

Iets over gangen, porfieren en glazen

B. Porfieren (2e gedeelte)

L.M.J.U. van Straaten

Granieten met kaliveldspaatmegakristen

Een merkwaardige eigenschap van veel granieten is dat ze opvallend grote kaliveldspaatkristallen bevatten (orthoklaas of mikroklien): meestal zo'n 3 à 4 cm doorsnede, soms nog veel groter: tot 11 cm (bijvoorbeeld op West Elba en bij Kappelrodeck in het Zwarte Woud, (Fig. 13 en 14), en tot 17½ cm in de 'Giant Granite' van Dartmoor). De structuur lijkt daardoor porfierisch, maar van porfieren kan in dit geval eigenlijk niet gesproken worden, omdat de tussenmassa de normale korrelgrootte van granieten heeft.

Nu zijn er in veel van deze granieten insluitels van ander gesteente, die dezelfde grote veldspaatkristallen bevatten (Fig. 15).

In enkele (uitzonderings)gevallen zijn de insluitels (volgens de betreffende auteurs) losgebroken stukken hoornrots: het contactmetamorfe veranderde nevingesteente van de graniet (bijv. Erdmannsdorfer, 1916). Meestal bestaan ze uit relatief fijn-kristallijne, kwartsdiorietische of diorietische gesteenten, die geen enkele overeenkomst hebben met de nevingesteenten van het granietlichaam. Ze moeten met het granietmagma uit diepe delen van de aardkorst omhoog zijn gekomen (Didier, 1973).

In verband met de vorming van de grote veldspaten in de insluitels stuit men op de vraag hoe in het algemeen kristallen in vast gesteente kunnen groeien (bij diagenese en metamorfose): hoe verdwijnt het in de weg staande materiaal? In de meeste gevallen gebeurt dit door verplaatsing van ionen, atomen, enz. via de grenzen tussen de kristallen en langs roosterfouten in de kristallen. Eventueel helpt hierbij de aanwezigheid van een oplosmiddel, in de eerste plaats H₂O. Bepaalde mineralen kunnen daarbij soms tot grote idiomorfe kristallen uitgroeien, bijvoorbeeld granaten in schisten en gneizen. Op grond van het enigszins porfierische uiterlijk dat ze het gesteente verlenen, worden zulke relatief grote kristallen porfieroblasten genoemd.

Wanneer men aanneemt dat de insluitels in granieten inderdaad vast waren toen de grote veldspaten daarin ontstonden, moeten ook deze veldspaten

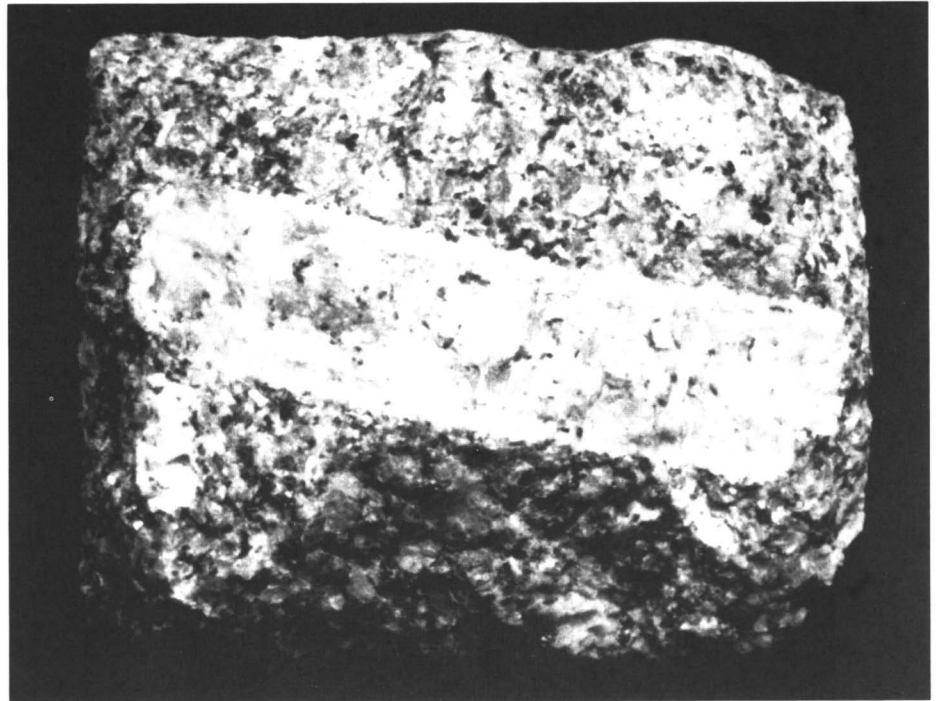


Fig. 13 Graniet met kaliveldspaat-megakrist (Karlsbader tweeling), doorgesneden dwars op de afplatting parallel met het a-c-vlak (dus ook dwars op het vergroeiingsvlak van de tweelinghelften). Kappelrodeck, Zwarte Woud. Afmetingen 10,5 bij 8,5 cm.

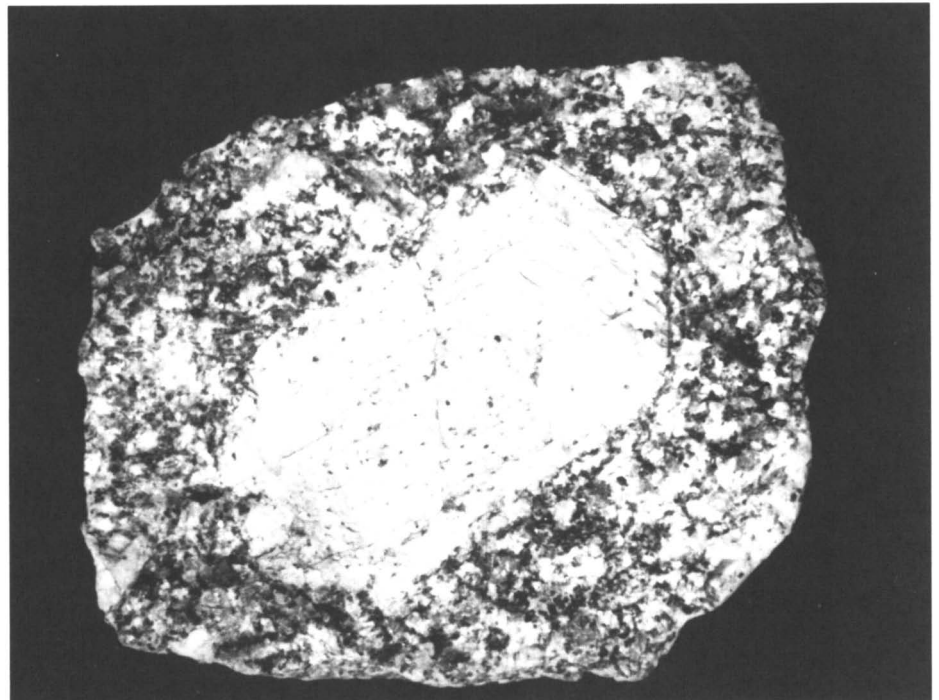


Fig. 14. Graniet met kaliveldspaat-megakrist, doorgesneden evenwijdig met het a-c-vlak (010). Kappelrodeck, Zwarte woud. Afmetingen: 15 bij 12 cm.

als porfieroblasten gevormd zijn. Aangezien ze echter soms geheel overeen-

komen met de grote kristallen in de graniet.

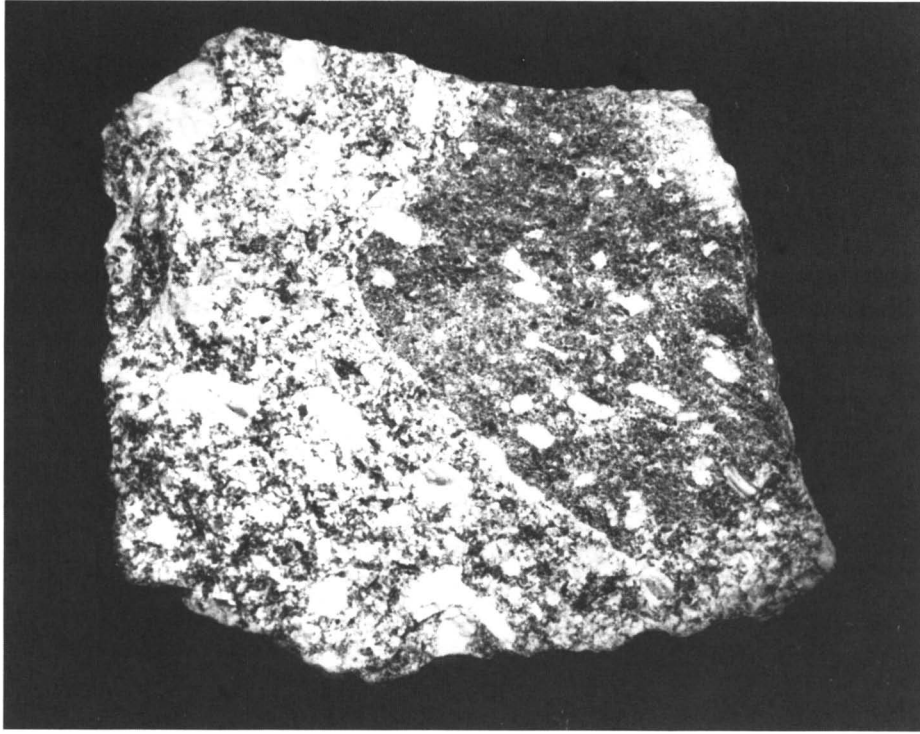


Fig. 15. Graniet met basisch insluitel, beide met kaliveldspaat-megakristen. Een megakrist steekt deels in het insluitel, deels in de graniet. Col de Grosse Pierre, Vogezen (Coll. P. Bosch, Geol. Dienst, Heerlen). Afmetingen: 16 bij 15 cm.

zelf en er ook zulke kristallen worden aangetroffen die half in de graniet, half in het insluitel steken, lijkt de conclusie voor de hand te liggen, dat het ook in de graniet niet om eerstelingen gaat, maar om porfierblasten. In principe lijkt dat niet onmogelijk: zoals al eerder is opgemerkt, is het (om andere redenen) duidelijk dat de meeste granieten na hun vorming enige rekristallisatie hebben ondergaan. Toch lijkt het nog de vraag of ook de grote kaliveldspaten het product van zulke omkristallisaties kunnen zijn. Vooral voor de vorming van veldspaat-kristallen van 10 cm en meer, zouden wel bijzonder omvangrijke inwendige stofverplaatsingen vereist zijn. Ook zijn er andere, meer dwingende, argumenten die tegen genese als porfierblasten spreken. In verband daarmee is voor deze grote kristallen de neutrale term 'megakristen' (= grote kristallen) ingevoerd.

Een van deze tegenargumenten is al lang geleden naar voren gebracht: het feit, dat de megakristen vaak ingesloten kristalletjes van plagioklaas en biotiet bevatten, die voor het grootste deel nauwkeurig volgens aangroeivlakken van de kristallen zijn georiënteerd (Fig. 16). Vaak zijn deze ingesloten kristalletjes tot bepaalde aangroeivlakken beperkt en vindt men er daar tussenin weinig of geen. Gezien de afmetingen van de kristalletjes (niet zelden meer dan 2 mm) valt het moeilijk aan te nemen dat ze bij het aangroeien van de kaliveldspaten mechanisch in de

juiste positie zijn gedraaid. Ook de periodiciteit waarmee de kristalletjes zijn ingesloten lijkt bij een ontstaanswijze in vast milieu minder goed begrijpelijk. Daarentegen zijn deze eigenschappen wel goed te rijmen met een aanplakken van de kristalletjes op de vlakken van in een smelt groeiende megakristen. Opmerkelijk is, dat ingesloten kwarts-kristalletjes in hoofdzaak beperkt zijn tot de randgedeelten van de megakristen en dat ze daar veelal de dipyramidevorm blijken te bezitten. De vormingstemperatuur moet dus (op een diepte van minimaal 4 km) in elk geval meer dan 600° C hebben be- dragen.

In Fig. 12, no 10, is de inwendige bouw te zien van een megakrist in een granietporfier uit het Odenwald. Het lijkt er op, dat de kristalgroei hier onderbroken is geweest door periodieke opsmeltingsfasen, die tot afronding geleid hebben. Als deze interpretatie juist, wijst ook dit verschijnsel eerder op genese van de megakristen in een magma, dan als profieroblast in vast gesteente.

Een onderzoek naar de verdeling van het Ba-gehalte in de kaliveldspaat-megakristen in granieten van het Zwarte Woud (Mehnert & Büsch, 1981, 1985) leidde tot de conclusie, dat ze in hoofdzaak onder normaal magmatische omstandigheden zijn gevormd, maar dat dit niet geldt voor de buitenkant van de kristallen, ter dikte van maximaal enkele

le mm. Uit de (micro-)structuren blijkt, dat de megakristen nog iets zijn aangegroeid nadat ze al niet meer alzijdig door smelt waren omgeven, maar in contact waren met nieuwgevormde, kleinere kristallen van de tussenmassa. De megakristen hebben namelijk geen gladde begrenzingen, maar vertanden zich met de gesteentematrix. Volgens Mehnert en Büsch is deze vertanding niet (slechts) het gevolg van gelijktijdige kristallisatie van megakristen en matrix, maar (ook) van actieve vervanging van reeds gevormde matrix-kristalletjes door de kaliveldspaat van de megakristen (dus als bij groei van porfierblasten). De kaliveldspaat drong als het ware via die grenzen tussen de kristallen van de tussenmassa op, doordat deze laatste van die grenzen uit gedeeltelijk werden opgelost (Fig. 16). Biotietkristallen lijken overigens vrij resistent tegen deze vervanging. Sommige megakristen (bijvoorbeeld die van Fig. 14) zijn omgeven door een smalle donkere zoom, waarin de biotiet sterk is geconcentreerd.

Ook de macrostructuren van het gesteente leveren aanwijzingen op voor een (in hoofdzaak) primaire genese van de grote kaliveldspaten. Zo zijn de megakristen vaak georiënteerd volgens stroomstructuren in de graniet. Dit is begrijpelijk wanneer ze oorspronkelijk door vloeibaar magma waren omgeven, maar het is minder goed te verklaren bij een genese als porfieroblasten. Voor het laatste zou men moeten aannemen, dat ze oorspronkelijk door vloeibaar magma waren omgeven, maar het is minder goed te verklaren bij een genese als porfieroblasten. Voor het laatste zou men moeten aannemen dat er oorspronkelijk al enige oriëntatie van kristallen evenwijdig met stroomlijnen bestond en dat de megakristen later zijn ontstaan door uitgroei van alleen die kristallen die in deze richtingen georiënteerd waren.

Op grond van eigen onderzoek in een granietgroeve bij Kappelrodeck, kan hieraan het volgende worden toegevoegd: 1. Plaatselijk zijn in deze groeve ophopingen van megakristen te zien die moeilijk anders te duiden zijn dan als resultaat van samenstuwung door stromingen in het magma. 2. De daarin tegen elkaar aan liggende kristallen hebben elkaar bij de aangroei niet gehinderd. Blijkbaar zijn ze pas nadat hun groei voltooid was tegen elkaar komen te liggen. 3. Behalve megakristen zijn ook basische insluitels tussen de samengestuwde megakristen terecht gekomen. Daarbij zijn enkele megakristen duidelijk een eind in de insluitels naar binnen gedrukt. Anderzijds is plaatselijk het materiaal van een ba-

sisch insluitel tussen twee megakristen in uitgeknepen (Fig. 17). Hieruit volgt dat de megakristen er al waren toen er nog magmabewegingen mogelijk waren. Ze kunnen dus niet als porfieroblasten in vast gesteente zijn gegroeid.

Interessant zijn in dit verband de experimenten, gedaan door Winkler & Schultes. Zij onderzochten de uitscheidingsvolgorde van de lichte mineralen in opgesmolten monsters van granieten met kaliveldspaat-megakristen: één van Corsica, één van het Bergell massief in de Alpen en één uit het Zwarte Woud (Alb-tal). Zij voegden aan de smelt water toe en voerden het onderzoek uit bij hoge druk (5 kbar, overeenkomende met een diepte van ongeveer 19 km. Ook bepaalden ze in de verschillende stadia van kristallisatie de verhouding tussen de hoeveelheden kristallen en smelt. Het bleek, dat plagioklaas het eerst begon te kristalliseren, bij gemiddeld ongeveer 700° C. Nadat nog gemiddeld ca. 80% van de smelt over was, begon ook kwarts zich uit te scheiden, bij gemiddeld 670° C en vervolgens, bij een hoeveelheid smelt van gemiddeld 65%, ook de (Nahoudende) kaliveldspaat, bij gemiddeld ca. 660° C.

In dat stadium is er dus nog alle gelegenheid voor de vorming van grote kaliveldspaatkristallen. De relatieve grootte van de kristallen heeft hier klaarblijkelijk niets te maken met de uitscheidingsvolgorde. Wat wel de oorzaak is van de sterke groei van de kaliveldspaten, blijft echter nog onbekend. Ook is het nog niet verklaard hoe het komt, dat in de meeste granieten de kaliveldspaat-megakristen zeer overwegend Karlsbader-tweelingen zijn.

Kaliveldspaat in basische insluitels

Uit het feit, dat er in de Kappelrodeck-graniet veldspaatmegakristen in de basische insluitels naar binnen zijn gedrukt blijkt, dat de insluitels in dat stadium plastisch vervormbaar waren. Op andere gronden is trouwens al eerder tot plasticiteit van basische insluitels in granietmagma's geconcludeerd (Didier, 1973). Geheel gekristalliseerd kunnen ze dus in elk geval niet zijn geweest.

Anderzijds is het ook niet aan te nemen, dat ze in hun geheel vloeibaar waren: in dat geval zou het materiaal veel meer met het omgevende granietmagma vermengd moeten zijn geweest. Vermoedelijk was het meeste vast, maar bevond zich tussen de kristallen in enig vloeibaar materiaal, in hoofdzaak bestaande uit opgesmolten kwarts en veldspaat.

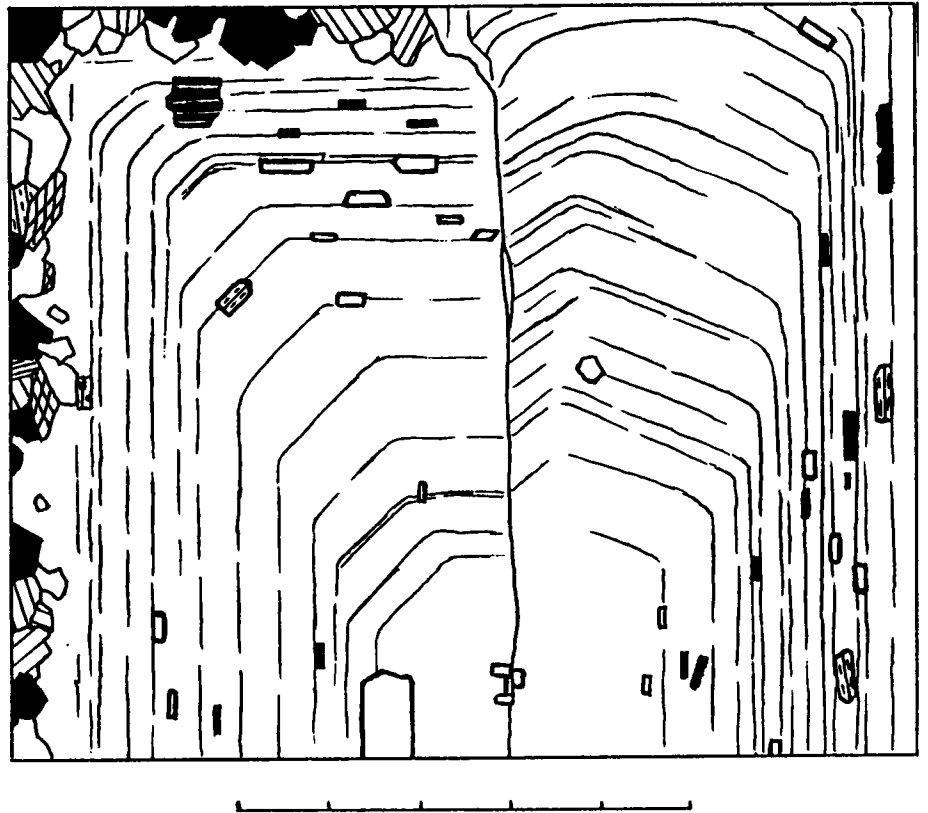


Fig. 16. Tekening naar een slijplaatje van een gedeelte van een orthoklaas-megakrist (Karlsbader tweeling) in graniet van de Col de Grosse Pierre, Vogezen. Insluitels van heldere plagioklaas (wit), sterk omgezette plagioklaas (streepjes) en biotiet (zwart). Op het vergroeiingsvlak van de tweeling zit (bovenin) een langwerpig kwartsinsluitel. Schaalverdeling in mm.

Interessant is in dit verband dat megakristen binnen in de basische insluitels bij Kappelrodeck voor een deel duidelijk zijn afgerond. Nader onderzoek moet nog uitmaken in hoeverre dit een gevolg kan zijn van opsmelting van de buitenkant van de kristallen, gecombineerd met weggdrukking van het gesmolten materiaal bij bewegingen in het inwendige van de insluitels.

Intussen is het wel zeker, dat er in basische insluitels van veel granieten ook nieuwe uitscheiding van grote kaliveldspaatkristallen heeft plaats gehad. Daarvoor moeten dan K-rijke verbindingen uit het omgevende magma zijn binnen gedrongen.

Bij de groei van de megakristen kan een deel van het oorspronkelijk op die plaatsen aanwezige materiaal, voorzover het niet opging in de kristallen zelf, in opgeloste toestand zijn weggevoerd via de smelt in de tussenruimten. Een ander deel kan door de plasticiteit van de insluitels opzij zijn geduwd.

Andere megakristen

Hoewel in granieten de meest verbreide en meest opvallende megakristen uit kaliveldspaat bestaan, worden af en toe ook kwartsmegakristen aangetroffen, bijvoorbeeld in de bovengenoem-

de graniet van West-Elba, in de Jungfrungraniet van de Kalmarsund (Zweden en in de rapakivigranieten (o.a. op de Ålands-eilanden en in het Viborgmassief). Het zijn soms vrij goed idiomorfe dipyramiden (hoge kwarts), met afmetingen van 1/2 tot 1 cm, een enkele maal tot 1 1/2 cm. Ook in de fijnkristallijne basische insluitels in de graniet van Kappelrodeck zijn, spaarzaam verdeeld, kwartsmegakristen aanwezig, evenals megakristen van biotiet en plagioklaas (de laatste tot 1 1/2 cm doorsnede: niet zeer groot in vergelijking tot de kaliveldspaat-megakristen, maar wel veel groter dan de omringende kristalletjes).

In de bovenste zone van de continentale korst zijn, na granieten, de iets SiO₂-armere granodiorieten en kwartsdiorieten (=tonalieten) de meest verbreide dieptegesteenten. Ook deze bevatten veelvuldig relatief fijnkristallijne, donkere insluitels. Een voorbeeld is het gesteente van Fig. 18: een kwartsdioriet met insluitels van dioriet van de top van de Adamello in Noord-Italië.

Zowel in de kwartsdioriet als in de insluitels zijn biotietmegakristen aanwezig: zeszijdige zuiltjes met de lange as dwars op de kristalsplijting. Verder zijn

er nog schaarse megakristen van hoornblende en, in de insluitels, van plagioklaas. In slijpplaatjes is te zien, dat de grote biotieten in de insluitels rijk zijn aan ingesloten restantjes van plagioklaaskristalletjes, in tegenstelling tot die in de kwartsdioriet, die daar vrij van zijn. In de insluitels zijn het dus duidelijk porfierblasten, in de omgevende kwartsdioriet vermoedelijk, mede naar analogie van de veldspaatmegakristen in granieten, normaal-magmatische uitscheidingen. Afgezien van de inwendige structuur is de habitus van de biotietmegakristen in de insluitels geheel gelijk aan die in de kwartsdioriet. Waarschijnlijk zijn ze gelijktijdig gevormd, bij (lokaal) gelijke fysische en chemische omstandigheden. De megakristen in deze gesteenten kunnen dan worden opgevat als een product van convergentie van magmatische en metamorfe processen.

Temperaturen van rhyolietmagma's

In de bovengenoemde experimenten van Winkler & Schultes werd gewerkt met granietische smelten die met H₂O waren verzadigd. Het valt echter te betwijfelen of zo H₂O-rijke smelten in de natuur veel gevormd worden. Wel is zeker dat ze bij temperaturen van 700° C en minder (waarbij de eerste uitscheiding van plagioklaas werd geconstateerd) nooit naar de aardoppervlakte kunnen komen om daar als rhyoliet te stollen. Dit hangt samen met het sterk smeltpuntverlagend effect van opgelost water. Zo is de eutektische temperatuur van het eerder besproken mengsel van SiO₂ - KAlSi₃O₈ bij een druk van 5000 atm. en bij verzadiging met H₂O (d.w.z. circa 11 gewichtsprocenten) 650° C, maar bij afwezigheid van H₂O ligt deze temperatuur bij omstreeks 1000° C. Bij lagere drukken is de oplosbaarheid van water in zulke smelten veel geringer en de eutektische temperatuur dus hoger. Bij 1000 atm. ligt het eutekticum in een H₂O-verzadigde smelt van de bovengenoemde samenstelling bij circa 720° C. Bij verdere drukverlaging tot 1 atm. stijgt de eutektische temperatuur snel tot circa 960° C. Het betekent dat een magma met fenokristen als dat van Winkler & Schultes bij opstijging al zeer spoedig geheel vast wordt en dat verdere stroming dus onmogelijk is. Om wel tot de oppervlakte door te kunnen dringen moet een fenokristhoudend rhyolietisch magma veel minder water bevatten en een hogere temperatuur hebben.

Vermoedelijk is het H₂O-gehalte van zulke magma's meestal kleiner dan 2%, hetgeen inhoudt dat de kristallisatie mogelijk al begonnen is bij temperaturen van aanzienlijk meer dan 800° C.

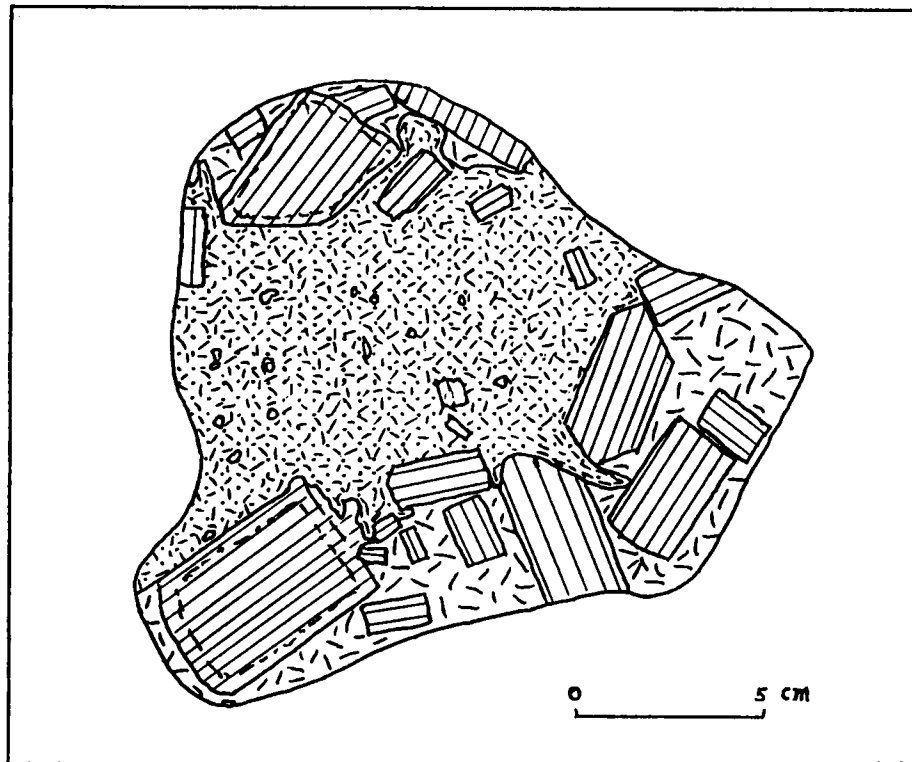


Fig. 17. Uitsluiting van materiaal van basisch insluitel tussen megakristen in graniet. Kappelrodeck, Zwarte Woud.

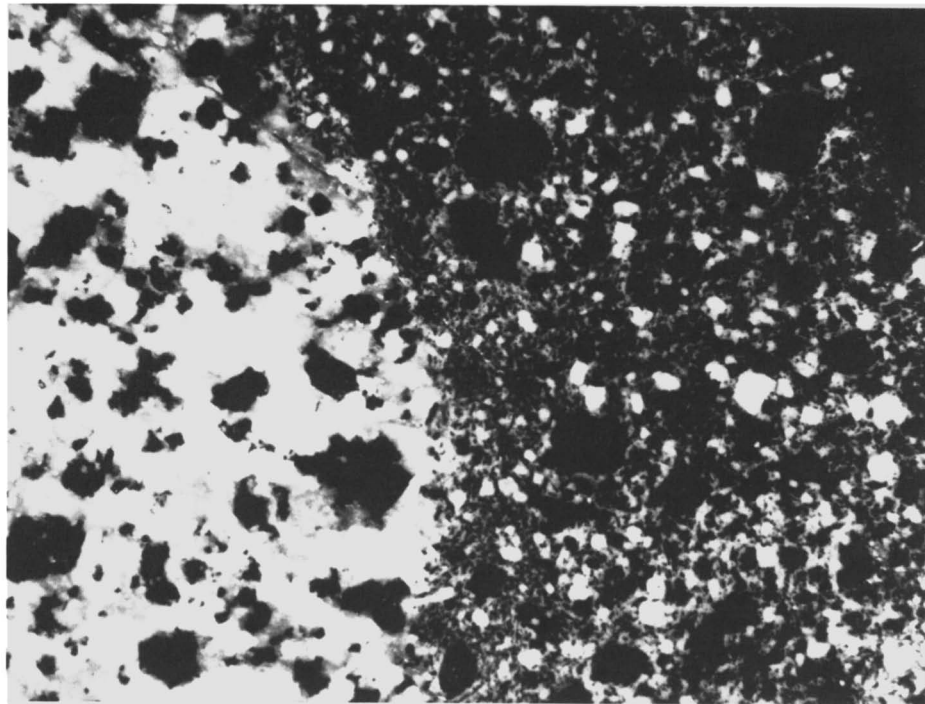


Fig. 18. Kwartsdioriet met dioriet-insluitel, beide met biotiet-megakristen (slijpvlak). Afmetingen 9,5 bij 6,7 cm. Top Adamello, N. Italië.

Noten

1 Zie Van Straaten, 1989, 1991.

2 Zie hiervoor en voor de definities van andere gesteenten (andesiet, bazalt enz.) bijvoorbeeld Pannekoek en van Straaten, red., 1984. Algemene Geologie, 4e druk. Zie ook het bijschrift van Fig. 6.

3 I.v.m. (Grieks) rhyax = (lava)stroom (Von Richthoven, 1860), op grond van de vaak aanwezige fluidale structuren.

4 De naam werd gegeven door J. Roth in 1861.

5 Bij chemische analyses worden de

gevonden hoeveelheden voorzover mogelijk als (gewichtspcenten van) oxiden opgegeven. Zo bevat een 'gemiddelde' graniet volgens Daly (1933) circa: 70,2% SiO₂, 14,5% Al₂O₃, 4,1% K₂O, 3,5% Na₂O, 2,0% CaO, 1,8% FeO, 1,6% Fe₂O₃, 0,9% MgO, 0,8% H₂O. Er is altijd voldoende zuurstof in de gesteenten (resp. de magma's waaruit ze zijn ontstaan) om het Si geheel als SiO₂ te berekenen. De term SiO₂-gehalte impliceert hier dus niet dat alle SiO₂ als zodanig aanwezig is. Integendeel is een groot gedeelte van het Si, in de meeste basische gesteenten zelfs alles, in silikaten gebonden.

6 Plaatselijk hebben de fluïdale structuren afwijkende richtingen, n.l. waar zich stuwingen voordeden (door viscositeitsverschillen?) en de stroomlijnen over kleine afstanden opzij bogen. Hier en daar resulteren zelfs fraaie vloeiplooiingstructuren.

7 Ook de rhyolietkoepel van Kahlbusch, 14 km ten Z.O. van Dresden, is geheel 'verzuild'. Daarentegen is in de rhyolietmassiefjes in het Nahegebied op enkele uitzonderingen na van zuilenvorming nergens te zien.

8 Boven 374° C, de kritische temperatuur, is geen vloeibaar water meer bestaanbaar. Bij zulke omstandigheden spreekt men niet meer van damp, maar van gas.

9 Bij de eruptie van Mt. St. Helens in 1980 bereikten de gloedwolken snelheden van naar schatting 200 à 250 mijlen per uur.

10 Overigens zijn veel rhyoliet-lavastromen aan de onderkant breccieus en liggen ze op pyroklastische afzettingen, gevormd bij dezelfde eruptie, voorafgaand aan de uitstroming van de lava (zie bijv. Christiansen & Lipman, 1966).

11 Dit betekent natuurlijk niet dat alle ignimbrieten geheel vrij zijn van gasholten. Integendeel, vaak bevatten ze verspreide, veelal plat gedrukte, gasholten, die geheel of gedeeltelijk opgevuld kunnen zijn door secundaire mineraaluitscheidingen, zie bijv. Fig. 7. Ook in oudere ignimbrieten worden zulke holten wel aangetroffen, bijv. in de Vozezen en bij Meissen (Saksen). Beide formaties zijn van Permische ouderdom. Bij Nideck (Vozezen) zijn de wanden van de holten plaatselijk bekleed met fraaie kristalletjes van lage kwarts. Dergelijke holten met

kwartskristalletjes, maar dan met de afplating vertikaal, parallel met fluïdale structuren, zijn er in de niet ignimbrietische rhyoliet O. van Dossenheim (N. van Heidelberg). Bij Weinheim is de kraterpijp rhyoliet praktisch geheel holtenvrij, maar mogelijk waren hier oorspronkelijk veel micro-holten tussen de laminae van de fluïdale structuur aanwezig, die later zijn opgevuld.

Soms zijn ook in jonge lavageesteenten de holten plaatselijk geheel verdwenen door latere opvulling. Zo blijken op de Monte Guardia op Lipari de poreuze gesteenten aan de buitenkant van de rotsen een 1 à 2 cm dikke korst te bezitten waar de blazen met secundaire kwarts gevuld zijn. Dit is duidelijk het resultaat van neerslag uit verdampend gesteentewater. De SiO₂ moet uit het gesteente zelf afkomstig zijn. In verband met chemische analyses van het gesteente, met name van het SiO₂-gehalte, is dit van betekenis: een analyse van monsters onder de korst kan iets te lage SiO₂-waarden opleveren, de korst zelf veel te hoge.

12 In dun-vloeibare bazaltische magma's vindt vaak op grote schaal uitzakking van eerstgevormde kristallen plaats. Op de bodem van magmakamers ontstaan daarbij 'cumulaten', die voornamelijk bestaan uit kristallen van olivijn en/of pyroxeen (mafietieten, o.a. peridotieten). Overigens moet hier nog vermeld worden dat ook bij meer visceuze magma's stroming in gangen kan leiden tot enige concentratie van fenokristen in de middengedeelten daarvan.

13 De stijging van de overgangstemperatuur bij drukverhoging heeft dezelfde oorzaak als die van de verhoging van de smeltpunten van mineralen bij opvoering van de druk, n.l. het verschil in soortelijk volume. De dichtheid van hoge kwarts (bij 1 atm.) is 2,53; lage kwarts is dichter gepakt: d=2,65.

14 Wel treft men niet zelden geresorbeerde plagioklaas-eerstelingen aan in meer basische uitvloeingsgesteenten als daciëten, andesietten en bazalten.

15 Een in de literatuur niet eerder genoemd aspect heeft te maken met de oorzaak van het omhoogkomen van magma. Afgezien van de situatie dicht onder de aardoppervlakte, waar het opstijgen van gasbellen de hoofdrol kan spelen, is dit het gevolg van het verschil in dichtheid tussen

magma en omgevend gesteente. De drijvende kracht is dus de zwaartekracht, die sterker werkt op de gesteenten dan op het lichtere magma. Wanneer het magma nu omhoog beweegt ondergaat het verschillende invloeden: o.a. adiatische uitzetting door drukverlaging en daardoor afkoeling, maar ook ondervindt het wrijving. Juist bij de relatief visceuze SiO₂-rijke magma's is deze interne wrijving vrij groot. Volgens voorlopige berekeningen (door F.R. Feenstra en E. Fokkens, Laboratorium voor Technische Scheikunde te Groningen) is het goed mogelijk dat, ten gevolge van het onder druk omhoogstromen van SiO₂-rijk magma, de temperatuur daarin stijgt. Het lijkt overigens niet waarschijnlijk, dat dit effect ook in hogere delen van de aardkorst opweegt tegen de temperatuurverlaging ten gevolge van het contact met de veel koudere nevengesteenten.

Summary

After a short introduction on the Egyptian rock, first named porphyry (an andesite) and its colour, an overview is given of the origin and properties of rhyolitic rocks. It briefly touches on the following topics: origin of porphyritic texture, viscosity and explosivity of rhyolitic magmas, types of rhyolite bodies, ignimbrites and their lithologic characteristics, phenocryst minerals and the order of crystallization in granitic magmas, possible causes of magmatic corrosion of phenocrysts, and, lastly, on growth of megacrysts of potash feldspar, quartz and biotite in granitic and tonalitic rocks and their enclaves. Some new data are presented, among other things on the subject of megacrysts. All examples of rocks mentioned in this paper are taken from the collections of the former Geology Department at Groningen University.

Adres van de auteur:

Westerse Drift 64
9752 LJ Haren

Literatuur

- Arikas, K., 1986. Geochemie und Petrologie der permischen Rhyolithe in Südwestdeutschland (Saar-Nahe-Gebiet, Odenwald, Schwarzwald) und in den Vogesen. *Pollichia* Buch No. 8. Bad Dürkheim, Pollichia. 322 pp.
- Barth, S., 1991. Permische Gesteinsgläser im Bozener Vulkanitkomplex (Südtirol-Trentino). *Aufschluss* 42. pp. 301-310.
- Best, M.G., 1982. *Igneous and metamorphic petrology*. New York, Freeman & Co. 630 pp.

- Blake, D.H. et al., 1965. Some relationships resulting from the intimate association of acid and basic magmas. *Quart. Journ. Geol. Soc. Lond.* 121, pp. 31-49.
- Bowen, N.L., 1928. The evolution of the igneous rocks. Princeton Univ. Press. 334 pp.
- Boyd, F.R., 1961. Welded tuffs and flows in the Rhyolite Plateau of Yellowstone Park, Wyoming. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 72, pp. 387-426.
- Cas, R.A.F. & Wright, J.V., 1988. Volcanic successions, modern and ancient. Londen, Unwin - Hyman. 528 pp.
- Christiansen, R.L. & Lipman, P.W., 1966. Emplacement and thermal history of a rhyolite lava flow near Fortymile Canyon, Southern Nevada. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 77, pp. 671-684.
- Crisci, G.M. et al., 1981. Monte Guardia sequence, a Late-Pleistocene eruptive cycle on Lipari (Italy). *Bull. Volcanol.* 44, pp. 241-255.
- Didier, J., 1973. Granites and their enclaves. Amsterdam, Elsevier. 393 pp.
- Emmerman, R., 1969. Genetic relations between two generations of K-feldspar in a granite pluton. *N. Jahrb. Min. Abh.* 111 pp. 289-313.
- Foxworthy, B.L. and Hill, M., 1982. Volcanic eruptions of 1980 at Mount St. Helens. The first 100 days. *Geol. Surv. Prof. Paper* 1249. 125 pp.
- Hildredth, W., 1981. Gradients in silicic magam chambers: Implications for lithospheric magmatism. *Journ. Geophys. Res.* 86, B 11, pp. 10153-10192.
- , 1983. The compositionally zoned eruption of 1912 in the Valley of the ten thousand smokes, Katmai Nat. Park, Alaska. *Journ. Volc. & Geoth. Res.* 18, pp. 1-56.
- Hume, W.F., 1934. *Geology of Egypt*. Vol. II. Cairo, Government Press. 300 + 124 pp.
- Johannes, W. & Holtz, F., 1991. Formation and ascent of granitic magmas. *geol. Rdsch.* 80, pp. 225-231.
- Krupp, R., 1984. The Nahe Caldera - A resurgent caldera in the Permocarboferous Saar Nahe Basin, S.W. Germany. *Geol. Rdsch.* 73, pp. 981-1005.
- Leonardi, P., 1967. *Le Dolomiti*. Rome, Consiglio Naz. delle Ric., 1019 pp.
- Lorenz, V., 1973. Zur Altersfrage des Kreuzbacher Rhyolithes unter besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie und Ueberschichtungstektonik in seiner südlichen Umrandung. *N. Jahrb. Geol. Pal. Abh.* 142, 2, pp. 139-164.
- Luth, W.C., 1969. The systems NaAlSi₃O₈-SiO₂ and KAlSi₃O₈-SiO₂ to 20 kb and the relationship between H₂O content, P H₂O, and P total in granitic magmas. *Am. Journ. Sci.* 267 A, pp. 325-341.
- Mehnert, K.R., 1968. Migmatites and the origin of granitic rocks. Amsterdam, Elsevier. 393 pp.
- Mehnert, K.R. & Büsch, W., 1981. The Ba-content of K-feldspar megacrysts in granites: a criterion for their formation. *N. Jahrb. Min. Abh.* 140, pp. 221-252.
- , 1985. The formation of K-feldspar megacrysts in granites, migmatites and augengneisses. *N. Jahrb. Min. Abh.* 151, pp. 229-259.
- Ninkovich, D., Sparks, R.S.J. & Ledbetter, M.T., 1978. The exceptional magnitude and intensity of the Toba eruption, Sumatra. *Bull. Volc.* 41, 286-298.
- Oftedal, Chr., 1959. Volcanic sequences and magma formation in the Oslo region. *Geol. Rdsch.* 48, pp. 18-26.
- Otto, J. & Wimmenauer, W., 1973. Les enclaves dans les granites de la Foret Noire. *Bull. Soc. Géol. France* (7), XV, pp. 199-208.
- Pannekoek, A.J. & Straaten, L.M.J.U. van, red. 1984. *Algemene Geologie*. 4e druk, Groningen, Wolters-Noordhoff. 599 pp.
- Pichler, H., 1990. *Italienische Vulkan-Gebiete III*. Lipari, Vulcano, Stromboli, Tyrrhenisches Meer. *Samml. Geol. Führer* 69. Berlin, Bornträger. 272 pp.
- Rinne, F., 1928. *Gesteinskunde*. 4te Aufl. Leipzig, Jänecke. 428 pp.
- Rosenbusch, H. & Osann, A., 1923. *Elemente der Gesteinslehre*. Stuttgart, Schweizerbart. 778 pp.
- Roth, J., 1861. *Die Gesteins-Analysen*. Berlin, Hertz. 68 pp.
- Rykart, R., 1989. *Quartz-Monographie*. Thun, Ott. 413 pp.
- Schleicher, H., 1978. *Petrologie der Granitporphyre des Schwarzwaldes*. *N. Jahrb. Min. Abh.* 132, pp. 153-181.
- Schürmann, H.M.E., 1966. The Precambrian along the Gulf of Suez and the Northern part of the Red Sea. Leiden, Brill. 404 pp.
- Schwab, M., 1959. Zur Deutung des Quarzporphyrs vom Kahlbusch bei Dohna (Sachsen) als Quellkuppe. *geol. Rdsch.* 43-54.
- Smith, J.V., 1974. *Feldspar minerals Vol. 2*. Chemical and textural properties. Berlin, Springer. 690 pp.
- Straaten, L.M.J.U. van., 1946. *Grindonderzoek in Zuid-Limburg*. Meded. Geol. Sticht. Serie C-6-2. 146 pp.
- , 1989. De mineralogische collectie. pp. 79-88 in J. Schuller tot Peursum-Meyer & W.R.H. Koops, eds. *Petrus Camper (1722-1789)*. Univ. Mus. Groningen, 148 pp.
- 1991. De geologische collecties der Rijksuniversiteit te Groningen. *Grondb. en hamer.* 45, pp. 41-49.
- Theurerjahr, A.K., 1986. Beitrag zur genese der jungpaläozoischen Rhyolithe des Saar-Nahe-Gebiets (SW-Deutschland). *Geol. Jahrb. Hessen.* 114 pp. 209-226.
- Tuttle, O.F. & Bowen, N.L., 1958. Origin of granite in the light of the experimental studies in the system NaAlSi₃O₈-KAlSi₃O₈-SiO₂-H₂O. *Mem. 74. Geol. Soc. Am.* pp. 153.
- Verbeek, R.D.M. & Fennema, R., 1896. *Geologische beschrijving van Java en Madoera*. Deel I. Amsterdam, Stemler. 1135 pp.
- Westerveld, J., 1947. On the origin of the acid volcanic rocks around Lake Toba, North Sumatra. *Verh. Kon. Ned. Ak. Wet., Afd. Nat., 2e sect. XLIII, 1.* - , 1962. Quaternary volcanism on Sumatra. *Bull. Geol. Soc. Am.* 63, pp. 51 pp.
- Winkler, H.G.F. & Schultes, H., 1982. On the problem of alkali feldspar phenocrysts in granitic rocks. *N. Jahrb. Min. Abh., Jahrg. 1982.* H. 12, pp. 558-564.
- Wyllie, P.J., Huang, W.L., Stern, Ch.R. & Maaløe, Sv., 1976. Granite magmas: possible and impossible sources, water contents and crystallization sequences. *Canad. Journ. Earth Sci.* 13., pp. 1007-1019.
- Yoder, H.S., 1950. High-low quartz inversion up to 10.000 bars. *Trans. Am. Geoph. Un.* 31, pp. 827-835.
- Zandstra, J.C., 1988. *Noordelijke kristallijne gids-gesteenten*. Leiden, Brill. 469 pp.
- Zirkel, F., 1893. *Lehrbuch der Petrographie*. 2te Aufl. Bd. I. Leipzig, Engelmann. 845 pp.

GEOVARIA

Oermensvondst in Malawi

Tijdens een expeditie van het Hessisches Landesmuseum Darmstadt naar Malawi in Centraal Afrika zijn aan de westoever van het Malawimeer bij de plaats Uraha fossiele overblijfselen gevonden van een ca. 3 miljoen jaar oude oermens. De resten betreffen een bijna complete onderkaak, aange troffen in Boven-Pliocene afzettingen. Sinds 1983 worden in dit gebied grote aantallen zoogdierfossielen gevonden waarvan de meeste behoren tot de bekende Afrikaanse diergroepen. Maar menselijke resten waren daartussen nog niet aangetroffen. De betekenis van de vondst voor het paleo-antropologisch onderzoek is groot, vooral om-

dat de vindplaats in Malawi tussen de inmiddels klassieke lokaties in Zuid- en Oost-Afrika ligt. Omdat er tot nu toe geen vondsten van oermensen geregistreerd waren was een verbinding tussen beide ver uit elkaar gelegen gebieden erg omstreven. Het verrassende aan de Malawikaak is dat het vrijwel zeker een overgangsvorm betreft tussen de vroegste Australopithecus afarensis 'Lucy' met de eerste Homo habilis-vormen. Tot dusver er een hiaat van ca. 1 miljoen jaar tussen beide menstypen hetgeen tot nogal wat speculaties aanleiding gaf. De onderkaak toont duidelijke overeenkomsten met die van Australopithecus afarensis, gevonden in Ethiopië en Noord-Tanzania ('Lucy'). De gebitselementen welke nog in de kaak staken lijken daarentegen sterk op die van Homo habilis, de vroegste mens. Met deze vondst in Noord-Mala-

wi wordt voor de paleo-antropologie een volledig nieuw gebied ontsloten, wellicht van even groot belang als indertijd in de jaren zeventig in Ethiopië het geval was. Het onderzoeksgebied omvat de gehele zogenoemde Malawi-Rift, die een zuidelijk onderdeel vormt van het grote Afrikaanse slenkensysteem. Deze sinds ongeveer 6 miljoen jaar actieve Malawi-Rift vormt het jongste deel van het grote slenkensysteem. De fossielen worden gevonden in 2 to 4 miljoen jaar oude rivier- en meer sedimenten. De samenstelling van de fossiele fauna: antilopen, paarden, olifanten, giraffen, nijlpaarden, krokodillen, primaten, e.d. wijst op een iets koeler en droger klimaat als thans in dat gebied het geval is.

Fossielen 1/92