

INLEIDING TOT DE PETROLOGIE

door drs. G.J.W. Hamel

De term petrologie stamt van de Griekse woorden *petra* (= steen) en *logos* (= leer) en betekent dus letterlijk: leer der gesteenten. Zowel de zuivere gesteentebescrijving (petrografie) als de ontstaansgeschiedenis (petrogenese) spelen in deze wetenschap een grote rol, waarbij ook de structurele geschiedenis niet vergeten mag worden.

Een gesteente zullen we definiëren als een samenklontering van mineralen. Hoewel er voorbeelden van gesteenten bestaan die slechts uit één mineraalsoort zijn opgebouwd, bestaan de meeste gesteenten uit meerdere mineralen.

Het is gebruikelijk de gesteenten in drie categorieën in te delen:

- a. sediment- of afzettingsgesteenten,
- b. metamorfe gesteenten en
- c. stollingsgesteenten.

De petrologie beperkt zich specifiek tot de categorieën b. en c. Dit betekent, dat we ons met een zeer moeilijk onderdeel van de geologie gaan bezighouden. Vergelijkt u maar eens het werk van een geoloog in een gebied met uitsluitend sedimentgesteenten, zoals schalie, zandsteen e.d., met het werk van een geoloog in een gebied met verschillende granieten, om maar een algemeen bekend stollingsgesteente te noemen. Uit de aard van de sedimentgesteenten, de aanwezige sedimentaire structuren (zoals golfribbels) en de fossielen, kan men de relatieve ouderdom van de verschillende lagen vaststellen en een rekonstruktie maken van de milieus waarin deze gesteenten gevormd zijn. Hierbij kan de geoloog gebruik maken van het principe dat "actualisme" wordt genoemd, d.w.z. het bestuderen van recente geologische processen en de daardoor veroorzaakte structuren.

Wie vertelt ons echter wat onder en boven is bij een graniet, welke graniet het oudste of het jongste is en welke ouderdom het op de geologische tijdschaal inneemt?

Daarbij komt nog dat de structurele geschiedenis van een gebied met overwegend sedimentgesteenten in het algemeen vrij simpel is, bijv. de open plooiën van de Jura-boog, terwijl gebieden met stollings- en metamorfe gesteenten juist vaak een zeer ingewikkelde structurele geschiedenis achter de rug hebben, bijv. twee of meer plooiingsfasen enz. Het principe van het actualisme kan bij recente vulkanen toegepast worden, maar in bijna alle andere gevallen hebben we met gesteenten te maken die op grote diepte, onder hoge druk en temperatuur gevormd zijn, waar wij geen directe waarnemingen kunnen doen.

Een petroloog zal dus andere middelen moeten gebruiken om de ontstaansgeschiedenis van een gesteente of een gesteentekomplex te ontrafelen; de mineralen waaruit een gesteente is opgebouwd, hun onderlinge relaties, de chemische samenstelling van de mineralen en van het hele gesteente vormen de gegevens, waarmee verder gewerkt kan worden. Dit klinkt eenvoudig, maar in de praktijk betekent dit, dat een petroloog zeer veel moet weten van kristalchemie, fasenleer, thermodynamica en wiskunde. In plaats van op het veldwerk, ligt de nadruk op het reken- en laboratoriumwerk, waarbij van de nieuwste elektronische hulpmiddelen gebruik wordt gemaakt.

Het zou veel te ver voeren om alle aspecten van de petrologie hier te behandelen. Wij zullen ons beperken tot de mineralogische klassifikatie van de stollingsgesteenten. De metamorfe gesteenten zullen voorlopig achterwege blijven, hoewel we het begrip "metamorfose" wel moeten definiëren, omdat een aantal metamorfe processen direkt verband houden met de aanwezigheid van stollingsgesteenten. Met enig geduld en oefening moet het dan mogelijk zijn de belangrijkste stollingsgesteenten, mits niet al te fijnkorrelig, te determineren. Aan de hand van voorbeelden van voorkomens in de Eifel, Vogezen, e.d. zullen de relaties tussen de verschillende typen gesteenten behandeld worden. De lezer krijgt dan enigszins een idee van de problematiek van deze vorm van geologie, een zeer belangrijke vorm, wanneer we weten, dat de sedimentsgesteenten slechts 4% van de totale hoeveelheid gesteenten van de aardkorst innemen

Bovendien kunnen de verzamelaars van zwerfstenen uit de Skandinavische landen, die indertijd met het landijs naar Nederland zijn getransporteerd, de daarbij aanwezige stollingsgesteenten systematisch determineren. Vergeet u echter niet, dat het daarbij net zo gesteld is als met het determineren van fossielen: men wil graag direkt een genus- en een speciesnaam hebben, terwijl zelfs een paleontoloog deze na lang onderzoek soms niet precies kan vertellen.

Met het determineren van gesteenten is het ook zo gesteld: vaak blijkt een naam die men op grond van makroskopische waarnemingen (met het blote oog of met een loep) aan een gesteente heeft gegeven, na mikroskopisch onderzoek geheel onjuist te zijn. Men dient dus altijd voorzichtig te zijn met het trekken van conclusies.

I. Stollingsgesteenten

Wat zijn nu precies stollingsgesteenten?

Men bedoelt hiermee gesteenten die door kristallisatie van een magma zijn ontstaan. Een magma is een gesmolten gesteentemassa met daarin opgeloste gassen. Aangezien de meeste gesteentevormende mineralen silikaten zijn d.w.z. verbindingen met SiO_4 -groepen in de kristalstructuur (Si=silicium en O=zuurstof), spreekt men van een silikaatsmelt. Tijdens het afkoelen van zo'n magma gaan de SiO_4 -groepen zich verbinden met de in de smelt aanwezige metalen, vnl. natrium, kalium, calcium, magnesium en ijzer en vormen zo verschillende mineralen.

Wanneer een magma aan de oppervlakte treedt, spreekt men van lava.

Metamorfe gesteenten zijn gesteenten waarvan de mineraalinhoud door hoge druk en/of temperatuur veranderd is. Wanneer bijv. een kalkgesteente onder hoge druk en temperatuur komt te staan, zal de in het kalkgesteente aanwezige calciet rekristalliseren (opnieuw uitkristalliseren). Men krijgt dan een marmor.

We onderscheiden verschillende graden van metamorfose, afhankelijk van de hoogte van de temperatuur en/of de druk. Een leisteen is bijv. een laag-metamorfe schalie. Er bestaan zowel metamorfe sedimentgesteenten als metamorfe stollingsgesteenten. Het voorvoegsel "ortho"

voor de naam van een metamorf gesteente geeft aan, dat men met een metamorf stollingsgesteente heeft te doen; het voorvoegsel "para" doet dat voor metamorfe sedimentgesteenten.

Wanneer men met een zeer hoge graad van metamorfose te doen heeft, zullen in het algemeen de druk en de temperatuur zo hoog zijn, dat het gesteente geheel of gedeeltelijk smelt, waarna bij afkoeling weer kristallisatie optreedt. In dit geval hebben we dus met overgangsvormen tussen metamorfe en stollingsgesteenten te maken. Men spreekt dan van "anatexitische" gesteenten.

De stollingsgesteenten worden in drie typen ingedeeld:

1. dieptegesteenten of plutonieten of intrusieve gesteenten;
2. uitvloeiingsgesteenten of vulkanieten of effusieve gesteenten;
3. hypabyssale gesteenten of ganggesteenten; dit zijn overgangsvormen tussen 1. en 2.

In figuur 1 is het verband tussen deze drie groepen schematisch weergegeven. *)

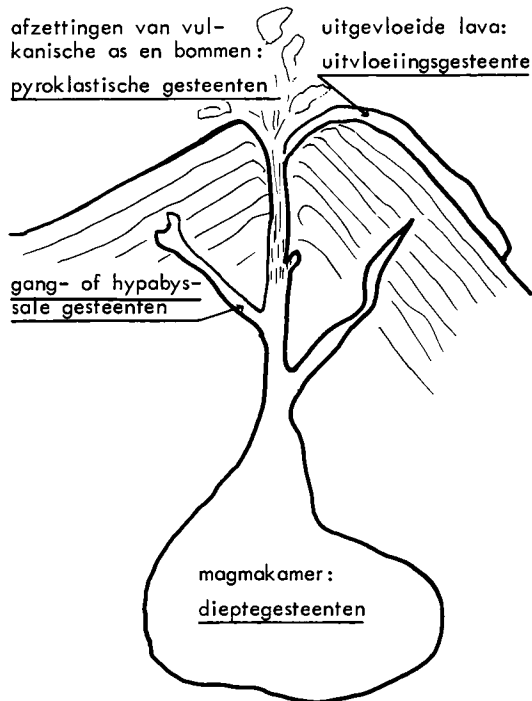


fig. 1

Voor we hier verder op in gaan, moet er hier op gewezen worden, dat de zgn. magmahaarden van vulkanen zich in het algemeen in de korst van de aarde bevinden, die tot een diepte van circa 30 km reikt. Velen denken n.l. ten onrechte, dat deze magmakamers direkt met de "vloeibare" kern van de aarde in verbinding staan.

*) Eventueel kan men een 4e groep onderscheiden, de pyroklastische gesteenten. Dit zijn de uitwerpselen van vulkanen, zoals tuffen.

Wat gesteenten betreft zullen wij ons ook tot de korstgesteenten beperken, hoewel men tegenwoordig vrij nauw omschreven ideeën heeft omtrent de gesteenten die zich tussen de korst en de kern, in het gedeelte dat men de mantel van de aarde noemt, bevinden.

HERKENNEN VAN EEN STOLLINGSGESTEENTE

In het algemeen liggen de mineralen in een stollingsgesteente niet op een bepaalde wijze geïoriënteerd. In sedimentgesteenten is een sedimentaire gelaagdheid zichtbaar, zo al niet in het handstuk, dan toch zeker in de ontsluiting.

In metamorfe gesteenten treft men in het algemeen een drukgelaagdheid (cleavage of schistositeit) aan, veroorzaakt door het feit dat de aanwezige mica-blaadjes evenwijdig aan elkaar gerangschikt liggen. Er bestaan echter ook structuurloze metamorfe gesteenten, zoals hoornrotsen en eklogieten. Deze zullen we later nog behandelen om herkennen t.o.v. stollingsgesteenten mogelijk te maken.

De mineraalinhoud kan ons ook een aanwijzing geven. Er zijn bepaalde mineralen, zoals andalusiet, die uitsluitend in metamorfe gesteenten voorkomen en andere, zoals de kleimineralen, die uitsluitend in sedimentgesteenten voorkomen (afgezien van het feit dat in een sterk verweerde graniet in een ontsluiting wel kleimineralen voorkomen).

Eén kleine kanttkening moeten we nog maken: in stollingsgesteenten kunnen wel vloeistrukturen voorkomen. Deze zijn echter meestal niet zonder meer in een ontsluiting te herkennen, maar komen pas na intensief karteringswerk in het geologische kaartbeeld tot uitdrukking, met uitzondering van de vloeistrukturen die men in gestolde lava's kan waarnemen.

HERKENNEN VAN EEN DIEPTEGESTEENTE

Aangezien de kristallisatie van een magma in de diepere gedeelten van de aardkorst, waar hoge temperaturen en drukken heersen, in het algemeen langzaam verloopt, krijgen de mineralen de kans kristallen van redelijke afmetingen te vormen.

Wanneer we nu het onderstaande tabelletje gebruiken om de gemiddelde korrelgrootte van een gesteente aan te geven:

zeer grofkorrelig	groter dan 3 cm
grofkorrelig	5 mm tot 3 cm
middenkorrelig	1 mm tot 5 mm
fijnkorrelig	1/3 mm tot 1 mm
afanitisch	kleiner dan 1/3 mm

dan zijn dieptegesteenten middenkorrelig tot grofkorrelig en in sommige gevallen zeer grofkorrelig.

Om dit tabelletje te kunnen hanteren dient men met een centimeter van een aantal, zeg twintig, mineraalkorrels, de grootte op te nemen en dan te middelen. Uiteraard moet hiervoor een representatief handstuk van het gesteente gebruikt worden en niet een stuk, dat bijv. uit één groot veldspaatkristal bestaat. Verder zijn dieptegesteenten in het algemeen gelijkkorrelig.

HERKENNEN VAN EEN VULKANISCH GESTEENTE

In tegenstelling tot dieptegesteenten zijn vulkanische gesteenten in het algemeen fijnkorrelig tot afanitisch: in een gloeiende lava die aan het oppervlak uitstroomt gaat de afkoeling zo snel, dat de mineralen niet de kans krijgen kristallen van behoorlijke afmetingen te

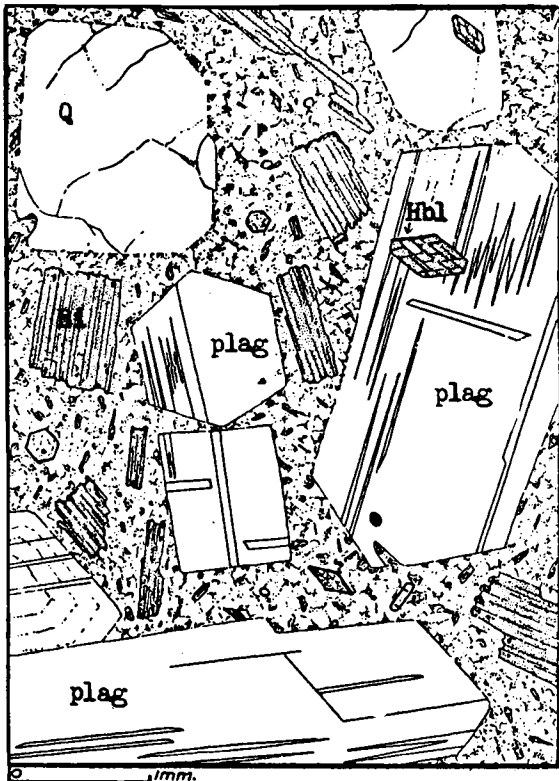
vormen. Soms gaat de afkoeling dermate snel, dat niet eens kristalroosters gebouwd kunnen worden: we krijgen dan een structuurloze, niet-kristallijne silikaatmassa, een glas. Vele vulkanische gesteenten bestaan dus geheel of gedeeltelijk uit glas. Een ander belangrijk punt is het feit, dat een uitvloeiende lava vaak zeer veel gas bevat. Vandaar, dat vulkanische gesteenten in veel gevallen poreus zijn, zoals bijv. puimsteen.

HERKENNEN VAN HYPABYSSALE GESTEENTEN

De korrelgrootte van deze gesteenten is sterk wisselend. In de meeste gevallen ziet men grote kristallen, die als het ware rondzwemmen in een zeer fijnkorrelige tot afanitische grondmassa. Deze kristallen zijn de eerste kristallen die uit de gesmolten gesteentemassa gekristalliseerd zijn en worden daarom "eerstelingen" of "fenokristen" genoemd. Vaak betreft het kristallen van slechts één kristalsoort, bijv. kwarts of veldspaat.

fig. 2

Voorbeeld van de ongelijkkorreligheid bij een uitvloeiingsgesteente of een ganggesteente.



- Q = kwarts
 plag = plagioklaas
 Hbl = amfibool
 Bi = biotiet

In sommige gevallen is het vrijwel onmogelijk van een los handstuk te zeggen of het een ganggesteente of een dieptegesteente betreft. Mikroskopisch onderzoek en bestudering van de relaties tussen de gesteenten in het veld kunnen dan pas uitsluitsel geven.

Voor we overgaan tot het behandelen van de principes van de gesteenteklassifikatie, zullen de belangrijkste gesteentevormende mineralen hier in een kort bestek worden behandeld. Voor uitgebreide beschrijvingen wordt naar de literatuur verwezen.

Bij de makroskopische herkenning van mineralen worden eenvoudige hulpmiddelen gebruikt: een goede, 10x vergrotende loep; hardheidsstiften of bij afwezigheid daarvan een stukje kwarts, een goed mes en een bronzen cent; een stukje ongeglazuurd porselein (bijv. een zekering) om de streepkleur van ertsmineralen te testen en een kleine magneet. Verder dient men over een redelijke kennis van de kristallografie te beschikken en een goed gevoel voor kleurnuances te hebben. De bij de gesteentebeschrijvingen opgenomen foto's en de foto's in mineralogische boeken kunnen hierbij van goede dienst zijn.

II. De gesteentevormende mineralen

Wanneer men de mineraalinhoud van een gesteente beschrijft, wordt de volgende indeling gebruikt:

primaire mineralen - hoofdbestanddelen
 - accessoria

secundaire mineralen

Een mineraal is een hoofdbestanddeel, wanneer zijn aanwezigheid van belang is voor het karakter en dus de naam van het gesteente.

Kwarts is bijv. een hoofdbestanddeel in graniet, evenals veldspaat en glimmer.

Accessorische mineralen zijn mineralen waarvan aanwezigheid niet van wezenlijk belang is voor het karakter van een gesteente, zoals bijv. ertsmineralen die in vrijwel ieder gesteente in kleine hoeveelheden voorkomen. Secundaire mineralen zijn mineralen die door omzetting van primaire mineralen zijn ontstaan. Bij de stollingsgesteenten hebben we weinig met deze groep te maken voorzover het de makroskopische herkenning van gesteenten betreft; mikroskopisch blijken er vrijwel altijd omzettingsprodukten aanwezig te zijn.

In veel gesteenten zijn de opbouwende mineraalkorrels hetzij licht, hetzij donker gekleurd. Dit simpele feit is de basis voor de indeling in lichte of felsische, en donkere of mafische mineralen.

De groep mafische mineralen omvat de ijzer-magnesium-silikaten (olivijn, pyroxeen, amfibool en de glimmers); de groep felsische mineralen omvat de veldspaten, de foïden (veldspaatvervangers) en de kwartsgroep.

1. OLIVIJN

Olivijn is een magnesium-ijzer-silikaat, dat in het orthorhombische stelsel uitkristalliseert. De kleur is grasgroen tot bruingroen, de hardheid $6\frac{1}{2}$. Goed gevormde kristallen zijn zeldzaam. Olivijn is één van de eerste mineralen die uit een magma kristalliseren. Vaak ziet men hele nesten van kleine groene olivijnkorrels bij elkaar, bijv. in de basaltzuilen van onze dijkbeschoeiingen.

Olivijn zet zich vrij gemakkelijk om in een waterhoudend magnesium-ijzer-silikaat: serpentiin.

2. PYROXEEN

De pyroxenen vormen een zeer complexe groep silikaten. De elementen ijzer, magnesium, calcium en natrium, alsmede aluminium, mangaan en titanium kunnen in wisselende hoeveelheden aanwezig zijn. Vaak is het pas na chemische analyse mogelijk te bepalen met welke pyroxeen men te doen heeft.

Men onderscheidt twee series: de pyroxenen die in het orthorhombische stelsel uitkristalliseren (orthopyroxenen) en de pyroxenen die in het monokliene stelsel uitkristalliseren (clinopyroxenen).

In het algemeen kan men pas na optisch onderzoek bepalen of men met een ortho-, dan wel met een clinopyroxeen te doen heeft.

Algemene kenmerken: de kleur is groen tot donkergroen, tot vrijwel zwart; de kristallen zijn meestal kort prismatisch, alleen de prismavlakken zijn goed ontwikkeld. De hardheid is 5 tot 6.

Alle pyroxenen bezitten twee slijprijrichtingen, die een hoek van 90° met elkaar maken. Beide slijprijrichtingen lopen evenwijdig aan de lengterichting van het kristal. Zie figuur 3a.

In sommige gevallen is zelfs een derde slijping aanwezig, diallaagsplijting genoemd. Zie figuur 3b. Eén van de orthopyroxenen heeft een typische bronsachtige glans op de slijpvlakken en wordt dan ook bronziet genoemd.

De meest voorkomende clinopyroxeen is augiet. Diopsied is een clinopyroxeen die speciaal in metamorfe kalkgesteenten voorkomt.

fig. 3a

Dwarsdoorsnede door een pyroxeenkristal, met slijpsporen onder hoeken van 90° .

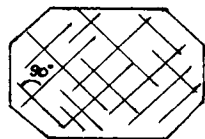
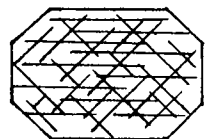


fig. 3b

Dwarsdoorsnede met diallaagsplijting.



3. AMFIBOOL

De amfibolen vormen eveneens een belangrijke groep van complexe silikaten, die chemisch en qua kristalopbouw sterk op de pyroxenen gelijken. Ook hier zijn er orthorhombische en monokliene vertegenwoordigers. De meeste amfibolen zijn groen tot donkergroen tot bijna zwart, maar er zijn bruine en donkerblauwe amfibolen. De hardheid is 5 tot 6. In tegenstelling tot de pyroxenen vormen de amfibolen in het algemeen langerekte prismatische tot naaldvormige kristallen. Evenals de pyroxenen hebben de amfibolen twee goede slijprijrichtingen evenwijdig aan de lengterichting van de kristallen, maar beide slijprijrichtingen maken een hoek van 120° met elkaar. Zie ook figuur 4.

Enkele bekende amfibolen zijn aktinoliët ("straal-

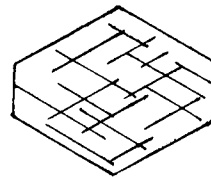


fig. 4 Dwarsdoorsnede door een amfiboolkristal met twee slijpsporen onder hoeken van 120° .

steen"), vooral voorkomend in laag-metamorfe gesteenten, en de gewone hoornblende, de meest voorkomende amfibool. Andere amfibolen zullen nog bij de behandeling van de verschillende stollingsgesteenten besproken worden.

4. DE GLIMMERGROEP

De glimmers of mica's zijn natrium-kalium-alum.silikaten. De atomen zijn in laagjes gerangschikt, vandaar dat alle glimmers zeer goed splijten: met een mes kan men plaatje na plaatje afsplijten.

De kristallen zijn plaatvormig en vertonen vaak een pseudo-hexagonale habitus (zeshoekige vorm), hoewel de glimmers in wezen monokliën zijn. De hardheid is 2 tot $2\frac{1}{2}$. Muscoviet is een zilverachtig glanzende witte glimmer die men in vele granieten kan tegenkomen. Biotiet is de gewone zwarte glimmer die eveneens in zeer veel gesteenten optreedt. Op een vers slijpvlak is de glans vaak goudachtig.

Hieronder volgen de belangrijkste lichte mineralen:

5. DE VELDSPAATGROEP

Deze is kwantitatief de belangrijkste groep gesteentevormende silikaten. Het zijn aluminium-silikaten van kalium, natrium en calcium, die in het monokliene of het trikliene stelsel kristalliseren. De hardheid is 6 tot $6\frac{1}{2}$.

De kaliveldspaten

De gewone kaliumveldspaat is orthoklaas, in het monokliene stelsel kristalliserend. De kleur is wit tot roze. De naam betekent: "recht splijtend"; de twee prismatische slijprijrichtingen staan loodrecht op elkaar. Sanidien is de hoge-temperatuurvorm van orthoklaas en komt specifiek voor in uitvloeiingsgesteenten.

De sanidienkristallen vormen daar vaak fenokristen in en zijn plaatvormig, kleurloos tot wit.

Adulaar is een heldere tot witte kaliveldspaat met een zeer typische kristalvorm; het voorkomen is beperkt tot hydrothermaal gevormde gesteenten (een soort ganggesteenten).

Mikrokliën is een trikliene kaliveldspaat. Makroskopisch is mikrokliën niet van orthoklaas te onderscheiden, behalve in het geval van groene mikrokliën (=amazoniet), die echter maar zelden voorkomt.

De plagioklaasreeks

Dit zijn de natrium-calciumveldspaten, waarbij alle overgangsvormen tussen zuivere natrium-plagioklaas (albiet) en zuivere calcium-plagioklaas (anorthiet) voorkomen. Men spreekt in zo'n geval van een mengreeks. Gewoonlijk wordt bij een bepaalde plagioklaas het percentage anorthiet t.a.v. albiet aangegeven. Zie tabel op pag. 48.

albiet An₀ tot An₁₀
 oligoklaas ... An₁₀ tot An₃₀
 andesien An₃₀ tot An₅₀
 labradoriet... An₅₀ tot An₇₀
 bytowniet An₇₀ tot An₉₀
 anorthiet An₉₀ tot An₁₀₀

Dus een plagioklaas met een verhouding albiet : anorthiet = 1 : 5 heeft een percentage anorthiet van 80 (An₈₀) en is een bytowniet. Voor de naamgeving van een gesteente is het in sommige gevallen zeer belangrijk het anorthietpercentage te kennen. Dit kan langs optische weg bepaald worden. Plagioklaas in een gesteente is meestal wit, de kristallen zijn net als die van kaliveldspaat, gewoonlijk prismatisch. Plagioklaasfenokristen in gang- en uitvloeihtggesteenten zijn typisch latvormig. Soms vertoont plagioklaas een groene kleur, wanneer er gedeeltelijke omzetting in secundaire mineralen heeft plaatsgevonden (zgn. "geaussuriteerde plagioklaas").

Verdere bijzonderheden :

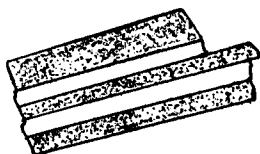
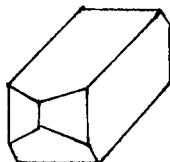
Gewoonlijk komen kaliveldspaat en plagioklaas gescheiden van elkaar voor, omdat de onderlinge mengbaarheid gering is (vergelijk olie en water). Anorthoklaas, dat voorkomt in bepaalde uitvloeihtggesteenten, is een voorbeeld van een mengsel van kaliveldspaat en plagioklaas, het is een kaliumnatriumveldspaat. Wat wel voorkomt is plagioklaas in kaliveldspaat (men spreekt dan van perthiet) en zeldzamer kaliveldspaat in plagioklaas (antiperthiet). De perthiet-lamellen kunnen onregelmatig, plaatvormig, lensvormig of vlekkelig zijn en zijn vaak georiënteerd volgens een bepaalde kristallografische richting. In sommige gevallen is de perthiet makrosopisch herkenbaar. Zie figuur 5.

fig. 5 Lensvormige perthietlamellen in kaliveldspaat.



Zeer typisch bij veldspaten is de vorming van tweelingkristallen. Zowel enkelvoudige tweelingen (twee kristallen die volgens een bepaald vlak met elkaar vergroeid zijn) komen voor, als polysynthetische tweelingen, d.w.z. talloze mikroskopische kleine tweelinglamelletjes, die met elkaar vergroeid zijn. Hieronder enige voorbeelden hiervan, fig. 6.

fig. 6 Enkelvoudige "Baveno" tweeling bij orthoklaas.



Beeld van tweelingslamellen onder een polarisatie-mikroskoop.

Plagioklaas kan vaak makrosopisch op grond van de tweelingslamellen herkend worden. Wanneer men schuin over een plagioklaaskristal in een vers breuk-

vlak van een gesteente heen kijkt, krijgt men het hieronder geschetste beeld van de tweelingen te zien.

fig. 7

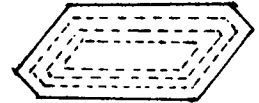
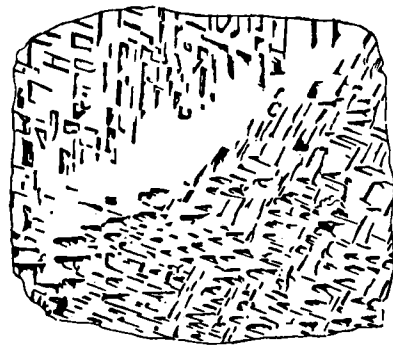


fig. 8 Zonair veldspaatkristal

Vaak zijn veldspaatkristallen zonair, d.w.z. dat de chemische samenstelling van binnen naar buiten toe verandert. Deze zonering is soms makrosopisch te zien, zie figuur 8.

Tenslotte nog één bijzonderheid: in de kaliveldspaat van sommige granieten en pegmatieten (een bepaald adergeesteente dat we later nog zullen bespreken) worden wel wormvormige of hiëroglif-achtige kwartslichaampjes aangetroffen; een dergelijk gesteente noemt men dan mikropegmatiet of schriftgraniet.

fig. 9 Voorbeeld van een schriftgraniet, ($\frac{2}{3}$ van de werkelijke grootte).



Bij ieder gesteente zal men zich opnieuw moeten afvragen of de aanwezige veldspaat kaliveldspaat dan wel plagioklaas is, vooral ook omdat de hoeveelheden van beide in het gesteente - relatief t.o.v. elkaar - van zeer groot belang zijn voor de naamgeving van het gesteente. Men kan zich het beste oefenen met verschillende granieten, omdat beide veldspaten daarin in het algemeen vertegenwoordigd zijn.

Zodra men roze veldspaatkristallen in een graniet ziet, weet men dat het kaliveldspaatkristallen zijn; de andere veldspaatkristallen zijn dus plagioklaas en men kan dan stelselmatig het karakter van beide veldspaten bestuderen. Het onderscheid tussen veldspaat en kwarts zal bij punt 7. behandeld worden.

6. DE FOÏDEN OF VELDSPAAT-VERVANGERS

In deze groep komen verschillende mineralen voor, die, zoals de naam reeds aangeeft, sterk verwant zijn aan de veldspaten. Zij bevatten dezelfde chemische elementen, zij het in andere proporties en zijn vooral armer aan silica. De foïden komen voor in silicium-arme diepten- en uitvloeihtggesteenten; dit is een voorwaarde voor hun aanwezigheid, want wanneer wél voldoende silica voorhanden is, worden veldspaten gevormd. Er bestaat n.l. de volgende reactie:



Het is dus duidelijk dat in een gesteente met foiden geen vrije kwarts voorkomt en dat, omgekeerd, in een gesteente met vrije kwarts niet naar foiden gezocht hoeft te worden.

Hieronder volgen de belangrijkste foiden:

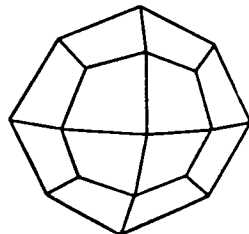
Nefelien

Nefelien vormt gewoonlijk kort-prismatische hexagonale kristallen. De hardheid is $5\frac{1}{2}$, dus lager dan van kwarts en veldspaat: veldspaat krast op glas, nefelien niet. De kleur is wit, lichtgrijs of rood-bruinachtig. Een duidelijke splijting is niet aanwezig, de breuk is schelpvormig en de glans is een vetglans (kwarts heeft glasglans). Typisch is een wit meelachtig verweringshuidje dat zich bij erosie op de nefelienkristallen vormt.

Leuciet

Leuciet komt uitsluitend voor in siliciumarme, kaliumrijke uitvloeiingsgesteenten. Leuciet vormt vaak fraaie witte kristallen die wel leucitoëders worden genoemd: het zijn kristallen behorend tot het kubische stelsel, hoewel leuciet in werkelijkheid niet kubisch is. De hardheid is $5\frac{1}{2}$ tot 6. In doorsneden vertoont leuciet kristallografisch gerangschikte in-sluiteltjes.

fig. 10 Leucietkristal (vergroot)



Sodaliet

In wezen hebben we hier met een groep mineralen te maken, waartoe sodaliet, noseaan, hauyn en lazuriet behoren. De sodalieten zijn kubisch, de meest voorkomende kristalvorm is de rhombendodekaëder: in een vers handstuk ziet men dan ook fraaie zeshoekige doorsneden. Hauyn en lazuriet zijn hemelsblauw, beide mineralen zijn overigens zeldzaam, de andere sodalieten zijn wit tot grijs, vaak zonair n.l. een witte kern en een donkere buitenrand.

fig. 11 Sodalietkristallen (vergroot)



De skapolietgroep is voor ons niet van belang, omdat het voorkomen voornamelijk beperkt is tot bepaalde metamorfe gesteenten.

Meliliet is een makroskopisch niet herkenbaar mineraal dat in bepaalde basalten en aanverwante gesteenten voorkomt, zij het zelden.

7. KWARTS

Zoals waarschijnlijk iedereen wel weet is kwarts een vorm van siliciumoxyde. In stollingsgesteenten hebben we voornamelijk te maken met "gewone" kristallijne kwarts. Slechts in enkele uitvloeiingsgesteenten komen we vormen van SiO_2 tegen, die bij heel speciale omstandigheden gevormd zijn en dan ook een andere kristalopbouw vertonen, zoals cristobaliet en tridymiet. De hardheid van kwarts is 7. Kwartskorrels in stollingsgesteenten zijn meestal helder grijs van tint en zijn onregelmatig begrensd. Dit is niet verwonderlijk, wanneer we weten dat kwarts zo ongeveer het laatste mineraal is dat uit een magma kristalliseert bij relatief lage temperatuur. De kwarts vult dan de 'gaten' op en heeft niet de ruimte om fraai begrensd kristallen te vormen. Kwarts is trigonaal, maar de kristalvormen die men het meest aantreft zijn hexagonale prisma's, begrensd door pyramides. Een volgroeid kwartskristal is dus zeshoekig in doorsnede. In sommige ganggesteenten kan men deze zeshoekige doorsnede bij fenokristen van kwarts nog wel eens aantreffen; hier heeft men echter wel met een vorm van kwarts te maken die bij hoge temperaturen al uitkristalliseert.

8. ACCESSORISCHE MINERALEN

In het algemeen zijn de accessorische bestanddelen van een gesteente pas met behulp van een microscoop waarneembaar.

Magnetiet behoort tot de spinelgroep en is in sommige SiO_2 -arme ("silica-arme")gesteenten wel eens makroskopisch herkenbaar aan de fraaie zwarte oktaëders. Het mineraal is - zoals de naam aangeeft - magnetisch. Men kan deze eigenschap testen door wat poeder af te krabben en daar een kleine magneet bij te houden.

Hematiet en ilmeniet zijn twee ertsmineralen die zeer algemeen voorkomen, maar niet zonder meer herkend kunnen worden. De roze-rode kleur van sommige veldspaten wordt door fijnverdeelde hematiet veroorzaakt.

Zirkoon is een zeer algemeen accessorisch mineraal. De kristallen, geelbruin tot bruinrood van kleur, zijn gemakkelijk te herkennen aan hun vorm: tetragonale prisma's begrensd door pyramides. Ze zijn echter vrijwel altijd te klein om makroskopisch herkend te kunnen worden; alleen in gesteenten als nefelien-syenieten komen zirkoonkristallen van zichtbare afmetingen voor.

Ook de titaniumhoudende mineralen rutiel en titaniet zijn in het algemeen te klein. Titaniet heeft een typische wybertjes-vorm.

Van apatiet, een calciumfosfaat, kan precies hetzelfde gezegd worden.

In pegmatieten (bepaalde adergesteenten in stollingsgesteenten) kunnen bovendien nog een aantal andere mineralen voorkomen. Deze zullen bij de bespreking van pegmatieten worden genoemd, omdat het hier bekende mineralen als granaat, beryl, toermalijn e.d. betreft.

III. Principes van gesteenteklassifikatie

Voor we overgaan tot de mineralogische klassifikatie van gesteenten moet hier eerst nog iets gezegd worden over een andere manier van klassifikatie, n.l. op basis van de chemische samenstelling van een gesteente. Een chemische analyse alleen, waarbij de inhoud van het gesteente in de vorm van oxyden wordt weergegeven, is daarbij niet voldoende; men kan deze oxyden omrekenen tot een aantal,

deels fiktieve "standaardmineralen", waarvan de relatieve hoeveelheden een basis vormen voor vergelijkingen met andere gesteenten. Een dergelijke samenstelling van een gesteente wordt de norm van een gesteente genoemd, dit afwijkend van de werkelijke mineralogische samenstelling, die de modale samenstelling wordt genoemd. De resultaten van de berekening van de norm van een gesteente kunnen in een formule of met een symbool weergegeven worden. Iedereen die de codes daarvan kent, kan direkt iets aflezen van de chemische en mineralogische samenstelling van een gesteente. Dit staat lijnrecht tegenover de ook nu nog altijd gehanteerde naamgeving, die veelal berust op vindplaatsnamen waaraan de uitgang -iet (van lithos = steen) is toegevoegd.

Berekening van de modale samenstelling van een gesteente.

Eerst dient men de mineraalinhoud van een gesteente bepaald te hebben en een indeling te hebben gemaakt in hoofdbestanddelen, enz. Vervolgens stelt men de totale hoeveelheid mineraalkorrels op 100% en moeten de percentages hoofdbestanddelen, relatief t.o.v. de totale hoeveelheid korrels, bepaald worden. Dit schatten van mineraalpercentages is minder gemakkelijk dan misschien op het eerste oog lijkt.

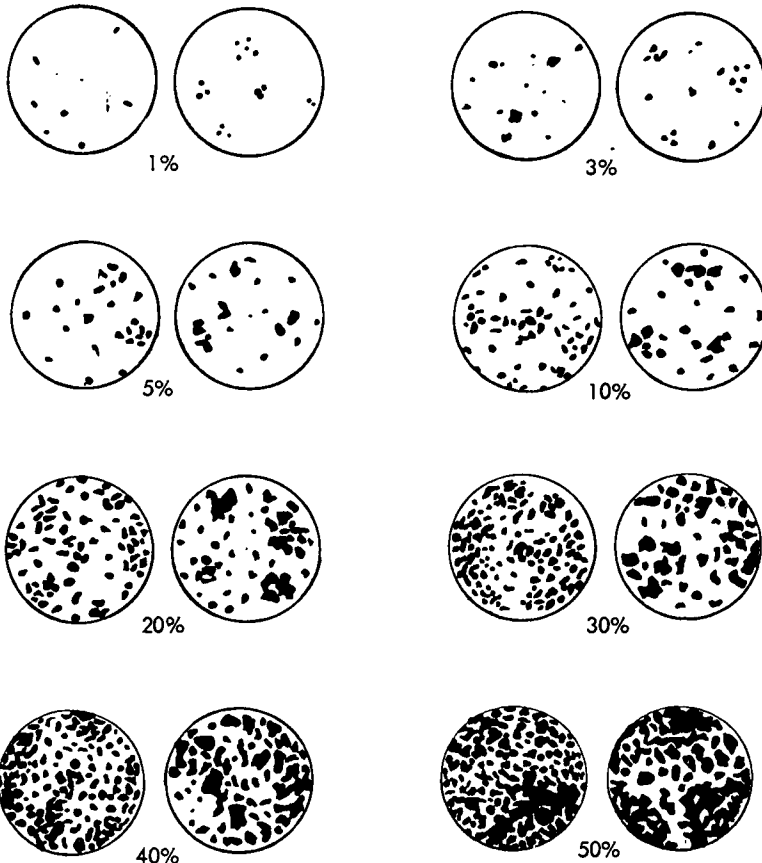


fig. 12 Schema voor het schatten van mineraalpercentages bij middenkorrelige gesteenten.

Figuur 12 kan hierbij van grote hulp zijn: zwart gekleurd zijn steeds mineraalkorrels van één soort, de percentages zijn relatief t.o.v. het hele gesteente.

Men zal begrijpen dat het schatten van percentages in een middenkorrelig gesteente, waarin alle mineraalkorrels ongeveer even groot zijn (men spreekt dan van gelijkkorreligheid), aanmerkelijk gemakkelijker is dan wanneer men met een sterk ongelijkkorrelig gesteente te doen heeft. Als men in een ontsluiting een handstuk afslaat, dat men voor naamsbepaling wil gaan gebruiken, dan moet men er zorg voor dragen dat het handstuk representatief is voor het gesteente, d.w.z. dat alle mineralen in hun juiste proporties, zoals men dat in de ontsluiting kan waarnemen, aanwezig zijn. Een handstuk met één groot kristal en enkele kleine daaromheen is dus nutteloos voor naamsbepalingen! Uiteraard moeten de verschillende percentages bij elkaar opgeteld op 100 uitkomen.

Voorbeeld :

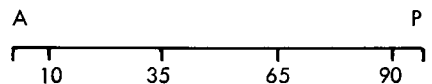
van een gesteente heeft men bepaald dat het een dieptegesteente is; er is geen enkele oriëntatie van de mineralen waarneembaar, de mineraalkorrels zijn alle ongeveer gelijk in grootte en het gesteente is middenkorrelig. Als hoofdbestanddelen heeft men herkend: helder grijze kwartskorrels, roze kaliveldspaat, witte plagioklaas, zilverachtige glimmerplaatjes (muscoviet). Als accessoria zijn alleen enkele dofzwarte opake ertskorrels aanwezig. De modale samenstelling is:

- kwarts40%
- kaliveldspaat.....30%
- plagioklaas.....15%
- muscoviet.....15%

(We zullen in het hiernavolgende zien, dat dit gesteente een graniet moet zijn).

De percentages die men op deze wijze heeft verkregen, kunnen in het diagram van figuur 13 uitgezet worden. Men komt dan in een genummerd vakje terecht; ieder nummer correspondeert met een gesteentenaam. Alvorens deze werkwijze toe te lichten, iets over de wijze waarop dit diagram is opgebouwd.

De veldspaten worden gebruikt om onder te verdelen in alkaligesteenten aan de éne kant, waarin (vrijwel) alleen kaliveldspaat en/of albiet tot An₅ als veldspaat optreedt, en (vrijwel) uitsluitend plagioklaas bevattende gesteenten aan de andere kant, met alle mogelijke overgangen daartussen. Hiervoor kijkt men in figuur 13 naar de horizontale lijn A (alkaliveldspaat, dus kaliveldspaat plus albiet tot An₅) — P (plagioklaas). Op deze lijn vindt men de volgende getallen:



Deze getallen geven het percentage plagioklaas aan van het totaal aan veldspaten. In bovenstaand voorbeeld heeft men de verhouding:

$$\text{plagioklaas} : \text{kaliveldspaat} = 15 : 30 = 1 : 2,$$

dus men heeft relatief 33 1/3% plagioklaas t.o.v. 66 2/3% kaliveldspaat.

Men telt dan van links (A) naar rechts en zet een punt op de lijn op de plaats van $33\frac{1}{3}$. Verder is voor de naamgeving van belang een onderverdeling in "zure" plagioklaas (oligoklaas en andesien, dus An kleiner dan 50) en "basische" plagioklaas (labradoriet, bytowniet en anorthiet, dus An groter dan 50). Deze onderverdeling is makroskopisch echter niet te maken, alhoewel men uit de verdere mineraalinhoud van een gesteente wel vaak aanwijzingen kan krijgen of men met een zure of basische plagioklaas te doen heeft.

Een tweede belangrijk punt is de silica-verzadigingsgraad van een gesteente. Dit begrip klinkt erg moeilijk, maar komt op het volgende neer:

- er zijn silica-oververzadigde gesteenten, te herkennen aan de aanwezigheid van vrije (ongebonden) SiO_2 in de vorm van kwarts;
- er zijn silica-verzadigde gesteenten, waarin alle silica gebonden is en in voldoende hoeveelheid aanwezig is om de vorming van foiden uit te sluiten;
- er zijn silica-onderverzadigde gesteenten, waarin foiden voorkomen.

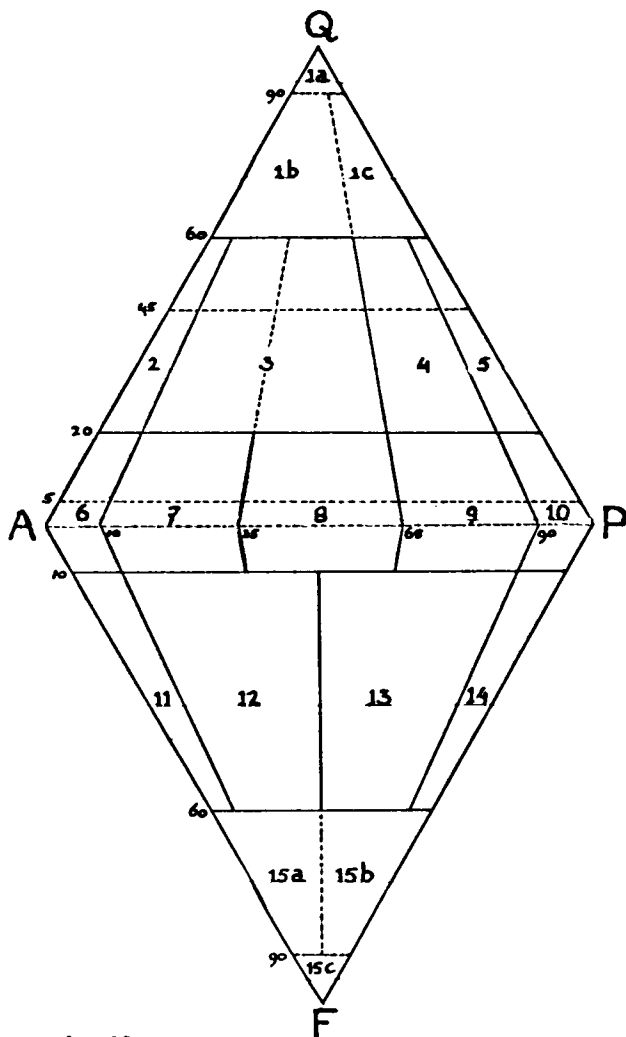


fig. 13

figuur 13: Q = kwarts
 A = alkaliveldspaat (en albiet van 0-5 An)
 P = plagioklaas (en skapoliet)
 F = foiden (leuciet, nefelien, sodaliet)
 M = mafische mineralen (glimmers, pyroxeen, amfibool, olivijn, etc.)

(naar: A. Streckeisen 1966)

DIEPTEGESTEENTEN:

1a	kwartsgesteenten		
1b	kwartsgranieten		
1c	kwartsgranodiorieten		
2	alkaligranieten		
3	granieten	1)	
4	granodiorieten granogabbro's	An kleiner dan 50 An groter dan 50	
5	kwartsanorthosieten kwartsdiorieten kwartsgabbro's	An kleiner dan 50 An groter dan 50	M 0-5 M 5
6	alkalisyenieten		
7	syenieten		
8	monzonieten		
9	monzodiorieten monzogabbro's	An kleiner dan 50 An groter dan 50	2)
10	anorthosieten diorieten gabbro's	An kleiner dan 50 An groter dan 50	M 10 M 10
11	foyaieten malignieten shonkinieten	M van 0 - 30 M van 30 - 60 M van 60 - 90	
12	plagifoyaieten		3)
13	essexieten essexietgabbro's	An kleiner dan 50 An groter dan 50	
14	theralieten		
15a	foyaïtische "foidiëten"	(men gebruikt de naam van het foid-mineraal met de uitgang -iet, bijv. leucietiet)	
15b	theralïtische "foidiëten"		
15c	"foidiëten"		

- Als Q = 45 - 60, dan kwartsrijke voor de naam; Indien M = 75 - 90, dan mela- of mafische voor de naam.
- Indien Q = 5 - 20, kwartshoudende voor de naam; Indien F = 0 - 10, foid-houdende voor de naam; Indien M = 75 - 90, mela- of mafische voor de naam.
- Indien M = 75 - 90, mela- of mafische voor de naam.

In figuur 13 behoren de gesteenten van de nummers 1 t/m 5 tot de eerste categorie (ze bevatten vrije kwarts in hoeveelheden groter dan 20%), de gesteenten van de nummers 6 t/m 10 tot de tweede categorie (ze bevatten minder dan 20% kwarts en minder dan 10% foiden) en

de gesteenten van de nummers 11 t/m 15 tot de derde categorie (ze bevatten meer dan 10% foiden).

Op de lijn A - Q (Q=kwarts), vindt men de percentages kwarts aangegeven (de getallen 5, 20, 45, 60 en 90) en op de lijn A - F (F=foid) de percentages foiden (de getallen 10, 60 en 90). De tussenliggende percentages kan men natuurlijk zelf op deze lijnen aangeven).

Om het in het voorafgaande gebruikte voorbeeld opnieuw aan te halen; we hadden een percentage kwarts van 40. We bepalen dus het punt van 40% op de lijn A - Q en trekken vanuit dat punt een horizontale lijn naar rechts.

Al eerder hadden we de veldspaatverhouding op de lijn A - P aangegeven bij $33\frac{1}{3}$. We hebben een gesteente met vrije kwarts, dus moeten we dit punt verbinden met het punt Q, door middel van een lijn. We krijgen nu twee elkaar snijdende lijnen in de driehoek APQ. Het snijpunt van deze lijnen valt in het vakje 3. Zoeken we nu de 3 op in de lijst naast het diagram, dan blijkt het gesteente een graniet te zijn.

De color-index (men gebruikt meestal de Engelse naam), aangegeven met het symbool M, geeft het percentage donkere mineralen in een gesteente aan. Uit de lijst gesteentenaamen naast het diagram van figuur 13 blijkt wel de belangrijkheid van dit percentage voor de gesteentenaam.

Voorbeeld :

Men heeft een dieptegesteente, waarin als hoofdbestanddelen voorkomen: donkergroene amfibool, witte plagioklaas en een weinig erts.

De percentages zijn:

amfibool	40%	} Donker=amfibool + erts	= 45%
erts	5%		
plagioklaas	55%	} Licht=plagioklaas	= 55%

Kaliveldspaat, kwarts en foiden ontbreken; in het diagram van fig. 13 komen we dus in vakje 10 terecht. Kijken we nu naar de namen rechts van het diagram, dan zien we dat we bij M = 45, dus groter dan 10, de keus hebben uit twee gesteenten: of we hebben te maken met een dioriet, of met een gabbro.

Het anorthiet-percentage kunnen we niet bepalen, maar wel hebben we een aanwijzing uit de aanwezigheid van amfibool: in gabbro's is pyroxeen het belangrijkste donkere mineraal, in diorieten zijn amfibool en biotiet de belangrijkste donkere mineralen. Het gesteente zal dus waarschijnlijk een dioriet zijn. Hierop wordt bij de gesteentebeschrijvingen nog teruggekomen.

De gesteenten met M groter dan 90% zullen apart worden behandeld.

Wanneer een gesteente een relatief hoog percentage donkere mineralen heeft, wordt het voorvoegsel "mela-" of het bijv. naamwoord "mafisch" voor de gesteentenaam geplaatst.

We stuiten hierbij wel op een probleem: de zogenaamde "monominerale" gesteenten, d.w.z. gesteenten die (bijna) geheel uit één enkele mineraal-soort zijn opgebouwd, passen niet erg goed in het diagram van figuur 13. De gesteenten met M groter dan 90% behoren tot deze categorie. Dit zijn de zogenaamde "ultramafische" gesteenten, zoals pyroxeniet, een gesteente dat bijna geheel uit pyroxeen bestaat.

Er zijn ook voorbeelden van gesteenten die alleen uit een bepaald licht mineraal bestaan. Een voor-

beeld is anorthosiet, een gesteente dat enkel uit plagioklaas bestaat. Eigenlijk zou de naam plagioklasiet beter op zijn plaats zijn.

Vroeger gebruikte men zeer vaak de nogal vage termen: zure, intermediaire, basische en ultrabasische gesteenten. Deze indeling is gebaseerd op het SiO₂-percentage van de verschillende gesteenten. De krefen "zuur" en "basisch" berusten op het feit dat de silikaten als zouten van kiezelzuur beschouwd kunnen worden. Granieten bijv. behoren tot de zure gesteenten.

KLASSIFIKATIE VAN DE ULTRAMAFISCHE GESTEENTEN OF PERIDOTIETEN

Hiertoe behoren de gesteenten met M groter dan 90%. Men bepaalt op de gebruikelijke wijze de mineraalinhoud en de percentages van de hoofdbestanddelen. Bij de naamgeving speelt bovendien de aanwezigheid van accessoria als spinel en granaat soms een rol. De percentages kan men in de driehoek van figuur 14 uitzetten. Hiertoe kan men het beste de driehoek van figuur 15 gebruiken waarin lijnen van gelijke percentages uitgezet zijn.

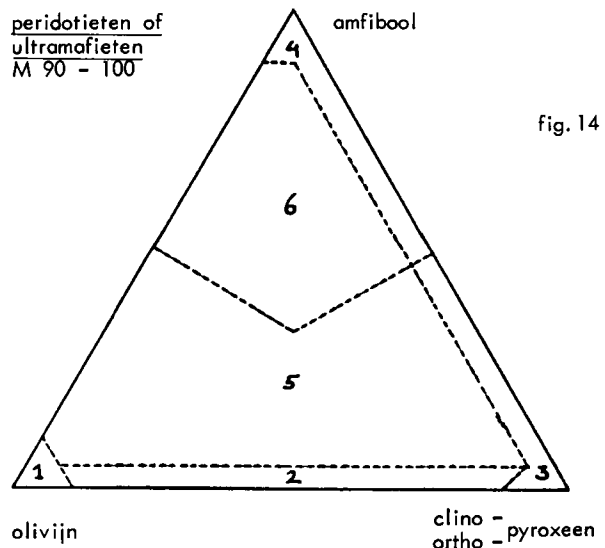


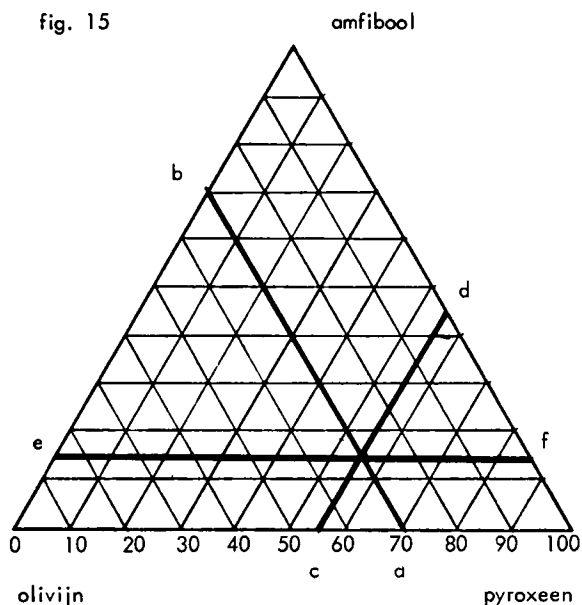
fig. 14

1. duniet
2. lherzolit met spinel
gorduniet met granaat
wehrlit met clinopyroxeen
harzburgiet of saxoniet met orthopyroxeen
3. pyroxeniet: kan onderscheiden worden op ortho- of clino-;
websteriet met 2 pyroxenen
oriegiet met spinel en granaat
4. hoornblendiet
5. peridotiet
6. cortlandiet: orthopyroxeen

Voorbeeld : (zie ook figuur 15)
Men heeft een gesteente met M=100; mineraalpercentages zijn:

olivijn	30%
pyroxeen	55%
amfibool	15%

fig. 15



Van a naar b trekt men de lijn voor 30% olivijn, van c naar d de lijn voor 55% pyroxeen en van e naar f de lijn voor 15% amfibool. Het snijpunt van deze 3 lijnen brengen we nu over in figuur 14. We zien dat we in het vak 5 terecht komen en dat het gesteente dus een gewone peridotiet moet zijn.

Gesteenten uit het vakje 4 heten niet amfiboliet, maar hoornblendiet. De naam amfiboliet wordt n.l. al gebruikt voor een bepaald metamorf gesteente.

De gesteentebeschrijvingen zelf zullen in een volgende aflevering opgenomen worden. Tevens komt daarbij de klassifikatie van de uitvloeiings- en ganggesteenten ter sprake, alsmede iets over de huidige theorieën omtrent de herkomst en de kristallisatie van magma's.

Tot slot hier in het kort de werkwijze bij de determinatie van dieptegesteenten als herhaling:

1. Sla een goed handstuk van het gesteente dat men wil determineren. Een goed handstuk hoort aan minstens drie kanten vers te zijn; het herkennen van mineralen is op verweringsvlakken meestal onmogelijk.
2. Een dieptegesteente herkent men aan de midden- tot grofkorreligheid, ongeveer gelijkkorreligheid, ongerichtheid van de kristallen.
3. Determineer de mineraalinhoud van het gesteente. Alleen bij de color-index worden de accessoria meegerekend.
4. Bepaal de percentages van de hoofdbestanddelen.
5. Wanneer het percentage donkere mineralen kleiner is dan 90% wordt het diagram van figuur 13 gebruikt. Eerst bepaalt men de verhouding alkaliveldspaat/plagioklaas en geeft deze verhouding met een punt aan op de lijn A - P. Als vrije kwarts aanwezig is, wordt dit punt verbonden met Q, en als foiden aanwezig zijn, wordt dit punt verbonden met F. Langs de lijn A - F wordt het percentage foiden uitgezet. Vanuit dit punt wordt een horizontale lijn getrokken. Het snijpunt van beide in het diagram getrokken lijnen ligt in een genummerd vakje: door dit nummer op te zoeken in de lijst naast het diagram komt men op de gesteentenaam.

6. Wanneer men in de vakken 5, 10 of 11 terecht komt, is het percentage donkere mineralen nog van groot belang voor de naam. Men lette ook op wat in de tweede kolom vermeld staat over eventuele toevoegingen aan de gesteentenaam!
7. Als M groter is dan 90, dan wordt figuur 14 gebruikt op de wijze die in het voorafgaande besproken is.

Laat men nu vooral niet denken, dat men er met de lijsten namen naast en onder de figuren 13 en 14 helemaal is: uit de gesteentebeschrijvingen zal nog wel blijken, dat er in de praktijk veel meer namen gebruikt worden.

Het volgende voorbeeld mag dit alvast demonstreren: In Madras (in India) vond men voor het eerst een dieptegesteente met kwarts (40%), mikroklien (48%), oligoklaas (6%), hyperstheen (een bepaalde orthopyroxeen, 3%), biotiet (1%) en magnetiet (2%).

In het diagram van figuur 13 komt men in vak 3 (aan de linkerrand) terecht en het gesteente is dus een graniet.

Hyperstheen is echter een voor een graniet zeer ongebruikelijk mineraal, vandaar dat men dit gesteente een andere naam geeft, n.l. charnokiet.

Verder worden er vaak allerlei specificaties aan een gesteentenaam toegevoegd, bijv. een graniet met zowel muscoviet als biotiet wordt "tweeglimmer-graniet" genoemd en een graniet met grote kristallen (megakristen) van kaliveldspaat wordt megakristen-graniet genoemd.

Wanneer men dus met behulp van de figuren 13 of 14 tot een gesteentenaam is gekomen, zal men nog nauwkeurig de beschrijvingen, die in de eerstvolgende aflevering opgenomen zullen worden, moeten doornemen om te zien of een nadere specificatie van de gesteentenaam nog mogelijk is.

(Wordt vervolgd)

gea - uitgaven

prijs fl.

LAPIDARIE van alles over gesteentebewerking 32 pagina's basiskennis, raadgevingen en konstruktiebeschrijvingen van machines	5,25+ 0,75(porto)
WISSANT nieuwe herdruk (Gea 1970 nr. 2) Excursienummer Krijtontsluitingen tussen Calais en Boulogne	2,50*
IDAR-OBERSTEIN/HUNSRÜCK nieuwe herdruk (Gea 1971 nr. 1) Met foto's, kaarten en vindplaatsopgaven	2,50*
DAMERY (Gea 1972 nr. 1) Beschrijving Tertiair in het Bekken van Parijs; afbeeldingen in kunstdruk van ruim 100 gedetermineerde Lutetien-mollusken	3,50*

*) inkl. portokosten. Bestellen op postgironr.
206 92 42 GEA-Amsterdam, Postbus 9594.