat.

Dat heeft grote gevolgen voor de bewoners van dit gebied. Dat zijn er algauw een miljard. Een groot deel van de mensen is afhankelijk van de moesson. Boeren hebben de regen nodig voor de teelt van rijst en andere gewassen. Als de oogst mislukt, verdienen ze geen geld en dreigt honger voor hun landgenoten. Maar als er te veel regen valt overstromen de rivieren. Je hebt de beelden vast wel eens gezien: palmbomen die net boven het water uit komen, huizen die met veel geraas in de rivier storten, volgeladen scooters die door het bruine water rijden. Allemaal de schuld van de moesson. Toch kunnen de Aziaten niet zonder. Moet je zien wat er gebeurt als de moesson te laat is.




In New Delhi loopt de temperatuur op tot 45 graden. 's Nachts is het hooguit een paar graden kouder. De 20 miljoen inwoners snakken naar verkoeling. Aan hun ventilator en airconditioning hebben ze niks. Om de haverklap valt de stroom uit. In tientallen steden bedreigen de Indiërs medewerkers van elektriciteitsbedrijven. Ze zijn woedend dat er juist nu geen stroom is. Maar dat is geen toeval. Als iedereen de airco op zijn hoogst zet, moeten alle stroomcentrales op volle kracht werken. Ook daar is water voor nodig. Koelwater voor de kolencentrales. En veel water voor de waterkrachtcentrales. Maar als de moesson uitblijft, staan de stuwmeren leeg.

Dan, bijna twee weken later dan normaal, bereikt de regen de stad. De kinderen dansen in de straten. Het stof verdwijnt uit de lucht. De temperatuur daalt van heet naar warm. Een zucht van verlichting gaat door de stad. Maar met het water komen de muggen. En de muggen nemen nare ziektes mee.

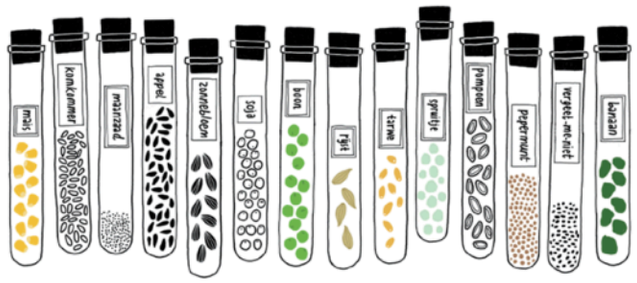
Moesson

## Eten voor iedereen

Voor een euro heb je al een Mars, een zakje M&M's of een chocolade-ijsje. Als je erover nadenkt is het ongelooflijk. Zeker als je weet wat er allemaal nodig is om chocola te maken. In elk geval cacaobonen. Die groeien aan de cacaoboom, hoe kan het ook anders. Cacaobomen vind je vooral in landen rond de evenaar. Dat doen ze niet zomaar. Ze willen het warm hebben, maar niet heet. Ze kunnen niet tegen droogte, maar ook niet tegen te veel water. Eigenlijk zijn het enorme zeurpieten. En dus kunnen ze het wel eens moeilijk krijgen met het veranderende klimaat. Dat hebben de makers van al die lekkere chocoladerepen ook in de gaten. Ze hebben zelfs weerkundigen in dienst genomen om te onderzoeken hoe ze kunnen zorgen dat de cacaobomen ook in de toekomst genoeg opleveren. Dat is niet alleen belangrijk voor hen en voor de cacaoboeren, maar ook voor chocoladeliefhebbers. Stel je voor dat straks de schappen leeg zijn of dat een Mars 5 euro kost. Het zou zomaar kunnen. Vroeger was chocola ook alleen voor de rijken.

Maar hé, er zijn ergere dingen. Honger bijvoorbeeld, en ondervoeding. Laten we dus eerst maar eens zorgen dat de wereldbevolking genoeg te eten heeft. Dan heb je het vooral over rijst, mais en tarwe. Die planten zijn wat minder pietluttig dan cacaobomen. Maar ze houden ook niet van droogte, overstromingen, storm, hagel en insectenplagen. Laten dat nou net de gevolgen van klimaatverandering zijn waarover je hiervoor hebt gelezen. Dus je snapt wel dat sommige mensen bang zijn dat er straks niet genoeg te eten is voor iedereen. Zeker als je bedenkt dat de bevolking maar blijft groeien.

De oogsten zullen niet overal achteruitgaan. Veel gebieden die lang te koud waren om voedsel te verbouwen, worden steeds geschikter. Denk aan Canada, Groenland, Scandinavië en Noord-Rusland. In Afrika zullen boeren het hogerop moeten zoeken voor koeler weer. Dat kan bijvoorbeeld in de bergen van Ethiopië en Tanzania. Maar voor de rest zal Afrika het juist zwaar krijgen, ook omdat dit het werelddeel is waar de bevolking het snelst groeit. Er komen dus steeds meer mensen, terwijl het verbouwen van voedsel op veel plaatsen moeilijker wordt. En dan hebben we het alleen nog maar over groenten en graan en niet over vis. Veel vissen in de oceaan vinden het




ook te warm worden. Ze zoeken koeler water op en zwemmen dus naar het noorden en het zuiden. Weg van de evenaar, weg van Afrika, waar veel mensen de vis juist hard nodig hebben om aan genoeg voedingsstoffen te komen.

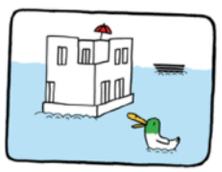
Terwijl de bevolking groeit en de aarde warmer wordt, zijn wetenschappers over de hele wereld bezig om graansoorten te maken die beter tegen hitte, ziekte, droogte en overstromingen kunnen. Dat doen ze door soorten met elkaar te kruisen, maar ook door de eigenschappen van planten in het laboratorium te veranderen. Voor dit werk gebruiken ze de sterke punten van verschillende soorten zaden. Veel landen hebben een eigen zadenbank waarin ze alle zaden van het land goed bewaren.

Op het Noorse eiland Spitsbergen is zelfs een wereldzadenbank. Dat is een soort ark van Noach voor planten. In een ondergrondse kluis liggen ongeveer 1 miljoen soorten zaden opgeslagen, voor het geval ze kwijtraken. Bijvoorbeeld door ziekte, door oorlog of door een natuurramp. Vooral voor veel gegeten planten zoals rijst, tarwe en bonen is dat belangrijk. Stel dat een van die soorten uitsterft, dan is het maar wat handig als je daar een nieuwe start mee kunt maken. Spitsbergen is voor de kluis gekozen omdat in dit gebied nooit oorlogen of aardbevingen zijn. De grond is diepbevroren, zodat de zaden honderden jaren goed blijven, zelfs als de vriezer uitvalt. Bovendien hebben de bouwers rekening gehouden met de stijging van de zeespiegel: het gebouw ligt diep in een heuvel op 130 meter hoogte. Zelfs als al het ijs op de wereld smelt, blijft de kluis nog boven water.

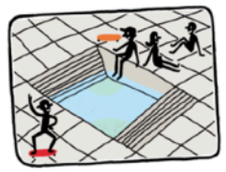
(Ook dieren in het boek, voor AK minder interessant)

## Klaar voor de toekomst

Uit alle hoeken van de wereld komen architecten, ingenieurs en politici naar Nederland om te kijken hoe we hier met water omgaan. Nederland ligt voor de helft onder de zeespiegel, dus we weten wel hoe we de boel hier droog moeten houden. De bezoekers komen meestal uit grote kuststeden als New York, Jakarta of Shanghai. Ze willen weten wat ze kunnen doen om hun inwoners te beschermen tegen storm en hoog water. Nederlandse bedrijven leiden ze maar wat graag rond. Ze zijn trots op wat ze kunnen en hopen dat ze hun werk ook aan de andere kant van de wereld mogen doen. Veel van zulke rondleidingen komen in elk geval in Rotterdam en omgeving. Als je geen moeilijke vragen stelt, mag je wel even meelopen.

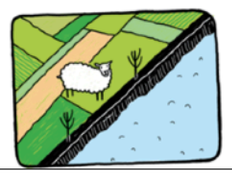


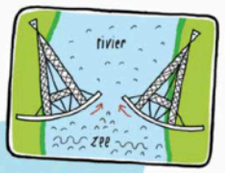
We beginnen de rondleiding bij de drijvende woningen. De bewoners hebben nooit last van hoogwater. De huizen zijn nog maar kort geleden gebouwd en toen hierheen gesleept. Met een touw liggen ze vast aan de oever. Als het water stijgt of zakt, gaat de woning mee.



Kom, we gaan naar het Benthemplein. We hebben geluk: het heeft flink geregend. In veel steden kan het water dan nauwelijks weg. Dat komt doordat overal steen en asfalt ligt. De putten lopen over, de straten staan blank. Het riool is gewoon niet gemaakt voor zulke plenzen water. Tijdens een bui is het dan goed om het water een tijdje vast te houden en later in de grond weg te laten lopen. Dat doen ze op het Benthemplein. Daar is een soort kuil met trappen gemaakt. Als het droog is kun je er skaten, basketballen of gewoon een beetje hangen. Als het hard regent loopt het water van de daken en de straat de kuil in. Dat scheelt weer ruimte in het riool.

We nemen de bus naar de Eendragtspolder. De buitenlandse bezoekers zitten met hun neus tegen het raam. Dit is het Nederlandse polderlandschap waar ze zoveel over hebben gehoord. Als iedereen is uitgestapt, lopen we de dijk af.






'Welkom op 5 meter onder de zeespiegel.' Sommige gasten kijken bezorgd naar de dijken. Nederlanders willen de dijken niet eindeloos blijven verhogen en versterken. Dat kost veel ruimte en veel geld. En het water van de rivieren wordt er niet lager van. Als het hard regent kan de rivier de Rotte overstromen. Door klimaatverandering gebeurt dat steeds vaker. Daarom is de Eendragtspolder geschikt gemaakt om heel veel water op te vangen. In geval van nood gaan de schuiven open, waarna het water uit de Rotte zo de polder in stroomt. Daar heeft niemand er last van.

Hop hop, allemaal de bus weer in. Nu gaan we echt een eindje rijden. Tijd om wat te vertellen over verzilting. Niet in slaap vallen nou! Vooral langs de kust hebben boeren steeds meer last van het zoute water in de grond. Zolang daar een laagje zoet water op ligt is dat geen probleem voor de planten. Maar door de warmte verdampt dat zoete water sneller en door stijging van de zeespiegel komt er meer zout water bij. Onderzoekers doen proeven om het zoute water terug te dringen en de laag zoet water op peil te houden. En ze experimenteren met groenten die juist goed tegen zout water kunnen, zoals lamsoor en zeekraal.

Ineens kijkt iedereen naar links. Daar zie je al het witte geraamte van de Maeslantkering. De bus rijdt een stukje om en stopt op de parkeerplaats. Als je uitstapt zie je pas hoe machtig de twee witte armen zijn. De gids vertelt dat ze net zo groot zijn als de Eiffeltoren, maar dan op zijn kant. Samen vormen ze de grootste beweegbare waterkering ter wereld. Aan elke kant van het water ligt zo'n arm klaar met een stevige deur eraan vast. Bij echt hoog water rollen de deuren over de bodem naar het midden, lopen ze vol met water en sluiten ze samen de Nieuwe Waterweg af. Zo beschermen ze anderhalf miljoen mensen in Rotterdam en omgeving.

Toch denken de Nederlanders al weer na over betere oplossingen. Door klimaatverandering zal de Maeslantkering vaker moeten sluiten. Dan is de kans op fouten ook groter. Stel je voor dat het misgaat of dat de dijken breken. Daarom is er sinds kort een website waarop je kunt zien hoe groot de kans op overstroming in jouw buurt is. Je typt je adres in op www.overstroomik.nl en leest meteen hoe hoog het water komt als de dijken breken. En wat je dan moet doen. Vluchten kan gevaarlijk zijn, omdat de wegen misschien verstopt zijn en het water je kan inhalen. Maar als je thuisblijft, moet je wel een paar dagen voor jezelf kunnen zorgen én een droge verdieping hebben. Zou het niet slimmer zijn om ook de oorzaken van klimaatverandering aan te pakken? Zorgen dat er minder broeikasgassen de lucht in gaan dus. Hoe?



Bekijk de voorbeelden in Google Maps
Zoek voorbeelden van internationale projecten met Nederlandse hulp.
Hou een discussie over adaptatie vs mitigatie

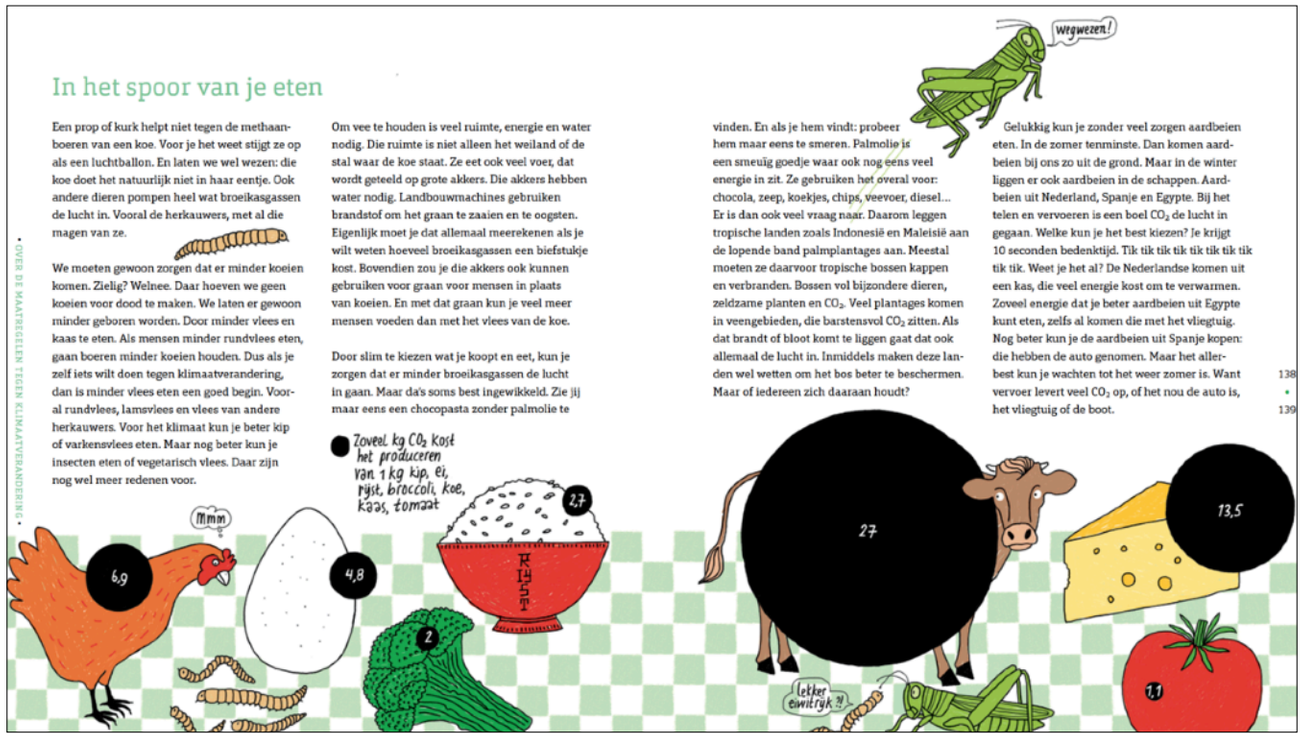
## Doe het zelf

Doe de deur dicht. Doe het licht uit. Gebruik spaarlampen in plaats van gloeilampen. Gebruik ledlampen in plaats van spaarlampen. Zet de verwarming lager. Trek een trui aan. Doe de gordijnen dicht. Ga vroeg naar bed. Douche niet te lang. Douche niet te vaak. Gebruik een waterbesparende douchekop. Douche samen. Doe niet te veel water in de waterkoker. Isoleer je huis. Neem dubbel glas. Neem zonnepanelen. Zet de televisie uit. Zet de televisie helemaal uit. Zet de PlayStation helemaal uit. Zet de computer helemaal uit. Laat de auto staan. Pak de fiets. Neem de bus. Neem de trein. Ga niet met het vliegtuig. Neem geen kinderen. Plant bomen. Drink water uit de kraan, niet uit een flesje. Eet groente van het seizoen. Eet fruit van het seizoen. Eet insectenburgers. Eet minder vlees. Eet minder herkauwers. Eet geen biefstuk van ver. Eet geen biefstuk van dichtbij. Eet minder kaas. Eet minder zuivel. Eet geen zuivel. Gebruik een zonnelader. Gebruik oplaadbare batterijen. Koop geen nieuwe dingen als het niet nodig is. Gooi niks weg wat je nog kunt maken. Droog de was buiten. Leg niets over de verwarming. Gebruik een energiemeter. Kijk samen televisie in plaats van ieder op een eigen scherm.

Zet de helderheid van je scherm lager. Zet bluetooth uit. Zet gps uit. Doe de koelkast goed dicht. Gebruik een laptop in plaats van een pc. Gebruik een tablet in plaats van een laptop. Print dubbelzijdig. Print niet. Leen boeken bij de bieb. Koop alleen duurzaam hout. Koop geen chocopasta met palmolie. Koop geen koekjes met palmolie. Koop geen zeep met palmolie. Koop tweedehands kleren. Geef geen bloemetje maar een potplant. Geef dit boek cadeau. Scheid je afval. Gebruik een bezem en geen bladblazer. Ga niet onder een terrasverwarmer zitten. Stop de wasmachine vol. Doe de was niet te heet. Koop zuinige apparaten. Koop niet 136
meer eten en drinken dan je op kunt. Eet geen groente en fruit uit de kas. Eet 137
geen groente en fruit dat van ver komt. Gebruik groene energie. Stem op een politieke partij die klimaatverandering serieus neemt. Zeg het voort!

Gaat dat lukken denk je? Allemaal? Misschien is het slim om klein te beginnen. Kies drie dingen die niet al te ingewikkeld zijn en toch veel opleveren. Eet minder vlees bijvoorbeeld. Gebruik een tablet. Douche wat minder vaak. Heb je dat voor elkaar, kies er dan nog een bij. Maar misschien wil je eerst weten waarom je minder vlees zou eten, geen dingen die van ver komen en geen spul met palmolie.

Wat doe je al? Wat doen je ouders? Hoe helpt het? Zet in volgorde van effectiviteit. Maak een top 3 van dingen die werken. Maak een top 3 van dingen die jij gaat doen. Bedenk een campagne bij een van de maatregelen.



## In het spoor van je eten

Een prop of kurk helpt niet tegen de methaanboeren van een koe. Voor je het weet stijgt ze op als een luchtballon. En laten we wel wezen: die koe doet het natuurlijk niet in haar eentje. Ook andere dieren pompen heel wat broeikasgassen de lucht in. Vooral de herkauwers, met al die magen van ze.

We moeten gewoon zorgen dat er minder koeien komen. Zielig? Welnee. Daar hoeven we geen koeien voor dood te maken. We laten er gewoon minder geboren worden. Door minder vlees en kaas te eten. Als mensen minder rundvlees eten, gaan boeren minder koeien houden. Dus als je zelf iets wilt doen tegen klimaatverandering, dan is minder vlees eten een goed begin. Vooral rundvlees, lamsvlees en vlees van andere herkauwers. Voor het klimaat kun je beter kip of varkensvlees eten. Maar nog beter kun je insecten eten of vegetarisch vlees. Daar zijn nog wel meer redenen voor.

Om vee te houden is veel ruimte, energie en water nodig. Die ruimte is niet alleen het weiland of de stal waar de koe staat. Ze eet ook veel voer, dat wordt geteeld op grote akkers. Die akkers hebben water nodig. Landbouwmachines gebruiken brandstof om het graan te zaaien en te oogsten. Eigenlijk moet je dat allemaal meerekenen als je wilt weten hoeveel broeikasgassen een biefstukje kost. Bovendien zou je die akkers ook kunnen gebruiken voor graan voor mensen in plaats van koeien. En met dat graan kun je veel meer mensen voeden dan met het vlees van de koe.

Door slim te kiezen wat je koopt en eet, kun je zorgen dat er minder broeikasgassen de lucht in gaan. Maar da's soms best ingewikkeld. Zie jij maar eens een chocopasta zonder palmolie te vinden. En als je hem vindt: probeer hem maar eens te smeren. Palmolie is een smeuïg goedje waar ook nog eens veel energie in zit. Ze gebruiken het overal voor: chocola, zeep, koekjes, chips, veevoer, diesel… Er is dan ook veel vraag naar. Daarom leggen tropische landen zoals Indonesië en Maleisië aan de lopende band palmplantages aan. Meestal moeten ze daarvoor tropische bossen kappen en verbranden. Bossen vol bijzondere dieren, zeldzame planten en $CO_2$. Veel plantages komen in veengebieden, die barstensvol $CO_2$ zitten. Als dat brandt of bloot komt te liggen gaat dat ook allemaal de lucht in. Inmiddels maken deze landen wel wetten om het bos beter te beschermen. Maar of iedereen zich daaraan houdt?

Gelukkig kun je zonder veel zorgen aardbeien eten. In de zomer tenminste. Dan komen aardbeien bij ons zo uit de grond. Maar in de winter liggen er ook aardbeien in de schappen. Aardbeien uit Nederland, Spanje en Egypte. Bij het telen en vervoeren is een boel $CO_2$ de lucht in gegaan. Welke kun je het best kiezen? Je krijgt 10 seconden bedenktijd. Tik tik tik tik tik tik tik tik tik. Weet je het al? De Nederlandse komen uit een kas, die veel energie kost om te verwarmen. Zoveel energie dat je beter aardbeien uit Egypte kunt eten, zelfs al komen die met het vliegtuig. Nog beter kun je de aardbeien uit Spanje kopen: die hebben de auto genomen. Maar het allerbest kun je wachten tot het weer zomer is. Want vervoer levert veel $CO_2$ op, of het nou de auto is, het vliegtuig of de boot.

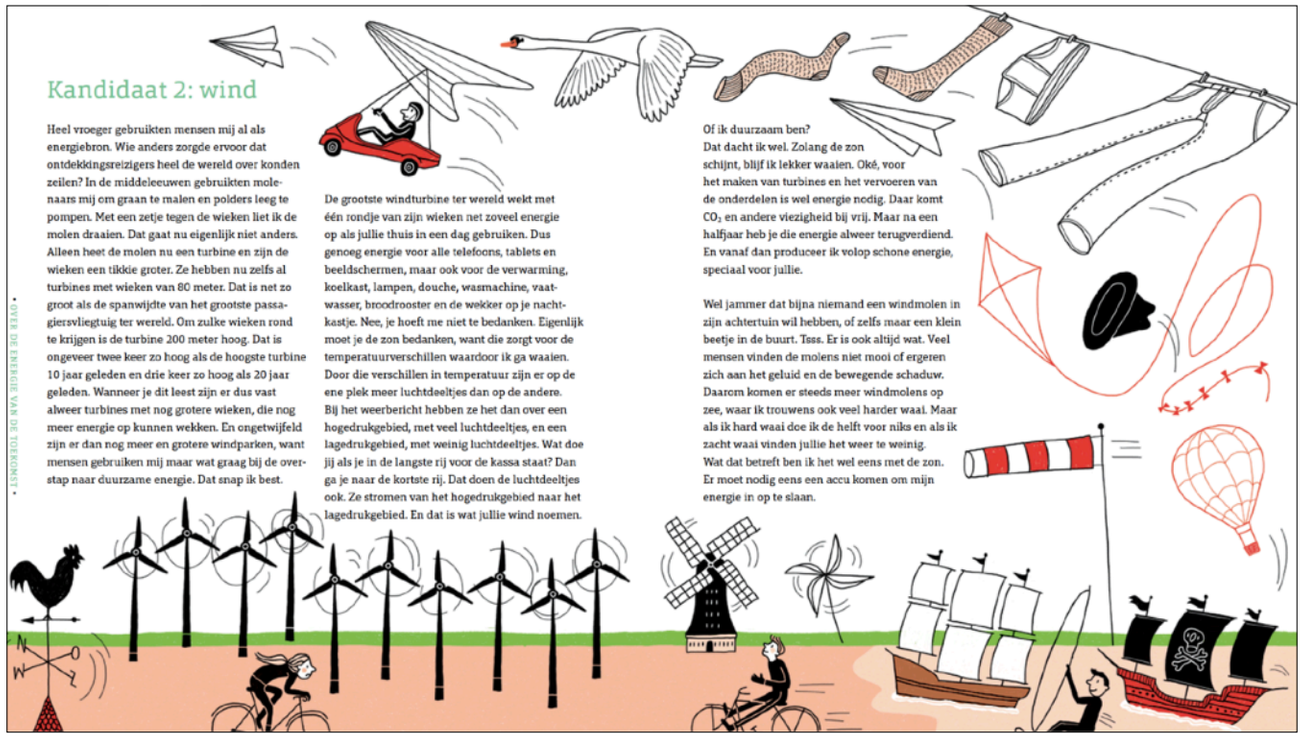






Zoveel kg $CO_2$ kost het produceren van 1 kg kip, ei, rijst, broccoli, koe, kaas, tomaat

Maak een recept met bijbehorende CO2.
Groente en fruitkalender Milieucentraal.
Zet producten in de juiste volgorde van broeikasafdruk



## Kandidaat 2: wind

Heel vroeger gebruikten mensen mij al als energiebron. Wie anders zorgde ervoor dat ontdekkingsreizigers heel de wereld over konden zeilen? In de middeleeuwen gebruikten molenaars mij om graan te malen en polders leeg te pompen. Met een zetje tegen de wieken liet ik de molen draaien. Dat gaat nu eigenlijk niet anders. Alleen heet de molen nu een turbine en zijn de wieken een tikkie groter. Ze hebben nu zelfs al turbines met wieken van 80 meter. Dat is net zo groot als de spanwijdte van het grootste passagiersvliegtuig ter wereld. Om zulke wieken rond te krijgen is de turbine 200 meter hoog. Dat is ongeveer twee keer zo hoog als de hoogste turbine 10 jaar geleden en drie keer zo hoog als 20 jaar geleden. Wanneer je dit leest zijn er dus vast alweer turbines met nog grotere wieken, die nog meer energie op kunnen wekken. En ongetwijfeld zijn er dan nog meer en grotere windparken, want mensen gebruiken mij maar wat graag bij de overstap naar duurzame energie. Dat snap ik best.

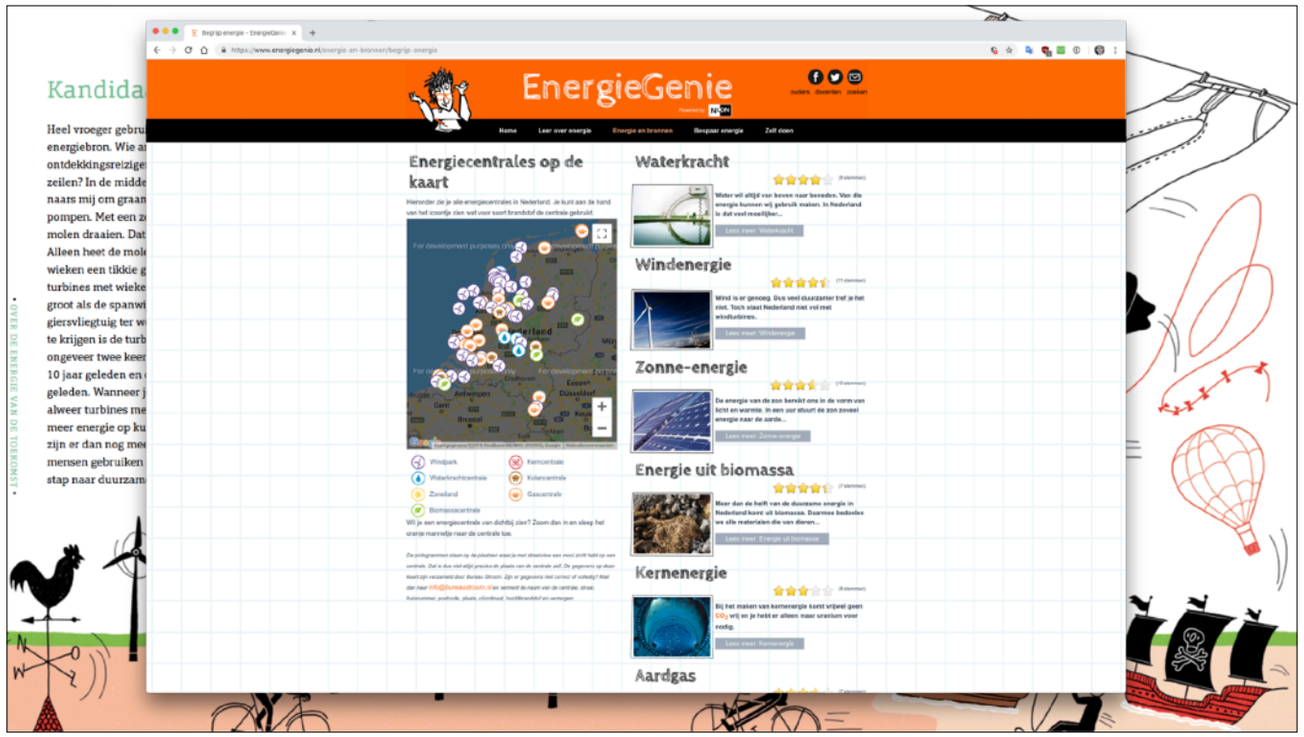
De grootste windturbine ter wereld wekt met één rondje van zijn wieken net zoveel energie op als jullie thuis in een dag gebruiken. Dus genoeg energie voor alle telefoons, tablets en beeldschermen, maar ook voor de verwarming, koelkast, lampen, douche, wasmachine, vaatwasser, broodrooster en de wekker op je nachtkastje. Nee, je hoeft me niet te bedanken. Eigenlijk moet je de zon bedanken, want die zorgt voor de temperatuurverschillen waardoor ik ga waaien. Door die verschillen in temperatuur zijn er op de ene plek meer luchtdeeltjes dan op de andere. Bij het weerbericht hebben ze het dan over een hogedrukgebied, met veel luchtdeeltjes, en een lagedrukgebied, met weinig luchtdeeltjes. Wat doe jij als je in de langste rij voor de kassa staat? Dan ga je naar de kortste rij. Dat doen de luchtdeeltjes ook. Ze stromen van het hogedrukgebied naar het lagedrukgebied. En dat is wat jullie wind noemen.

Of ik duurzaam ben?
Dat dacht ik wel. Zolang de zon schijnt, blijf ik lekker waaien. Oké, voor het maken van turbines en het vervoeren van de onderdelen is wel energie nodig. Daar komt $CO_2$ en andere vieziheid bij vrij. Maar na een halfjaar heb je die energie alweer terugverdiend. En vanaf dan produceer ik volop schone energie, speciaal voor jullie.

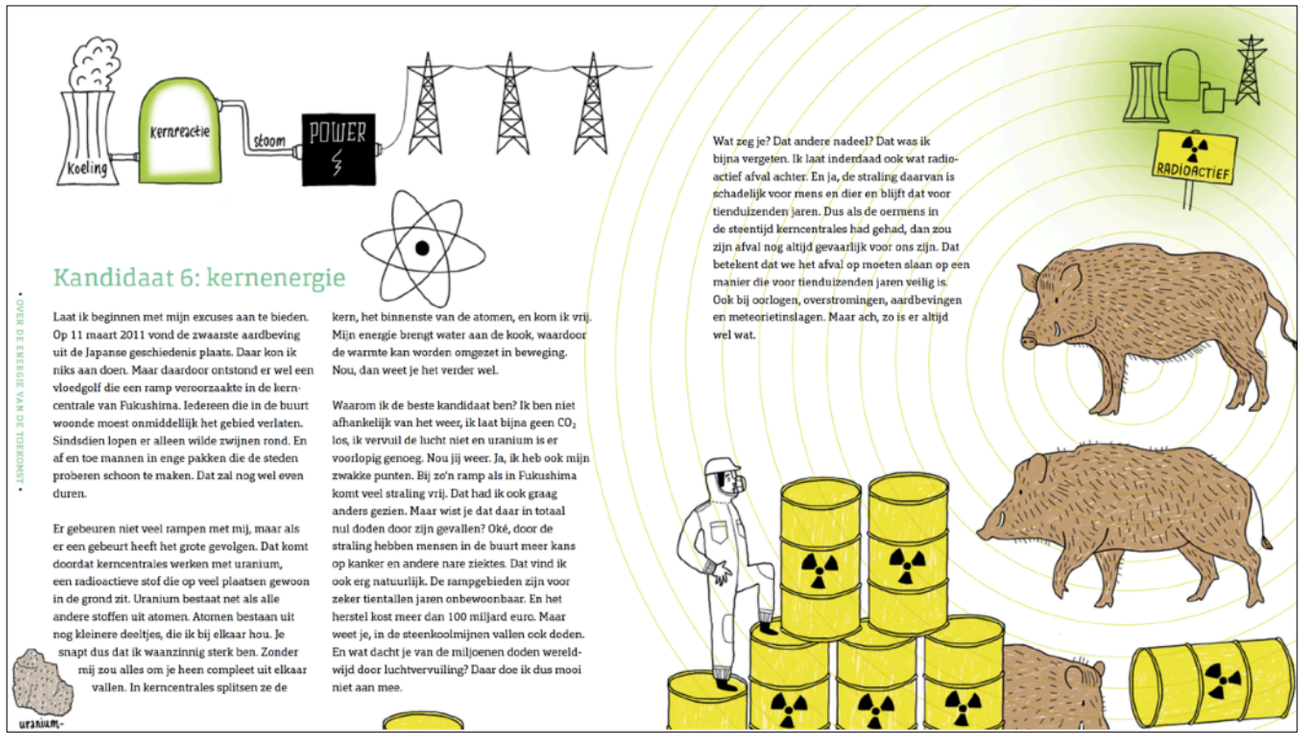
Wel jammer dat bijna niemand een windmolen in zijn achtertuin wil hebben, of zelfs maar een klein beetje in de buurt. Tsss. Er is ook altijd wat. Veel mensen vinden de molens niet mooi of ergeren zich aan het geluid en de bewegende schaduw. Daarom komen er steeds meer windmolens op zee, waar ik trouwens ook veel harder waai. Maar als ik hard waai doe ik de helft voor niks en als ik zacht waai vinden jullie het weer te weinig. Wat dat betreft ben ik het wel eens met de zon. Er moet nodig eens een accu komen om mijn energie in op te slaan.



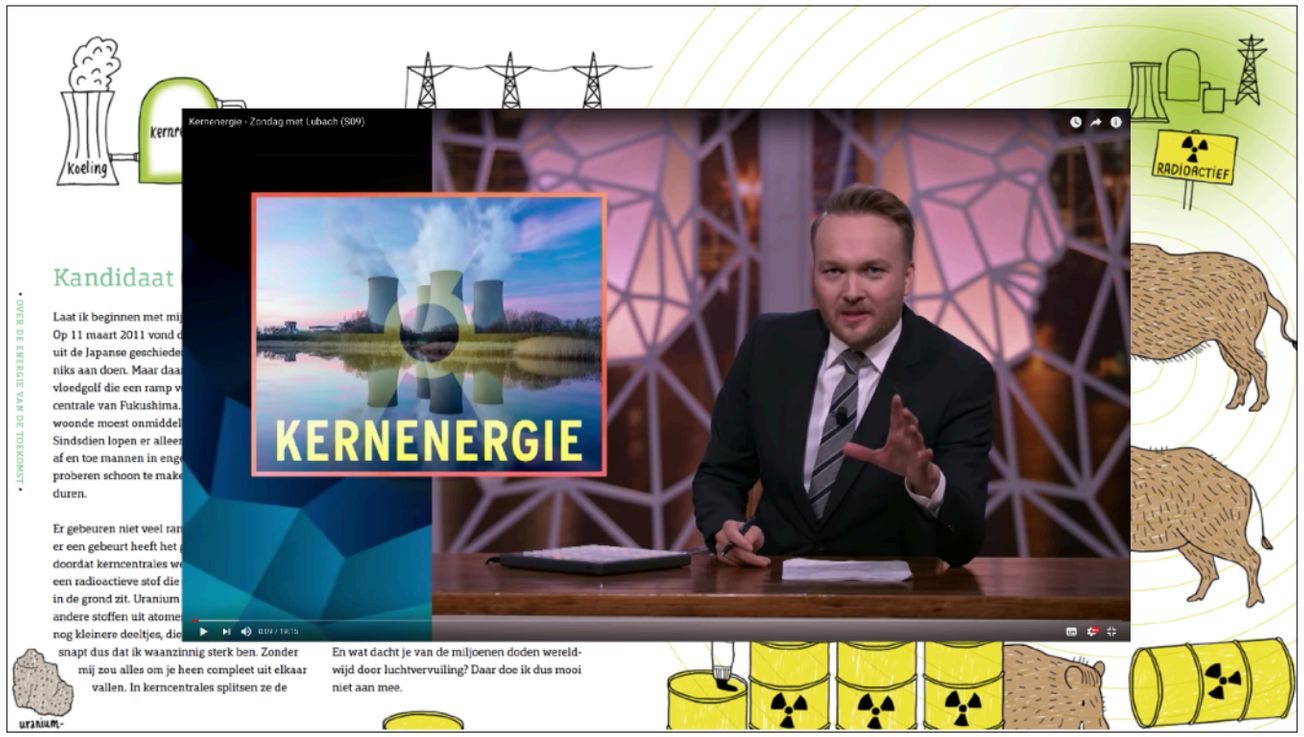
Duurzame (?) bronnen
Energiedilemma, energiemix.
https://www.energiegenie.nl/



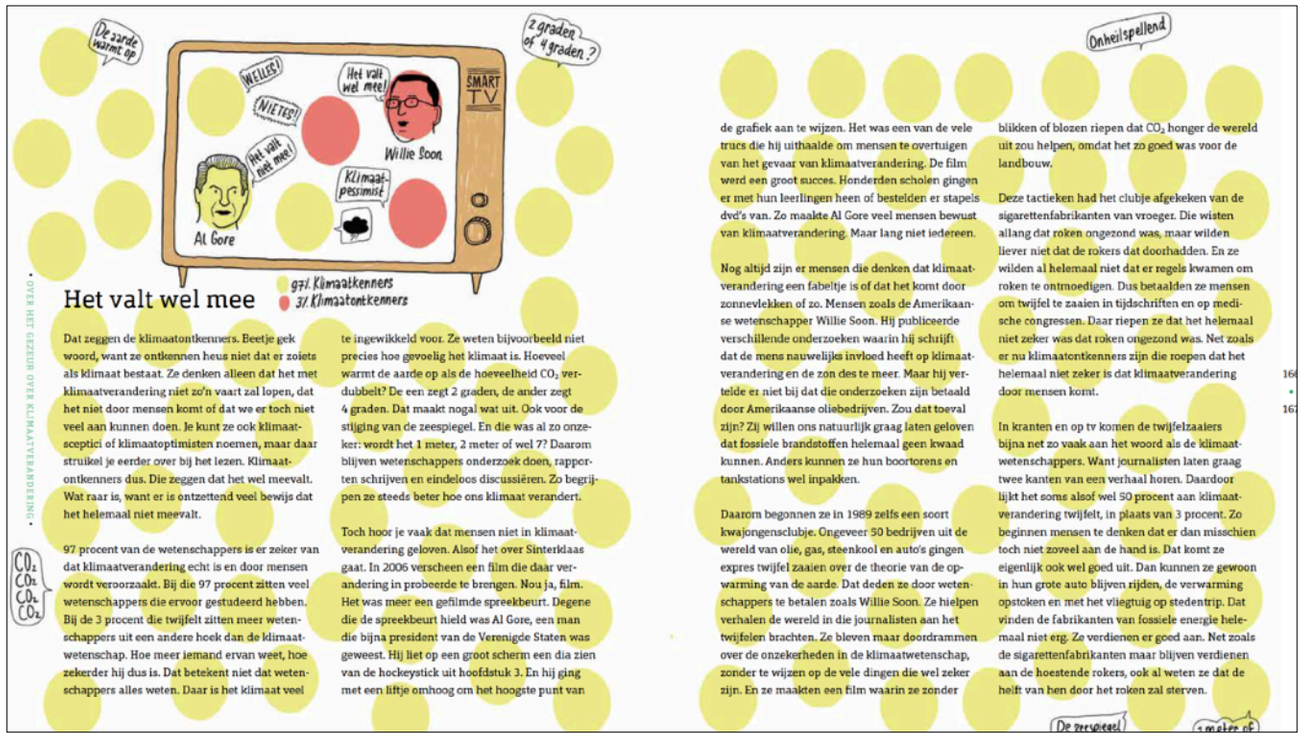

Energiedilemma, energiemix.
https://www.energiegenie.nl/


Koeling
kernreactie
stoom
POWER
Kandidaat 6: kernenergie
• OVER DE ENERGIE VAN DE TOEKOMST •
Laat ik beginnen met mijn excuses aan te bieden. Op 11 maart 2011 vond de zwaarste aardbeving uit de Japanse geschiedenis plaats. Daar kon ik niks aan doen. Maar daardoor ontstond er wel een vloedgolf die een ramp veroorzaakte in de kerncentrale van Fukushima. Iedereen die in de buurt woonde moest onmiddellijk het gebied verlaten. Sindsdien lopen er alleen wilde zwijnen rond. En af en toe mannen in enge pakken die de steden proberen schoon te maken. Dat zal nog wel even duren.
Er gebeuren niet veel rampen met mij, maar als er een gebeurt heeft het grote gevolgen. Dat komt doordat kerncentrales werken met uranium, een radioactieve stof die op veel plaatsen gewoon in de grond zit. Uranium bestaat net als alle andere stoffen uit atomen. Atomen bestaan uit nog kleinere deeltjes, die ik bij elkaar hou. Je snapt dus dat ik waanzinnig sterk ben. Zonder mij zou alles om je heen compleet uit elkaar vallen. In kerncentrales splitsen ze de kern, het binnenste van de atomen, en kom ik vrij. Mijn energie brengt water aan de kook, waardoor de warmte kan worden omgezet in beweging. Nou, dan weet je het verder wel.
Waarom ik de beste kandidaat ben? Ik ben niet afhankelijk van het weer, ik laat bijna geen $CO_2$ los, ik vervuil de lucht niet en uranium is er voorlopig genoeg. Nou jij weer. Ja, ik heb ook mijn zwakke punten. Bij zo'n ramp als in Fukushima komt veel straling vrij. Dat had ik ook graag anders gezien. Maar wist je dat daar in totaal nul doden door zijn gevallen? Oké, door de straling hebben mensen in de buurt meer kans op kanker en andere nare ziektes. Dat vind ik ook erg natuurlijk. De rampgebieden zijn voor zeker tientallen jaren onbewoonbaar. En het herstel kost meer dan 100 miljard euro. Maar weet je, in de steenkoolmijnen vallen ook doden. En wat dacht je van de miljoenen doden wereldwijd door luchtvervuiling? Daar doe ik dus mooi niet aan mee.
uranium-
Wat zeg je? Dat andere nadeel? Dat was ik bijna vergeten. Ik laat inderdaad ook wat radioactief afval achter. En ja, de straling daarvan is schadelijk voor mens en dier en blijft dat voor tienduizenden jaren. Dus als de oermens in de steentijd kerncentrales had gehad, dan zou zijn afval nog altijd gevaarlijk voor ons zijn. Dat betekent dat we het afval op moeten slaan op een manier die voor tienduizenden jaren veilig is. Ook bij oorlogen, overstromingen, aardbevingen en meteorietinslagen. Maar ach, zo is er altijd wel wat.
RADIOACTIEF

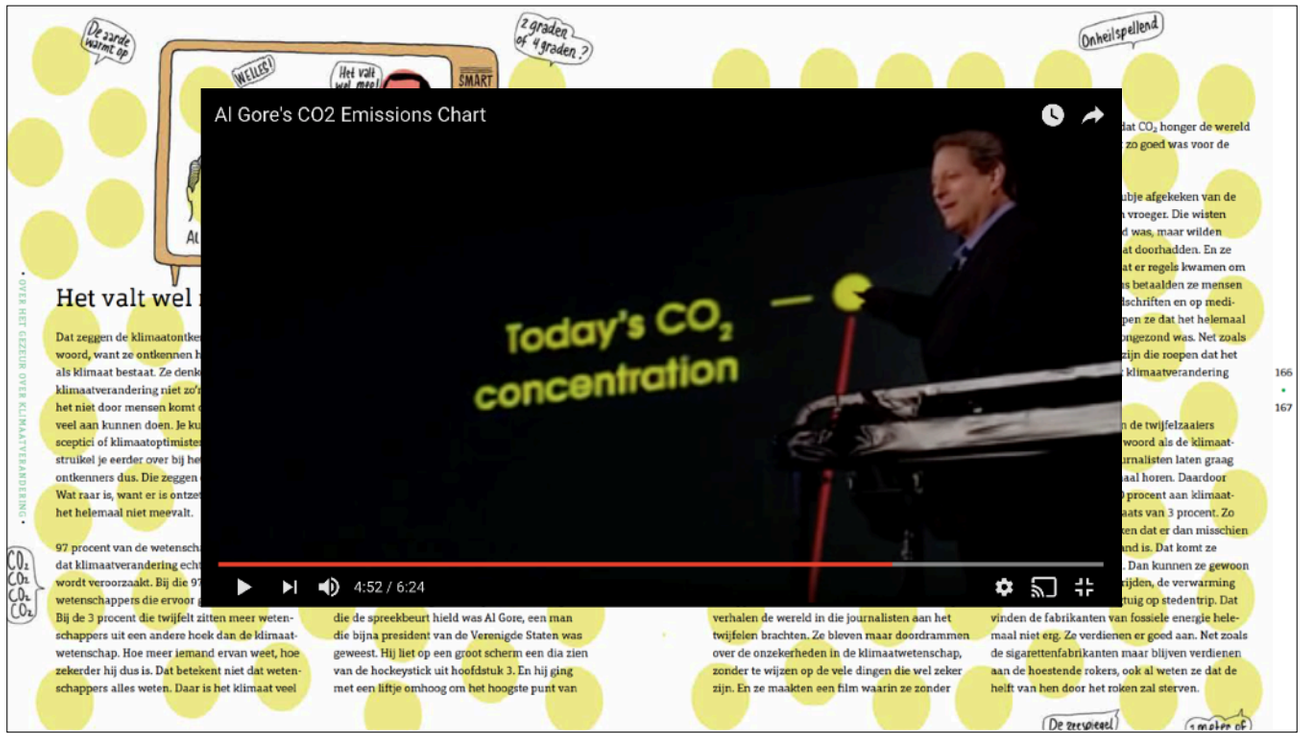
Discussie




https://www.youtube.com/watch?v=YjFWiMJdotM




False balance 97/3
+ Vergelijk argumenten
https://www.climategate.nl/
https://www.destaatvanhet-klimaat.nl/
vs
https://klimaatverandering.wordpress.com/
https://skepticalscience.com/




https://www.youtube.com/watch?v=-JluKjaY3r4

## Het is hun schuld

Dat zeggen de rijke landen over India en China en dat zeggen India en China over de rijke landen. Ze hebben allebei een beetje gelijk. De laatste jaren stoot China van alle landen verreweg de meeste $CO_2$ uit en India is hard op weg naar de tweede plaats. Geen wonder met al die mensen die er wonen. 'Maar,' zeggen China en India, 'de afgelopen 150 jaar hebben andere landen veel meer $CO_2$ uitgestoten, omdat ze veel eerder met industrie zijn begonnen. Het is hun $CO_2$ die nu voor de opwarming zorgt.'

Het lijkt wel een stel ruziënde kinderen. En dan staan er ook nog 190 andere kinderen omheen te schreeuwen. 'China heeft gelijk!' 'Ja, maar jij stoot ook veel te veel uit, Rusland!' 'Ja maar jij moet niet zoveel bomen kappen, Brazilië!' 'Doe jij eerst nou maar eens wat aan al die fabrieken.' 'Maar Engeland was begonnen!' Dat geruzie vindt ieder jaar opnieuw plaats op een grote klimaatconferentie ergens op de wereld.

In 2015 was de conferentie in Parijs. Twee weken lang vergaderden deelnemers uit 195 landen zich suf om afspraken te maken over de aanpak van klimaatverandering. Het was belangrijk dat zo veel mogelijk landen het eens werden, want $CO_2$ stopt niet bij de grens. Opwarming van de aarde is een wereldwijd probleem. En het kost veel geld om dat probleem aan te pakken.

Hoe verdeel je dat eerlijk over 195 landen? Grote landen en kleine landen. Rijke landen en arme landen. Landen met veel inwoners en landen met weinig inwoners. Landen die al bijna onder water lopen en landen die misschien wel blij zijn met de opwarming. Landen met veel waterkracht en landen met veel gas. Landen met aardwarmte en landen met steenkool. Landen die veel auto's verkopen en landen die veel windmolens verkopen. Landen die al eeuwen $CO_2$ de lucht in pompen en landen die pas net beginnen. Geen wonder dat ze er op eerdere conferenties in Bali, Kopenhagen en Lima niet echt uitkwamen. Maar in Parijs lukte het wel.

De landen spraken samen een doel af: in vergelijking met 1850 mag de temperatuur niet meer stijgen dan 2 graden en liefst niet meer dan 1,5 graad. Dat wordt nog een hele klus, want we zitten nu al op ruim 1 graad. En je weet van de hockeystick hoe snel de temperatuur stijgt. Waarschijnlijk is het doel alleen te halen als er tegen 2060 niet meer $CO_2$ de lucht in gaat dan de bossen en oceanen opnemen. Dat komt er eigenlijk op neer dat alleen de natuurlijke $CO_2$-uitstoot nog mag, net als voor de industriële revolutie. Dat kan alleen als we helemaal stoppen met fossiele energie. Ook spraken de onderhandelaars af dat de rijke landen geld zouden sparen waarmee de arme landen op duurzame energie kunnen overstappen en zich kunnen aanpassen aan een warmere wereld.

Best een goede deal zou je zeggen, maar lang niet iedereen was tevreden. Voor sommigen gingen de afspraken niet ver genoeg. Ze vinden het jammer dat de landen niet echt verplicht zijn zich aan de afspraken te houden. En stel dat het lukt, dan nog duurt het eeuwen voordat de oude $CO_2$ de lucht weer uit is en duizenden jaren voor de temperatuur weer is gedaald. Anderen vinden juist dat we het geld beter kunnen gebruiken om ons aan te passen aan een opgewarmde wereld. Ze denken dat het verminderen van de $CO_2$-uitstoot veel te duur is en veel te weinig oplevert. Dan kun je dat geld beter uitgeven aan goede waterkeringen, stevige dijken en andere maatregelen die ons klaarmaken voor de toekomst. Dat betekent wel dat de temperatuur deze eeuw met wel 5 graden kan stijgen. De gevolgen daarvan zijn moeilijk te overzien.



Klimaatakkoord: botsing van belangen.

http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions

## Het is hun schuld

Dat zeggen de rijke landen over India en China en dat zeggen India en China over de rijke landen. Ze hebben allebei een beetje gelijk. De laatste jaren stoot China van alle land meeste $CO_2$ uit en India is hard tweede plaats. Geen wonder m die er wonen. 'Maar,' zeggen Ch afgelopen 150 jaar hebben and meer $CO_2$ uitgestoten, omdat z industrie zijn begonnen. Het is voor de opwarming zorgt.'

Het lijkt wel een stel ruziënde staan er ook nog 190 andere k schreeuwen. 'China heeft gelij ook veel te veel uit, Rusland!' ' niet zoveel bomen kappen, Bra eerst nou maar eens wat aan a 'Maar Engeland was begonnen ieder jaar opnieuw plaats op e conferentie ergens op de werel

In 2015 was de conferentie in lang vergaderden deelnemers uit 195 landen zich suf om afspraken te maken over de aanpak van klimaatverandering. Het was belangrijk dat zo veel mogelijk landen het eens werden, want $CO_2$ stopt niet bij de grens. Opwarming van de aarde is een wereldwijd probleem. En het kost veel geld om dat probleem aan te pakken.

Hoe verdeel je dat eerlijk over 195 landen? Grote landen en kleine landen. Rijke landen en arme landen. Landen met veel inwoners en landen met weinig inwoners. Landen die al bijna onder water lopen en landen die misschien wel blij zijn

De landen spraken samen een doel af: in vergelijking met 1850 mag de temperatuur niet meer stijgen dan 2 graden en liefst niet meer dan 1,5 graad. Dat wordt nog een hele klus, want we zitten nu al op ruim 1 graad. En je weet van de hockeystick hoe snel de temperatuur stijgt. Waarschijnlijk is het doel alleen te halen als er tegen 2060 niet meer $CO_2$ de lucht in gaat dan

met fossiele energie. Ook spraken de onderhandelaars af dat de rijke landen geld zouden sparen waarmee de arme landen op duurzame energie kunnen overstappen en zich kunnen aanpassen aan een warmere wereld.

Best een goede deal zou je zeggen, maar lang niet iedereen was tevreden. Voor sommigen gingen de afspraken niet ver genoeg. Ze vinden het jammer dat de landen niet echt verplicht zijn zich aan de

t lukt, dan nog
$CO_2$ de lucht
de tempera-
en juist dat we

het geld beter kunnen gebruiken om ons aan te passen aan een opgewarmde wereld. Ze denken dat het verminderen van de $CO_2$-uitstoot veel te duur is en veel te weinig oplevert. Dan kun je dat geld beter uitgeven aan goede waterkeringen, stevige dijken en andere maatregelen die ons klaarmaken voor de toekomst. Dat betekent wel dat de temperatuur deze eeuw met wel 5 graden kan stijgen. De gevolgen daarvan zijn moeilijk te overzien.

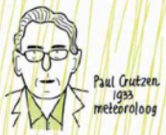




Hou een klimaatconferentie:

- maak groepjes met elk een land
- goede verdeling arm/rijk, met fossiele/duurzame bronnen, aan zee/niet aan zee, in noordpoolgebied/niet, met/zonder auto-industrie...
- laat de groepjes argumenten / belangen op een rij zetten.
- geef doelen voor bijv. $CO_2$-reductie en probeer een akkoord te bereiken.

# Het is al vaker zo gegaan




Dat zeggen sommige van mijn beste vrienden, die toch best slim zijn. 'Want het gat in de ozonlaag is alweer bijna dicht en van zure regen hoor je ook niks meer.' Misschien heb jij er zelfs nog nooit van gehoord. Het gat in de wat? Vraag je ouders er maar eens naar. In hun jeugd waren dat milieuproblemen waar we bijna net zo bezorgd over waren als nu over klimaatverandering. En die problemen zijn inmiddels bijna opgelost. Dus waarom zou dat met klimaatverandering niet lukken?

Neem zure regen. In de jaren 80 verschenen ineens overal foto's van kale bossen en dode vissen. Zelfs de gezichten van stenen standbeelden leken langzaam te verdwijnen door zure regen. Dat kwam doordat zwaveldioxide, ammoniak en andere stoffen in de wolken oplosten en samen met water zwavelzuur en salpeterzuur vormden. En die regende dus gewoon uit over onze bossen, beelden en meren. Net als bij klimaatverandering kwamen die stoffen in de lucht door fabrieken, auto's en koelen.

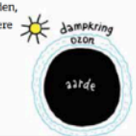
Maar er waren wel wat verschillen met het klimaatprobleem. Zure regen ging niet de hele wereld over, maar viel vooral in gebieden met veel industrie. Het probleem was ook zichtbaarder: iedereen kon zien dat de bomen kaal werden en de vissen boven kwamen drijven. Dus bijna iedereen was ervan overtuigd dat er iets moest gebeuren. Zo kwamen er al snel filters en andere oplossingen om zure regen tegen te gaan. Zo makkelijk zal het met klimaatverandering niet gaan. Al was het maar omdat $CO_2$ en methaan dwars door alle filters heen gaan. En omdat het een probleem van de hele wereld is. Is er ooit een probleem geweest dat we met alle landen samen succesvol hebben aangepakt? Ja!

Ja, echt. We kunnen het wel. Kijk maar naar het gat in de ozonlaag. Of wat er nog van over is. De ozonlaag is een dun laagje in de dampkring dat ons beschermt tegen uv-stralen van de zon. In de jaren 70 bleek die laag boven het zuiden van de aarde wel heel dun te worden. Gevolg: in Zuid-Chili en Australië kregen de mensen veel meer kans op huidkanker. Maar de uv-stralen zijn ook gevaarlijk voor het leven in zee. Goed dus dat de Nederlandse scheikundige Paul Crutzen in de gaten had wie de schuldigen waren: de chloorfluorkoolwaterstoffen. Nu snap je ook waarom ze in de scheikunde zoveel afkortingen gebruiken. Dit zijn dus gewoon cfk's. Verder hoef je er niets van te weten, behalve dat ze vroeger in koelkasten en spuitbussen zaten. Eenmaal hoog in de dampkring komt de c los van de f en de k en gaat daar doodleuk de ozonlaag lopen afbreken. Dát was niet de bedoeling.

Het gat in de ozonlaag werd groter en groter. Maar de politici deden niks. Want ja, helemaal zeker was het niet dat de cfk's de schuldigen waren. Bovendien zagen de cfk-makers het echt niet zitten dat hun product verboden werd. En dus riepen ze overal dat er niets aan de hand was. 'Een fabeltje, kletskoek, complete onzin', noemden ze de theorie van Crutzen. Maar andere mensen maakten zich erge zorgen. Op satellietfoto's was het gat duidelijk te zien. Zelfs al was het niet helemaal zeker of het zou werken, dan nog leek het verstandig om te stoppen met cfk's.

Stel je voor dat je op een groot schip vaart en je hebt enorme haast. In de verte zie je iets wat op een ijsberg lijkt. Maar misschien is het wel een mistbank, waar het schip makkelijk doorheen kan. Als je eromheen wilt, moet je nu aan het roer draaien. Wat doe je? Gok je erop dat het een mistbank is? Natuurlijk niet. Zelfs als je niet 100 procent zeker weet dat er een ramp gaat gebeuren, zul je alles doen om de ramp te voorkomen. Want als je wacht tot het zeker is, ben je misschien te laat. Dit klinkt zo logisch dat het zelfs in allerlei wetten en verdragen staat.

En dus verbood de Amerikaanse regering uiteindelijk toch de cfk's, nog vóór in 1987 het bewijs van Crutzens gelijk werd gevonden. Als de wiedeweerga gingen de landen aan de slag om afspraken te maken over cfk's. In de toekomst moesten koelkasten, airco's en spuitbussen het maar zonder doen. Zo, wat baalden de cfk-makers. Die ommezwaai kostte ze miljarden. Maar later bleek dat ze eigenlijk veel beter af waren en nog meer verdienden dan eerst. En nog belangrijker: het gat in de ozonlaag is zich weer langzaam aan het sluiten. Dus, beste vrienden, het ene probleem is het andere niet. Maar als het nodig is kunnen aardbewoners hun problemen soms verrassend voortvarend aanpakken.






Bosatlas 64L (verzuring) 247E (ozongat)

## Het is al vaker zo gegaan

Dat zeggen sommige van mijn beste vrienden, die toch best slim zijn. 'Want het gat in de ozonlaag is alweer bijna dicht en van zure regen hoor je ook niks meer.' Misschien heb jij er zelfs nog nooit van gehoord. Het gat in de wat? Vraag je ouders er maar eens naar. In hun jeugd waren dat milieuproblemen waar we bijna net zo bezorgd over waren als nu over klimaatverandering. En die problemen zijn inmiddels bijna opgelost. Dus waarom zou dat met klimaatverandering niet lukken?

Neem zure regen. In de jaren 80 verschenen ineens overal foto's van kale bossen en dode vissen. Zelfs de gezichten van stenen standbeelden leken langzaam te verdwijnen door zure regen. Dat kwam doordat zwaveldioxide, ammoniak en andere stoffen in de wolken oplosten en samen met water zwavelzuur en salpeterzuur vormden. En die regende dus gewoon uit over onze bossen, beelden en meren. Net als bij klimaatverandering kwamen die stoffen in de lucht door fabrieken, auto's en koelen.

Maar er waren wel wat verschillen met het klimaatprobleem. Zure regen ging niet de hele wereld over, maar viel vooral in gebieden met



lijkt. Maar misschien is het wel een mistbank, waar het schip makkelijk doorheen kan. Als je eromheen wilt, moet je nu aan het roer draaien. Wat doe je? Gok je erop dat het een mistbank is? Natuurlijk niet. Zelfs als je niet 100 procent zeker weet dat er een ramp gaat gebeuren, zul je alles doen om de ramp te voorkomen. Want als je wacht tot het zeker is, ben je misschien te laat. Dit klinkt zo logisch dat het zelfs in allerlei wetten en verdragen staat.

En dus verbood de Amerikaanse regering uiteindelijk toch de cfk's, nog vóór in 1987 het bewijs van Crutzens gelijk werd gevonden. Als de wiedeweerga gingen de landen aan de slag om afspraken te maken over cfk's. In de toekomst moesten koelkasten, airco's en spuitbussen het maar zonder doen. Zo, wat baalden de cfk-makers. Die ommezwaai kostte ze miljarden. Maar later bleek dat ze eigenlijk veel beter af waren en nog meer verdienden dan eerst. En nog belangrijker: het gat in de ozonlaag is zich weer langzaam aan het sluiten. Dus, beste vrienden, het ene probleem is het andere niet. Maar als het nodig is kunnen aardbewoners hun problemen soms verrassend voortvarend aanpakken.



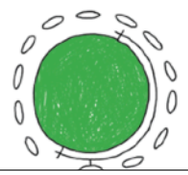


Zoek beelden van gevolgen zure regen + campagnes.

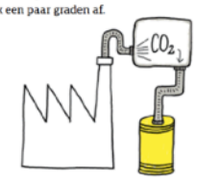
## Het komt wel goed

Dat zeggen de Willie Wortels van de wereld. Ze denken dat moderne techniek de opwarming van de aarde kan oplossen of in elk geval kan verminderen. Wat voor ideeën hebben ze bedacht?

Laten we het zonlicht weerkaatsen, zodat het op aarde minder warm wordt! We verven de wegen en de daken wit. We verpakken de woestijnen in wit folie. We dekken de gletsjers toe met een dekentje. We schieten een megaspiegel de ruimte in die werkt als een parasol. Of nee, 55 duizend zeilen die het zonlicht weerkaatsen. Of een zwerm van miljarden dunne schijfjes die samen het



zonlicht tegenhouden. Of weet je wat? Stuur gewoon honderden onbemande schepen de oceaan op die aan de lopende band zeewater verdampen, zodat de wolken dikker en witter worden. Nee, we spuiten allemaal stofdeeltjes de dampkring in, die het zonlicht tegenhouden en verstrooien. Bij grote vulkaanuitbarstingen gebeurde precies hetzelfde en koelde de aarde ook een paar graden af.

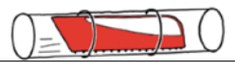



Laten we $CO_2$ uit de lucht halen. We planten bossen vol met bomen. Of iets Willie-Worteliger: we strooien ijzer in de oceanen. Geen oude fietsen of winkelwagentjes, maar ijzer in de vorm van mest. Daar groeit het plankton lekker van en dat gebruikt $CO_2$ voor de fotosynthese. Of nee, we strooien gemalen olivijn op de grond, overal waar het maar kan. Olivijn is een steensoort die $CO_2$ opneemt terwijl het slijt. Alleen kost dat malen

wel veel energie. Weet je wat? We vangen de $CO_2$ van fabrieken en energiecentrales op en stoppen die in de grond. Dat kan bijvoorbeeld in leeggepompte aardgasvelden. Of we slaan $CO_2$ op in asfalt. Zolang die wegen er liggen gaat de $CO_2$ niet de lucht in.

Sommige van deze ideeën lijken misschien wild, maar ze zijn allemaal serieus wetenschappelijk onderzocht. $CO_2$-opslag gebeurt zelfs al op sommige plaatsen. En ook andere ideeën kunnen best eens werkelijkheid worden. Al zitten er wel een boel haken en ogen aan. De meeste maatregelen zijn nogal duur. Bovendien is niet altijd te voorspellen wat de gevolgen zijn. En wat als in de toekomst het geld ineens op is en we bijvoorbeeld de zon niet langer kunnen weerkaatsen? Dan wordt het in één klap een paar graden warmer, zeker als de $CO_2$-uitstoot vrolijk is doorgegaan. Dat is misschien wel het grootste bezwaar: als we de opwarming met dit soort trucs tegengaan, is er minder noodzaak om klimaatverandering echt aan te pakken. Terwijl er genoeg uitvindingen klaarliggen die daarbij kunnen helpen.

Wat dacht je van de hyperloop? Een vervoerssysteem waarin capsules op hoge snelheid door buizen worden geschoten. Als het lukt om het systeem te maken, zijn op sommige routes geen vliegtuigen meer nodig. Dat scheelt aardig in de uitstoot van $CO_2$.



Wat dacht je van kweekvlees? In verschillende laboratoriums wordt er keihard aan gewerkt. Als het lukt om vlees te kweken dat net zo lekker is als echt vlees, zijn er straks veel minder koeien en andere dieren nodig. En gaat er dus veel minder methaan de lucht in.

Wat dacht je van de thoriumcentrale? Dat is een kerncentrale die geen uranium gebruikt maar, je raadt het al, thorium. Daardoor heeft hij bijna alle voordelen van een kerncentrale, maar veel minder nadelen. Zo'n centrale is veel veiliger en levert veel minder afval op, dat ook nog eens veel korter gevaarlijk blijft.

En wacht dacht je van kernfusie? Als dat toch eens ging lukken… Wetenschappers proberen al tientallen jaren energie op te wekken zoals de zon dat doet: door atoomkernen samen te laten smelten. Als dat lukt hebben we een bijna onuitputtelijke energiebron waar geen $CO_2$ en radioactiviteit bij vrijkomt. Verschillende landen stoppen daarom miljarden euro's in het onderzoek naar kernfusie. Ze weten nu al dat het de komende 30 jaar niet gaat lukken en toch gaan ze door. Kun je nagaan hoeveel ze ervan verwachten.

Geo-engineering. Oplossingen vergelijken. Voordelen en nadelen. Maak een top 3 van kanshebbers.

## KLIMAATBINGO

| | | | |
|---|---|---|---|
| Je eerste kerstdiner zonder vlees | Terras-verwarmers verboden | Eerste cruise naar de Noordpool | Vliegen twee keer zo duur |
| Hoogste temperatuur verbroken | Shishmaref verdwenen | Scholen verbieden haardvuur op digibord | Eerste hyperlooptraject geopend |
| Maximum-snelheid van 130 naar 100 km/u | Bladblazers verboden | FC Barcelona met de trein naar Europese wedstrijden | Wit asfalt in steden |
| Je eerste schoolreisje met de waterstofbus | Je ouders doen de (tweede) auto de deur uit | Palmen in België | Laatste kolencentrale dicht |

## KLIMAATBINGO

| | | | |
|---|---|---|---|
| Zonnepaneel-dakpannen | Willie Soon bekent dat hij het mis had | Eerste betaal-bare energie van kernfusie-centrale | Windturbines hoger dan de Eiffeltoren |
| Meer dan 500 deeltjes $CO_2$ per miljoen luchtdeeltjes | Laatste pika bezweken | Verbod op palmolie | Los Angeles verlaten wegens bosbranden |
| Nieuw verkeersbord NIET STILSTAAN MET DRAAIENDE MOTOR | Eerste jassen gemaakt van zonneceltextiel | Mega-accu uitgevonden voor zonne- en windenergie | Meer elektrische auto's dan benzineauto's |
| Elektrische vliegtuigen | Skiliften in de Alpen afgebroken | Verbod op verre vakanties | Eerste zeewiercentrale |



## KLIMAATBINGO

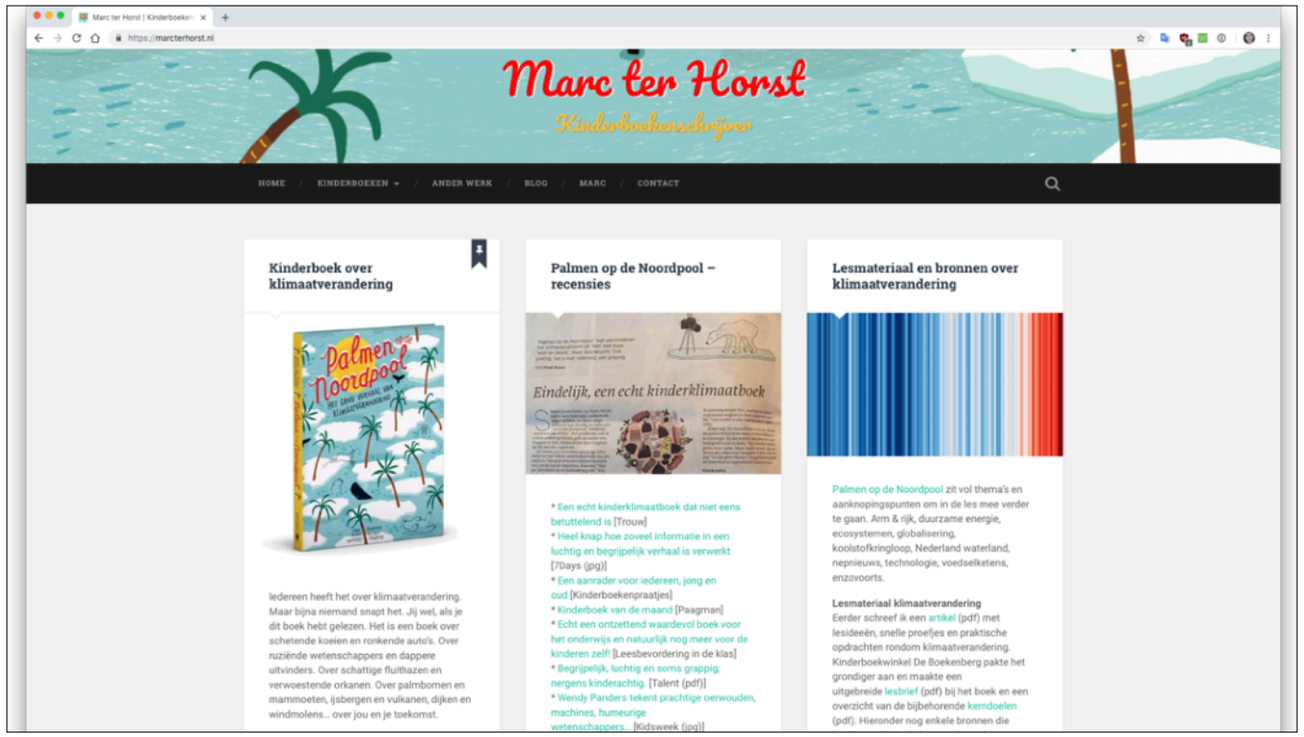
| | | |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | Gekko in je tuin |
| | Palmen op de Noordpool | |

Hoe het allemaal verdergaat is nog moeilijk te zeggen. Elke dag zijn er nieuwe onderzoeken, nieuwe weerrecords, nieuwe maatregelen.

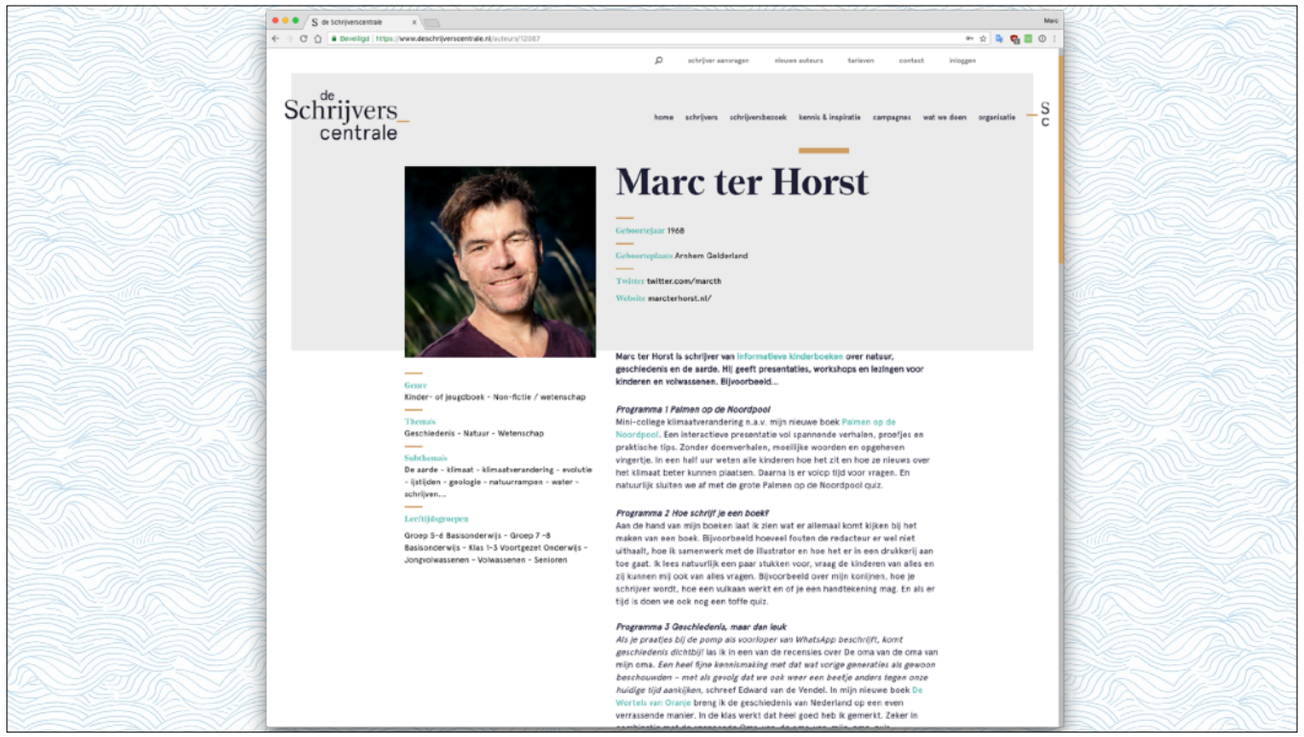
## KLIMAATBINGO

| | | | |
|---|---|---|---|
| Donald Trump snapt het verschil tussen weer en klimaat | Eerste waterоorlog | Kilimanjaro-gletsjer gesmolten | Wijnbouw in Scandinavië |
| Energiecrisis door bitcoin en andere cryptomunten | Eerste klimaatneutrale school geopend. | IJsbeer uitgestorven | Malaria in Frankrijk |
| Kweekvlees in de winkel | Verenigde Staten terug in klimaatakkoord van Parijs | Inktvissenplaag in de Noordzee | Kiribati onder water |
| Chocolade onbetaalbaar | Formule 1 afgeschaft | Orkaan in Nederland | Reclame voor vliegreizen verboden |

Vragen
?




marcterhorst.nl



de Schrijvers centrale

schrijver aanvragen | nieuwe auteurs | tarieven | contact | inloggen

home | schrijvers | schrijversbezoek | kennis & inspiratie | campagnes | wat we doen | organisatie

# Marc ter Horst

**Geboortejaar** 1968

**Geboorteplaats** Arnhem Gelderland

**Twitter** twitter.com/marcth

**Website** marcterhorst.nl/

**Genre**
Kinder- of jeugdboek - Non-fictie / wetenschap

**Thema's**
Geschiedenis - Natuur - Wetenschap

**Subthema's**
De aarde - klimaat - klimaatverandering - evolutie - ijstijden - geologie - natuurrampen - water - schrijven...

**Leeftijdsgroepen**
Groep 5-6 Basisonderwijs - Groep 7 -8 Basisonderwijs - Klas 1-3 Voortgezet Onderwijs - Jongvolwassenen - Volwassenen - Senioren

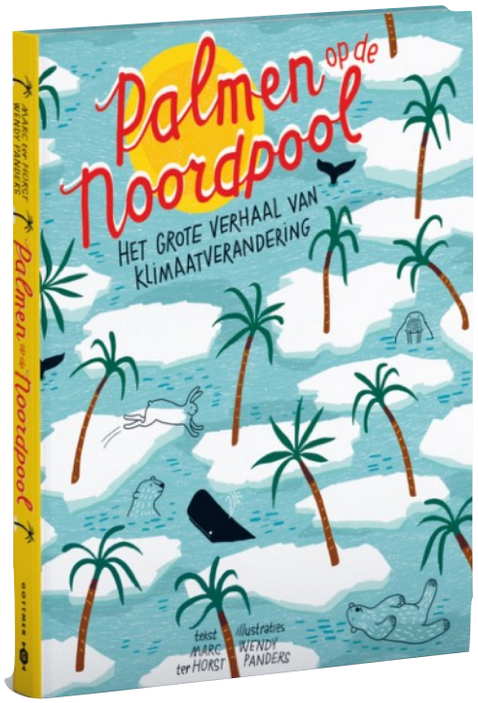
**Marc ter Horst is schrijver van informatieve kinderboeken over natuur, geschiedenis en de aarde. Hij geeft presentaties, workshops en lezingen voor kinderen en volwassenen. Bijvoorbeeld...**

***Programma 1 Palmen op de Noordpool***
Mini-college klimaatverandering n.a.v. mijn nieuwe boek Palmen op de Noordpool. Een interactieve presentatie vol spannende verhalen, proefjes en praktische tips. Zonder doemverhalen, moeilijke woorden en opgeheven vingertje. In een half uur weten alle kinderen hoe het zit en hoe ze nieuws over het klimaat beter kunnen plaatsen. Daarna is er volop tijd voor vragen. En natuurlijk sluiten we af met de grote Palmen op de Noordpool quiz.

***Programma 2 Hoe schrijf je een boek?***
Aan de hand van mijn boeken laat ik zien wat er allemaal komt kijken bij het maken van een boek. Bijvoorbeeld hoeveel fouten de redacteur er wel niet uithaalt, hoe ik samenwerk met de illustrator en hoe het er in een drukkerij aan toe gaat. Ik lees natuurlijk een paar stukken voor, vraag de kinderen van alles en zij kunnen mij ook van alles vragen. Bijvoorbeeld over mijn konijnen, hoe je schrijver wordt, hoe een vulkaan werkt en of je een handtekening mag. En als er tijd is doen we ook nog een toffe quiz.

***Programma 3 Geschiedenis, maar dan leuk***
*Als je praatjes bij de pomp als voorloper van WhatsApp beschrijft, komt geschiedenis dichtbij!* las ik in een van de recensies over De oma van de oma van mijn oma. *Een heel fijne kennismaking met dat wat vorige generaties als gewoon beschouwden – met als gevolg dat we ook weer een beetje anders tegen onze huidige tijd aankijken*, schreef Edward van de Vendel. In mijn nieuwe boek De Wortels van Oranje breng ik de geschiedenis van Nederland op een even verrassende manier. In de klas werkt dat heel goed heb ik gemerkt. Zeker in

https://www.deschrijverscentrale.nl/auteurs/12087




Marc ter Horst
KINDERBOEKENSCHRIJVER


* marcterhorst.nl
* marc@marcterhorst.nl
* twitter: @marcth
* instagram: @marcth
* linkedin: marcterhorst