

NIEUWE MEDEDEELINGEN  
O M T R E N T I J S H O L E N

DOOR

ANNA C. CROISET VAN DER KOP.

---

Wat ons de wijzen als waarheid verkonden,  
Straks komt een wijzer, die 't wegedeneert,

denkt men onwillekeurig, al heeft DE GÉNÉSTET met zijne ondeugende formule waarschijnlijk niet in de eerste plaats de natuurwetenschappen op 't oog gehad. Daar waren wij nu met onze Fugger-Deluc-theorie<sup>1</sup> omtrent het ontstaan der ijsholen vrij wel ingenomen en zelfs ten naastenbij dankbaar en voldaan, en ziet, daar komt in de jongste aflevering van *Petermann's Mittheilungen* EMIL TERLANDAY, leeraar aan het gymnasium te Kőszeg in Hongarije, ons verzoeken, revisie toe te staan van de volgens hem niet meer houdbare leerwijze. Geheele en volkomen wegcijfering der sinds de laatste jaren gevolgde meening is intusschen ook zijn doel niet. Hij geeft toe, dat de denkbeelden van dr. SCHWALBE voor een groot deel recht van bestaan hebben en heeft geen bezwaar, het goede in de uiteenzettingen van DELUC, bevestigd door de waarnemingen van FUGGER en TROUILLET, over te nemen, en wil eigenlijk van dezelfde materialen het wetenschappelijk stelsel opnieuw overeindzetten. Alzoo verdient zijne rede-  
neering te dezer plaatse mededeeling.

TERLANDAY was in de verschillende jaargetijden van 1892 in de gelegenheid, gedurende eenige dagen achter elkander waarnemingen

---

<sup>1</sup> Zie *Album der Natuur*, 1891: »De ijsholen en hun ontstaan».

te doen in de beroemde ijsgrot van Szilicze in het Gömörer-comitaat van Hongarije. De grot, die eene afhellende, lichte ruimte vormt, bevindt zich op een half uur afstands van Szilicze. Om tot haar door te dringen, moet men afdalen in eene kleine doliene<sup>1</sup>, die in het vlakke veld ligt en aan wier zuidelijk einde ter zijde hooge rots-wanden en -zuilen te voorschijn komen, terwijl zich aan den voorkant eene hooge rotsvlakte verheft, in wier basis de ruime ingang tot de grot is gelegen.

Toen TERLANDAY den 4den Januari 1892 de ijsgrot voor 't eerst betrad, was zij volkomen droog. De bodem was met stof overdekt, evenals het weinige ijs, dat midden op den bodem en verder naar binnen bij een breedten ijssval van het vorige jaar was achtergebleven. De gewelfde bovenwand was eveneens droog, slechts hier en daar hingen nog enkele kleine, wegs meltende ijskegels. Ongeveer in het midden van de grot, waar 's zomers de grootste ijszuil zich verheft, was de bodem volkomen droog en stoffig; ook het gewelf daarboven was droog, slechts uit eene groote spleet hing een kleine ijskegel van  $\pm 3$  dM. Alleen dicht bij den ingang aan de rechter- (westelijke) zijde hing een grootere kegel van de zoldering af; hij was ongeveer 5 M. lang en hield slechts op met druppelen, als de temperatuur in de grot beneden  $-3^{\circ}$  daalde. TERLANDAY sloeg dezen kegel af en vond een gelijksoortigen den 8sten April, toen hij zijne waarnemingen hervatte, opnieuw gevormd, maar deze was veel slanker, ook viel er geen druppel water meer af. Des te sterker was het druppelen en de ijsvorming onmiddellijk bij den ingang der grot in eene zich rechts (westelijk) bevindende kleinere en links (oostelijk) in eene grootere nis; bovendien was er op verschillende plaatsen druppeling merkbaar, meer of minder naarmate de temperatuur steeg of daalde. In het midden der grot hing een reusachtige ijskegel van wonderbare schoonheid, die wel is waar den vollen schoonen vorm, dien hij in Juli moet bezitten, nog lang niet had bereikt, maar wiens uiteinde toch nog slechts  $\pm 2$  M. van den bodem verwijderd was. In April was er dus reeds op verschillende plaatsen ijsvorming. Langs de wanden van de beide nissen waren iederen dag nieuwe ijskegels zichtbaar, die tot eene lengte van 2—7 cM. aangroeyden. Zulke kleine kegels vormden zich ook aan de oppervlakte van den grooten kegel, hoewel deze zelf over 't geheel slechts langzaam in dikte toenam.

---

<sup>1</sup> Trechtersvormige kuil.

Jammer genoeg zag TERLANDAY den kegel niet in volle schoonheid. Toen hij den 4den Juli ten derden male de grot bezocht, was de statige zuil, die, volgens het getuigenis van inwoners van Szilicze, reeds in het begin van Juni bodem en gewelf der grot verbond, door baldadige handen verwoest; alleen het onderste gedeelte was nog zichtbaar. De ijskegel, die in Januari de eenige groote was en in April nog bestond, was geheel verdwenen. Maar verder op in de grot waren boven den ijssval twee nieuwe ijsvormingen ontstaan, rechts en links van de middellijn. In April was te dier plaatse volstrekt geen gedruppel merkbaar, terwijl in Juni links een lange ijskegel naar beneden hing en zich rechts een ijszuil van den bodem tot aan het gewelf verhieft. Van beide vormen waren de overblijfselen in Juli zichtbaar, 't duidelijkt van de rechtsche, waarvan aan de zoldering een ijscylander van ongeveer 1 M. lengte en 3—4 dM. middellijn was overgebleven. Als men in aanmerking neemt, hoe langzaam de ijsvorming plaats had, dan moet die na den 15den April, den dag waarop TERLANDAY de grot verliet, nog langen tijd, wel tot in Mei, hebben voortgeduurd, voordat zij hare voltooiing bereikte en zuilen had doen ontstaan, zooals die, welke in het begin van Juni werden gezien.

Gedurende den zomer (4—16 Juli) en den herfst (2—5 October) had er onafgebroken een langzaam smeltingsproces plaats.

Om nu te kunnen nagaan, welken invloed de koude lucht, die in de grot was gedrongen en deze vulde, op hare temperatuur had, deed TERLANDAY voortdurend waarnemingen omtrent de overeenstemming tusschen de temperatuur der lucht binnen en buiten de grot. In de verschillende jaargetijden was het resultaat verschillend. In den winter veranderde de temperatuur in de grot in overeenstemming met die daar buiten zeer snel, wat het duidelijkt spreekt uit het verschil tusschen den koudegraad van den nacht en van den daarop volgende morgen :

1892. Januari.	4	5	6	7	8	9	10
	Temperatuur-minimum 's nachts.						
buiten (in de schaduw)	—13°	—9°	—7,2°	—5,6°	—6°	—5,4°	—4°
in de grot	—	—5,6	—4,8	—5	—4,4	—4	—3,4°
	Temperatuur-minimum 's morgens.						
buiten	—3°	—4,6°	—2,4°	—1,4°	—2°	—2°	0°
in de grot	—2,4	—3,4	—2,4	—1,8	—2	—1,8	—1,6

Anders was het met de temperatuur in de grot gesteld, toen de

buitenlucht warmer werd, zooals de waarnemingen van April aantoonen:

April 1892.	Buiten.		In de grot.			
	Minimum		Minimum		Maximum	6 u. 'av.
	's nachts	overdag	's nachts	8 u. 's morg.		
8	+10,4°	+13,4°	—	+1,4°	+3,6°	+1,2°
9	— 3	+10,6	—2°	0	0	—0,8
10	vorst	+12,2	—5	—1,6	—1,2	—1,2
11	vorst	+14,4	—5	—8,1	—1,6	—1,6
12	—5,4	+17	—4	—2	—1,4	—1,4
13	—0,4	+17	—2	—1,2	—1,2	—1,2
14	+6,2	+11,4	—1,8	—0,8	—0,8	—0,8
15	+7	+11,2	—1	—0,6	—0,6	—

In den zomer en in den herfst was de temperatuur in de grot bestendig boven het nulpunt, en wel in den zomer overdag afwisselend tusschen 0,6° en 0,8° en in den herfst steeds 1,4°. Eene uitzondering vormden alleen de nachten; dan daalde de thermometer buiten vaak tot +10° of tot +7°, en in zulke gevallen daalden de maximum- en minimum-thermometers in de grot 's zomers tot 0°; ook in den herfst was daling merkbaar.

Wat nu den invloed betreft van de koude buitenlucht op de temperatuur in de grot, zien wij uit de gedane waarnemingen, dat de laatste in den winter verandert met de lucht buiten de grot. Ingevvikkelder echter is de verhouding in het voorjaar. Al steeg de thermometer buiten nog zoo hoog, toch rees de kwikkolom in de grot niet dan uiterst langzaam tot het nulpunt, en alleen bij regenachtig weder steeg zij boven —1°. Onder die omstandigheden is het niet anders dan natuurlijk, dat de temperatuur in de grot gedurende het geheele voorjaar onder het vriespunt bleef. Maar nu is juist de vraag, of wij dat verschijnsel met FUGGER en TROUILLET aan den invloed van de in de grot gezonken koude lucht moeten toeschrijven, of met SCHWALBE behooren aan te nemen, dat de hollenwanden zelf eene bron van koude opleveren. Wel is waar daalt de temperatuur buiten in het voorjaar nog menigmaal onder 0° en vult de koude lucht ook die in de ijsholen aan; maar aan zulke aanvullingen te veel waarde te hechten, schijnt daarom niet steekhoudend, omdat de temperatuur in de grot in enkele uren vaak meer dan 4° steeg. Voegen wij daarbij de warmte van den bodem, dan wordt het verschijnsel nog moeilijker te verklaren. De invloed van de warmte van den bodem op onder-

aardsche ruimten is zoo groot, dat daar in het voorjaar onder gewone omstandigheden niet alleen geene ijsvorming plaats heeft, maar integendeel zelfs in de best gebouwde ijskelders voortdurend smelting is waar te nemen. Hoe is het dan te verklaren, dat in de ijsgrot van Szilicze, trots eene bodemtemperatuur van  $6^{\circ}$ — $7^{\circ}$ , zich in den loop van het voorjaar omvangrijke ijszuilen vormen en het afkoelen en bevriezen van het grondwater nog eenigen tijd aanhoudt na de laatste vorst?

Vooraf op het waarnemen van de temperatuur van het water, dat in de grot van het ijs druppelt, legde TERLANDAY zich toe, omdat op dat punt de beide heerschende theorieën omtrent het ontstaan van ijsholen verder van elkander afwijken. FUGGER, TROUILLET en DELUC beschouwen het doorsijpelende water eenvoudig als grondwater, dat in de grot wordt afgekoeld; SCHWALBE echter wil het geheele verschijnsel van ijsholen verklaren uit de temperatuur van dat doorsijpelende water, dat, volgens hem, reeds in de rotswanden sterk afgekoeld moet zijn.

TERLANDAY merkte in den winter aan het water, dat van den eenigen grooten ijskegel afdruppelde, niets bijzonders op. Slechts dat, 'twelk van het onderste gedeelte van den kegel viel, was van  $0^{\circ}$ ; naar het gewelf toe werd het steeds warmer; het steeg tot  $+3,4^{\circ}$  en bleef bij geregeld druppelen op  $+1^{\circ}$  tot  $+3^{\circ}$ . Water van die warmte kan natuurlijk niet als de hoofdoorzaak van de vorming van hollen beschouwd worden. Om volkomen zekerheid te krijgen, sloeg TERLANDAY vóór zijn vertrek den ijskegel stuk; de temperatuur van het water, dat nu onmiddellijk uit de rotsspleet druppelde, bedroeg  $+2,4^{\circ}$ .

In April evenwel was het water, dat van den reusachtigen ijskegel in het midden der grot druppelde, evenals dat in de beide nissen, bijna geregeld van  $+0,2^{\circ}$  of  $+0,4^{\circ}$ . Om zoo nauwkeurig mogelijk te werk te gaan, liet TERLANDAY de ijsvormingen tegen den wand der rechter nis afkrabben en plaatste den thermometer onmiddellijk tegen de spleet, waar het water doorsijpelde. Dit viel nu uit het gesteente dadelijk in het bakje, waarin de thermometer zich bevond, en toch was het niet warmer dan  $+0,2^{\circ}$ . Ongetwijfeld moest het dus reeds binnen den rotswand afgekoeld zijn.

Brengen wij met dat feit de in het oog springende droogte van de grot in den winter in verband, dan laat zich het verschijnsel gemakkelijker verklaren. Hoe toch kwam het, dat de sneeuw, die de oppervlakte der aarde bedekte, door de werking der zonnestralen

smolt en langzaam in den grond drong, slechts op eene plaats door den bovenwand der grot druppelde? Zooals wij zeiden, hield ook de winter-ijskegel op met druppelen, zoodra de temperatuur in de grot tot  $-3^{\circ}$  daalde; bovendien gaf in April de groote ijskegel in het midden der grot geen waterdruppels meer af, als het  $2^{\circ}$  vroom. Daaruit volgt, dat het de koude was, die het druppelen van het water in de grot verhinderde, en wel doordat zij het grondwater reeds in de spleten en kloven van het gewelf der grot deed bevroezen. Dat ijs begon, zoodra het warmer werd, bovenin die spleten, waar het zich in den winter 't meest had verzameld, te smelten, en dus was het koude neerdruppelende water, dat in April in het thermometerbakje viel, niets anders dan het gesmolten ijs, dat de rotsspleet had gevuld.

Toen TERLANDAY den 4<sup>en</sup> Juli opnieuw te Szilicze kwam, waren het in de eerste plaats de holenspleten, die zijne opmerkzaamheid trokken en wilde hij onderzoeken, of de spleten der linkernis met de van buiten zichtbare kloven in verbinding stonden. Buiten is ter plaatse van de nis eene laagte, die van boven en oostelijk door den rotswand zelf, westelijk echter door eene ophooping van puin wordt begrensd. In het groot gelijkt zij volkomen op de nis in de grot, alleen is haar grondvlak niet horizontaal, maar helt steil af naar den rotswand. Op verscheidene plaatsen waren er spleten tusschen den bodem en den rotswand; daardoor werden steenen geworpen, waarvan er vier onmiddellijk in de kloven der linkernis rolden en aldus duidelijk toonden, dat er eene vrije verbinding tusschen de laagte buiten en de spleten der grot bestaat. Nu is de ligging der laagte van dien aard, dat op een gedeelte er van de sneeuw onmiddellijk valt, terwijl het water der smeltende sneeuw vooral van het gesteente van den westelijken rotswand, maar ook van de overdekkende rotsen, dadelijk op den bodem der inzinking neervloeit. Als in den winter de sneeuw smelt, wordt eerst de bodem der laagte met eene ijskorst bedekt; maar daarna zet zich langs den afhellenden bodem de ijsvorming langzaam voort in de naar beneden zich uitstreckende kloven.

Bij het verlichten van donkere plaatsen in den hoek der nis zag TERLANDAY dan ook op eene plek de kloof zich verwijden tot eene kleine holte, wier wanden geheel met ijs overdekt waren. Naar boven toe zette de ijskorst zich voort in verscheidene kleine spleten; naar beneden echter deed zij water druppelen, dat den bodem der nis bevochtigde.

In de andere spleet, wier onderste gedeelte ver binnenwaarts ver-

licht kon worden, waren op eene diepte van ongeveer twee meter de beide wanden eveneens met eene ijskorst bedekt, die minstens een meter ver met het oog gevolgd kon worden. Ook bij de rechternis bevinden zich aan de buitenzijde verschillende spleten, die zich alle in de richting der nis uitstrekken, maar nauw zijn en gedeeltelijk door aarde verstoep. In die nis was het, dat in het voorjaar het snelste druppelen en de sterkste ijsvorming plaats had. In den zomer was die plaats de droogste der geheele grot, hoewel het in Juni aanhoudend had geregend. Het snelle neêdruppelen en de lage temperatuur van het water (bijna 0°) bij het droge weer in April is dus niet anders te verklaren dan door dat water als gesmolten ijs te beschouwen. Daar echter dit gedeelte der grot van buiten meer aan de werking der zonnestrallen is blootgesteld, was de ijsvoorraad in de kloven spoedig uitgeput.

Na het voorste gedeelte der grot werd de hoofdspleet aan een onderzoek onderworpen, die, waaronder zich de grootste ijszuil vormt. Zij begint reeds bij den ingang en volgt de middellijn der grot tot ver naar binnen. Boven den ingang, waar zij door eene reusachtig wigvormig rotsblok in tweeën wordt verdeeld, strekt zij zich tot aan de oppervlakte van het gewelf uit.

Op die plaats liet TERLANDAY eene groote hoeveelheid water, meer dan 100 L., uitgieten en kon duidelijk zien, hoe het langs beide zijden van het rotsblok in de spleet drong en zoo den weg aanwees, dien het sneeuwwater gewoon was te volgen. Ook de overige spleten der grot moeten, zooals hare lengte en breedte aanduiden, zich ver in het rotsgewelf uitstrekken en van buiten af water ontvangen. Dat nu desniettemin de grot 's winters droog is, vindt zijne natuurlijke verklaring in het feit, dat het water reeds in de spleten bevroest. Een en ander moest echter nog proefondervindelijk bewezen worden en daar was bezwaar aan verbonden, aangezien alle plaatsen in de kloven, waar naar alle waarschijnlijkheid ijs zou wezen, zeer hoog lagen. Met behulp van eene ladder gelukte het TERLANDAY echter twee plaatsen te bereiken, waar bovendien de grootere breedte der spleet en hare meerdere rechtheid ook de verlichting van binnen gemakkelijker maakten. In de kloof links van de hoofdspleet was langs den linkerwand en verder binnenwaarts langs beide wanden eene glinsterende ijskorst zichtbaar. De spleet, waaronder zich de winter-ijskegel had gevormd, was bijna geheel met ijs gevuld, zoodat maar eene kleine opening vrij bleef.

De overige, ontoegankelijke spleten geleken met hare vochtige randen en het koude neêrdruppelende water volkomen op de andere, zoodat aangenomen mag worden, dat ook het uit haar druppelende water afkomstig is van het ijs, dat hare wanden overdekt en daardoor zulk eene lage temperatuur aanwijst.

Uit alle waarnemingen van TERLANDAY volgt, dat in de kloven inderdaad ijsvorming plaats heeft. Bij het smelten der sneeuw in den winter wordt dat ijs in grootere hoeveelheid alleen in de bovenste deelen der kloven gevormd; bij rijzing der temperatuur en het succesievelijk binnendringen der warmte in de aarde smelt het en druppelt in de grot, waar het ijskegels vormt.

Zoo wordt dus de gesmolten sneeuw 's winters in de kloven tot ijs, en dit gesmolten ijs in het voorjaar tot de fraaie ijszuilen en ijskegels in de grot.

Dikwijls wordt bij de verklaring van het ontstaan der ijsholen ook aan de verdamping groote waarde gehecht. In den winter was de grot, zooals wij zagen, volkomen droog. Ook in April was de lucht in de grot nog helder, alleen was rondom de ijskegel 's morgens omstreeks 10 uur wat nevel zichtbaar, die echter tegen den namiddag verdwenen was. Ook gebeurde het wel, dat nevel van buiten in de grot drong en zich dan ijskristallen langs de wanden vormden. De vochtmeter, naast den grooten ijskegel opgesteld, wees afwisselend droogte of geringe vochtigheid aan.

Andere waarnemingen maakten den indruk van verdamping waarschijnlijk. Zoo was den 9den April de temperatuur buiten hooger dan  $0^{\circ}$ , ja, zij steeg voortdurend; daarentegen werd het in de grot steeds kouder. Ook had het in April 's nachts vaak plaats, dat de thermometer in de grot onder het vriespunt stond en zelfs nog wat daalde, terwijl zij buiten meer dan  $0^{\circ}$  aanwees.

In den zomer en in den herfst was het in de grot nevelachtig en de lucht met waterdamp gevuld; maar in droge nachten daalde ook in die jaargetijden de temperatuur in de grot regelmatig van  $+ 0,8^{\circ}$  tot  $0^{\circ}$ . Daarop kunnen ook het hollenijs en de koude der rotswanden, wier temperatuur steeds lager blijft dan die der lucht in de grot, invloed oefenen, maar met de verdamping dient ook rekening te worden gehouden. Immers als er bij regenachtig weer geene uitstraling naar buiten kan plaats hebben en de verdamping ophoudt, daalt de temperatuur weinig of niet.

Het resultaat, waartoe TERLANDAY's verschillende genoemde waar-



nemingen hem leidden, is, dat de theorie van DELUC, bevestigd door FUGGER en TROUILLET, in zooverre juist is, dat de lage temperatuur in de ijsholen in het nauwste verband staat, zoo niet afhankelijk is van de winterkoude. Daar echter, zooals ook FUGGER zelf beweert, de ijsvorming eerst in het voorjaar 't grootst is, meent TERLANDAY, dat die theorie niet voldoende den langen duur der koude in de grot en de lage temperatuur van het neerdruppelende water verklaart.

Met SCHWALBE wil hij aannemen, dat de wanden der grot eene bron van koude opleveren, zooals de lage temperatuur van het door de kloven sijpelende water getuigt. Maar tegenover de bewering van SCHWALBE, dat de afkoeling van het water een gevolg zou zijn van het druppelingsproces, de poreusheid of eenige andere eigenschap van het gesteente, stelt TERLANDAY de overtuiging, dat alleen de ijsvorming in de spleten gedurende den winter daarvan de oorzaak is.

Die ijsvorming in de rotskloven van het gewelf der grot beschouwt hij als eene noodzakelijke voorwaarde tot het vormen van 't latere holenijs. In de eerste plaats, omdat, indien zij niet bestond, de grot in het voorjaar, als juist de kegels en zuilen zich het schoonst ontwikkelen, slechts water zou bevatten, verwarmd door de aarde; en in de tweede plaats, omdat zij in de lente het binnendringen van de warmte in de hollenwanden tegenhoudt en daardoor de temperatuur in de grot zoo laag doet blijven als in den winter. Een zelfden invloed heeft de sneeuw, die zich voor den ingang der grot, op afhellenden bodem, ophoopt. Deze smelt slechts zeer langzaam en verzwakt niet alleen de kracht van de warme buitenlucht, maar werkt ook mede tot de vorming van het ijs op den bodem der grot. Een andere factor, waarmede men rekening moet houden, is de verdamping.

Zoo schijnt dan eene eerste voorwaarde tot het vormen van holenijs de zakvormige gedaante eener grot te zijn, zoodat de koude lucht er gemakkelijk binnendringen kan en niet dan moeilijk er uit verwijderd kan worden. Maar niet alle dergelijke hollen, zelfs indien zij water bevatten, zijn tevens ijsholen. Zij worden dat eerst, als hunne wanden in den loop van den tijd splijten en zich gedurende den winter in de kloven der gewelven eene aanzienlijke hoeveelheid ijs kan ophoopen.

---