

afb. 26. Dynamische ijsgrot. a: in de zomer. b: in de winter (naar Trimmel, 1968)

water bevrozen voor het in de grot kan doordringen. Streken van een gemiddelde geografische breedte zijn dan ook bij uitstek geschikt: in de winter vorst en sneeuwval en in de lente nog een temperatuur onder het vriespunt, terwijl dan buiten de sneeuw al begint te smelten en voor watertoevoer zorgt.

IJs in grotten vormt dezelfde formaties als kalksinter: druipijs aan het plafond, ijsfiguren op de grond, rijp op de wanden.

Een permanente ijslaag op de bodem van de grot kan soms tientallen meters dik zijn. Stromend water en wind modelleren het ijs tot soms bizarre vormen.

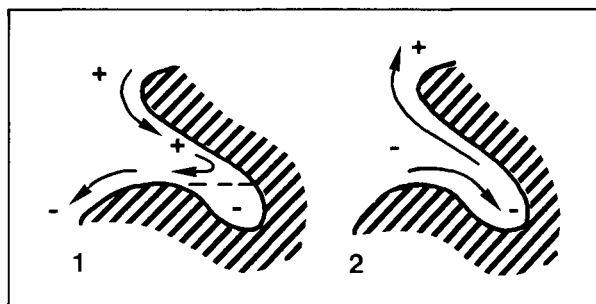
Het meeste ijs wordt in het voorjaar gevormd, het smelt voor een deel in de zomer en wordt dan de volgende lente op dezelfde plaats opnieuw afgezet.

Er zijn twee typen van grot geschikt om tot ijsgrot te worden. Ten eerste de **dynamische weergrotten**, die twee of meer ingangen hebben op verschillend niveau. Afb. 26.

Doordat warme lucht soortelijk lichter is dan koude lucht, zal de warme lucht in de grot in de wintermaanden door de boveningang de grot uitstromen. Koude lucht van buiten zal via de benedeningang de grot binnendringen. In de zomer, wanneer de temperatuur van de lucht in de grot lager is dan die van de buitenlucht, zal de (koudere) lucht uit de grot door de laagste opening naar buiten stromen, daarbij de lucht uit de hogere gedeelten van de grot 'meezuigend'. Door de boveningang stroomt nu warme lucht naar binnen. Deze zal echter door de lagere temperatuur van het omringende gesteente en door het afgeven van warmte aan het ijs, dat daardoor ten dele smelt, al snel een lagere temperatuur aannemen. Het ijs in

de bovenste gedeelten van de grot zal smelten, in het onderste gedeelte echter niet of in veel mindere mate. Een fraai voorbeeld van een dergelijke grot is de ook voor toeristen toegankelijke Eisriesenwelt ten zuiden van Salzburg.

Dan zijn er ook nog z.g. **statische weergrotten**, die slechts één opening bezitten. Hier is natuurlijk geen sprake van een doorgaande luchtstroom, hetgeen ook in de benaming tot uiting komt. Hier zakt in de winter de zwaardere, koude lucht in de grot en blijft daar ook gedurende de zomer. In de zomer stijgt de temperatuur slechts langzaam, er is immers geen luchtstroming. In de winter wordt de koude toestand weer hersteld. Ook hier blijft gedurende het gehele jaar ijs bestaan. Een voorbeeld van een dergelijk type grot is de Grotte de la Glacière, niet ver van Besançon, waar in de Romeinse tijd al ijs voor consumptie uit de grot werd gewonnen. Afb. 27.



afb. 27. Statische ijsgrot. 1: in de zomer; 2: in de winter (Trimmel, 1968).

Biospeleologie: levensvormen in grotten

In de vorige hoofdstukken zijn de grotten en de landschappen waarin zij voorkomen uitsluitend vanuit een geologische, of zo u wilt geomorfologische invalshoek bekeken. En dat is in een tijdschrift als *Gea* natuurlijk terecht.

Maar er valt meer te zien (en te doen) onder de grond. In de volgende hoofdstukken zal ik trachten u een indruk te geven van een aantal andere aspecten van de speleologie.

Allereerst de biospeleologie.

Grotten hebben door het ontbreken van licht een geheel eigen flora en fauna.

De flora is beperkt tot schimmels, bacteriën en enkele algen. De overige, groene, planten zijn voor hun stofwissel-

ing afhankelijk van het (zon)licht, en ontbreken dus geheel. Bacteriën b.v. kunnen daarentegen de nodige energie halen uit de omzetting van kalk in bergmelk (biochemische corrosie) en kunnen dus wel onafhankelijk van het licht in grotten verblijven.

Toch tref je dikwijls in grotten groene planten aan, maar dan alleen in voor toeristen ingerichte grotten. Dit is de z.g. lampenflora die groeit dankzij de elektrische verlichting. Dit is dus in feite een verontreiniging. In Zuid-Duitsland zijn al meer dan 80 soorten tot de lampenflora behorende planten geteld.

Met de dieren is het geheel anders gesteld. Op allerlei manieren komt voedsel de grot binnen (via water, vliegend, via uitwerpselen van dieren die de grot regelmatig bezoeken

b.v. vleermuizenmest, guano, enz.) zodat daar een leefgemeenschap kan ontstaan en blijven bestaan. De dieren die tot de grotdauna gerekend kunnen worden, kunnen in drie grote groepen worden onderscheiden:

1. de **trogloxenen**: dieren die de grot min of meer toevallig bezoeken (b.v. vossen, speleologen).
2. de **troglofielen**: dieren die regelmatig in grotten voorkomen doch deze bij tijd en wijle verlaten, b.v. om voedsel te zoeken (b.v. vleermuizen).
3. de **troglobionten**: dieren die aan het leven in grotten gebonden zijn.

Deze laatste categorie, die van de "echte" grottdieren, vertoont ook de specifieke aanpassingskenmerken aan het leven in volkomen duisternis: nutteloze organen als ogen en pigment ontbreken, en ter compensatie beschikken deze dieren over b.v. gevoeliger tastorganen (voelsprietten bij insecten, het zijlijnorgaan bij vissen).

Een prachtig voorbeeld hiervan is de in Joegoslavië voorkomende blinde en kleurloze grotsalamander *Proteus anguinus* Laur., de olm.

Sommige dieren, b.v. bepaalde kreeftachtigen, zijn geen echte grottdieren omdat zij ook in het grondwater voorkomen. Zij vertonen wel de aanpassingskenmerken van het

leven in duisternis. Een voorbeeld hiervan is de kreeftachtige *Niphargus*, een blind en kleurloos diertje dat ook in Zuid-Limburg in het grondwater voorkomt en in beekjes en waterputten kan worden aangetroffen.

De aanpassing aan het leven in grotten, zoals het verlies van ogen, het verlies van pigment, een lager levenstempo en verminderde voedselopname, noemen we **regressieve evolutie**. De bovengronds levende voorouders van de troglobionten bezaten natuurlijk wel gezichtsvermogen, pigment enz., maar deze kenmerken zijn niet noodzakelijk om in een grot te kunnen overleven.

Sommige eigenschappen, zoals hoge voedselopname en levenstempo, bemoeilijkten de kans op overleven juist. Andere eigenschappen, zoals het hebben van pigment, maken ogenschijnlijk geen verschil. Toch hebben de echte grottdieren ook die kenmerken verloren.

De combinatie van verandering door mutaties en natuurlijke selectie veroorzaakt een geleidelijk verdwijnen van die organen, die niet duidelijk noodzakelijk zijn om in het nieuwe milieu te overleven en bevordert het ontstaan van kenmerken die de overlevingskans vergroten.

Uiteindelijk is de soort dermate aangepast dat deze niet langer meer in staat is om de grot te verlaten. We noemen dan de soort troglobiont.

De paleontologie van grotten

Ook voor de paleontoloog kunnen grotten van belang zijn. De fossielen die hij daar aantreft zijn eveneens in drie groepen te verdelen, maar hier met heel andere criteria.

Allereerst zijn er de **overblijfselen** van planten en dieren in **het gesteente** dat de grot omgeeft, waarin de grot gevormd is. De grot vormt dan als het ware een geologische ontsluiting. Zo zullen in de wanden en plafonds in de Belgische grotten, die in Paleozoïsche gesteenten zijn gevormd, dikwijls brachiopoden en koralen te vinden zijn.

Dan zijn er de **'ingspoelde' fossielen**.

Met name voor de studie van uitgestorven eilandfauna's zijn de vondsten in grotten van bijzonder belang. Overblijfselen van uitgestorven landzoogdieren worden meestal in rivierafzettingen aangetroffen, maar op b.v. de eilanden in de Middellandse Zee ontbreken rivieren (en dus rivierafzettingen) en is de paleontoloog op het in grotten ingespoelde materiaal aangewezen.

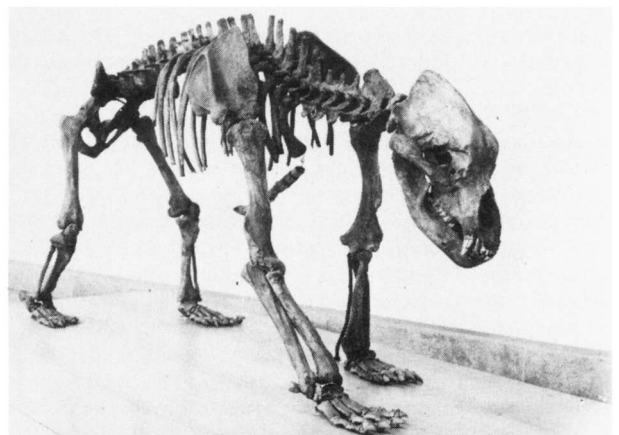
Een interuniversitaire werkgroep van Nederlandse paleontologen onderzoekt met dit doel al jaren de grotten van de eilanden in de Middellandse Zee en verkrijgt op die wijze informatie over de verspreiding en de leefwijze van b.v. olifanten en herten uit het Pleistoceen.

Het fossiele materiaal in grotten is dikwijls van goede kwaliteit, omdat in deze omgeving weinig schadelijke invloeden op de fossielen inwerken. De omgeving is kalkrijk en basisch (in tegenstelling tot b.v. een humusbodem, die zuur is), waardoor botten niet of nauwelijks worden aangetast; er zijn geen grote aaseters in grotten; het klimaat is er constant. Dit alles bij elkaar bevordert een goede fossilisatie.

Het bovenstaande gaat ook op voor de derde groep van fossielen in grotten: de restanten van de **dieren die in grotten voorkwamen** en aldaar stierven. Een bekend

voorbeeld daarvan is de holebeer (*Ursus spelaeus* Rosenmüller), een dier dat gedurende de Würm-periode van het Pleistoceen in Europa voorkwam en waarvan de overblijfselen in grote hoeveelheden in grotten zijn aangetroffen. Afb. 28. De Drachenhöhle bij Mixnitz in Oostenrijk b.v. bevatte de resten van naar schatting tussen 30 en 50.000 exemplaren.

De holeberen waren planteneters en leefden dus niet in grotten. Zij kwamen naar de grot voor hun winterslaap en de meeste dieren stierven gedurende de winter, b.v. omdat ze in de zomer niet voldoende reserves hadden kunnen opbouwen. Gedurende meer dan 10.000 jaren kwamen beren in dezelfde grot voor hun winterslaap, en



afb. 28. Holebeer (*Ursus spelaeus*) uit het Pleistoceen van Sauerland, B. R. D. De schouderhoogte is 1.15 m, de lengte 2.6 m. (collectie en foto: Geologisch Paläontologisches Museum, Münster, Westfalen)