Communs geol. Surv. S.W. Africa/Namibia, **3**, (1987) 41-51

ASPEKTE VAN DIE OKONGAVABATOLIET EN INSLUITSELS VAN DIE MAFIESE AUDAWIBSUITE OP OT JIMBINGWE 104, SUIDWES-AFRIKA

G .S. de Kock*

ABSTRACT

During a sampling programme for a geochemical investigation on rocks of the Okongava Batholith, six varieties were distinguished, which were subdivided into two suites. The two suites consist of metagabbro, that was differentiated on grain size and plagioclase content. It does not represent the magma from which the basaltic Omusema Formation, of the Damara Sequence, at surface was fed. Xenoliths of gabbronorite in the differentiated Audawib Gabbro is probably comprised of mantle or early crystallized material, from which the subalkalic basalts fractionated.

During deformation of the Damara Sequence the Okatuwo Quartz Diorite intruded the Damara metasediments where it solidified rapidly and developed a penetrative fabric. During the late stage of this crystallization the Okongava Diorite magma intruded and enclosed the already solidified Okatuwo rocks. Where the Okatuwo magma was partially solidified, magma mixing occurred between the two masses.

With further crystallization, a more leucocratic and granodioritic phase, with weak intrusive and graded contacts with the Okongava Diorite, developed in the centre of the batholith. A thermal aureole, with anatexis in the metasediments, also developed around the Okongava Batholith.

After solidification, dykes of various composition intruded the Okongava Diorite allowing the development of a penetrative tectonic fabric with intrafolial deformation.

All of these rocks, except the Audawib Suite, were intruded during the D1 - deformation phase of the Damara Orogeny. The andesitic magma of the Okongava Batholith was probably derived partially from the lower crust and the upper portion of the upper mantle.

UITTREKSEL

Gedurende ‘n monsteringsprogram vir ‘n geochemiese ondersoek van die gesteentes in die Okongavabatoliet is ses verskillende gesteentes onderskei, wat in twee suites ingedeel word, Die Audawibsuite bestaan uit metagabbro wat ‘n differensiasie van korrelgrootte en plagioklaasinhoud toon. Dit verteenwoordig nie die magma waaruit aan die oppervlak, die basaltiese Omusemaformasie van die Damara-opeenvolging gevoed is nie. Insluitsels van gabbronoriet in die gedifferensieerde Audawibgabbro bestaan moontlik uit mantel- of vroeg-gekristalliseerde materiaal waaruit die subalkaliese basalte gefraksioneer het.

Gedurende vervorming van die Damara-opeenvolging het die Okatuwo-kwartsdioriet die Damara-metasedimente ingedring waar dit vinnig gestol en ook ‘n intense maaksel verkry het. Op ‘n gevorderde stadium van hierdie kristallisasie het die Okongavadiorietmagma ingedring en van die reeds.gestolde Okatuwogesteente omsluit. Waar laasgenoemde nog net gedeeltelik gestol was het magmamenging tussen die twee massas plaasgevind.

Met kristallisasie het daar na die batolietkern ‘n meer leuko- en granodioritiese fase, met swak intrusiewe en graderende kontakte met die Okongavadioriet, ontwikkel terwyl ‘n termiese oureool, waarin smelting van die metasedimente voorgekom het, om die Okongavabatoliet ontstaan het.

Na volledige stolling van die Okongavadioriet het gange van verskillende samestelling die dioriet ingedring en ‘n intense tektoniese maaksel asook interlaagvervorming verkry. Met uitsondering van die Audawibsuite het al hierdie gesteentes gedurende die D1-vervormingsfase van die Damara-orogenese ingedring. Die andesitiese magma van die Okongavabatoliet het waarskynlik in die onderkors en gedeeltelik selfs in die boonste bo-mantel ontstaan.

1. INLEIDING

Die Okongavabatoliet kom in die suidelike Sentrale Sone van die Pan-Afrikaanse Damara-orogeen, ongeveer 30 km suidsuidoos van Karibib, in Suidwes-Afrika voor. Die batoliet is noord van die Okahandja-lineament geleë, wat ‘n fundamentele strukturele invloed gedurende die ontwikkeling van afsettingskom en ook tydens die ontwikkeling van die orogeniese fase, van die Damara-orogeen uitgeoefen het (Miller, 1979). Die Sentrale Sone besit ‘n stratigrafiese opeenvolging wat afsettingstoestande, wat wissel vanaf landelike- tot platform- tot diepsee-omgewings, weerspieël. Minstens drie hooffases van regionale vervorming met granitiese indringings, verwant daaraan word onderskei, terwyl hoë temperatuur/laedruk amfibolietfasies metamorfose voorgekom het. Suid van die Okahandja-lineament word die stratigrafie uit slegs twee litologiese eenhede opgebou wat net diepwater-turbidietafsettings verteenwoordig. Net suid van die Okahandja-lineament word slegs een fase van vervorming onderskei met ‘n tweede fase verder suid aanwesig. Diemetamorfe indikatorminerale dui op middelmatigedruk/lae temperatuur toestande terwyl geen sinorogeniese granitiese inplasings teenwoordig is nie. Die gepaarde metamorfe gordel wat in die Damara-orogeen aangetref word is kenmerkend van ‘n subduksiekompleks (Kasch, 1983) met ‘n voorboog wat tussen die magmatiese boog en subduksietrog ontwikkel het (Blaine, 1977).

Die doel van hierdie artikel is om die verskillende stollingsgesteentes wat in die Okongavabatoliet, wat deel van die magmatiese boog uitmaak, aangetref word te beskryf, kontakverhoudings en verwantskap tot die vervormingsfases uit te werk, te klassifiseer en enkele afleidings te maak. ‘n Meer volledige geochemiese ondersoek word in die vooruitsig gestel.

Op Otjimbingwe 104 het ‘n diorietplutoon in die Kuisebformasie van die Damara-opeenvolging inge-

* Present Address: Geological Survey, Private Bag X112, Pretoria, 0001.

dring (fig. 1); in die intrusiewe massa is ses verskillende soorte stollingsgesteentes onderskei wat in 4 groepe (2 suites) ingedeel kan word. Van jonk na oud is dit as volg:

- skisagtige granitiese tot monzodioritiese gange	na-diorietgange	
- leukokratiese, biotiet bevattende, granodioriet	Okongava-leukogranodioriet	
- homogene, middelkorrelrige, hornblende bevattende monzodioriet tot granodioriet	Okongavadioriet	OKONGAVASUITE
- fynkorrelrige, skisagtige kwartsmonzodioriet	Okatuwo-kwartsdioriet	
- gabbro, gedifferensieer in samestelling en korrelgrootte		AUDAWIBSUITE
- homogene porfiritiese gabbronoriet		

2. AUDAWIBSUITE

Die gabbro en gabbronoriet kom as xenoliete in vroeë inplasings voor. In die ondersoekgebied (fig. 1) is twee areas van algemene voorkoms; een sowat 1 - 1,5 km suid van die Okongava Ost 72 en Otjimbingwe 104 grenslyn en die ander verder suid, sowat 1 - 3 km noord van Okawakuejawaberg. Die Okongava- en Audawibrivierlope het goeie dagsome in die onderskeie voorkomsgebiede blootgelê. Soortgelyke mafiese insluitsels is deur Smith (1965), Brandt (1985) en Kröner (1982) uit die gebied geleë na die weste en suidweste, (op Neikoes 74, Etusis 75 en Palmental 86), beskryf. Die mafiese xenoliete van grofkorrelrige hornblendiet vorm in geheel 'n tipe kringgang (Smith, 1965; Brandt, 1985) van twyfelagtige oorsprong (Smith, 1965). De Kock (1984,1985) het kortliks die mafiese insluitsels in die Okongavadioriet beskryf, wat blykbaar die oostelike deel van 'n groter kompleks van kringgange vorm. Twee soorte gabbro is onderskei.

2.1 Homogene porfiritiese gabbronoriet.

Hierdie soort insluitsels, wat in beide dagsoomgebiede voorkom, is meer algemeen in die suidelike voorkoms en veral suid van die Audawibrivierloop en wes van die Karibib-Otjimbingwegruispad. Die insluitsels kom slegs in die gedifferensieerde Audawibgabbro voor en toon altyd 'n reaksierand wat bestaan uit piribole met min of geen plagioklaas en olivien. Die gabbronoriet bestaan uit orto- en klinopirokseen, sekondêre amfibool en plagioklaas (daar is variëteite met of sonder olivien). Die pirokseen vertoon schillerkleureffek. Mikro-insluitsels (ilmeniet- en magnetietnaaldjies en plaatjies wat langs die ortopirokseen se kristalvlakke gegroei het) kom in hipersfeen voor terwyl die klinopirokseen sonder die mikro-insluitsels ougiet is. Die splytingsrigtings op kopsnedes is nie tipies van pirokseen nie, maar eerder van amfibool. 'n Diffraktogram toon egter geen pirokseen nie maar net pargasiet, 'n tipe amfibool wat 'n tussenproduk in die uralitisasieproses na hornblende is. Ronde olivien-korrels in die pirokseenkristalle kom in sommige van die monsters voor. In enkele gevalle kom mirmekitiese vergroeiing met plagioklaas in die olivienrandsone teenaan pirokseen voor. Plagioklaas vorm eie- tot oneievormige latte, is ondergeskik in hoeveelheid en toon subofitiese vergroeiing met die pirokseen. Magnetiet, ilmeniet en titaniet is die bykomstige minerale. Langs onreëlmatige krake het 'n geringe mate van serpentinisasie plaasgevind en tot die ontstaan van iddingsiet gelei.

In 'n hand monster vertoon die gabbronorietinsluitsels groenswart en bevat idiomorfe, willekeurig-oriënteerde pirokseennaalde. Die naalde is deurgaans baie uniform in grootte en in verspreiding deur die ligkleurige matriks. Die insluitsels wissel van enkele senti meter tot 2 meter. In fig. 2 word so 'n gabbronorietinsluitsel uitgebeeld.

Geen tektoniese maaksel is in die gesteente waargeneem nie.

2.2 Gedifferensieerde gabbro

Die naam Audawib is oorgeneem van die rivierloop wat deur die suidelike voorkoms kerf. Van die beste dagsome is egter in die noordelike dagsoomgebied sowat 1 -1,5 km suid van die Okongava Ost 72 grenslyn. Die minerale wat in die metagabbro voorkom is hornblende wat ougietrelikte omsluit, plagioklaas, met of sonder geserpentiniseerde olivien, bykomstige kwarts en sekondêre biotiet, chloriet en muskoviet. Die biotiet wissel aansienlik in hoeveelheid en is meesal gedeeltelik na chloriet verander. Subofitiese vergroeiingsteksture van uraliet en plagioklaas is in enkele monsters waarneembaar,

Die gesteente verander vanaf 'n baie grofkorrelrige gabbronoriet (met 1-2 cm kristalle) met baie min plagioklaas na 'n middelkorrelrige, grysgroen kwartsgabbro met eweveel veldspaat en mafiese minerale. Die minerale is gelyk in korrelgrootte (1-2 mm). In die grof- tot middelkorrelrige gesteente word dikwels sones met

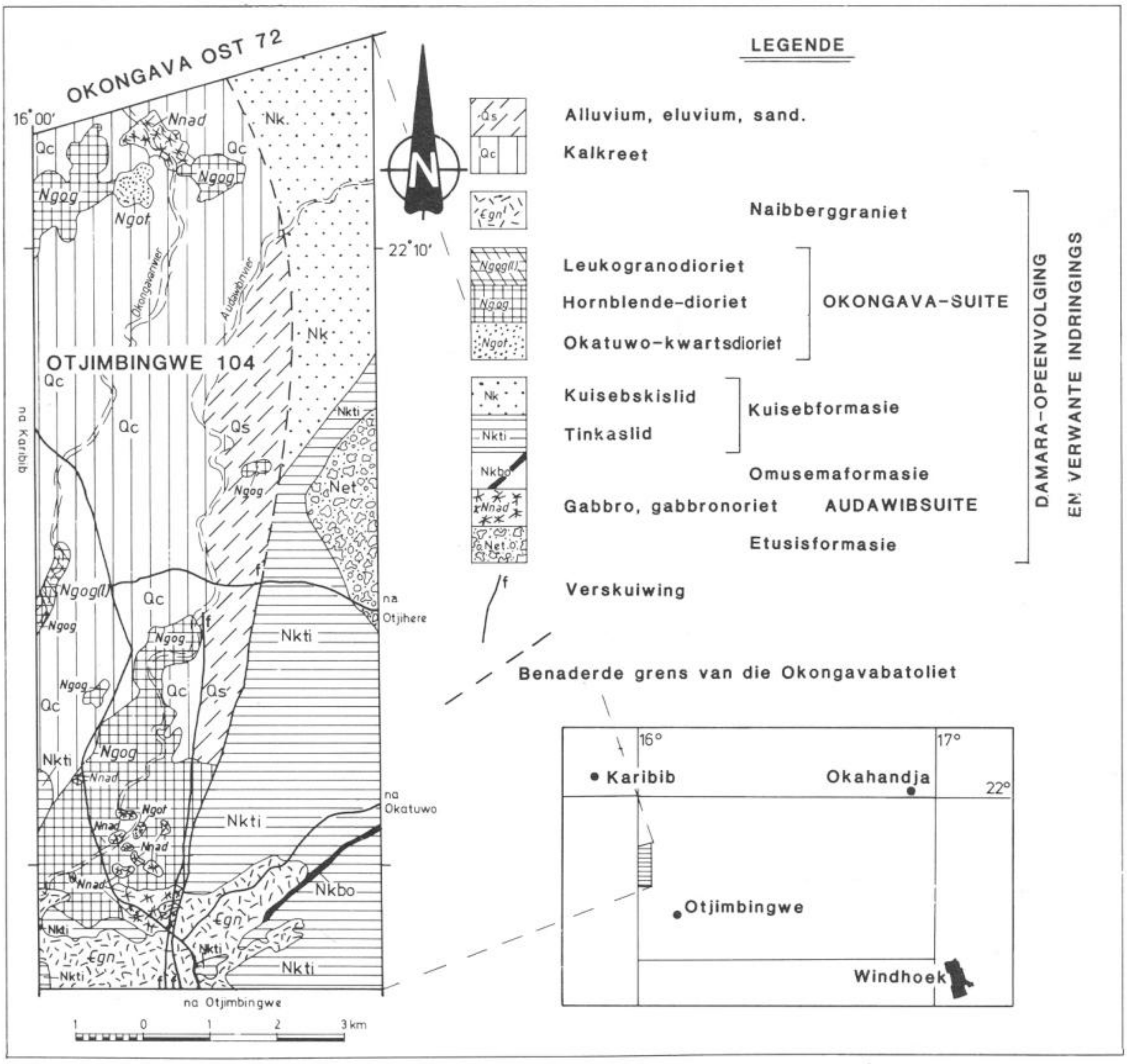

Fig. 1: Die verspreiding van die verskillende stollingsgesteentes in die Okongavabatoliet oos van 16°-oos.

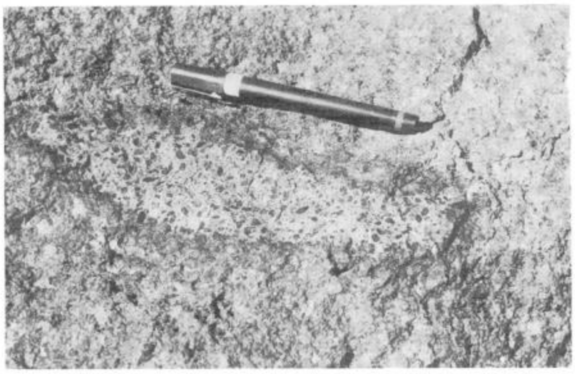

Fig. 2: 'n Insluitsel van moontlike "mantelmateriaal" in gedifferensieerde Audawibgabbro. Let op na die reaksierand.

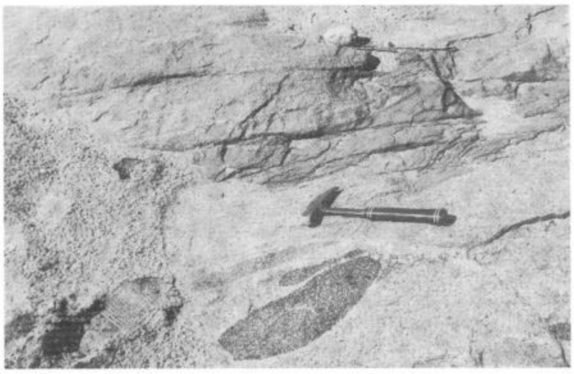

Fig. 3: Insluitsels van Audawib- (middel onder) en Okatuwogesteentes in Okongavahornblendedioriet. Let op die afgeplatte geaardheid en gerondheid van die Audawibxenoliete teenoor die onreëlmatigheid van die Okatuwoxenoliet.

porfiritiese amfibool waargeneem. Saam met die amfibool word sigbare pirrotiet gevind. Aan die oppervlak van die growwe hornblendiet verweer die pirrotiet normaalweg baie diep, in baie gevalle heeltemal, en bly net "ystervlekke" agter.

Hierdie gedifferensieerde metagabbro word as xenoliete van enkele senti meter tot honderde meter in deursnit, in die Okongavadioriet aangetref (fig. 3). Self bevat dit egter xenoliete van porfiritiese gabbronoriet; 'n reaksierand het gewoonlik hierom ontwikkel.

Dis baie opmerklik dat die groter gabbro-insluitsels seide, indien ooit, 'n tektoniese maaksel toon. Die kleiner insluitsels is egter dikwels in die vlak van die kongavadiorietmaaksel afgeplat en toon plek-plek 'n swak maaksel. Geen tot min reaksie word in die kontaksones van die gabbro met die dioriet waargeneem, behalwe waar die plagioklaasinhoud redelik hoog is. Daar het veldspaatonttrekking en vermenging voorgekom.

Klein basiese pegmatiete uit plagioklaas en hornblende word in die Audawibgabbro aangetref. Die hornblendkristalle, wat tot 6 cm lank is, is opvallend idiomorf en toon geen voorkeuroriëntasie nie.

3. OKONGAVASUITE

3.1 Okatuwo-kwartsdioriet

Die naam Okatuwo is ontleen vanaf 'n nedersetting op Otjimbingwe 104, sowat 4 km oos van die Okongavabatoliet. Die gesteente vorm goeie dagsome suid van die Okongava Ost 72-grenslyn en wes van die Okongavarivierloop. Enkele goeie blootstellings kom in die Audawibrivierloop voor, sowat 600 moos van die gruispad. Die kwartsdioriet dagsoom meesal as plat, geronde koepeltjies. Die gesteente is fyn- tot baie fynkorrelrig en het 'n gaie gelykmatige korrelgrootte. Met toenemende korrelgrootte verander die kleur van grys na liggrys. Die kwartsdioriet bestaan uit plagioklaas, hornblende, biotiet, kwarts en K-velspaat. In sommige van die monsters word klein eerstelinge van glimmer en amfibole gevind. In enkele van laasgenoemde het pirokseenrelikte agtergebly. Die groen hornblende, plagioklaaslatte en biotiet definiëer 'n sterk tektoniese maaksel, wat seide in hand monster waargeneem word en wat aan die dioriet 'n skisagtige voorkoms verleen. Volgens De Kock (1984) is die Okatuwodioriet waarskynlik intrusief in die Audawibsuite en die Okongavadioriet. Dit blyk egter dat laas-genoemde verhouding omgekeerd is; soos in De Kock (1985) genoem is die Okongavadioriet intrusief in die dioriet aangesien insluitsels van die kwartsdioriet in die Okatuwo dioriet voorkom (fig. 3). Die Okongavadioriet toon dikwels beide skerp en graderende kontakte met die insluitsels (fig. 3 and 4). Hierdie verskynsel word aan magmamenging toegeskryf wat op 'n stadium plaasgevind het toe die Okatuwomagma al in 'n gevorderde stadium van stolling was. In die vermengingsproses het die reeds gekristalliseerde pirokseen (nou amfibool) nie aan die reaksie deelgeneem nie, maar versamel om restietsones in die mengsel te vorm. Die restietliggaampies wat verspreid en in willekeurige vorms en afmetiAgs voorkom, toon meesal graderende randsones van slegs enkele millimeter dikte (fig. 5).

3.2 Okongavabatoliet

Die naam is ontleen vanaf die plaas Okongava Ost 72. Goeie dagsome is deur die Okongava- en Audawibrivierlope blootgestel. Slegs die oostelike deel van die plutoon wat net noord van die terrein van die Tinkasturbidietfasies van die Kuisebformasie voorkom, is ondersoek. Ander soorgelyke gesteentes is op Goas 79, Navachab 58 (Brandt, 1985) en Palmental (Kröner, 1982) aangetref. Die van Navachab 58 en Goas 79 is 'n deel van die Okongavaliggaam. Die gesteente, wat ongeveer 45 km^2 in die ondersoekgebied beslaan, verweer meesal negatief en dagsoom slegs in rivierlope of waar die erosie dieper as gewoonlik ingekerf het. Dan vertoon dit as tot 'n meter hoë knobbelrige, geronde rotsblokke. Die verwering hierin gaan ook meesal baie diep. Die grootste deel van die batoliet, veral in die gebiede tussen rivierlope, word deur 'n 10 - 12 m dik kalkreetbank oorle. Die Okongavagesteentes kom as groot geronde rolblokke, in die oppervlakkalksteen voor. Die hoë Cainhoud (ongeveer 6,4%) van die dioriet en die droe klimaat is hoogsbevorderlik vir die ontwikkeling van so 'n kalklaag.

Twee hoof-tipes gesteente en latere gange word in die Okongavabatoliet onderskei.

3.2.1 Hornblendedioriet

Die gesteente is donkergrys van kleur, middel- of gelykkorrelrig en het 'n homogene tekstuur. Dit is opgebou uit primêre hornblende, plagioklaas, en wisselende hoeveelhede kwarts en K-veldspaat. Titaniet is sigbaar in vele handmonsters. Biotiet, wat gedeeltelik ehloritisasie ondergaan het, kom algemeen voor en is tektonies geaffekteer. Een tektoniese maaksel, gekenmerk deur mineraalafplatting en oriëntasie, is oral teenwoordig. 'n Goeie lineasie, in die vlak van foliasie gedefiniëer deur hornblende, is in die Audawibrivier sowat 600 m oos van die pad tussen Otjimbingwe en Karibib gevind.

Leukosegregasiepegmatiete in die hornblendedioriet, wat arm is aan mafiese minerale (fig. 6), is goed in die Audawibrivierloop blootgelê. In sommiges word daar wel klein segregasies van amfibool aangetref wat gedurende die ontwikkeling daarvan in die trondjemitiese leukosoom versamel het. 'n Ander baie opmerklike versteuring van die homogene hornblendedioriet is die epidootlense wat daarin voorkom. Die afmetings daarvan wissel aansienlik van voorkoms tot voorkoms maar is seide groter as 10 cm x 3 cm (fig. 6). In die kontaksone met die epidoot is die dioriet op plekke aan amfibool verarm. Beide die na-magmatiese prosesse het klein dele van die maaksel in die dioriet geaffekteer of

vernietig en word daarom aan regionale metamorfose toegeskryf.

Baie algemeen is die insluitsels van die Audawibgabbro en Okatuwo-kwartsdioriet. Soos reeds genoem is die gabbro afgeplat met skerp randsones terwyl die Okatuwo-kwartsdioriet seide in die tektoniese maaksel van die Okongavadioriet afgeplat is met randsones wat wissel van skerp tot graderend wat op magmamenging kan dui.

Suidoos van die Audawibrivier is die hornblendedioriet instrusief in die skis van die hellingfasies van die Tinkaslid. Kontakmetamorfose het smelting van die skis veroorsaak. Baie van die skisrelikte toon klein isoklinale plooitjies wat net 'n primêre gelaagdheid en nie 'n tektoniese maaksel vervorm nie. Die nie-geplooide insluitsels besit net die primêre gelaagdheid en een tektoniese maaksel. Die neosoom toon 'n baie prominente tektoniese lineasie wat ewewydig is aan die plooiasse in die skis.

Die skis buite die kontakoureool toon twee tektoniese maaksels terwyl primêre gelaagdheid meesal onherkenbaar is. Die insmelting, wat direk verband hou met die inplasing van die hornblendedioriet, het dus net na afloop van die eerste plooifase plaasgevind, met gepaardgaande herkristallisasie van die neosoom onder die heersende drukspanning. Die neosoom is 'n ligkleurige gesteente, middel tot grof- en gelykkorrelrig. Dit is opgebou uit kwarts, K-veldspaat, plagioklaas en biotiet en het dus 'n granitiese tot granodioritiese samestelling. Die skisrelikte verteenwoordig melanosome, met glimmerverrykking om die skiskern. Die kontak tussen die neo- en paleosoom is graderend waar die melanosoom afwesig is. Lang skisoorblyfsels gee aan die neosoom 'n sehlierenagtige voorkoms.

Nog latere segregasiepegmatiete, soorgelyk soos die wat reeds tevore beskryf is, word binne die neosoom gevind.

Die effekte van kontakmetamorfose, nl. insmelting en schlieren en latere segregasiepegmatiete, word in fig. 7 uitgebeeld.

3.2.2 Okongava-leukogranodioriet

Net oos van die 16° lengtelyn en weerskante van 'n damwal in die Okongavarivierloop word 'n ligkleurige granodioritiese gesteente gevind. Die verspreiding van die gesteente is onbekend vanweë swak dagsome tussen rivierlope. Die gesteente toon op plekke onduidelike in¬trusiewe kontakte met die hornblendedioriet, maar die meeste kontakte is graderend. Die gesteente bestaan uit plagioklaas, tot 20 persent K-veldspaat, kwarts en biotiet, met klein hoeveelhede amfibool. Segregasiepegmatiete wat die maaksel affekteer asook afgeplatte Audawibgabbroinsluitsels word in die ligkleurige granodioriet aangetref. Die intense tektoniese maaksel, gedefiniëer deur oriëntasie van biotiet, sny oor die skerp intrusiewe en graderende kontakte.

Radiometriese ondersoek deur Kröner (1982) en Brandt (in voorbereiding) dateer die Okongavahornblendedioriet as 750 ± 18 Ma, 650 ± 20 Ma en 702 ± 64 Ma onderskeidelik wat 'n na-D1 voor-D2 ouderdom weerspieel (Miller, 1983). Die hoë waardes is waarskynlik die ontstaan ouderdom aangesien D1 eers in die omgewing van 650 Ma gelede plaasgevind het. Die 750 Ma ouderdom is soortgelyk aan die sinsedimentêre inplasingtyd van die Matchlessamfiboliet van 775 ± 33 Ma (Kröner, 1982). Die 750 Ma waarde is ook moontlik 'n ouderdom geerf van die Audawibsuite.

3.2.3 Na-diorietgange

In die noordelike voorkomsgebied van die Audawibgabbro, word die Okongavahornblendedioriet, Okatuwokwartsdioriet en Audawibgabbro en gabbronoriete deur gange gesny, wat hoofsaaklik uit kwarts, K-veldspaat, plagioklaas, glimmer met bykomstige apatiet en sirkoon bestaan. Die breedte van die gange wissel van 0,10 - 2,5 m. AI die gange is baie fynkorrelrig, maar verskil aansienlik in kleur. Die gange toon 'n sterk tektoniese maaksel en is intrafoliaal vervorm met 'n eie goed ontwikkelde assevlakfoliasie. Laasgenoemde is ewewydig aan die maaksel wat dit vervorm. Die gange, waarskynlik van gelyke ouderdomme, is nerens in kontak met mekaar aangetref nie, sodat die relatiewe ouderdomme nie bekend is nie.

Die kontak met die Okongavahornblendedioriet en Okatuwodioriet is altyd skerp met klein insluitsels van die dioriet in die randsones van die gange; geen reaksie, so os vermenging of smelting, is waargeneem nie (fig. 8).

Die na-diorietgange verteenwoordig die laaste magmatiese aktiwiteit wat aan die Okangavasuite gekoppel word. Nog jonger gesteentes wat die Okongavadioriet ingedring het, is siëniet (Brandt, 1985) wat tot die Alkaliese Otjimbingwe-kompleks (De Kock, 1984) behoort. Die gesteente het 'n Rb/Sr ouderdom van 570 ± 41 Ma (Brandt, in voorbereiding) en besit 'n laat-D1 tektoniese maaksel wat deur D2-vervorm is. In die suide en weste van die ondersoekgebied sny die Naibberggraniet oor die dioriet se maaksels en besit self 'n intense tektoniese maaksel (D3) (Brandt, 1985 en De Kock, 1984, 1985). Van die dunner Naibberggange toon egter 'n inplasingsgelaagdheid.

4. KLASSIFIKASIE VAN DIE GESTEENTES IN DIE OKONGAVABATOLIET

Die klassifikasie van die gesteentes deur modale punttellings word be'invloed deur die groot variasie van korrelgrootte, die uralitisasie van die ougiet, serpentinisasie van olivien asook die veranderinge gedurende die latere metamorfose. Dit berus derhalwe hoofsaaklik op normatiewe verwerkings van chemiese ontledings van verteenwoordigende, homogene monsters. Die driehoeksmetode van Streckeisen (1974) en die R_1 R_2-geheel chemiese klassifikasie van De la Roche *et al.*

(1980) is die metodes wat hier ingespan is.

Die chemiese ontledings, CIPW normatiewe waardes, anortietinhoud van plagioklaas asook die R_1 en R_2 waardes van enkele verteenwoordigende monsters van die Audawib- en Okongavasuites en van die Omusema-ortoamfiboliet word in tabel 1 uitgebeeld.

Die norms is op verskeie driehoeksdiagramme (Streckeisen, 1974) en die R_1 R_2 - waardes op die De la Roche - diagram (De la Roche *et al.*, 1980) vir geheel chemiese ontledings uitgestip om die gesteentes te klassifiseer.

Uit fig 9 en 10 b, c en d klassifiseer die Audawib-suite as gabbro'iese gesteentes wat in samestelling van monzogab¬bro na gabbronoriet kan varieer en in fig. 11 as 'n subalkaliese gabbro uitstip.

Monsters 461-466 (fig. 10 b, c en d) weerspieel die chemiese verandering vanaf die porfiritiese na die gelykkorrelrige gesteente. Grootskaalse uralitisasie het die gesteente na hornblendiet verander.

Die fynkorrelrige Okatuwogesteente is meer sialies as die Audawibgabbros en klassifiseer as dioriet (fig. 9 en 10b).

Die Okongavahornblendedioriet klassifiseer as 'n dioritiese gesteente terwyl die leukofase in die granodioriet tot granietvelde uitstip. Die na-diorietgange toon 'n aansienlike verskil in normatiewe samestelling en klassifiseer as kwarsmonzodioriet en graniet.

Uit fig. 9 en 10a is dit duidelik dat 'n differensiasiepatroon in die mineraalsamestelling van die Okongavagesteente vanaf 'n gabbrodioriet oor dioriet en tonaliet na granodioriet voorkom met die leuko-Okongavagranodioriet die laaste fraksie. In gevalle het die vloeistowwe 'n reeds gestolde magma verplaas en onduidelike intrusiewe kontakte gevorm. Dit stem baie goed ooreen met differensiasiepatrone wat in die Coastal Batholith van die westelike Cordillera in Peru voorkom (Pitcher, 1983). Die plagioklaassamestelling wissel ooreenkomstig vanaf labradoriet na andesien na oligoklaas, en die hoeveelheid mafiese minerale neem ooreenkomstig af. Dat die meer silikaryke gesteente nader na die binnekant van die batoliet voorkom word toegeskryf aan kristallisasie van buite na binne, waartydens laat vloeistowwe binnewwaarts migreer het. Bogenoemde veranderinge is ewe goed in die variasiediagram van fig. 11 waarneembaar waar 'n aaneenlopende differensiasiepatroon die toename van silika met 'n klein variasie in die Nb/Y-verhouding, wat 'n faktor van alkaliniteit is, uitbeeld.

Tydens die hele stollingsproses was hierdie batoliet onder drukspanning sodat die minerale 'n voorkeuroriëntasie het.

5. BESPREKING

Soos reeds genoem is verskeie van die mafiese gesteentes (Audawibtipe) verder wes deur ander navorsers as xenoliete in jonger intrusiewe gesteentes opgespoor. Die oorsprong en tyd van inplasing van die mafiese gesteente was nog altyd onseker. Uit hierdie ondersoek blyk die inplasing daarvan nie verwant aan die vervormingsfase van die Damara-orogenese te wees nie. Die Audawibgesteente word in vroeg-sinorogeniese gesteentes aangetref wat ongeveer 650 Ma gelede ingedring het. Maaksels in die wandgesteente weerspieel die tektoniese gebeurtenisse terwyl die xenoliete self geen tektoniese effek vasgevang het nie. Dit was dus voor aanvang van die orogenese geheel en al gedifferensieer en gestol. In die Damara-litostratigrafie word 'n basaltiese gesteente deur verskeie navorsers beskryf (onder andere Smith 1965, Miller 1983, De Kock 1984 en Brandt 1985). Al hierdie basaltiese gesteentes word aan die basis van die Karibibformasie en oorlêend tot die Chuosformasie (Brandt, 1985) aangetref en toon dikwels lawakussings (De Kock, 1984) wat hul vulkaniese oorsprong bewys. Die chemiese samestelling van die Omusema-basalt stem goed ooreen met die van die Audawibgabbro's (fig. 9) en klassifiseer ook as pikriet, olivien-gabbro en noriet-gabbro op die De La Roche-klassifikasiediagram. In fig. 11 stip die Omusema-am-

TABEL 1: Chemiese ontledings, CIPW-normatiewe waardes, anortietinhoud van plagioklaas en die R_1R_2-waardes van verteenwoordigende monsters van die Audawib- en Okongavasuites en die Omusema-amfiboliet.

	AUDAWIB						OKATUWO				OKONGAVA						GANGE		OMUSEMA			
GK	405	427	463	464	456	470	062	452	460	474	395	418	439	467	445	448	459	460	148	247	290	330
SiO_2	48,16	48,96	41,86	47,43	48,18	51,45	50,69	57,61	55,34	59,35	51,09	60,30	58,06	57,84	70,45	69,64	57,17	65,47	49,10	44,47	45,47	43,20
TiO_2	1,43	0,65	1.90	1,43	1,62	1,11	2,29	1,24	1,24	1,08	1,26	0,83	0,84	1,02	0,24	0,29	0,96	0,51	2,62	3,71	3,32	3,56
Al_2O_3	14,96	6,15	16,10	15,47	10,89	9,29	16,20	16,49	16,49	16,81	17,38	17,35	17,35	17,43	15,74	16,83	17,35	16,68	8,40	10,57	10,79	13,59
Fe_2O_3	0,97	3,02	2,41	3,24	3,81	2,38	2,81	3,00	2,26	2,73	3,61	3,28	3,23	3,02	1,14	1,17	2,49	1,79	2,90	5,18	7,32	6,26
FeO	9,86	7,06	12,09	8,75	9,09	6,52	7,31	5,31	6,38	4,72	6,28	3,34	4,34	4,69	0,78	0,75	5,76	8,79	5,76	8,79	5,61	6,30
MnO	0,28	0,19	0,26	0,26	0,24	0,28	0,16	0,17	0,25	0,22	0,22	0,19	0,18	0,20	0,05	0,12	0,16	0,18	0,14	0,18	0,12	0,22
MgO	8,63	19,58	7,61	7,08	10,04	13,21	4,87	3,25	4,71	2,83	4,98	2,77	3,22	3,33	0,83	0,79	4,03	1,43	10,75	10,14	6,11	7,94
CaO	10,78	11,21	14,02	12,16	11,26	13,60	10,82	6,68	7,56	5,98	8,05	5,93	6,39	6,66	2,64	2,57	6,85	3,57	18,81	14,29	17,29	15,31
Na_2O	1,72	0,86	1,09	1,85	0,88	0,65	2,22	2,34	2,11	2,11	2,54	2,91	2,76	2,12	4,27	3,84	2,47	2,80	0,80	1,11	3,05	2,75
K_2O	1,12	0,59	0,44	0,44	1,46	0,27	1,21	2,69	2,43	3,13	1,90	1,83	2,69	2,46	3,39	3,55	2,07	3,72	0,50	1,00	0,20	0,42
P_2O_5	0,33	0,16	0,17	0,30	0,14	0,17	0,16	0,27	0,41	0,27	0,33	0,31	0,32	0,34	0,14	0,24	0,30	0,21	0,31	0,55	0,39	0,56
Cr_2O_3	0,03	0,15	0,02	0,04	0,07	0,09	0,0	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,04	0,03	0,07	0,02	0,07
d.p.m.																						
Y	25	9	23	21	31	22	12	23	21	23	26	21	25	23	11	11	19	22	22	25	24	28
Nb	12	9	7	5	7	7	6	11	14	10	11	11	12	11	11	11	8	13	27	41	30	38
CIPW																						
Qz	-	-	-	-	2	4	5	14	9	17	4	20	13	17	26	28	13	25				
Ol	8	14	18	-	-	-																
Or	7	3	3	3	9	2	7	16	14	18	11	11	16	15	20	21	12	22				
Pl	45	18	44	49	28	27	50	47	46	45	51	51	50	46	47	43	51	39				
Opx	18	23	0	20	25	25																
Cpx	15	32	22	19	23	34	Bt/Hbl 29	14	23	12	Hbl 21	14	13	17	3	5	Bt. 17	7				
By-koms	7	10	13	9	13	8	9	9	8	8	11	4	8	5	4	3	7	6				
%An	58	51	78	64	57	75	54	43	47	43	48	42	41	47	17	17	48	25				
R_1	1999	2528	1852	2037	2166	2861	1973	2124	2101	2245	1759	2359	2035	2291	2325	2387	2211	2378	2570	1866	1490	1380
R_2	1876	2292	2194	1956	1917	2292	1718	1200	1367	1110	1449	1113	1221	1220	633	645	1274	781	2711	2240	2365	2299

GK-Reeksnommer; Qz-Kwarts; Ol-Olivien; Or-Ortoklaas; Pl-Plagioklaas; Opx-Ortopirokseen; Cpx-Klinopirokseen; Hbl-Hornblende; Bt-Biotiet; Bykoms-Bykomstige minerale: titaniet, apatiet, magnetiet, pirrotiet; %An-Persentasie anortiet in plagioklaas. R_1 = 4 Si-11 (Na+K) - 2(Fe+Ti); R_2 = 6Ca + 2 Mg + Al.

Fig. 4: Effek van magmamenging tussen donkerder Okatuwodioriet en ligter Okangovadioriet.

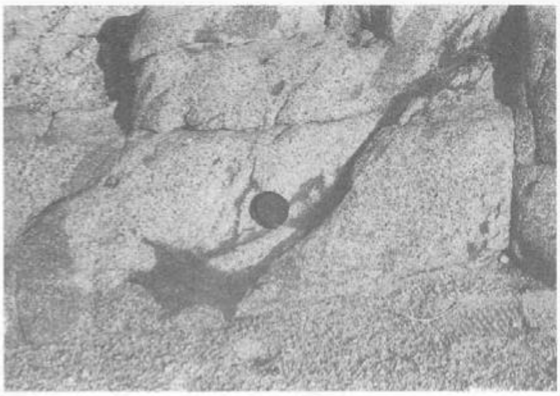

Fig. 5: Onreëlmatige restietliggaampies van uraliet in die magmamengsel. Let op die smal reaksierand van die restietliggaampie.

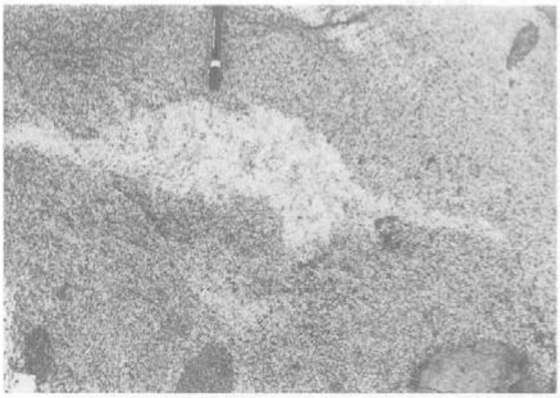

Fig. 6: Hornblendebevattende Okongavadioriet met 'n leukosegregasiepegmatiet. Let op hoe die proses die tektoniese maaksel in die dioriet versteur.

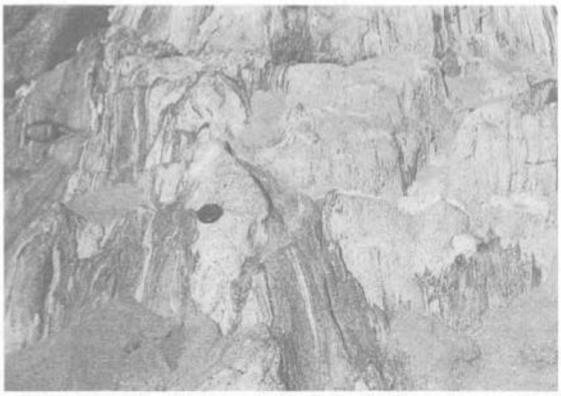

Fig. 7: Ingesmelte Tinkasskis in die termiese oureool van die Okongavabatoliet met latere segregasiepegmatiete in die neosoom.

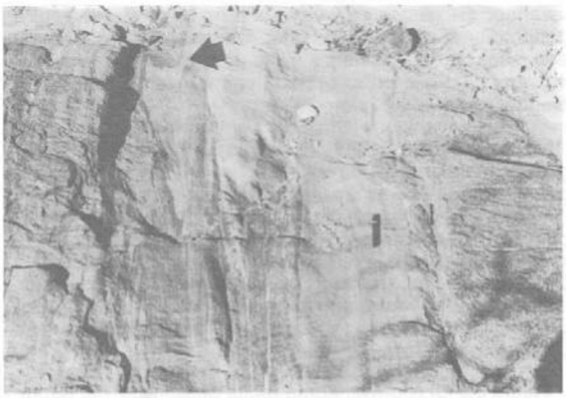

Fig. 8: Na-diorietgange wat die Okongavadioriet ingedring het. Let op die skerp kontakte, afwesigheid van reaksierande, sterk tektoniese maaksel in die gange asook die plooi (bo-links).

fiboliet as 'n alkaliese gesteente wat ook 'n differensiasiepatroon met silikatoename van nefelienbasaniet na alkaliese basalt toon, terwyl die Audawibsuite in die subalkaliese veld stip wat ook die differensiasie met toename in silika toon. Aangesien die gesteentes se alkaliniteit duidelik verskil en parallele differensiasiepatrone toon kan dit onmoontlik geneties verwant in oorsprong wees. Dit blyk eerder of daar 'n genetiese verwantskap tussen die Audawib- en Okongavasuite kan bestaan. Die mafiese xenoliete is dus nie oorblyfsels van die gedifferensieerde basaltiese magmas wat die Tsabichasamfiboliet (Smith, 1965) en Omusemaamfiboliet (De Kock, 1984) van lawa voorsien het nie. Die Audawib-subalkaliese basalt het in die tydsgaping na rekspanning ingedring, maar voor die eerste fase van vervorming, gedurende die orogenese, gestol.

Die gabbronorietinsluitsels in die gedifferensieerde Audawibmetagabbro word as moontlike monsters vanuit die mantelgesteentes beskou, waaruit die Audawibgabbro deur fraksionering ontstaan het. Sulke soliede "mantelinsluitsels" het saam met die magma opgestyg totdat dit struktureel geblokkeer is en waar die magma gedifferensieer en gestol het. Die reaksierand van die mantelinsluitsels kan aan oplossing in die magma toegeskryf word met die plagioklaas wat eerste sal uitsmelt. Dat van die gedeeltelik veranderde xenoliete behou is dui op ongunstige toestande wat met die afkoel van die magma ingetree het. Regan (1983) vind dat sulke vroeë basiese mass as van gabbro'iese samestelling afkomstig is van tholleiitiese basalte wat in die mantel ontstaan het.

Met die aanvang van die orogeniese fase word die sedimente aan 'n drukspanning onderwerp. Die fyn

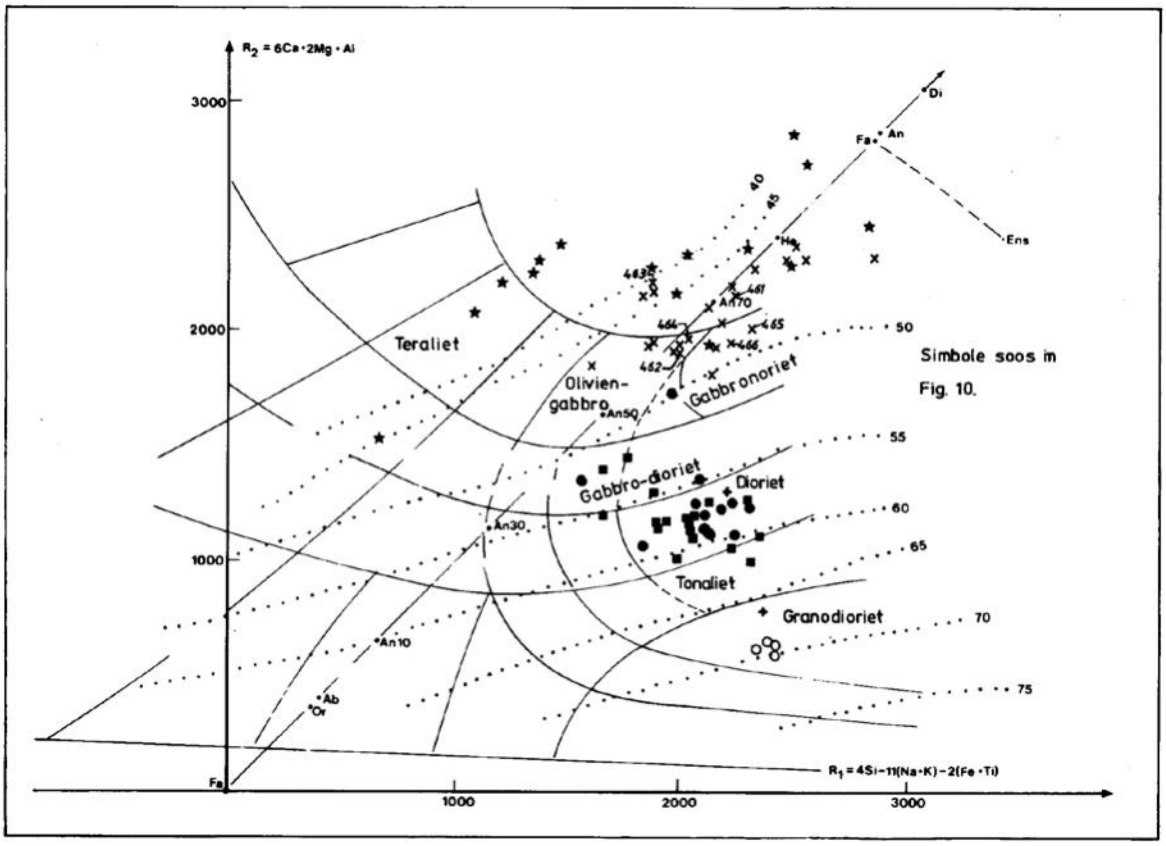

Fig 9: R_1R_2 -klassifikasie van die verskillende gesteentes in die Okongavabatoliet. (Diagram na De la Roche *et al.*, 1980)

pelitiese sedimente van die Tinkaslid is tot die biotietfasies gemetamofoseer en klein plootjies het algemeen ontwikkel. Hiertydens het die Okatuwo-kwartsdioriet vanaf 'n redelike diepte ingedring. Dit het in die koue omgewing vinnig afgekoel en as 'n fynkorrelrige gesteente gestol. Die minerale het almal loodreg op die rigting van die maksimum druk gekristalliseer wat die skisagtige voorkoms gee. Relatief kort daarna, nog gedurende die fase van drukspanning het die Okongavadioriet, wat xenoliete van die Audawib- en Okatuwogesteentes insluit, ingedring. Met die koue, gestolde Audawibgesteente vind feitlik geen reaksie plaas nie, maar wel met die warmer en nog net gedeeltelik gestolde andesitiese Okatuwomagma. Waar die pirokseen in die Okatuwoclioriet reeds gekristalliseer het, het dit as reste versamel terwyl die leukokratiese fraksie in die Okongavamagma opgeneem is. Klein aartjies en gangetjies van die Okongavasmelt het ook in kouer diorietkussing ingedring. Die Okongavamagma het enkele van die skisagtige Okatuwo-insluitsels vervorm terwyl die Audawibbrokke hulself meesal in 'n vlak laat heroriënteer het wat loodreg op die rigting van maksimum druk staan.

Pitcher (1979) noem dat dioriete nooit porfiritiese teksture het nie. Deur mineralogiese differensiasie in die batoliet verander die gesteente vanaf die rand binnewaarts van 'n gabbrodioriet na 'n granodioriet. Die teenwoordigheid van een maaksel dui op finale stolling gedurende die eerste fase van vervorming. Die optrede van titaniet (sfeen), hornblende, magnetiet, plagioklaassamestelling en mafiese insluitsels in volgens Chappel en White (1974), Ishihara (1977) en Pitcher (1983) bewyse dat die dioriete I-tipe gesteente is. Gedurende die inplasing van die vroeg sinorogeniese magmas was die regionale graad van metamorfose nog laag en reaksie met die wandgesteentes was redelik algemeen. Die warm magma het in die kontaksone van die kwarts-biotietskis van die Tinkaslid insmelting veroorsaak. Die regionale drukspanning het steeds geheers gedurende insmelting en herkristallisering van die skis om 'n leukograniet met 'n sterk lineasie en met insluitsels van D1-vervormde plooie te vorm.

Nadat die Okongavamagma reeds gestol was, het gange van variërende samestelling die dioriet ingedring. Howel die maaksel in die gange aan die inplasing toegeskryf word, toon die enkele plooie daarin dat die drukspanning nog bestaan het wat die inplasingsmaaksel versterk het. Hierdie sterk maaksel en die snelle afkoeling van die gange, wat in 'n kouer Okongavadioriet ingedring het, produseer tesame die skisagtige tekstuur van die ganggesteentes.

Die segregasiepegmatiete wat in al die sinorogene indringings voorkom het gedurende die hoogtepunt van metamorfose, dit is gedurende tot na die regionale D3 vervormingsfase van die Sentrale Sone (Miller, 1983), ontstaan, want dit versteur al die maaksels in die Okon-

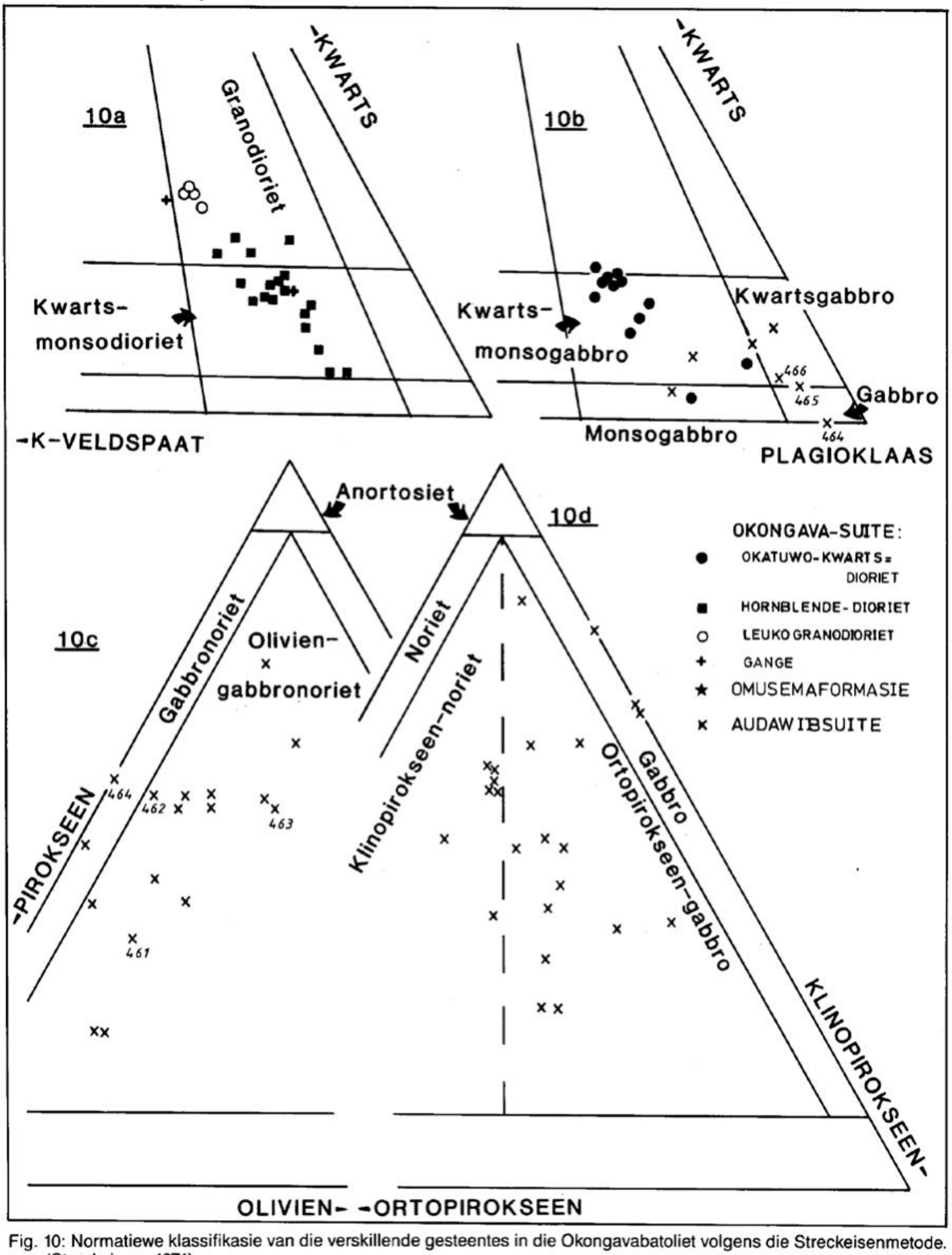

Fig. 10: Normatiewe klassifikasie van die verskillende gesteentes in die Okongavabatoliet volgens die Streckeisenmetode. (Streckeisen, 1974).

(a) Kwarts - K-veldspaat - Plagioklaas vir dioritiese gesteentes

(b) Kwarts - K-veldspaat - Plagioklaas vir gabbroïese gesteentes

(c) Plagioklaas - Pirokseen - Olivien

(d) Plagioklaas - Ortopirokseen - Klinopirokseen.

gavasuite.

Die Palmentaldioriet wat 'n ekwivalent van die Okongava-dioriet is toon 'n oorsprongklike verhouding van $^{87}Sr/^{86}Sr$: 0,7070 - 0,7057 (Kröner, 1982) wat op manteloorsprong ($^{87}Sr/^{86}Sr$: 0,7060, Pitcher, 1979) en I-tipe granitiese gesteentes dui. Die Okatuwo- en Okongavamagmas (Okongavasiute) het in die onderkors en moontlik selfs die bomantel ontstaan.

Die ontstaan van sulke vroeë I-tipe graniete soos die Okongava- en Palmentaldioriete word aan die toevoer van materiaal toegeskryf wat gedurende vroeë subduksie ingeskuif het (Chappell, 1978) en wat as 'n insakkingskuilbatoliet in 'n Andestipe randsone van 'n kontinentale boog ingeplaas is (Pitcher, 1979)

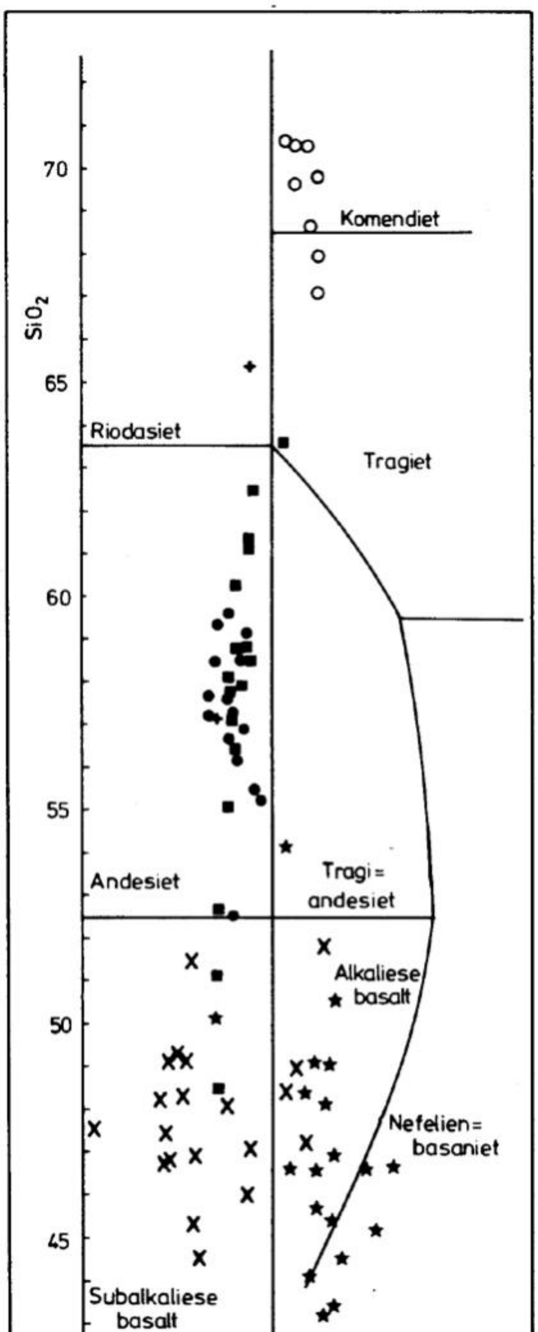

Fig. 11: SiO_2: Nb/Y - uitstip om verwantskappe en alkaliniteit van die gesteentes te toon (Diagram na Winchester en Floyd, 1977)

6. BEDANKINGS

Aan die Geologiese Opnames van Suidwes-Afrika en die Republiek van Suid-Afrika, vir die toestemming om die inligting te gebruik en vir die beskikbaarstelling van apparaat en toerusting. Mm. H.F.G. Moen vir 'n paar insiggewende wenke oor die inhoud van die werkstuk en Mev. Jansen en Serretta wat die geskrif getik het.

Hierdie artikel vorm deel van 'n Ph.D.-tesis wat aan die U.O.V.S. geregistreer is.

7. LITERATUURVERWYSINGS

Blaine, J.L. 1977. Tectonic evolution of the Waldau Ridge structure and the Okahandja Lineament in part of the Central Damara Orogen, west of Okahandja, South West Africa. *Bull. Precambr. Res. Unit, Univ. Cape Town*, **21**, 99p.

Brandt, R. 1985. Preliminary report on the stratigraphy of the Damara Sequence and the geology and geochemistry of Damaran granites in an area between Walvis Bay and Karibib. *Communs geol. Surv. S.w Africa/Namibia*, **1**, 31-43.

Brandt, R. (in voorbereiding). *Geology and geochemistry of granites in the Central Zone of the Damaran Orogen, Namibia/South West Africa*. Ph.D. tesis, Univ. Witwatersrand.

Chappel, BW. 1978. Granitoids from the Moonbi District, New England Batholith, Eastern Australia. *J. geol. Soc. Austr.*, **25**, 267-283.

Chappel, B.W. en White, A.J.R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geol.*, **8**, 173-174.

De Kock, G.S.1984. *'n Litostratigrafiese studie van die Gebied 2216 AA en AC in die sentrale Damara-orogeen, S.W.A.* M.Sc.-tesis (ongepubl). Univ. O.V.S., 77 pp.

De Kock, G.S. 1985. Die geologie van 'n gebied suidoos van Karibib, Suidwes-Afrika/Namibië. *Communs geol. Surv. S.W. Africa/Namibia*, **1**, 45-55.

De La Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P. en Marchal, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R_1R_2-diagram and major element analyses - its relationships with current nomencla-

ture. *Chem. Geol*., **29**, 183-210.

Ishihara, S. 1977. The magnetite-series and the ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geol*., **27**, 293-305.

Kasch, K.W. 1983. Continental collision, suture progradation and thermal relaxation: A plate tectonic model for the Damara Orogen. 423-429. *In*: Miller, R.McG. Ed., *Evolution of the Damara Orogen of South West Africa/Namibia*. Spec. Publ. geol. Soc. S. Afr., **11**, 515 pp.

Kröner, A. 1982. Rb-Sr geochronology and tectonic evolution of the Pan African Damara belt of Namibia, southwestern Africa. *Am. J. Sci*., **282**, 1471-1507.

Miller, R.McG. 1979. The Okahandja Lineament, a fundamental tectonic boundary in the Damara Orogen of South West Africa/Namibia. *Trans. geol. Soc. S. Afr.*, **82**, 349-361.

Miller, R. McG. 1983. The Pan-African Damara Orogen of South West Africa/Namibia, 431-515. *In*: Miller, R. McG., Ed., *Evolution of the Damara Orogen of South West Africa/Namibia*. Spec. Publ. geol. Soc. S. Afr., **11**, 515 pp.

Pitcher, W.S. 1979. The nature, ascent and emplacement of granitic magmas. *J. geol. Soc. London*., **136**, 627-662.

Pitcher. W.S. 1983. Granite: typology, geological environment and melting relationships. 277-285. *In*: Atherton, M.P. and Gribble, CD., Eds, *Migmatites, melting and metamorphism*. Proc. Geochem Group of the Mineralogical Soc., Cheshire, 326 pp.

Pitcher, W.S. 1985. A multiple and composite batholith, 93-101. *In*: Pitcher, W.S., Atherton, M.P, Cobbing, E.J. and Beckingsale, R.D., Eds, *Magmatism at a plate edge*. *The Peruvian Andes*. Bladin-Glasgow, 325 pp.

Regan, P.F. 1983. The early basic intrusions, 72-89. *In*: Pitcher, W.S., Atherton, M.P, Cobbing, E.J. and Beckingsale, R.D., Eds, *Magmatism at a plate edge*. *The Peruvian Andes*. Bladin-Glasgow, 325 pp.

Smith, D.A.M. 1965. The geology of an area around the Khan and Swakop Rivers in South West Africa. *Mem. geol. Surv. S. Afr., S.W.A. Ser*., **3**, 113 pp.

Streckeisen, A.L. 1974.Classification and nomenclature of plutonic rocks. *Geol. Rdsch*., **63**, 773-786.

Winchester, J.A. en Floyd, P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chem. Geol*., **20**, 325-343.