

Carbonatiet-magmatisme

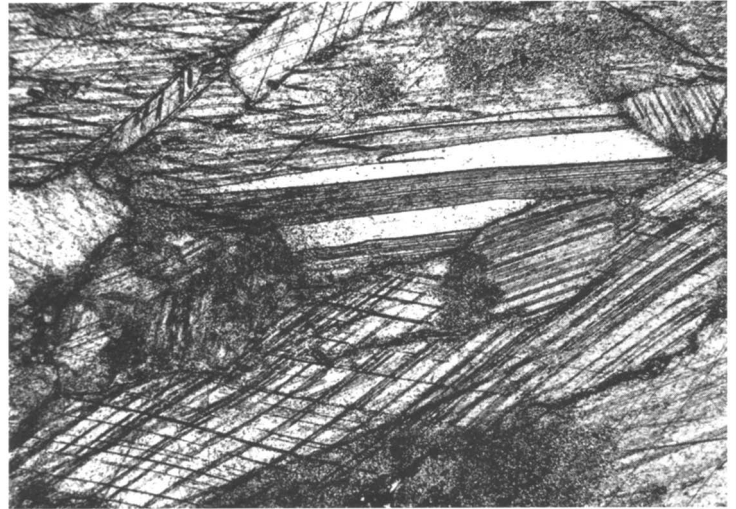
door Timo G. Nijland

Introductie

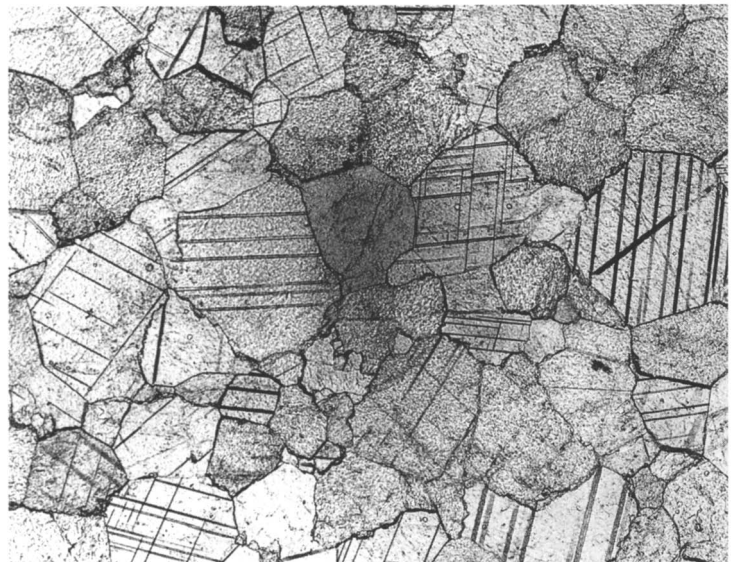
Veruit de meeste magmatische gesteenten in en op de aarde zijn ontstaan door stolling van silicaat-smelten. Veel minder talrijk zijn stollingsgesteenten ontstaan door de kristallisatie van carbonaatsmelten, de carbonatieten. Carbonatieten komen in het algemeen voor in het continentale deel van de aardkorst, zij het dat ze daar qua volume slechts een zeer gering deel van uitmaken. Ze komen voor te zamen met kalium- en natriumrijke silicaatgesteenten. In het nevengeesteente rondom deze magmatische gesteenten heeft vaak uitgebreide omzetting plaats gevonden, resulterend in de vervanging van oorspronkelijk aanwezige mineralen door natriumrijke mineralen en carbonaten. Een dergelijke omzettingszone is karakteristiek voor carbonatiet-complexen. De omzetting kan ook de carbonatieten zelf aanvatten. De omgezette gesteenten worden 'fenieten' genoemd, naar het Fen-gebied in Noorwegen, waar deze omzettingen voor het eerst uitgebreid beschreven zijn. De klassieke carbonatietcomplexen, zoals het Fen-gebied in Noorwegen, het eiland Alnö in Zweden, de Kaiserstuhl in Duitsland, en Montréal in Canada, worden gevormd door dieptegesteenten, maar vulkanische carbonatieten komen ook voor, hetzij als 'echte' lava's, zoals die van de Oldoinyo L'engai-vulkaan in Tanzania, hetzij als door ontmenging ontstane lapilli, zoals in het Rockeskyll-complex in de West-Eifel. Carbonatieten komen voor sedert tenminste de laatste twee miljard jaar in de aardgeschiedenis. Afb. 1 en 2. Carbonatieten zijn, ondanks het kleine volume dat ze uitmaken, van aanzienlijk economisch belang. De accessorische mineralen, zoals pyrochloor en monaziet, zijn van belang voor de winning van de metalen niobium (Nb) en tantaal (Ta), respectievelijk zeldzame aarden.

Het concept van kalkstenen van magmatische oorsprong

Veelal wordt de uit 1921 daterende, klassieke verhandeling van de grote Noorse geoloog en latere minister van onderwijs W.C. Brøgger (1851-1940) over het Fen-gebied in Zuid-Noorwegen beschouwd als eerste studie waarin het concept van magmatische carbonaatgesteenten wordt voorgesteld [1]. Tenminste twee onderzoekers kwamen echter, voor andere voorkomens, eerder tot een dergelijke conclusie. In het laatste decennium van de vorige eeuw kwam de beroemde Zweedse chemicus en geoloog A.G. Högbom, na veldwerk op het eiland Alnö in Zweden, tot de conclusie dat de aldaar aanwezige 'kalkstenen' van magmatische oorsprong moesten zijn [2]. Nog een decennium eerder trok de Indiase geoloog Bose eenzelfde conclusie voor de 'kalksilicaat'-gesteenten in de Beneden Narbada Vallei in centraal India [3].

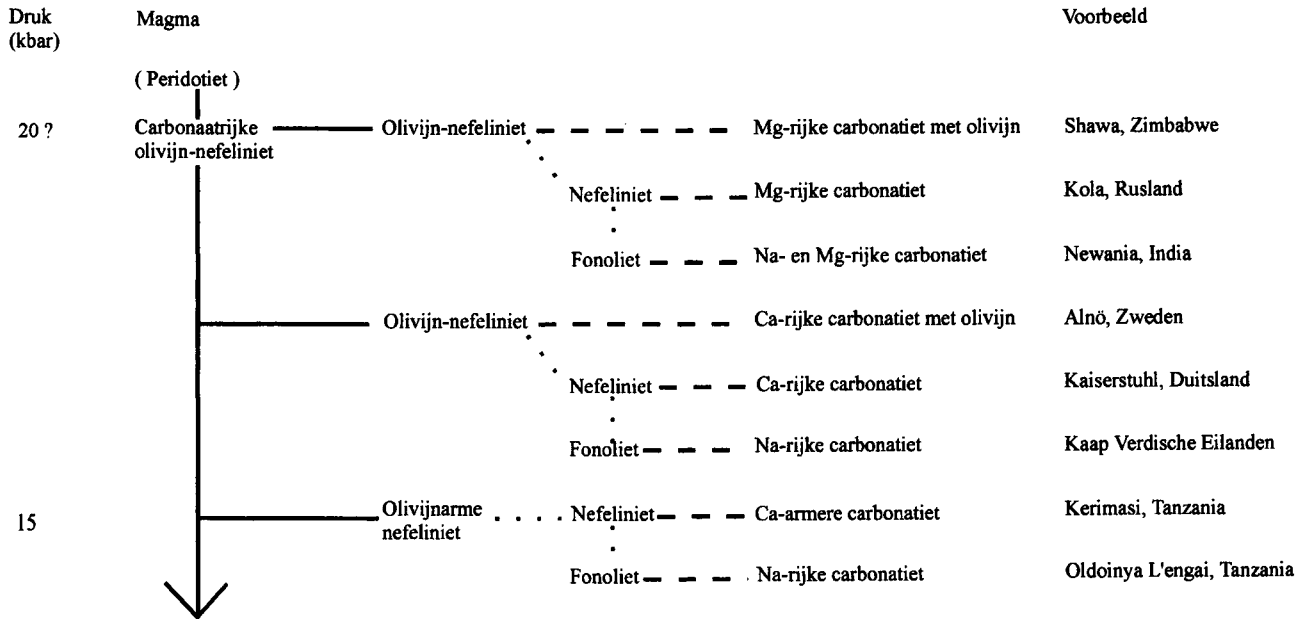


Afb. 1. Slijpplaatje van een carbonatiet. Het afgebeelde **dieptegesteente** is afkomstig van de Kaiserstuhl (Dld.) en bestaat voornamelijk uit calcietkristallen; deze vertonen lamellaire tweelingen.



Afb. 2. Slijpplaatje van een marmer. Dit **gemetamorfoseerde carbonaatgesteente** bestaat eveneens voornamelijk uit calciet. Ook hier zijn de kristallen vertweelgd. De herkomst is evenwel een kalksediment, dat onder invloed van hoge temperatuur en druk tot een grofkorrelige marmer is gerekristalliseerd.

Het concept van magmatische carbonaatgesteenten vond gaandeweg algehele ingang. In de jaren '50, na de Tweede Wereldoorlog en de ontwikkeling van de atoombom, kreeg het onderzoek naar carbonatieten een sterke impuls door de jacht op radioactieve mineralen. Als gevolg hiervan werden vele nieuwe of tot dan toe niet herkende carbonatietvoorkomens ontdekt. Veel van deze



nieuwe carbonatietvoorkomens zijn gesitueerd in zuidelijk Afrika en de Oost-Afrikaanse Slenk [4].

Ontstaan van carbonaatmagma's en de kristallisatie van carbonatieten

Waar carbonatietvoorkomens goed ontsloten zijn, blijkt dat mafische alkaline gesteenten (ijolieten en andere nefelinieten) het grootste volume innemen van de aanwezige magmatische gesteenten. Carbonatieten en ge evolveerde silicaatgesteenten zoals fonolieten en syenieten vormen een relatief klein deel van de betreffende voorkomens [5]. Deze dominantie van mafische alkaline gesteenten over carbonatieten in carbonatietcomplexen is een van de redenen waarom men er in het algemeen van uit gaat dat carbonatieten geen primaire magma's vertegenwoordigen, maar gevormd zijn onder invloed van processen zoals ontmenging, magmatische differentiatie, et cetera. Experimenteel onderzoek heeft aangetoond dat primaire smelten gevormd uit amfibool-, amfibool-carbonaat- en phlogopiet-carbonaathoudende peridotieten wel degelijk carbonaatrijk kunnen zijn, mits gevormd op een diepte van ongeveer 65 km of meer [6,7]. Niettemin hebben de primaire smelten, ontstaan op ongeveer 65 tot 80 km, voor typische carbonatietcomplexen zoals Fen en de Kaiserstuhl een nefeliniet- tot olivijn-melilitiensamenstelling. De primaire smelten voor sommige andere carbonatietcomplexen, zoals Aln  en Montréal, hebben een meer kimberlietachtige samenstelling, en zijn gevormd op aanzienlijk grotere diepte (ca. 160 km) [5]. Er zijn bijzonder weinig carbonatieten die zelf in aanmerking komen als primaire smelt. Voorbeelden hiervan zijn de carbonatieten van de Seguaenay River Valley in Quebec, Canada [8], en mogelijk de lava's van Fort Portal in Oeganda [9].

Uit de primaire smelten moeten zich, op een of andere manier, de carbonatietmagma's ontwikkeld hebben. Hoe is nog steeds niet geheel duidelijk, onder andere omdat de carbonatieten, hoewel weinig talrijk in volume, qua samenstelling een zeer grote variatie vertonen.

De meest primitieve carbonatietmagma's zijn in het algemeen rijk aan natrium en kalium [10]. Deze primitieve carbonatietmagma's ontstaan uit silicaatsmelten door ontmenging. De wederzijdse oplosbaarheid van carbonaat in een silicaatsmelt en van silica in een carbonaatsmelt is beperkt. Hierdoor vormen zich bij een bepaalde bulksamenstelling twee niet-mengbare smelten, de één in hoofdzaak bestaand uit silica, met tot 10 - 20 gewichtsprocent carbonaat, en de ander voornamelijk bestaand uit carbonaat, met maximaal ongeveer 5 gewichtsprocent silica [10].

De huidige opvatting is dat uit de primaire smelten olivijnhoudende magma's ontstaan met een nefeliniet-samenstelling. Deze vor-

Afb. 3. Schematische ontwikkeling van carbonatietmagma's in relatie tot de druk (diepte) in de aardkorst waarbij ze gevormd worden. Naar [10]. Een gestippelde lijn geeft aan dat de ontwikkeling plaats vindt door middel van fractionele kristallisatie. Een onderbroken lijn tussen silicaatsmelten en carbonatiet-smelten geeft bij elkaar horende smelten aan die ontstaan zijn door ontmenging. Een gestippelde lijn geeft magma-evolutie zonder ontmenging aan. Samenstellingen tussen de ontstane nefelinieten en fonolieten zijn mogelijk, wat impliceert dat ook voor de carbonatiet samenstellingen mogelijk zijn tussen de met nefeliniet en fonoliet corresponderende carbonatieten.

men vervolgens de moedermagma's waaruit andere silicaatsmelten en carbonatietmagma's ontstaan (Afb. 3). Dit kan geschieden op twee verschillende wijzen. In de eerste plaats kan in de silicaatsmelt ontmenging optreden. Er ontstaan dan 'bellen' met een carbonatietsamenstelling, die zich vervolgens verzamelen en afscheiden. In de tweede plaats kan fractionele kristallisatie optreden, waarbij eerstelingen kristalliseren. Een aantal chemische componenten wordt daardoor aan het magma onttrokken, waardoor de samenstelling van de overblijvende smelt verandert. Vervolgens treedt eveneens ontmenging op, en vormt zich een aparte carbonatietsmelt. Het al dan niet ontmengen van beide smelten is afhankelijk van een aantal factoren. Belangrijk is dat het gehalte aan bestanddelen (Ti, F, CO₂) die de onderlinge verbindingen tussen de silicaatgroepen in het moedermagma kapot kunnen maken (z.g. 'depolymerisatie') hoog genoeg is; anders vindt ontmenging niet plaats. Nadat een primitief carbonatietmagma ontstaan is, kunnen hieruit andere carbonatietsmelten ontstaan door middel van fractionele kristallisatie, het assimileren van nevangesteente, en interactie met alkalirijke oplossingen.

De belangrijkste mineralen die vroeg uitkristalliseren in carbonatieten zijn, in volgorde van hoeveelheid: apatiet, Mg-rijke olivijn, en, indien voldoende zuurstof aanwezig is, Ti-arme magnetiet [10]. Perovskiet, zirkoon en pyrrhotien kunnen eveneens als vroege fasen uitkristalliseren.

Vanzelfsprekend zijn carbonaten de belangrijkste mineralen die uit een carbonatietsmelt kristalliseren. In het algemeen kristalliseert eerst Sr-rijke calciet. Afhankelijk van de chemische samenstelling van de smelt en de beschikbare hoeveelheid zuurstof kunnen hierna dolomiet en ankeriet uitkristalliseren. In Na-rijke carbonatieten¹ kristalliseren alkalicarbonaten als eerste uit, hetzij gregoryiet, (Na,Ca,K)CO₃, tezamen met nyerereiet, Na₂Ca[CO₃]₂, hetzij nyerereiet samen met calciet [10]. Door dit proces van fractionele kristallisatie kunnen Fe- en Mg-rijke carbonatieten² ontstaan uit Ca-rijke carbonatieten³. De concentratie van z.g.

incompatibele elementen (d.w.z. chemische elementen die niet makkelijk uitkristalliseren doch bij voorkeur in smelt c.q. oplossing blijven) neemt hierbij toe, en vergeëvolueerde carbonatieten (b.v. Fe-rijke carbonatiet) vormen dan ook vaak economisch belangrijke mineraalvoorkomens.

Mineralogie

Carbonatieten bevatten een enorme rijkdom aan mineralen, waaronder vele die bijzonder zeldzaam zijn [4,11]. Een aantal van deze mineralen komt slechts voor in de Si-rijke carbonatieten van St. Michel, Quebec, of als verweringsproduct. Als gevolg van de grote variatie in de samenstelling van carbonatieten zijn mineralen die een belangrijk bestanddeel van de ene carbonatiet vormen, in andere carbonatieten zeldzaam of geheel afwezig. Dit geldt bijvoorbeeld voor gregoryiet en nyerereiet, talrijk in de Na-rijke carbonatietlava's¹ van de Oldoinyo L'engai-vulkaan in Tanzania, en voor dawsoniet en welogoniet in de Si-rijke carbonatieten⁴ van St. Michel, Quebec [11].

Sokolov [12] deelde de carbonatieten in op grond van hun stadia van evolutie, en de daarbij behorende karakteristieke mineralogie. Hij kwam tot de onderverdeling (van vroeg tot late stadia), die in Tabel I is weergegeven.

Al deze stadia zijn magmatisch, met uitzondering van V, dat omzetting door late oplossingen betreft. In de stadia van Sokolov vertonen met name de carbonaten een continue ontwikkeling van Ca naar Mg naar Fe + Mg naar Mn + Fe. In de eerste stadia is Sr een relatief belangrijke component in de carbonaten (tot 2 gew.% SrO), in de latere stadia Ba [11,12]. Benevens carbonaten zijn vooral pyroxenen, apatiet (alle magmatische stadia, doch met name I), amfibolen (alle stadia, doch met name III en IV) en mineralen van de pyrochloor-groep (met name stadium I, doch ook II en III) belangrijk [12].

Van de pyrochloor-groep komen o.a. de Ba-, (Ca-Na)-, Ce-, Pb-, Sr-, Th- en U-eindleden van de pyrochloor-subgroep voor. De samenstelling van mineralen van de pyrochloor-groep kan worden omschreven met de chemische formule:

$A_{16-x}B_{16}O_{48}[O,OH,F]_{8-y} \cdot zH_2O$, waarin A ingevuld kan worden door de volgende elementen: Na, Mg, K, Ca, Mn, As, Sr, Y, Sn, Sb, Cs, Ba, zeldzame aarden, Pb, Bi, Th, en U, en x maximaal 13,25 bedraagt; B kan ingevuld worden door Ti, V, Nb of Ta, en y is kleiner of gelijk aan 3,8; z tenslotte is maximaal 25,4. Al, Fe, Si en Zr kunnen ook aanwezig zijn. Analyses van mineralen van de pyrochloor-groep in carbonatieten wijzen uit dat het veelal om pyrochloor in engere zin gaat [11]. In carbonatieten aanwezige uraanpyrochloor bevat vaak aanzienlijke hoeveelheden tantaal (5-15 gewichtsprocent Ta₂O₅).

Apatiet-groep mineralen zijn een belangrijk bestanddeel van carbonatieten. In het algemeen maken ze 2 tot 5 vol.% daarvan uit, maar de concentraties kunnen aanzienlijk hoger zijn. Vijf leden van de apatiet-groep zijn tot nu toe aangetoond:

fluorapatiet, hydroxylapatiet, carbonaat-fluorapatiet, carbonaat-hydroxylapatiet ('dahliet') en britholiet. De apatiet-groep mineralen zijn vaak rijk aan zeldzame aarden en strontium (Sr).

Pyroxenen, aanwezig in carbonatieten, hebben veelal een samenstelling die Na-rijk is, zoals aegirien of aegirien-augiet, of Ca + Mg-rijk is, zoals diopsied.

Tabel I

I	Carbonaten:	Sr-rijke calciet
	Silicaten:	Aegirien-augiet, phlogopiet, kaliveldspaat, andradiet, wollastoniet en monticelliet
II	Carbonaten:	Sr-rijke calciet, dolomiet
	Silicaten:	Aegirien-augiet, forsteriet, clinohumiet, albiet, tetraferriphlogopiet
III	Carbonaten:	Calciet, ankeriet, alstoniet, strontianiet
	Silicaten:	Tetraferriphlogopiet, serpentijn, aegirien-augiet, clinohumiet
IV	Carbonaten:	Mn-rijke calciet ⁵ , sideriet, ankeriet, parisiet, bastnäsiet, magnesiet
	Silicaten:	Aegirien, chloriet, sericiet, kwarts, phlogopiet
V	Carbonaten:	Calciet, Mn-rijke calciet ⁵ , barytocalciet
	Silicaten:	Aegirien, zeolieten, muscoviet, prehniet

De samenstelling van in carbonatieten optredende amfibolen varieert met de relatieve kristallisatie-ouderdom. Amfibolen die relatief vroeg uitkristalliseerd zijn, zijn Ca-rijk (magnesio-hastingsiet en edeniet), terwijl de later uitkristalliseerde amfibolen alkalisch zijn (magnesio-arfvedsoniet, richteriet, winchiet, magnesio-riebeckiet). Magnesio-kataphoriet komt ook voor, doch slechts zeldzaam. Verschillende andere amfibolen zijn gemeld als voorkomend in carbonatieten, doch veelal betreft het hier slechts optische bepalingen zonder chemische analyse. Het betreft onder meer actinoliet, tremoliet, kaersutiet, ferro-hoornblende ('barkiviet'), glaucofaan en ferri-kataphoriet [10].

De belangrijkste mineralen die als gevolg van fenitatie ontstaan in nevangesteente rondom de carbonatieten zijn kaliveldspaat, aegirien, Na-rijke amfibool (arfvedsoniet en richteriet), phlogopiet en albiet.

Economische relevantie

Carbonatieten worden vaak vergezeld door (potentieel) economisch interessante mineraalvoorkomens. Dit geldt in het bijzonder voor Fe-rijke carbonatiet. De vier belangrijkste zijn:

1) Zeldzame aarden. Ruwweg kunnen drie typen van aanrijking hierin onderscheiden worden:

a) Primair, d.w.z. direct uit de carbonatiet-smelt gekristalliseerde mineralen (bastnäsiet en parisiet)

b) Hydrothermaal, d.w.z. ontstaan door interactie met vloeistoffen of directe vorming daaruit (bastnäsiet, monaziet)

c) Gevormd door verwerking, i.e. vorming van laterieten bovenop carbonatieten.

2) Niobium (Nb) en tantaal (Ta). Pyrochloor is het belangrijkste Nb-houdende mineraal in carbonatieten, maar ook andere Nb-houdende mineralen kunnen een potentieel erts vormen. Sommige pyrochloren bevatten ook dusdanig hoge tantaalgehalten dat ze economisch interessant zijn, b.v. in het Fen-gebied in Noorwegen. In uit carbonatiet gevormde laterieten verweert pyrochloor veelal volledig. Nb wordt dan vooral ingevangen in crandalliet-groep mineralen.

3) Fluoriet, vaak geassocieerd met het voorkomen van Fe-rijke carbonatiet.

4) Bariet, in het bijzonder geassocieerd met het voorkomen van Fe-rijke carbonatiet.

5) U en Th, b.v. in mineralen van de pyrochloor-subgroep.

6) Titanium (Ti). Een aantal van de grootste Ti-voorkomens ter wereld, b.v. Minas Gerais in Brazilië, is gerelateerd aan carbonatieten. Dergelijke ertsen zijn ontstaan door lateritische verwerking van de met de carbonatiet geassocieerde pyroxenieten. Het belangrijkste Ti-mineraal in deze ertsen is anataas, dat gevormd werd als verweringsproduct van perovskiet.

Ook economisch relevante voorkomens van koper (Cu), strontium (Sr) en vanadium (V) komen tezamen met carbonatieten voor.

Literatuur

- [1] Brøgger, W.C., 1921, Kong. Nor. Vidensk. Selsk. Skr. I. Matem.-Naturvidensk. Kl. 1921-9:1-402. [2] Högbom, A.G., 1895, Geol. För. Stockh. Förh. 17:100-160 en 214-256, en, 1909, Geol. För. Stockh. Förh. 31:347-375. [3] Bose, P.N., 1884, Geol. Sur. India Mem. 21:1-72. [4] Heinrich, E.W., 1966, The geology of carbonatites. Londen. [5] Egglar, D.H., 1989, in: Bell, K., red., Carbonatites. Londen, 561-579. [6] Wyllie, P.J., 1978, J. Geol. 86:687-713. [7] Egglar, D.H., 1978, Am.J. Sci. 278:305-343. [8] Gittins, J., Hewins, R.H. & Laurin, A.F., 1975, Phys. Chem. Earth. 9:137-148. [9] Knorring, O. von & DuBois, C.G.B., 1961, Nature 192:1064-1065. [10] LeBas, M.J., 1989, in: Bell, K., red., Carbonatites. Londen, 428-447. [11] Hogarth, D.D., 1989, in: Bell, K., red., Carbonatites. Londen, 105-148. [12] Sokolov, S.V., 1985, Geochem. Int. 22:150-166.

Verklarende woordenlijst

Alkaline - Rijk aan de chemische elementen natrium (Na) en kalium (K).

Carbonatiet - Stollingsgesteente in hoofdzaak bestaande uit carbonaten (calciet, dolomiet of ankeriet).

Feniet - Door introductie van natriumrijke waterige oplossingen omgezet nevestgesteente waarin natriumrijke mineralen zoals de Na-amfibool arfvedsoniet en het Na-eindlid van de plagioklaasreeks albiet gevormd zijn.

Fonoliet - Vulkanisch stollingsgesteente met als lichte bestanddelen tussen de 10 en 60 vol.% veldspatoïden, tussen 40 en 90 vol.% alkaliveldspaat en minder dan 10 vol.% plagioklaas.

Ijoliet - Alkalirijke, veldspatoïdhoudende nefeliniet met een kleurindex tussen de 30 en 70.

Kimberliet - Ultrabasisch ganggesteente afkomstig uit de aardmantel, waarvan phlogopiet, orthopyroxeen en chroomdiopsied essentiële bestanddelen zijn.

Lamprofier - Donker gekleurd ganggesteente, voornamelijk bestaande uit Fe-Mg mineralen (olivijn, biotiet, amfibool, pyroxeen) en veldspaten en/of veldspatoïden.

Lateriet - Fe en/of Al-rijke verweringsbodem.

Magmatische differentiatie - Verzameling van processen die er voor zorgen dat uit een moedermagma meerdere smelten ontstaan met een verschillende samenstelling.

Melteigiet - Alkalirijke, veldspatoïdhoudende nefeliniet met een kleurindex tussen de 70 en 90.

Nefeliniet - Stollingsgesteente waarvan de lichte bestanddelen voor meer dan 90% bestaan uit het mineraal nefelin.

Nevestgesteente - Reeds aanwezig gesteente waarin stollingsgesteenten geïntroduceerd zijn.

Peridotiet - Ultrabasisch gesteente uit met name de aardmantel, in hoofdzaak bestaand uit olivijn en andere Fe-Mg-mineralen.

Primaire smelt - Oorspronkelijk magma, ontstaan door gedeeltelijke opsmelting van mantelgesteenten.

Primitief magma - Magma dat in een ontwikkelingsreeks van uit een moedermagma ontstane smelten qua samenstelling het meest lijkt op die oorspronkelijke smelt.

Pyroxeniet - Gesteente dat voor meer dan 90 vol.% uit mineralen van de pyroxeengroep bestaat.

Syeniet - Stollingsgesteente met als lichte bestanddelen 0 tot 20 vol.% kwarts of 0 tot 10 vol.% veldspatoïden, tussen 10 en 35 vol.% plagioklaas, en tussen 90 en 65 vol.% alkaliveldspaat.

Urtiet - Alkalirijke, veldspatoïdhoudende nefeliniet met een kleurindex minder dan 30.

Zeldzame aarden - Verzamelnaam voor de chemische elementen met een atoomnummer tussen 57 en 71.

noten: ¹ Eng. 'natrocarbonatite'. ² Eng. 'ferrocarbonatite' respectievelijk 'magnesiocarbonatite'. ³ Eng. 'calciocarbonatite'. ⁴ Eng. 'silicocarbonatite'. ⁵ Eng. 'manganoan calcite'.

Op losse schijven of vissen in 't net?

door Ernst A.J. Burke, Faculteit Aardwetenschappen,
Vrije Universiteit Amsterdam, bure@geo.vu.nl

Inleiding

In een tijd waarin belastingbetalers vrijwillig hun aangifte per computer doen om hun inspecteur zo weinig mogelijk werk te bezorgen, moeten we dringend ook eens de stand van zaken gaan bekijken bij het gebruik van de "nieuwe media" in geologie en mineralogie. Een paar jaar geleden is dat in Gea al eens gebeurd met mineralogische software [Gea, Vol. 22 (1989), p. 59-62, en Gea, Vol. 26 (1993), p. 126-128], maar dat waren tijden waarin het bezit van een computer met een 286 processor en een harde schijf van 20 Mb al een reden was om op verjaardagspartijtjes een bron van afgunst te zijn. Maar de tijden gaan snel, en in de computerwereld gaan ze nog een stuk sneller. Inmiddels zijn we toe aan opgevoerde Pentium processoren, de kleinste verkrijgbare harde schijf is nog net onder de 1 Gb, de quad CD-ROM spelers van vorig jaar zijn al antiek nu de 8- en de 12-speed op de markt zijn, een 28k8 modem voor contact met de buitenwereld wordt nog net niet met opgetrokken wenkbrauwen bekeken, en een geluidskaart plus stereo- luidsprekers zijn uiteraard standaard. O ja, ik vergat nog de laserprinter, want een inktjet-printer is iets voor beginners!

Wat doen geologen en mineralogen met al dat fraais? En wat is er op de markt voor de gemiddelde lezer van Gea? Hebben het boek en de "normale" videospeler nog een toekomst, en zo ja, welke dan? Laat het maar meteen duidelijk zijn aan het begin van dit artikel: het is niet de bedoeling om hier een oordeel te vellen over oude en nieuwe media, of om uitspraken te doen over hun respectievelijke voor- en nadelen; soortgelijke discussies over diverse types computers (bv. de heilige oorlog tussen PC's en Mac's!!!) en besturingsprogramma's (DOS versus Windows!!!) behoren immers gelukkig ook al tot het verleden. Het enige oogmerk is consumenten (de lezers van Gea) aan te sporen om niet

blindelings iets nieuws binnen te stappen; informatie is macht, ook in uw hobby.

Nieuwe media

De belangrijkste ontwikkelingen in de afgelopen jaren zijn natuurlijk het beschikbaar komen van de CD-ROM en de explosieve uitbreiding van het Internet, tot voor heel kort eigenlijk alleen maar in gebruik voor elektronische post tussen wetenschappers aan universiteiten. De mogelijkheden van beide nieuwe media zijn vergelijkbaar: in tegenstelling tot het statische en twee-dimensionale boek kunnen nu afbeeldingen in drie dimensies en in beweging getoond worden, desgewenst vergezeld van geluid. In feite kon dat alles reeds met videotapes, maar die hebben het nadeel dat je praktisch niet kan ingrijpen in hun voorstellingen, alleen maar voor- en achteruit spoelen, eventueel vertraagd, en dat was het. Zowel CD-ROM als Internet zijn "interactief", wat inhoudt dat je op ieder gewenst moment kan ingrijpen in de beschikbare programma's en mogelijkheden. Op die manier kan men zijn eigen belangstelling maximaal aan bod laten komen. Wat men niet als interessant of relevant ervaart, drukt men gewoon weg (uw machtige klik met de muis zet gans het schijfwerk stil!). De nieuwe media zijn zonder meer een verrijking van onze cultuur: men kan er dingen mee doen die met andere media gewoonweg niet mogelijk zijn. Het illustreren van de symmetrie van kristallografische assen met draaiende 3-dimensionale kristalmodellen, vijfthonderd kleurenfoto's van handstukken van mineralen, draaiend en wel om ook hun achterkant te zien, en dat onder het genot van een begeleidend muziekje (Vivaldi, je kan de muziek ook afzetten en *heavy metal* draaien bij de ertsmineralen), uitvoerige uitleg van een vulkaanuitbarsting met de daarbij horende brullende en sissende geluiden, een compleet paleontologisch museum (gelukkig