

kast: een pijp in de permafrost neemt bij verdamping van een gas, bijv. koolzuurgas of ammoniak, warmte op vanuit de omringende grond. Het gas in de pijp stijgt vervolgens omhoog en koelt door de koude buitenlucht af, dus geeft de opgenomen warmte af. Daardoor treedt weer condensatie op, en de vloeistof daalt dan door de zwaartekracht weer af in de pijp (afb. 11). Dit circulatiesysteem werkt zonder energietoever, maar functioneert alleen in de winter omdat koude lucht vereist is voor de condensatie. Deze thermistoren vinden toepassing bij gebouwen, wegen en spoorwegen, en paalfunderingen van bovengrondse pijpleidingen van olie.

Ondanks al deze technische maatregelen is ontdoende permafrost een groot probleem. Bij oudere constructies is doorgaans geen rekening gehouden met een snel opwarmend klimaat. Dan zijn er ook nog risico's door constructiefouten. Voor allerlei industriële infrastructuur, in het bijzonder olie- en gasopslag en transport zijn er risico's op ernstige milieu- en klimaatschade door lekkages van gas en olie door verzakkingen bij ontdoende permafrost. In 2020 werd dit nog gedemonstreerd door een catastrofale lekkage van diesel bij Norilsk in Siberië.

Paleontologie

Kamoya Kimeu, fossielenvinder in Tanzania en Kenia

door Bert Boekschoten

g.j.boekschoten@vu.nl

Het overlijden van Kamoya Kimeu stond september jl. in het wetenschappelijk vakblad *Nature*. Hij werd daarin herdacht door de paleoantropologen Louise Leakey en Robert Foley. De Keniaan werd 82 jaar oud en besteedde een groot deel van zijn leven aan het beroepsmatig fossielen zoeken.

Van Sinai tot Mozambique, van noord naar zuid, groeide het Oost-Afrikaanse breuksysteem tijdens 50 miljoen jaar. De Rode Zee is er het noordelijke deel van. Op het land strekt deze kolossale barst in de aardkorst zich uit in de Rift Valley. Deze verloopt van Ethiopië zuidwaarts. Zo diep reikt die breuk, dat er veel vulkanisme in is opgetreden. Talrijke rivieren mondden erin uit, vulden diepe rekkloven die nu de grote diepe meren van Oost-Afrika vormen. Het riviersediment is vaak fossielrijk. Turkana, in Noordelijk Kenia, is daar een deel van. Ik mocht in 2006 met Kimeu mee, naar fossiele beenderen zoeken.

De vindplaats

Langs de oostoever van het enorme Turkana-meer ligt een groot gebied van hoge heuvels. Ze werden opgebouwd tijdens een Pliocene hoogwaterstand van dat meer. Het zijn

Referenties

- J. van Huissteden, J. Vandenberghe (2022). Permafrost, nu en in de ijstijd. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- Strauss J, Schirmermeister L, et al. (2017) Deep Yedoma permafrost: a synthesis of depositional characteristics and carbon vulnerability. *Earth Science Reviews* 172:75-86.
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- J. Vandenberghe. (2013). Permafrost in Nederland: sporen van vroegere aanwezigheid in sediment en landschap. *Gea*, 46(1), 10-14. Lees online via natuurtijdschriften.nl/pub/568798.
- French, H. M. (2018). *The periglacial environment*. Oxford, John Wiley & Sons Ltd.
- Nauta A.L. et al. (2014) Permafrost collapse after shrub removal shifts tundra ecosystem to a methane source. *Nature Climate Change* 5(1):67-70. <https://doi.org/10.1038/nclimate2446>
- Lewkowicz A.G., Way R.G. (2019) Extremes of summer climate trigger thousands of thermokarst landslides in a high Arctic environment. *Nature Communications* 10(1):1329. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09314-7>.
- Chadburn et al. (2017) An observation-based constraint on permafrost loss as a function of global warming. *Nature Climate Change* 7(5):340.
- Schuur E.A. et al. (2015) Climate change and the permafrost carbon feedback. *Nature* 520(7546), pp.171-179.



▲ Afb. 1. Verzamelaar Kimeu, op zoek in district Turkana. Foto: José Joordens.

overwegend lagen vette klei, met enkele horizonten vulkanische tuf. Deze werden zeer snel afgezet, waardoor resten van levende wezens goed werden bewaard.

De fossielen die hier worden gevonden zijn afkomstig van dieren die in en langs het water leefden. Schelpen van zoetwatermollusken, graten van vissen, stukken schildpadschild en ook tanden van krokodillen tref je veelvuldig aan. Ook nijlpaardresten zijn er niet zeldzaam. Van landdieren vind je minder vaak fossielen. Uiteraard zijn grazende hoefdieren veel aanwezig; de veel minder talrijke roofdieren, apen en mensachtigen zijn zelden gefossiliseerd.

De heuvels zijn spaarzaam begroeid. Vroeger veroorzaakte de hoge wildstand dat; de laatste twintig jaar is overbegrazing door hun voedselconcurrenten, kuddes tamme herkauwers, bepalend. Tropische regenbuien stro-

men de deels kale hellingen zo nu en dan schoon; klei en vulkanisch zand spoelen dan weg, fossielen blijven liggen. Daarvan maken Afrikaanse fossielenjagers dankbaar gebruik.

zoekers en vinders

De hellingen zijn ongerepte vindplaatsen; voor het zoeken naar fossielen is voor de veeboeren en -hoeders in hun wankel bestaan geen tijd. Onderzoekers, gesteund door onder meer National Geographic, lukt dat wel.

Het wetenschappelijk veldwerk lijkt op een drijfjacht. Met wel twintig, lokaal geworven mannen op rij wordt telkens een nieuwe baan afgelopen. Ieder voor zich speurt een strook van circa drie meter breed af. De zoekers zijn uitgerust met polaroidcamera en geavanceerde gps. Zien ze een fossiel liggen, dan nemen ze daarvan een foto en leggen de locatie precies vast. Er wordt niets opgeraapt. Vanuit hun achtergrond als veehoeder zijn ze getraind in het scherp waarnemen van alles dat op het aardoppervlak aanwezig is. Ook Kamoya Kimeu, die het verzamelen vaak aanvoerde, had zo'n achtergrond. Zijn waarnemingsvermogen was fenomenaal en bovendien had hij een grote praktische fossielenkennis. Op afb. 1 zien we hem aan het werk op de kale hellingen van het Turkana-meer.

Tijdens de zestig jaren samenwerken had hij veel profijt van de start op de zendingsschool, waar hij Swahili en Engels leerde. Omgekeerd leerde Louis Leakey, de patriarch van de onderzoekersfamilie, als zoon van een zendeling ook Swahili, de lingua franca van equatoriaal Oost-Afrika.

De dag na de verkennende zoektocht wordt begonnen met het bekijken van de foto's. Veelbelovende, gave of schaars aangetroffen typen fossielen worden geselecteerd, met name restanten van landdieren. Die worden op dezelfde dag nog door Kameu en zijn assistent voorzichtig uitgegraven. Vissenwervels, brokjes schildpaddenschild en krokodillentanden mogen blijven liggen. Vinders van fraaie specimina worden extra beloond.

Zo wordt een mooie collectie fossielen samengesteld. Hiermee wordt ook vermeden, dat moeite gedaan wordt voor weinig informatief materiaal. Bovendien worden de vinders hierdoor niet in de verleiding gebracht om belangrijke vondsten in stukken te slaan om meermalen de vondstpremie op te strijken – iets dat de Nederlandse paleontoloog Von Koenigswald overkwam toen hij met zijn ploeg de Sangiran-opwelling afliep, op zoek naar de Javaanse *Homo erectus*.

Van het veld naar museumvitrine

Regelmatig trok Kimeu erop uit om, zonder aanvoering van een beroepspaleontoloog, in afgelegen gebieden materiaal te verzamelen. De begrenzing van staten is in Oost-Afrika niet zo overzichtelijk als in Europa. Zo bevindt zich een veelbelovende vindplaats van dinosauriërbeenderen in de noordwesthoek van Kenia, in het bergland bij het drielandenpunt met Ethiopië en Zuid-Sudan. De grenzen zijn onderwerp van discussie. De bevolking ter plaatste leeft van extensieve veehouderij en heeft weinig boodschap aan regels opgelegd uit verre hoofdsteden. Handhaving van wetten die strijdig zijn met gebruiken, leidt geregeld tot conflicten;

overheidsingrijpen heeft weinig positief resultaat. In die instabiele situatie kolossale dinobotten verzamelen en afvoeren naar waar ze bestudeerd kunnen worden, was en is voorsnog voor het Nairobi National Museum geen werkbaar project.

Men heeft het trouwens druk genoeg met het bestuderen van het overvloedige materiaal dat wel verzameld kon worden – van zoogdierfossielen uit Neogene en Kwartaire afzettingen. Vaak zijn hierbij buitenlandse specialisten betrokken. Zo bestudeerde de Nederlandse paleontoloog Dick Hooijer, uit Leiden, fossiele paarden en neushoorns uit deze collecties. De versteende beenderen en kiezen bleven veilig in de collecties te Nairobi en werden niet te Leiden ondergebracht. Dat was vroeger wel anders, toen Eugène Dubois pionierswerk op Java verrichtte. 130 jaar geleden was er geen museale faciliteit op Java om dat materiaal veilig te stellen. Indonesië is thans wel in staat om daarin te voorzien.

Vindersgeluk

Vindersgeluk, dat overkwam Kamoya Kimeu in het district Turkana, toen hij, zittend in een Landrover, met open deuren moest wachten op de destijds fossielen rappende speurploeg die nog even bezig was. Zijn blik viel op de voet van een klein boompje, in de berm van het karrenspoor. Daaronder leken wat donkergekleurde beenresten te zien. Hij stapte uit, en stak ze voorzichtig los – het waren skeletfragmenten van een hominide. Verder gravende, bleken die te behoren tot een grotendeels compleet skelet van *Homo erectus*, het enige dat we tot nog toe kennen (afb. 2).

Deze prachtige vondst, gedaan langs de rivierbedding van de Nariotokome in 1984, is één van de belangrijke documenten in de evolutiegeschiedenis van de mens. Afb. 2 toont de vindplaats, met het monument ter gedachtenis ter plekke opgericht. Het skelet is ook het pronkstuk van het Nairobi National Museum, een instelling van wereldfaam mede dankzij het onvermoeibaar speuren van Kamoya Kimeu.

Het was voor mij een hele eer met deze sympathieke en intelligente man enkele dagen in het veld door te mogen brengen. Hijzelf werd geëerd met de LaGorce medaille van National Geographic, die hem in 1985 werd uitgereikt door president Reagan, en met een eredoctoraat aan de universiteit van Cleveland.



▲ Afb. 2. Het monument ter plaatse van Kimeu's topvondst. Foto: Jeroen van der Lubbe.