

WAT WETEN WE OVER DE SMELTENDE PERMAFROST?

Permafrost – de grond die voor altijd bevroren is – ontdooit. Nog in een rap tempo ook. De smeltende permafrost is een gevolg van het opwarmen van de aarde. Maar wat voor gevolgen brengt het dooien met zich mee? Belangrijker nog, is er iets tegen te doen?

Permafrost ontstaat in gebieden waar de gemiddelde jaartemperatuur onder de nul is. In de zomer kan het iets warmer zijn, waardoor de bovenste paar meter smelt, maar de bodem bevroren blijft. Nu de zomers steeds langer en warmer worden, dringt het ontdooien van bovenaf steeds dieper door. Permafrost komt voor in Alaska, Groenland, Siberië en het uiterste noorden van Scandinavië. Van permafrost verwacht de wereld niet dat het ontdooit, wat nu wel het geval is.

Hoe schadelijk is het smelten van deze permanent bevroren grond? Het Arctic Monitoring and Assessment program bevestigt dat slecht gaat met de permafrost. De KNMI dacht in 2016 nog dat het wel meeviel, maar twee jaar later tonen deskundigen aan dat het ontdooien van de permafrost toch echt invloed heeft op de opwarming van de aarde. Daarnaast bestaan er mogelijk ernstige consequenties voor huizen, wegen en spoorlijnen die gebouwd zijn op permafrostgebieden. Een bekende stad die gebouwd is op permafrost is het Russische Jakoetsk, met ruim 200.000 inwoners. Infrastructuur en gebouwen lopen het risico te verzakken.

VERSTOPT IN HET IJS

Net zo belangrijk zijn de giftige stoffen die de permafrost nu nog gevangen houdt. Permafrost slaat koolstof op in de vorm van turf en methaan. Methaan is na koolstofdioxide het belangrijkste broeikasgas dat bijdraagt aan de versterking van het broeikas effect. Methaan is 20 tot 25 keer sterker dan koolstofdioxide. Onder het ijs bevinden zich grote hoeveelheden organische restanten – denk aan de mammoetkarkassen en plantenresten – die door de vrieskou eeuwenlang bewaard zijn gebleven. Smelt het ijs, dan wordt dit materiaal alsnog afgebroken door micro-organismen. Het wordt omgezet in koolstofdioxide, maar ook in methaan.

Wanneer de klimatologische gevolgen even worden losgelaten, blijft het smelten van de permafrost een wereldkwesie. Het is het beste te beschrijven als een tikkende, economische tijdbom. In Nature, een Brits natuurwetenschappelijk tijdschrift, verscheen in 2013 een [studie](#) die de economische gevolgen van het vrijkomen van methaan in kaart bracht. De gevolgen van het vrijkomen van grote hoeveelheden methaan voor de wereldeconomie zullen zich met name uiten in samenlevingen in derdewereldlanden, stelt Peter Wadham van the University of Cambridge in The Guardian. ‘Het zal onder meer extreme weersomstandigheden, overstromingen en epidemieën veroorzaken.’

Klimatoloog en hoogleraar aan de Universiteit van Utrecht Hans Oerlemans beaamt dit. ‘Je ziet bijvoorbeeld nu al gebeuren in Zuid-Europa dat er infectieziekten de kop op steken die er eigenlijk niet waren. Het veel meer voorkomen van die ziektes komt door het smelten van de permafrost.’ In 2016 werd een uitbraak van miltvuur in Siberië gelinkt aan de klimaatverandering. Na een ongewoon warme periode werden 72 herders, onder wie 41 kinderen, opgenomen in het ziekenhuis. Miltvuurbacteriën zetten zich om in sporen, waardoor ze decennialang kunnen overleven. Door het smelten van het ijs tijdens de ongewoon warme periode kwamen de sporen vrij. De plaatselijke gouverneur noemde de infectieziekte bijzonder sluw. ‘De bacterie is na 75 jaar teruggekomen en nam het leven van een kind’, zei hij tegen persagentschap Interfax.

SCEPSISME ONDER DE WETENSCHAPPERS

De gerenommeerde hoogleraar heeft daarentegen wel een kritische kijk op het vrijkomen van methaan. 'Het is niet zeker hoeveel methaan er vrij zal komen als de permafrost smelt. Zo'n zeventuizend jaar geleden was het op de aarde ook warmer, vooral in het noordpoolgebied. Dat kwam omdat de zon toen sterker was. In die tijd zien we geen extra methaanemissie.' De wetenschap kent de concentraties van methaan en koolstofdioxide vrij goed uit ijskernonderzoek in Groenland en Antarctica. Roderik van de Wal vertelt aan het populairwetenschappelijk tijdschrift [Quest](#) hoe dat werkt: 'Op Antarctica valt gemiddeld 25 millimeter sneeuw per jaar. Nieuwe sneeuw perst het oude samen tot ijs met kleine luchtbelletjes erin. Jaar na jaar, eeuw na eeuw, en zo al miljoenen jaren lang. Hoe dieper je in de grond boort, hoe ouder het ijs is én de luchtbelletjes die erin zijn opgesloten.' Die luchtbelletjes zijn cruciaal bij een ijskernonderzoek. Aan de hand van die luchtbelletjes kan worden onderzocht wat de samenstelling van de atmosfeer was op dat moment. 'Daaraan was niet te zien dat er zeventuizend jaar geleden een bijzondere hoeveelheid aan methaan werd uitgestoten', vertelt Oerlemans.

Het smelten van permafrost, waardoor stoffen als methaan vrijkomen, is dus zorgelijk. Voor plaatsen zoals Jakoetsk, maar ook voor de wereldeconomie en het broeikaseffect. De ernst daarvan ontkent Oerlemans zeker niet. Hij, net zoals vele klimaatwetenschappers, is een voorstander van maatregelen treffen om de uitstoot van broeikasgassen te beperken. 'Even afgezien van het de methaan levert het smelten een hoop problemen op in de gebieden waar permafrost voorkomt. Om een voorbeeld te geven: in de Alpen staan lawinehekjes vaak op hellingen die permafrost bevatten. Op het moment dat die helling smelt, wordt de ondergrond instabiel.' De hekjes zullen niet alleen opnieuw geplaatst moeten worden, het veroorzaakt ook veiligheidsrisico's.

Uit het wetenschappelijke artikel [Climate Change and the permafrost carbon feedback](#) dat gepubliceerd is in Nature blijkt dat de terughoudendheid van Oerlemans terecht is. In het abstract is geschreven dat hoewel het smelten van de permafrost ongetwijfeld invloed gaat hebben op de opwarming van de aarde, het niet bekend is op welke schaal en in welke tijdspan de broeikasgassen effect gaan hebben op de klimaatverandering. Oerlemans: 'Dat er minder permafrost is als het warmer wordt, is een natuurlijk proces, maar het warmer worden op zich, dat doen wij als mens natuurlijk.' Voor een hoop klimaatgerelateerde kwesties blijkt de enige zinvolle optie het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen. Methaan kan dan wel ongeveer twintig maal zo krachtig zijn als koolstofdioxide, er zit tweehonderd keer meer koolstofdioxide in de lucht dan methaan, meldt het KNMI.

SLINKENDE PERMAFROST

Hoewel er nog twijfels zijn over de impact van methaanemissie, vormt het smelten van de permafrost wel een groot risico. Stel dat de globale luchttemperatuur tegen 2100 is toegenomen met niet meer dan twee graden Celcius, zal de permafrost nog steeds in een versneld tempo slinken. Zo'n dergelijke verandering zou ernstige gevolgen kunnen hebben voor ecosystemen, hydrologische systemen en voor de infrastructuur in die gebieden, blijkt uit het wetenschappelijke artikel [Permafrost is warming at a global scale](#). Het doel om onze planeet leefbaar te houden voor volgende generaties, is de wereldwijde temperatuurstijging tot maximaal twee graden Celcius te beperken.

Een veruit extreem idee om dit doel te kunnen behalen, wordt op dit moment uitgevoerd door Dr. Prof. George Church, een spraakmakende geneticus van het Harvard Medical Center in samenwerking met de Russische wetenschapper Dr. Sergey Zimov. Zij denken dat de oplossing om het smelten van de permafrost tegen te gaan wellicht diep verstopt ligt in die bevroren, eeuwenoude grond; de mammoetkarkassen. Wat begon als een hoopvol idee om de wolharige mammoet weer tot

leven te kweken, is uitgegroeid tot een bijzondere oplossing om het verwarmende klimaat in Siberië te stabiliseren.

Doorbraken in de vooruitgang van de genomische biotechnologie – genomica is de studie van genomen, waarbij een genoom een set van genen is van een cel of organisme – biedt de mogelijkheid om lang uitgestorven diersoorten terug te brengen. Althans, diersoorten met kenmerken en ecologische functies die vergelijkbaar zijn met de uitgestorven, originele soorten. De wolharige mammoet was al snel een favoriet onder de wetenschappers. De mogelijkheid om het uitgestorven dier tot leven te wekken is realiseerbaar omdat een naaste verwant van de mammoet nog leeft: de Aziatische olifant. De gelijkenis van de genomen van de twee diersoorten zorgt ervoor dat de genen van een wolharige mammoet bewerkt kunnen worden in het Aziatische olifantengenoom – de combinatie daarvan kan tot leven worden gebracht als een neef van de olifanten, aangepast aan de ijzige omstandigheden in het hoge noorden.

Zo makkelijk als dat hierboven beschreven wordt, gaat het uiteraard niet. Het is algemeen bekend dat de wolharige mammoet helaas is uitgestorven, wat betekent dat de genen van de diersoort moeilijk te bemachtigen zijn. Dat brengt ons terug naar de geconserveerde mammoetkarkassen in de permafrost. In 2013 hebben Russische paleontologen tijdens een expeditie in het noordoosten van Siberië een uitzonderlijk goed bewaard karkas gevonden. Het karkas bleek van een vrouwelijke wolharige mammoet en bevatte niet alleen zacht weefsel, maar ook vloeibaar bloed. Het klonen van de olifant-mammoet-hybride kwam toen wel heel dichtbij. Tot op heden zijn een aantal genen met succes herschreven in cellen van de Aziatische olifant die met elke precieze bewerking steeds meer mammoetachtige cellen genereerden. Extra haargroei, vetproductie en genuanceerde klimaataanpassingen zijn al verwerkt in de belangrijkste cel van het bindweefsel. De volgende, grote stap is het creëren van een embryo. Het proces is te volgen op de website van [Revive & Restore](#).

TERUG NAAR DE MAMMOETSTEPPE

Dr. Prof. George Church werkt onder andere samen met de Russische wetenschapper Sergey Zimov. Zimov heeft het project 'Pleistocene Park' opgezet in Siberië. Door grazende, wilde dieren in het gebied te laten leven, wordt geprobeerd om klimaatstabiliserende grasvlaktes te ontwikkelen die heel lang geleden bekend stonden als de mammoetsteppe. Zimov wilt hier de mammoet bijvoegen. Door de mammoet weer terug op aarde te brengen en vrij te laten in Siberië, zorgt het grote dier ervoor dat de bossen - die nu groeien op wat vroeger bevroren vlaktes waren – ecologisch afgebroken worden en de aarde afkoelt. Bossen nemen namelijk warmte op, waardoor de permafrost in de grond ontdooit. Grote ijsvlakten zijn door de jaren heen veranderd in moerassen. Een kudde grazende wolharige mammoeten, samen met duizenden andere dieren, moet de grond weer stabiliseren.

De mammoetsteppe was de thuisbasis van een overvloed aan herten, kariboes, wilde paarden, bizons en natuurlijk voor de wolharige mammoeten. Tijdens de afwezigheid van de mammoet is het toendra-ecosysteem ontstaan. Zonder grote dieren om de dikke, isolerende lagen gevallen sneeuw samen te persen en weg te schrapen, dringt de extreme winterkou niet door tot de grond. In combinatie met de steeds langere en warmere zomers, versnelt het smelten van de permafrost en dus de uitstoot van de broeikasgassen koolstofdioxide en methaan, hoewel het dus niet bekend is hoeveel en op welke schaal de methaanemissie invloed heeft. Vanuit een globaal perspectief staat de koolstofdioxide-uitstoot door het smelten van de permafrost in de wereld gelijk aan het twee en een half keer verbranden van alle bossen in de wereld.

Het werk van Dr. Sergey Zimov laat zien dat toendra zelfs na tienduizend jaar kan worden teruggebracht met de introductie van grazers. Er is aangetoond dat de begrazing, verdichting en verstoringeffecten van deze grotere planteneters het mogelijk maken dat de permafrost tijdens de wintermaanden kan bevriezen. Vervolgens isoleren de grassen de permafrost tijdens de zomermaanden, waardoor de uitstoot van broeikasgassen verder wordt voorkomen. Dr. Tori Herridge van het Natural History Museum en betrokken bij het project vertelt tegen de Guardian dat enkel de reden om het klimaat te redden niet de drijfveer is om de mammoet weer tot leven te brengen. 'Gezien de ethische zorgen die samengaan met het kweken van een olifant-mammoet-hybride, is enkel het creëren van een mammoetkudde niet voldoende om het uit te voeren. Maar stel je voor dat er weer een mammoet op de aarde zou rondlopen. Of twee, of honderd. Het zou prachtig zijn. Dat was hoe het allemaal begon.'

Geciteerde werken

Biskaborn, B. K. (2019, Januari 16). Permafrost is warming at a global scale. *Nature* .

Dowling, T. (2019, maart 3). Ice Age: Return of the Mammoth review – meet the scientist with ominous plans for his frozen carcasses. *The Guardian* .

Hekkenberg, A. (2013, Mei 31). Paleontologen ontdekken mammoet met vloeibaar bloed. *New Scientist* .

KNMI. (sd). *Komt methaan vrij bij smelten permafrost Siberië?* Opgeroepen op April 8, 2019, van NEMO Kennislink.

KNMI. (2005, Augustus 05). *Komt methaan vrij bij smelten permafrost Siberië?* Opgeroepen op April 15, 2019, van KNMI: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/komt-methaan-vrij-bij-smelten-permafrost-siberie>

Koenen, S. (sd). Ijsgeheimen. *Quest* .

Piejet. (2018, Oktober 27). *Permafrost - het altijd bevroren poolgebied ontdooit*. Opgeroepen op April 8, 2019, van wetenschap.info.nu: <https://wetenschap.info.nu/weer/119700-permafrost-het-altijd-bevroren-poolgebied-ontdooit.html>

Schuur, E. A. (2015, April 09). Climate change and the permafrost carbon feedback. *Nature* .

Woolly Mammoth Revival. (sd). Opgeroepen op April 8, 2019, van Revive & Restore: <https://reviverestore.org/projects/woolly-mammoth/>

World, O. (2016, Augustus 02). Uitbraak miltvuur in Siberië door smeltend ijs. *One World* .

Hans Oerlemans heb ik gesproken aan de telefoon op vrijdag 19 april 2019.