

Op geologische verkenning in Hongarije

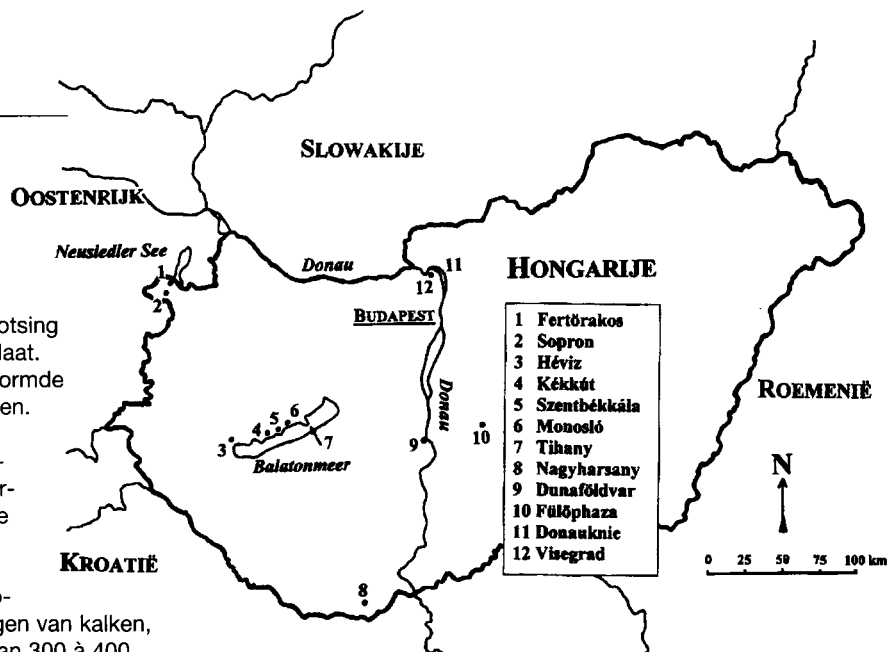
door Anneke de Jong
redactie: Mechteld Wisse

Hongarije is omgeven door het Karpaten-gebergte in het noorden en oosten; de Alpen in het westen en de gebergten van Kroatië en Servië in het zuiden. De Alpen en de Karpaten zijn beide plooiingsgebergten die tijdens de Alpiene gebergtevorming zijn ontstaan door de botsing van de Afrikaanse plaat tegen de Euraziatische plaat. Gelijktijdig met de vorming van deze gebergten vormde zich in een gebied van rek het Pannonische bekken. Dit bekken daalde tot zeeniveau en werd bijna geheel overspoeld door de voorloper van de Middellandse Zee (de Tethys). Nadat het land nog verder opgestuwd werd en de verbinding met de zee afgesloten werd ontstond een groot binnenmeer: de Pannonische Zee. Het huidige Balatonmeer vormt nog een restant van deze zee. In de Pannonische Zee werd een dik pakket Tertiaire afzettingen van kalken, kleien en zanden gevormd met een totale dikte van 300 à 400 meter. De zee droogde grotendeels op waardoor zich terrassen, zandduinen en moerassen gingen ontwikkelen. Dit gebied kennen we nu als de *puszta*. Het woord *puszta* wordt vertaald met: woestijn.

In de buurt van Sopron vlakbij de Oostenrijkse grens startten we onze geologische verkenning van Hongarije. Nabij het dorpje Fertőrákos bezochten we een voormalige kalksteengroeve. Over het aangelegde wandelpad dat boven langs de groeve loopt konden we genieten van het prachtige uitzicht op onder meer de Neusiedler See en omgeving. Een blik naast het wandelpad resulteerde in het vinden van een fossiel, een oesterachtige. Natuurlijk werd door mij als zandliefhebber wat kalkzand bij elkaar geschraapt. Ook daar bleken kleine fossiele deeltjes in te zitten. De enorme schachten, die ontstaan zijn door de eeuwenlange kalksteenwinning, worden tegenwoordig gebruikt als concertzalen tijdens festivals en gaven ons de kans even bij te komen van de enorme hitte buiten. In de groeve wordt geen toezicht gehouden, waardoor in alle rust de hele groeve verkend kan worden.



Afb. 1. Steenzee bij Szentbékállya.



Afb. 2. Rolstenenlaag in zandsteen bij Szentbékállya.

Het volgende verkenningspunt is het Balatonmeer: één van Europa's warmste en grootste meren. Het landschap is afwisselend en krijgt een steeds mediterrane tintje. De omgeving van het Balaton is geologisch zeer interessant door de steenzeeën en de vulkanische restanten in het noordwestelijk deel. Over het ontstaan van deze steenzeeën doen vele verhalen de ronde: een reus zou grote steenblokken over de zandvlakte hebben uitgestrooid. In werkelijkheid zijn de zandlagen onder invloed van vulkanische activiteit en de aanwezigheid van kiezel aan elkaar gecementeerd. Helaas zijn de meeste steenzeeën als gevolg van de grindwinning totaal verdwenen, maar bij het dorpje Szentbékállya zijn nog mooie formaties te vinden in de Kötenger Steenzee. Afb. 1. Voor de zandverzamelaar is de steenzee van Szentbékállya een eldorado: opvallend zijn de brokjes gekit grind in het zand en de veldspaten met glanzende vlakjes in het verder fantastisch afgeronde grind. Afb. 2.



Afb. 3. Basaltzuilen in de voormalige groeve van Hegyestu.

Na de steenzee vervolgden we onze route richting Zanka naar het plaatsje Monoszló, waar zich een voormalige basaltgroeve bevindt. Deze groeve wordt als een geologisch monument beschouwd en heeft de vorm van een enorm basaltorgel: Hegyestű, oftewel: *Pointed Needle*. Afb. 3. Beneden in de groeve is een klein overdekt museum met informatie over de geologie van Hongarije (voornamelijk in het Hongaars) en vitrines met de meest gevonden gesteenten en fossielen.

Er is zelfs een bakje met grind en zand daterend uit de tijd van de Pannonische Zee (15 miljoen jaar geleden). Een terras hoger vinden we een uitstalling van grote "zwerfstenen", keurig met de naam erbij, en tenslotte beklimmen we via een aangelegd pad de naald, alwaar we een prachtig uitzicht hebben over de naaste omgeving en het Balatonmeer.

In de buurt van het meer komen we door een aantal dorpen, waarvan de grond roodgekleurd is door rode zandstenen uit het Perm. De kerk van Felsőörs is volledig opgetrokken uit deze rode zandsteen. In deze omgeving worden de Permische zandstenen op grote schaal toegepast in de huisbouw.

Vanaf het Balatonmeer is het een half uurtje rijden naar het beschermde schiereiland Tihany, waar de in geologie geïnteresseerde alweer aan zijn trekken komt. Het schiereiland bestaat uit dikke lagen basalttuffen en heeft twee kratermeren, een binnen- en een buitenmeer. Deze zijn gevormd door vulkanische activiteit tijdens het Tertiair. Er zijn andere informatiebronnen die spreken van een veel jongere vulkanische activiteit tijdens het Pleistoceen. Het niveau van het binnenmeer (Belső-tó) ligt ongeveer 25 meter hoger dan het niveau van het Balaton. Op verschillende plaatsen is er nog sprake van postvulkanische activiteit. Alhoewel de geysers op het schiereiland zijn opgedroogd, zijn er nog steeds plekken waar warm tot heet water naar boven komt. In bijna geheel Hongarije is er sprake van postvulkanische activiteit in de vorm van hete bronnen met thermaal water, dat uit de diepte omhoog komt en heter is dan 30° C. Per dag komt in geheel Hongarije 350.000 m³ thermaal water aan de oppervlakte, waarvan het meeste wordt gebruikt om thermale baden te vullen. Deze bronnen staan bekend om hun genezende en verzachtende werking bij pijnen en allerlei kwalen. Alleen al de stad Budapest heeft zo'n 100 hete bronnen. Het mooiste en bekendste voorbeeld is het thermaalbad van Hévíz (= warm water) in het noordwesten van de Balaton-regio, net boven Keszthely. Dit kratermeer van 4,4 ha heeft een oppervlaktetemperatuur van ± 30° en is het bekendste en meest bezochte thermaalbad van Hongarije. Het water is radioactief en sulfaathoudend. De bron zorgt elke 28 uur voor totale verversing

van het water, waarmee specifiek reumatische aandoeningen worden behandeld. Ook de licht radioactieve modder wordt gebruikt. In 1860 stond er een badhuis en reeds de 14^{de} eeuw genoot de plaats bekendheid als bronnenbadplaats. De gehele entourage, het zwemmen tussen de waterlelies, maakt een bezoek aan dit thermaalbad tot iets bijzonders.

Na een weekje te hebben vertoefd in de regio van het Balatonmeer vervolgden we de reis in zuidelijke richting en streken we neer in Vajta (net onder Cece), waar een thermaalbad op loopafstand is. Dit bad is met z'n 40° bloedheet en je mag er ook alleen in drijven en hangen. Spelen en zwemmen is verboden. Zweten toegestaan. Na de vakantie was mijn pijnlijke overbelaste linkerarm verdwenen. Was dit het gevolg van het baden in het thermaalbad?

Vanuit Vajta bezochten we de puszta tussen Donau en Tisza. We probeerden de wandelende zandduinen te vinden bij Fülöpháza in het Kiskunság Nationaal Park, maar na enige kilometers lopen in de bloedhete zon kwamen we tot de conclusie dat dit waanzin was voor alleen een beetje zand. De meeste zandduinen bleken inmiddels toch al begroeid en het zand dat doorscheen tussen de weinige vegetatie was genoeg en is hetzelfde als op de onbegroeide duinen. We kozen voor de koele auto en keerden terug, maar niet zonder het eolisch afgezette zand. Natuurlijk bezochten we ook een folkloristische gebeurtenis: de *Pusztafahrt*, een must als je in Hongarije bent. Leuk om te ervaren en na de thermaalbaden toeristenattractie nummer één.



Afb. 4. De voormalige groeve te Nagyarsany in Zuid-Hongarije, die nu is ingericht als beeldtentoonstelling.

Op een tochtje richting de grens met Kroatië kwamen we weer in aanraking met de geologie. Het stadje Villány, dat bekendheid geniet door de wijn, bestaat uit lange rijen wijnproeverijen en kelders die de toeristen uitnodigen. Deze kelders zijn in de grond uitgegraven en de huisjes zijn er zo bovenop gebouwd. Het was verleidelijk, maar toch reden we liever naar de groeve die verderop ligt, bij Nagyarsány. Dit is een voormalige groeve die sinds 1968 een ontmoetingsplaats en werkplaats vormt voor beeldhouwers uit de hele wereld. De beelden van de kunstenaars worden in de groeve blijvend tentoongesteld. Er is een overdekte werkplaats, waar ook deze dag gewerkt werd. Achterin de groeve ligt nog wat ruw materiaal, waar af en toe in geboord is of waaraan begonnen is, maar nooit is afgemaakt. Afb. 4. Er schoten naar alle kanten prachtige hagedissen weg, toen ik verrukt mijn mooiste zandje van deze vakantie verzamelde:

erosiemateriaal uit een brok calciet. Ik kon de prachtige calciet-kristalletjes zo opscheppen.

Aan alles komt een eind, dus ook aan deze geologische verkenning van Hongarije, maar niet voor we op de terugweg de Donauknie bewonderd hadden. Tot mijn grote verrassing vond ik tussen de stenen, hoog op het strand aan de Donau bij Vise-grad, zand met een hoge concentratie van natuurlijk aangerijkte zware mineralen. Het bevatte erg veel magnetiet, verder wat ilmeniet, en ik zag ook de nodige fijne korrels granaat en het vulkanische mineraal hyperstheen. Met een klein taartvormpje op de platte verpakte magneet haalde ik de magnetiet eruit. Er zat zo veel in, dat de bodem van het vormpje geheel was bedekt. Eenmaal thuis maakte ik nog een complete magneetscheiding van de fractie: 122-263 μm en van de fijnste fractie: 63-122 μm . Dan is het monster geschikt om er polarisatiepreparaten van te maken. Ik besepte toen pas goed wat een geluk ik heb gehad om dit zware zand te kunnen verzamelen. Een paar weken later zou immers, door de hoge waterstand van de Donau, alles verdwenen zijn onder een laag slib en troep.

De Donauknie en misschien zelfs eerst het gebied stroomopwaarts, waar de Donau Hongarije binnenkomt, vormt een prima uitgangspunt voor een volgende vakantie. Hongarije is beslist de moeite waard voor de liefhebber van de schatten van moeder aarde. Wie naar Hongarije wil voor de geologie vergeet niet, dat de flora en fauna minstens zo aantrekkelijk zijn. Vogelaars kunnen hun hart ophalen, alleen al aan de ontelbare ooievaars die nestelen op hoge palen in bijna elk dorp. De uitgestrektheid van met name de puszta, met zijn kilometerslange zonnebloemvelden, maakt het noodzakelijk vooraf goed geïnformeerd te zijn aan de hand van o.a. informatie van het Hongaars Verkeersbureau en de ANWB.

Literatuur

Reisgids Hongarije ANWB;
The Kálmás in the Balaton Uplands;
Diverse brochures Hongaars Verkeersbureau;
Nelles Guide Hongarije.

VRAGEN STAAT VRIJ

Discussie over ^{18}O en ^{16}O in zeewater

Van onze GEA-donateur G.J.H. Oude Groote Beverborg te Borculo ontvingen we per e-mail de volgende vraag:

"Naar aanleiding van het artikel: "De dynamische aarde", door Dick van der Wateren in Gea december 2001, zou ik graag als opmerking plaatsen dat de Heer van der Wateren zijn in betoog betreffende de verdeling ^{16}O en ^{18}O in het oceaanwater stelt dat "Hoe warmer het zeewater is, hoe rijker het zal zijn aan de zware zuurstofisotoop ^{18}O ".

Echter H.J.A. Berendsen schrijft in zijn beroemde reeks Fysische Geografie van Nederland, Fysisch-geografisch onderzoek, thema's en methoden, tweede herziene druk 1997 (ISBN 90 232 3103 1) precies het tegenovergestelde. Op pag. 26 stelt Berendsen: "Bij hoge temperaturen kunnen zware isotopen de voor verdamping benodigde snelheden bereiken, bij lage temperaturen lukt dit niet. Bij lage temperaturen ontstaat daarom waterdamp waarin relatief meer lichte isotopen ^{16}O voorkomen. Het water dat achterblijft wordt daardoor relatief rijker aan ^{18}O ".

Overigens stelt van der Wateren in de rest van zijn artikel net als Berendsen dat in koude perioden het landijs rijk zal zijn aan het lichte ^{16}O . Ik vermoed dan ook slechts een "verspreking" van van der Wateren.

Ik hoop op een reactie in Gea."

Antwoord op het commentaar van G.J.H. Oude Groote Beverborg

Mijn uitleg van het gebruik van $\delta^{18}\text{O}$ ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$; verhouding van de stabiele zuurstof-isotopen O-18 en O-16) voor de reconstructie van klimaatverandering was misschien wat te versimpeld. Waarden van $\delta^{18}\text{O}$ in de kalkskeletten van foraminiferen zijn afhankelijk van zowel de (1) temperatuur van het zeewater als (2) het volume van de oceanen.

1. **Zeewater-temperatuur.** Wanneer calciumcarbonaat in zeewater langzaam kristalliseert (bijvoorbeeld in de vorm van kalkskeletjes), wordt daarin iets meer van het zware isotoop ^{18}O dan van het lichte ^{16}O ingebouwd. Die fractionering is afhankelijk van

de temperatuur van het zeewater: dit proces is bij hogere temperaturen minder effectief dan bij lagere.

De waarde van $\delta^{18}\text{O}$ in foraminiferen neemt toe bij afnemende zeewater-temperaturen.

2. **Oceaan-volume.** Het relatief lichte H_2^{16}O verdampt makkelijker dan het zwaardere H_2^{18}O . Wanneer zeewater verdampt, wordt het oceaanwater dus relatief zwaarder. Wanneer het lichte water, in de vorm van neerslag, weer in de oceaan terugkeert, verandert er niets. Dat is anders in perioden van wereldwijde afkoeling, waarbij een deel van de waterdamp in de vorm van ijskappen op het land achterblijft. De waarde van $\delta^{18}\text{O}$ in foraminiferen neemt dan ook toe bij afnemend volume van de oceanen (en toenemend volume van landijs).

Die twee effecten, zeewater-temperatuur en oceaan-volume, zijn niet eenvoudig van elkaar te scheiden. Vandaar dat $\delta^{18}\text{O}$ -waarden apart bepaald worden voor organismen, die op de diepe oceaanbodem leven (benthos) en voor organismen, die nabij het oppervlak leven (plankton). Omdat aangenomen kan worden dat de temperatuur van het diepe oceaanwater weinig verandert, geven $\delta^{18}\text{O}$ -waarden van benthische forams een goede indicatie van het volume van de oceanen in glaciële en interglaciële tijden. De $\delta^{18}\text{O}$ -waarden van planktonische forams zijn meer afhankelijk van de temperatuur van het water, waarin ze geleefd hebben. Waarschijnlijk is ongeveer 30 % van de verandering van de isotopen-samenstelling van het calciumcarbonaat het gevolg van variaties van de temperatuur.

Op deze manier kunnen zowel temperatuur-curven als landijsvolume-curven gemaakt worden, die klimaatverandering documenteren. Er zijn nog wat effecten, die het verhaal ingewikkelder maken, o.a. de invloed van het zoutgehalte van het zeewater, maar in grote trekken is dit het principe van het interpreteren van stabiele zuurstof-isotopen.

Dick van der Wateren
Landforms Research, Amstel AB to 256, 1011 PX Amsterdam,
wateren@landforms.org