

Het probleem is nog niet helemaal opgelost, maar meer en meer begint het idee post te vatten dat de holten aanvankelijk met een soort gel van siliciumoxide gevuld moeten zijn geweest (Landmesser, 1988). Daarna zijn tijdens de afkoeling microsferolieten van chalcedoon gaan kristalliseren vanaf volkomen willekeurige centra, maar vooral vanaf de buitenste rand van de lithofyse. De lagen zijn het resultaat van de interactie tussen sferolieten die met eenzelfde snelheid groeien (zie afb. 13 en afb. 6B). Sommige sferolieten vallen langzaam naar beneden in de holte, waar ze dan opgestapeld worden: zo ontstaan de horizontale "Uruguay"-banden die eerder vermeld zijn. De overgang van chalcedoon naar kwarts gebeurt bij nog lagere temperatuur, dan is de groei-snelheid immers lager en is een betere ordening van atomen mogelijk.

Zo komen we weer terecht bij één van de fundamentele wetten van de groei van kristallen: bij een hoge groeisnelheid krijgen atomen niet de kans om zich in een regelmatig rooster te rangschikken, en daarom ontstaan dan cryptokristallijne structuren; trage groei leidt daarentegen tot grotere, perfecte kristallen.

We moeten vooral niet verbergen dat het hier beschreven "model" nog veel leemten vertoont: hoe heeft de gel van siliciumoxide zich kunnen vormen, waarom is de centrale holte zo verschillend in iedere geode, wat is de precieze rol van colloïdale diffusie-fenomenen (bv. Liesegangse ringen)? Indien men enerzijds redelijk goed op de hoogte is van de gebeurtenissen in het magmatische stadium van de rhyoliet, en anderzijds ook van wat zich afspeelde tijdens de kristallisatie, dan blijft er toch nog het grote temperatuurinterval tussen 800°C en 400°C dat voorlopig al zijn geheimen blijft bewaren. De lithofysen blijven ons boeien en laten ons nog altijd dromen!

Met dank aan Drs. E.A.J. Burke voor de snelle en accurate vertaling van het manuscript, aan Mevr. F. Heermans voor het

beschikbaar stellen van haar lithofysen-materiaal ten bate van het onderzoek en de foto's, en aan Dr. C. Majer voor nuttig commentaar.

Literatuur

- Boucarut, M. & Santarelli, N. (1968) La "trilogie principale" dans le secteur de la "Louve" de Esterel, France. *Annales Fac. Sciences Marseille*, Tome XL, p. 31-45.
- Boucarut, M. (1971) Etude géologique et volcanologique du Massif de l'Esterel. Thèse d'Etat, Nice.
- Bordet, P. (1951) Etude géologique et pétrographique de l'Esterel. *Mém. Soc. géol. France*, 207 pp.
- Coquand, G. (1848) Description des terrains primaires et ignés du département du Var. *Mém. Soc. géol. France* (2), Tome III.
- Darluc, M. (1782) Histoire naturelle de la Provence.
- Landmesser, M. (1988a) Structural characteristics of agates and their genetic significance. *Neues Jahrb. Mineral. Abhandl.*, 159, pp. 223-235. De vele recente publikaties van deze auteur vormen de beste informatiebron voor de moderne theorieën over de vorming van agaat, o.a.:
- Landmesser, M. (1988b) Das Rätsel Achat. Strukturen, Probleme, Theorien; in: Achat, uitg. Münchener Mineralientage Fachmesse.
- Mari, G. (1979) Mines et minéraux de la Provence cristalline, 1 vol., Ed. Serre, 258 pp.
- Rosenbusch, H. (1910) Elemente der Gesteinslehre, 1 vol., 3. Ed., E. Schweizerbart'sche Verlag. Stuttgart, 692 pp.
- Von Richthofen, I. (1860) Studien aus den Ungarisch-Siebenbürgischen Trachytgebieten. *Jb. der k.-k. geol. Reichsanst.*, 180 pp.

Over de kwetsbaarheid van vindplaatsen

door Prof. Dr. J.F. Geys

Het volgende artikel geeft de inhoud weer van een lezing, door de auteur gehouden op de Stafdag 1991 van Stichting GEA op 9 maart jl. in Amersfoort, met als titel: Theoretische aspecten van de bescherming van "geosites".

De auteur, die als paleontoloog verbonden is aan de Rijksuniversiteit van Antwerpen, heeft zijn betoog voornamelijk gericht op fossielenvindplaatsen. Maar wat voor fossielsenvoorkomens geldt, is grotendeels ook op mineralenvindplaatsen van toepassing. Paleontologisch en mineralogisch geïnteresseerden kunnen met de hier ontvouwde ideeën hun voordeel doen.

Inleiding

Amateurs worden door de wetenschappers in de aardwetenschappen er soms van beschuldigd verwoestingen aan paleontologische sites aan te richten. Dit werkt een gevoel van misprijzen in de hand, waarbij niemand baat heeft. Het loont daarom de moeite om nuchter te analyseren in hoeverre paleontologische sites inderdaad kwetsbaar zijn en in hoeverre de activiteiten van amateurpaleontologen tot die kwetsbaarheid bijdragen.

Op verschillende manieren worden plaatsen waar fossielen voorkomen (paleontologische sites) door de mens gebruikt. Elke vorm

van gebruik, ook die welke het meest onschuldig oogt, brengt zekere vormen van schade met zich mee. Of die schade binnen aanvaardbare perken blijft, of niet, hangt af van een aantal factoren, waarvan de aard van de site, het soort gebruik dat ervan wordt gemaakt en ook de "waarde" van de site, de belangrijkste zijn. Bovendien staan vele paleontologische sites, ook bij het ontbreken van elke vorm van "gebruik", bloot aan natuurlijk verval. Om de schade aan paleontologische sites op een ernstige wijze te kunnen evalueren, met andere woorden om hun graad van kwetsbaarheid te kunnen bepalen, zullen we die elementen (site-typologie, schadefactoren, waarde-evaluatie) bondig trachten te analyseren. Uitgaande daarvan zullen we nagaan welke maatregelen eventueel mogelijk zijn om de kwetsbaarheid van bijzonder waardevolle sites te verminderen. Dit zal erop neerkomen dat we ons zullen afvragen of het beschermen van bepaalde sites in het belang is van de paleontologie, en zo ja, welke sites dan wel beschermd dienen te worden.

Indeling van sites

Omdat de kwetsbaarheid van een paleontologische site onder meer afhangt van de aard ervan, wil ik eerst een sites-typologie ontwerpen. Ik stel voor om de volgende morfologische types te onderscheiden:

- I. **Zichzelf verjongende natuurlijke ontsluitingen:** rivier- en meeroevers, bergtoppen, kustkliffen, e.d.

- II. **Zichzelf verjongende kunstmatige ontsluitingen:** actief geëxploiteerde groeven, e.d.
- III. **Ontsluitingen die zichzelf niet verjongen:** verlaten groeven, wegbermen, heuvelflanken, e.d.
- IV. **Tijdelijke ontsluitingen:** bouwterreinen, e.d.
- V. **Niet-ontsluitingen:** akkers, e.d.
- VI. **Ex-situ sites** (sites met van elders aangevoerd materiaal): storthopen, e.d.
- VII. **Grotten.**

Niet alle paleotypes zijn even waardevol. "Waarde" wordt o.a. bepaald door de aard van de interessepunten die er bestudeerd kunnen worden, de daartoe toegepaste technieken, de soort gebruik die van de site wordt gemaakt, de bezoeksintensiteit, enz. Ik stel voor zes waardecategorieën te onderscheiden:

- a. **"fossilagerstätten"**, d.w.z. vindplaatsen van fossielen in uitzonderlijke bewaringstoestand;
- b. **"bonebeds"**, d.w.z. vindplaatsen van in hoofdzaak fossiele viervoeters;
- c. **"stratotypen"**, d.w.z. standaardontsluitingen van een of andere stratigrafische eenheid;
- d. **"sites met zeldzame mineralen"**;
- e. **"sites die van belang zijn voor de algemene geologie, of die een opvoedkundige of historische waarde hebben"**;
- f. **"sites met matige tot geringe wetenschappelijke waarde"**.

Uit het volgende zal blijken, dat elk van deze typen op een verschillende wijze onderhevig is aan schade.

Schadefactoren

De schade die ontstaat aan paleontologische sites is voor een deel te wijten aan volledig natuurlijke factoren en voor een deel aan het gebruik dat de mens ervan maakt.

Natuurlijk verval

Alle materialen aan het aardoppervlak staan bloot aan verschillende vormen van verwerking: fysische verwerking ten gevolge van temperatuurschommelingen, chemische verwerking als resultaat van de samenstelling van het neerslagwater, biologische verwerking als gevolg van de activiteit van levende wezens. Zelfs de hardste gesteenten ontsnappen op lange termijn niet aan totale desintegratie ten gevolge van deze processen. Als het materiaal, dat door verwerking uit zijn verband werd losgemaakt, ook nog op een of andere wijze verplaatst wordt (bijvoorbeeld door stromend water of door wind), dan spreekt men van erosie. Verwerking en erosie zouden we in deze context kunnen samenvatten als "natuurlijk verval". Ook paleontologische sites staan bloot aan dit soort processen. Enerzijds worden natuurlijke ontsluitingen (type I) verjongd door erosie en maakt verwerking fossielen vrij uit het gesteente dat hen omgeeft, anderzijds worden fossielen die aan het aardoppervlak liggen, snel of minder snel, door dezelfde processen totaal vernietigd. Het is duidelijk dat vooral ontsluitingen die zichzelf niet verjongen en niet-ontsluitingen te lijden hebben van natuurlijk verval.

Exploitatie van grondstoffen

Deze factor is in vele opzichten vergelijkbaar met het natuurlijk verval, maar werkt gewoonlijk veel sneller. Ten gevolge van de exploitatie worden groeven en gelijksoortige kunstmatige ontsluitingen verjongd en worden talloze fossielen uit het omringend gesteente vrijgemaakt. Anderzijds worden bijna evenveel fossielen als gevolg van dezelfde soort activiteit vernietigd in breekmolens e.d.

Wijzigingen in bodemgebruik

Vele paleontologische sites kunnen totaal vernietigd worden door een wijziging in het bodemgebruik van de plaats waar ze zich bevinden. In het kader van een ruilverkaveling kunnen vele kleine ontsluitingen van de types I, III, V en VI verloren gaan. Door kanalisaties of kustverdedigingswerken gaan ontsluitingen van het type I soms definitief verloren onder een laag beton. Sites van

het type III worden vaak geselecteerd als opslagplaatsen voor afvalstoffen. Vele andere voorbeelden zijn mogelijk (bebouwing, militaire oefenterreinen, ...). Dit soort schadefactoren is niet selectief op de fossielen zelf gericht, maar vernietigt wel de hele site.

Schade door andere vormen van gebruik door de mens

Paleontologische sites ondervinden soms de druk van recreatief, sportief, didactisch of wetenschappelijk gebruik. Sommige vormen van gebruik zijn relatief onschuldig, andere zijn op vrij eenvoudige manier in toom te houden (matigen van hamergebruik tijdens excursies), nog andere kunnen aanzienlijke schade aanrichten als de activiteit op ondoordachte wijze gebeurt (alpinisme, wintersport, speleologie, crossing, ...). Allemaal richten ze echter op een of andere manier schade aan. Zelfs het wetenschappelijk onderzoek laat op kwetsbare paleontologische sites, zoals types III en VII, blijvende sporen na.

Verzameldruk

Het spreekt vanzelf dat ook de verzamelaar, wat ook zijn beweegredenen zijn en welke technieken hij ook gebruikt, eveneens sporen nalaat op de paleontologische sites die hij gebruikt. Daarvan dient hij zich bewust te zijn. Bovendien moet hij trachten de aangerichte schade te minimaliseren, door zijn technieken aan te passen aan de aard van de ontsluiting. Het gebruik van zware mechanische werktuigen en springstoffen zijn, zonder vergunning, volstrekt uit den boze, op welke site dan ook. Naar mijn mening is bovendien ook het gebruik van handwerktuigen met een gewicht hoger dan 1,5 kg, of met een steel langer dan 30 cm, op veruit de meeste sites overbodig en zelfs schadelijk. De verzamelaar dient zich eveneens te beperken tot het wegnemen van dat materiaal dat hij denkt nodig te hebben voor eigen gebruik. Slechts in uitzonderlijke gevallen zijn paleontologische sites in staat om de druk van een commerciële exploitatie op te vangen. Op alle andere sites dient men zich daarvan te onthouden. Het behoort tot de taken van beursinrichters om erover te waken dat geen materiaal in de handel wordt gebracht dat afkomstig is van kwetsbare sites.

Het beschermen van paleontologische sites

Alvorens na te gaan in hoeverre de verschillende typen van paleontologische sites een of andere vorm van bescherming verdienen, worden eerst enige algemene bedenkingen geplaatst.

Eerst en vooral dient te worden opgemerkt dat paleontologische sites schade lijden onder tal van factoren. De verzameldruk is slechts één daarvan, deze speelt in het geheel een relatief onbeduidende rol en zal, waar dat nodig is, vrij eenvoudig te beteugelen zijn. Veel grotere schade aan het paleontologisch patrimonium van de wereld wordt toegebracht door de natuur zelf, ten gevolge van de exploitatie van grondstoffen, en als gevolg van veranderingen in plaatsbestemming.

Het is overduidelijk dat de amateur niet op zijn plaats is op bijzonder kwetsbare en wetenschappelijk waardevolle sites, zoals die welke eerder beschreven werden onder a en b. Dergelijke sites dienen te allen tijde en overal volledig beschermd te worden, niet alleen tegen de activiteiten van amateurs en handelaars, maar ook tegen andere vormen van degradatie, ten gevolge van exploitatie, verkaveling, opvulling, militaire activiteiten, enz. De strijd om de groeve Messel, enkele jaren geleden, is daar een sprekend voorbeeld van. In Frankrijk daarentegen vond men het nodig om de waardevolle site van Plan de Canjuers op te nemen in een militair oefenterrein.

Eventuele bescherming van sites mag niet alleen bestaan uit repressieve maatregelen. Het beschermen van een site houdt ook in dat een zekere vorm van beheer noodzakelijk is. Dat beheer moet ook onderhoud omvatten, zodat de site niet ten prooi valt aan natuurlijk verval. Een waardevolle site heeft ook een pedagogisch, didactisch en recreatief belang. Optimaal ware daarom dat dergelijke sites toegankelijk konden worden gemaakt voor het grote publiek, dat door middel van voorlichting (rondleidingen, panelen, brochures, ...) overtuigd kan worden van het grote belang van de site in kwestie en van de noodzaak tot

Tabel I							
	type I	type II	type III	type IV	type V	type VI	type VII
a	Verzamelen van vrij liggende specimina toegelaten	Omvormen tot type IIIa	Volledige bescherming	Omvormen tot type IIIa	Omvormen tot type IIIa	Geen beperkingen	Volledige bescherming
b	Verzamelen van vrij liggende specimina toegelaten	Omvormen tot type IIIb	Volledige bescherming	Omvormen tot type IIIb	Omvormen tot type IIIb	Geen beperkingen	Volledige bescherming
c	Matig verzamelen toegelaten	Geen beperkingen	Matig verzamelen toegelaten	—	—	—	Volledige bescherming
d	Verzamelen van vrij liggende specimina toegelaten	Omvormen tot type IIIc	Matig verzamelen toegelaten	Omvormen tot type IIIc	Omvormen tot type IIIc	Matig verzamelen toegelaten	Volledige bescherming
e	Matig verzamelen toegelaten	Geen beperkingen	Matig verzamelen toegelaten	Omvormen tot type IIle	—	—	Volledige bescherming
f	Geen beperkingen	Verzamelen aangemoedigd	Matig verzamelen toegelaten	Verzamelen aangemoedigd	Geen beperkingen	Geen beperkingen	Matig verzamelen toegelaten

bescherming. Vanzelfsprekend is bewaking noodzakelijk. En tenslotte moet het allemaal ook economisch haalbaar zijn. De moeilijkst te beheersen schadefactor is het natuurlijk verval. Dit kan in feite alleen maar door de site, of zijn fossielen, te isoleren. Slechts voor enkele zeer waardevolle sites zal het lonend zijn de hele site te overkoepelen. Dit is gebeurd op enkele zeer spectaculaire sites in de U.S.A., zoals Dinosaur N.M. en de Mammoth Site te Hot Springs (SD). In alle andere gevallen bestaat de beste bescherming erin de fossielen zelf in veiligheid te brengen, d.w.z. ze te verzamelen. Dit houdt in dat de paleontologie er baat bij heeft dat fossielen die aan de oppervlakte liggen opgeraapt en meegenomen worden door geïnteresseerde en serieuze verzamelaars, beroeps of amateur.

Laten we nu de sites-typologie nog even doorlopen en geval per geval bekijken aan welke schadefactoren die sites blootstaan en op welke wijze die schade beperkt kan worden. Zie Tabel I.

Type I, "zichzelf verjongende natuurlijke ontsluiting". De belangrijkste schadefactor is hier ongetwijfeld het natuurlijk verval, dat tegelijkertijd de site in stand houdt en de vrijgekomen fossielen vernielt. Het ligt voor de hand dat het oprapen en veilig stellen van losliggend materiaal hier eerder moet worden aangemoedigd dan betoeteld. Dit geldt ook voor sites van het type Ic (stratotypes). De maatregelen die onlangs op sommige plaatsen in Frankrijk werden genomen getuigen daarom van grote kortzichtigheid. Sites van de types Ia en Ib verdienen daarentegen wel een vorm van bescherming. Een voorbeeld van hoe het hoort, is het kustklif van Joggins in Nova Scotia, Canada. Het verzamelen van oppervlakkig materiaal wordt toegestaan mits vergunning. Deze is gratis te verkrijgen op eenvoudige aanvraag. Wel eist men, wanneer de zoekers de site verlaten, een inventaris van het verzamelde materiaal, zodat men weet waar dat materiaal heen is. Zie afb. 1 en 2.

Type II, "zichzelf verjongende kunstmatige ontsluitingen". De kwetsbaarheid van dit soort sites spruit in de eerste plaats voort uit de soort processen waardoor ze ontstaan zijn en in stand gehouden worden, m.a.w. de exploitatievorm. In veruit de meeste gevallen zal het gaan om groeven waarin een of andere minerale grondstof wordt gedolven: klei, zand, krijt, steenslag, enz. Eventuele verzamelruimte speelt slechts een oneindig kleine rol bij het beschadigen van dergelijke sites. Integendeel: vanuit het standpunt van de paleontologie kan het verzamelen van fossielen op dit soort sites niet genoeg worden aangemoedigd: alle materiaal dat niet wordt verzameld zal immers in breekmolens verdwijnen. Verzamelen op een site van type II kan daarom in zekere zin gelijk worden gesteld met een reddingscampagne. Afb. 3. Daar staat tegenover dat de activiteiten van een te groot aantal verzamelaars, vooral wanneer deze zich ongedisciplineerd gedragen, de irritatie opwekken van exploitanten en eigenaars, met toegangsverbod als resultaat. Dit kan de bedoeling niet zijn. Afb. 4.

Er bestaan enkele sites van type II, die uitsluitend geëxploiteerd worden omwille van de fossielen die men er vindt. De groeven rond Kemmerer (Wyoming, USA), Holmaden, Monte Bolca, zijn daar voorbeelden van. Men kan zich moeilijk voorstellen dat verzamelaars activiteiten op dergelijke sites een probleem zouden kunnen vormen. Wel zal de verzamelaar zich moeten



Afb. 1. Badlands National Park, South Dakota, USA. In dit soort landschap komen tal van vindplaatsen van fossiele vertebraten voor. Omdat badlands van dit type onder invloed van neerslag voortdurend vernieuwd worden, kunnen we van Ib-sites spreken.



Afb. 2. Tjörnes, IJsland. Dit kustklif is de enige plaats op IJsland waar mariene afzettingen uit het Mioceen (Tertiair) dagzomen. Deze site is dan ook voor de IJslandse geologie van bijzonder groot belang. Het kustklif van Tjörnes is daarom te beschouwen als een Ie-site, die enige vorm van bescherming verdient. Toch kan het verzamelen van fossielen er op beperkte schaal getolereerd worden.

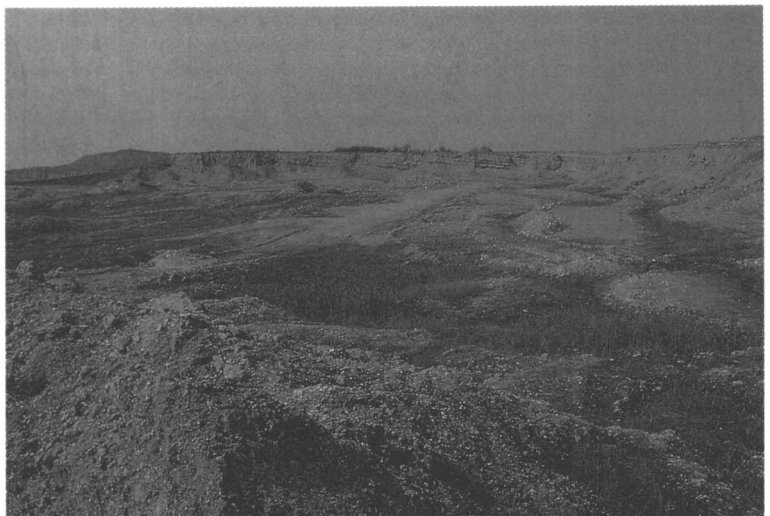
Afb. 3. Wierzbica, Polen. In een enorme groeve worden, ten behoeve van de cementproductie, uiterst fossilrijke kalksteen- en mergellagen uit het Kimmeridgien (Boven-Jura) ontgonnen. De meeste fossielen zijn vrij algemene, mariene invertebraten. De groeve van Wierzbica is een typisch voorbeeld van een IIc-site, waarin het verzamelen van fossielen eerder aangemoedigd dan verboden dient te worden.

Afb. 4. La Calamine, België. In deze kleine zandgroeve is Akens Zand (Boven-Krijt) ontsloten; er komen brokken verkiezeld hout voor en af en toe worden ook andere plantenresten gevonden. Het wetenschappelijk belang van deze ontsluiting is niet van dien aard dat enige beperking op de activiteiten van verzamelaars gerechtvaardigd is. Integendeel. Wel kan een grote toeloop van verzamelaars in deze kleine ontsluiting erg hinderlijk voor de exploitatie worden en de wrevel van de eigenaar opwekken. Een ander voorbeeld van een IIc-site.



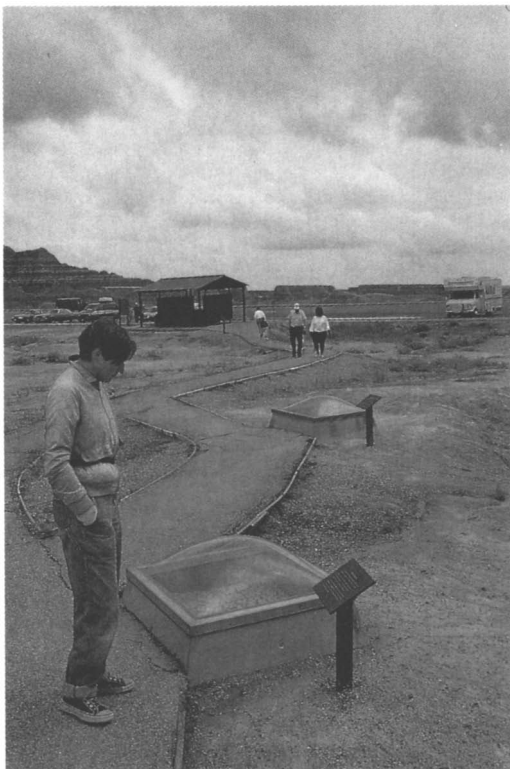
verzoenen met het feit, dat de eigenaar of exploitant van een dergelijke site onder een of andere vorm een vergoeding vraagt voor de toelating tot verzamelen. Die vergoedingen, evenals de verkoop van overtollig materiaal, kan de nodige fondsen opleveren om de site in stand te houden, zolang men er maar over waakt dat geen wetenschappelijk belangrijk materiaal in het handelscircuit verdwijnt. De site van Messel biedt in dat opzicht bepaalde perspectieven. Sites van types IIa en IIb verdienen bescherming, ook al zal het niet altijd eenvoudig zijn om eigenaars en exploitanten daarvan te overtuigen. Het beschermen van sites van type IIc is weinig zinvol.

Type III, "ontsluitingen die zichzelf niet verjongen". Sites die niet verjongd worden zijn bijzonder kwetsbaar voor allerlei schadelijke factoren: natuurlijk verval, wijzigingen in de bestemming, verzameldruk en andere. Overdreven verzameldruk kan in type-III-sites leiden tot volledige uitputting. Anderzijds is het ook wel zo dat vele type-III-sites juist door de activiteiten van verzamelaars open gehouden worden. Sites van types IIIa en IIIb behoeven natuurlijk volledige bescherming, niet alleen tegen ongeoorloofd verzamelen en verandering in bestemming, maar ook, en dit wordt in Europa bijna



systematisch over het hoofd gezien, tegen natuurlijk verval. Dit laatste houdt in dat beschermde sites van type III ook onderhouden moeten worden. Op type-IIIa- en type-IIIb-sites gebeurt dit het best door bevoegde overheidsdiensten. In de USA is dat in een aantal gevallen de National Parks Service, zie afb. 5. Type-IIIc-, type-IIId- en type-IIIf-sites worden naar mijn gevoel op de meest economische manier open gehouden door het verzamelen er gewoon toe te staan, al of niet met zekere beperkingen (bijvoorbeeld het gewicht van het gebruikte materiaal). Beperkingen zijn inderdaad soms wenselijk, als we bedenken welke ravages sommige (meestal commerciële) verzamelaars kunnen aanrichten. Dat soort vandalisme ligt aan de bron van beschermingsmaatregelen, die op een aantal plaatsen door de lokale overheid worden genomen, en die m.i. meestal veel te ver gaan.

Type IV, "tijdelijke ontsluitingen". Het heeft vanzelfsprekend doorgaans weinig zin om tijdelijke ontsluitingen te beschermen. Toch kan het gebeuren dat openbare werken sites aan het licht brengen met grote wetenschappelijke waarde, zodat we van type-IVa- en type-IVb-sites zouden kunnen spreken. De ontdekking van de Mammoth Site te Hot Springs (South Dakota) is daar een voorbeeld van. Afb. 6. In België had



Afb. 5. Badlands National Park, South Dakota, USA. Sommige vindplaatsen van fossiele vertebraten werden ten behoeve van bezoekers van een infrastructuur voorzien. De fossielen worden er in situ beschermd door middel van een koeplaatje van plexiglas. Zo worden Ib-sites op verantwoorde wijze omgevormd tot IIIb-sites, onder volledige bescherming.

Afb. 6. The Mammoth Site, te Hot Springs, South Dakota, USA. Een IVb-site, die met veel succes werd omgevormd tot een beschermde IIIb-site.

Hoegaarden een "petrified forest" kunnen bezitten, ware deze site niet terug verdwenen onder de begroeiing van de autowegberm. In dergelijke gevallen kan het de moeite lonen om de plannen van de werken dermate aan te passen dat de site behouden kan blijven, zodat een type-IIIa- of IIIb-site ontstaat. Het kiezen van stratotypen in tijdelijke ontsluitingen moet worden vermeden. Type-IVc-sites horen dan ook niet te bestaan. Op type-IVf-sites, en zelfs op IVa- en IVb-sites waarvan de bescherming niet haalbaar blijkt, kan vanuit het standpunt van de paleontologie het verzamelen niet genoeg worden aangemoedigd. Door het tijdelijke karakter van deze sites komt het erop aan zoveel mogelijk materiaal in zo kort mogelijke tijd in veiligheid te brengen, waarbij uiteraard ook de belangen van aannemer en bouwheer niet uit het oog mogen worden verloren.

Type V, "niet-ontsluitingen". Het beschermen van type-V-sites is, vanuit wetenschappelijk oogpunt, doorgaans weinig zinvol. Type-Va- en Vb-sites zouden eventueel kunnen worden omgevormd tot type-IIIa- en IIIb-sites, indien de "waarde" ervan zo'n ingreep rechtvaardigt. Type-Vc-sites horen niet te bestaan; type-Vf-sites behoeven in de regel geen enkele vorm van bescherming. Ten hoogste kan men overwegen om de verzamelactiviteit er dermate te beperken, dat de belangen van grondeigenaars en exploitanten gevrijwaard blijven. Afgezien daarvan is het echter in het belang van de paleontologie om verzamelactiviteit op type-V-sites te stimuleren.

Type VI, "ex-situ sites". Het beschermen van type-VI-sites is zelden zinvol, omdat het materiaal er niet meer in-situ is, zodat een aanzienlijk deel van de informatie reeds verloren is gegaan. Toch bestaan er type-VIa- en VIb-sites die bescherming waard zijn, omwille van de zeer bijzondere aard van de fossielen die er worden gevonden. Zo wordt te Writhlington een oude storthoop beschermd, om wetenschappers en verzamelaars de kans te geven de vele fossiele insecten uit het Carboon te bergen, die er worden gevonden. Van overdreven verzameldruk op zulke sites kan nauwelijks sprake zijn. Het verzamelen dient er zelfs eerder te worden aangemoedigd. De grootste bedreiging voor type-VI-sites bestaat in veranderingen van bestemming.

Type VII, "grotten". Grotten zijn een geval apart. Het is het enige type waar natuurlijk verval een ondergeschikte rol speelt, en waar

de menselijke activiteiten, in alle vormen, zowat de enige belangrijke bedreiging vormen. Paleontologische sites in grotten bestaan bijna altijd uit thanatocoenen: de dieren zijn er fossiel bewaard gebleven op de plaats waar ze geleefd hebben en/of omgekomen zijn. De precieze plaats en de oriëntatie van elk fossiel bevat daardoor onvervangbare informatie over zijn levenswijze en over de structuur van het ecosysteem waarvan het deel uitmaakte. Type-VII-sites zijn daardoor altijd van groot wetenschappelijk belang. Bovendien zijn ze erg kwetsbaar. Elke vorm van menselijke activiteit riskeert de site te beschadigen. En hier bestaat de grootste dreiging wel degelijk uit het onoordeelkundig verzamelen door amateurs en handelaars. Grottenmateriaal dat uit zijn context wordt gelicht, zonder dat de gegevens daarover zeer nauwkeurig en volgens bepaalde normen worden vastgelegd, is wetenschappelijk waardeloos. Het verzamelen in grotten is daarom niet het werk van amateurs. Type-VII-sites verdienen dan ook een volledige bescherming tegen het ongeoorloofd verzamelen. Beursorganisatoren dienen erop toe te zien dat geen materiaal uit grotten te koop wordt aangeboden: dergelijk materiaal is immers bijna steeds afkomstig van illegale plunderingen, die aan de paleontologie veel schade toebrengen.

Besluit

Paleontologische sites kunnen schade oplopen door tal van factoren, waaronder het natuurlijk verval en veranderingen in bodemgebruik veruit de belangrijkste zijn. Overdreven verzameldruk kan slechts hier en daar een echt belangrijke schadefactor worden genoemd. Wanneer paleontologische sites bescherming behoeven, dan moet die bescherming niet alleen en uitsluitend bestaan uit het beteugelen van verzamelactiviteiten, maar moet ook aan beide andere schadefactoren voldoende aandacht worden besteed.

Uitgaande van de reeds eerder voorgestelde typologie, kan worden gesteld dat alle sites van de types a, b, c en d een vorm van bescherming verdienen. Verzamelactiviteiten dienen beperkt te worden op sites van type a, b en c. Totaal verzamelvebod, behalve onder toezicht en met vergunning, is slechts aangewezen op sites van het type Ia, Ib, IIa, IIb, IIIa, IIIb en VII. Op sites van het type Ic, Ilc, IIIc, IIIf, zou het volstaan om individuele verzamelaars tot enige matiging aan te zetten, teneinde de verzameldruk

op deze sites te verlichten. Een beperking in het gewicht van de gebruikte handwerktuigen zou een stap in de goede richting zijn. Op alle andere sites is verzamelactiviteit eerder heilzaam dan schadelijk. Het verzamelen op sites van het type IIb en IVf zou dan ook eerder moeten worden aangemoedigd dan beteugeld. Op dergelijke sites bestaat de beste en economisch meest haalbare bescherming voor de fossielen er immers in, verzameld te worden.

Algemene beperkingen, door de wetgever op te leggen aan alle vormen van verzamelactiviteit zijn: het gebruik van mechanisch aangedreven werktuigen en van springstoffen, evenals het grootschalige verzamelen voor commerciële doeleinden, behalve op die sites die speciaal met dat doel werden geopend en/of in stand gehouden. Deze activiteiten richten, op welke paleontologische site dan ook, zware en onherstelbare schade aan, die de amateurpaleontologie in een kwaad daglicht stellen.

Dergelijke algemene richtlijnen ter bescherming van paleontologische sites dienen te worden uitgevaardigd op zo hoog mogelijk niveau. Het Europese Parlement is daartoe op dit ogenblik het

meest geschikte orgaan. Paleontologische sites zijn te belangrijk om hun bescherming over te laten aan de lokale overheid. Ervaring heeft immers geleerd dat gemeentebesturen, en zelfs regeringen van kleine landen, doorgaans onvoldoende voorgelicht zijn over de aard en de proporties van de problemen. Niet zelden laten ze zich leiden door een gevoel van irritatie, al of niet terecht veroorzaakt door de activiteiten van "vreemde" verzamelaars. De paleontologie als wetenschap is door kleinschalige verordeningen niet altijd op de beste wijze gediend.

De situatie in België

België bezit, behalve een relatief groot type-VII-sites (grotten), één site van het type IIIa: de oude groeve van Denée, in het Onder-Carboon. Deze sites verdienen onder natuurbescherming te worden geplaatst, volgens de hierboven omschreven wijzen. Voor de rest komt nergens in België de paleontologie als wetenschap ernstig in conflict met haar amateurs.

VRAGEN STAAT VRIJ

Deze rubriek staat onder redactie van J.G.Schilthuisen; medewerking aan deze aflevering verleende Drs.E.A.J. Burke (mineralogie).

Coesiet uit grote diepte?

Vraag: In het *Gea*-nummer van september 1991 wordt gemeld dat coesiet een verrassing is uit grote diepte. Het is echter zo verbazingwekkend, dat korstgesteente door subductie naar een diepte van meer dan 90 km gebracht zou zijn en vervolgens weer 100 km omhoog is gestuwd, dat men zich af gaat vragen of er geen andere oplossing is. Is het niet mogelijk dat platentektoniek de krachten en temperaturen teweeg brengt, die nodig zijn voor het vormen van coesiet? Dus waarbij botsende continentale platen voor de druk zorgen en eventuele temperatuurverhoging door vulkanische activiteit wordt veroorzaakt. Als dit namelijk zo is, dan zouden de gesteenten wel eens nabij het aardoppervlak (dus op geringere diepte dan 90 km) tot coesiet omgezet kunnen zijn. Is aan deze mogelijkheid gedacht? Zo ja, waarom is deze verklaring dan niet correct?

H.Hunink, Voorburg

Antwoord: De interpretatie van gebeurtenissen in de geologie berust, zoals in iedere wetenschap, op controleerbare gegevens. Bij het voorkomen van coesiet in het Italiaanse Dora Maira-massief zijn de harde gegevens, dat de gesteenten onderhevig zijn geweest aan een druk van 37 kilobar en een temperatuur van 800°C. Die getallen zijn verkregen uit de chemische samenstelling van bepaalde mineralen, de zogenoemde geobarometers en geothermometers: uit laboratoriumproeven heeft men vastgesteld dat de samenstelling van sommige mineralen afhankelijk is van druk en/of temperatuur (zie het artikel van P. Maaskant in *Gea*, vol. 23 (1990), pag. 94-97). Op grond van die gegevens gaat men vervolgens na welke processen in de aarde kunnen leiden tot dergelijke gesteenten, uiteraard in het kader van de hele regionale geologie: men probeert de "meest waarschijnlijke" loop der geologische gebeurtenissen te reconstrueren.

Welnu, tamelijk grote stukken aardkorst, waarin men aan diverse mineralen meet dat zij een zeer hoge druk ondergaan hebben, kunnen alleen in de diepte gevormd zijn. De druk waaraan een gesteente onderworpen wordt, kan immers nooit groter zijn dan de lithostatische druk, de druk van het bovenliggende pakket gesteenten. Een grote druk aan het aardoppervlak (uw suggestie) is onmogelijk: de overdruk zou al zeer snel een uitweg zoeken (de vorming van gebergten, zoals de Alpen bij de botsing van twee continentale platen); een gesteente kan alleen langere tijd een bepaalde druk ondergaan, als de druk van de bovenliggende gesteenten even groot is. Daarom is afb. 1 in het artikel over coesiet voorzien van twee gelijkwaardige verticale schalen: druk en diepte in de aarde. Er zijn uitzonderingen: een meteoriet veroorzaakt een zeer kort durende overdruk. Maar die vormt alleen coesiet, niet de typische chemische samenstelling van de andere mineralen. Verder is onlangs overdruk in gesteenten beschreven (maar slechts 1 tot 3 kilobar) bij de vorming van aders, maar ook die overdruk is aanwijsbaar zeer kort en zeer plaatselijk. De langere verblijftijd bij hoge druk is nodig om de mineralen de gelegenheid te geven om hun samenstelling aan te passen: dit moet namelijk gebeuren door diffusie in vaste toestand. Kortom, de coesiet bevattende gesteenten zijn wel degelijk 100 km diep in de aardkorst geweest, en het moet een relatief snel proces geweest zijn ook, want anders waren de gesteenten compleet opgesmolten; ze zijn "slechts" op 800°C geweest! Maar dat is in het artikel al vermeld: nog lang niet alle problemen zijn opgelost.

E.A.J.B.

Vragen voor VRAGEN STAAT VRIJ en tips voor de rubriek 'Ei van Columbus' kunt u zenden aan J.G. Schilthuisen, Schiedamseweg 91, 3121 JG Schiedam.