

DIE GEOLOGIE VAN 'N GEBIED RONDON UIS, SUIDWES-AFRIKA

deur

J.C. KOORNHOF

1970

Verhandeling voorgelê ter vervulling van die vereistes vir die graad MAGISTER SCIENTIAE in die Fakulteit Natuurwetenskappe van die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.

HIERDIE EKSEMPLAAR MAG ONDER
GEEN OMSTANDIGHEDE UIT DIE
BIBLIOTEEK VERWYDER WORD NIE

Universiteit van die Oranje-Vrystaat
BLOEMFONTEIN

- 5-2-1973

KLAS No.

No.

145136

BIBLIOTEEK

„First, of course, there's the things you don't know;
then there's the things you do know but can't understand;
then there's the things you do understand but which don't
matter. Saving your presence, sir, there's a heap of
understanding to be done before you're anything but a fool.“

- A.E. COPPARD, „Simple Simon.“

UITTREKSEL

'n Regionale geologiese opname van 'n gebied, ongeveer ^{950 km²} ~~9,500~~ hektare in grootte, is in die gebied oos van die Brandberg, Suidwes-Afrika, uitgevoer. Die dorpie Uis, wat sy ontstaan aan die ontginning van tindraende pegmatiete te danke het, lê feitlik in die middel van die gebied.

Die gebied word gekenmerk deur 'n halfwoestynklimaat, en al die geomorfologiese eienskappe van so 'n omgewing kan waargeneem word.

Die geologiese formasies wat in die gebied dagsoom, behoort tot die Sisteem Damara, die Salemgraniet, doleriet en jonger oppervlakafsettings.

Die Sisteem Damara bestaan uit 'n basale opeenvolging van hoofsaaklik kwartsiet, wat deur 'n groot dikte van skis oorlê word. Ondergeskikte lae van marmer kom in die boonste gedeeltes van die skis voor. Die sedimentêre gesteentes het intense regionale metamorfose ondergaan en die hoogste graad van die groenskisfasies is bereik. Ten minste twee periodes van vervorming kan onderskei word: die f_1 -periode het noordoosttrekkende isoklinale plooiing, waarvan die plooivlakke na die suidooste hel, tot gevolg gehad; die plooivlakke van die f_2 -periode het 'n oostelike strekking en 'n steil helling na die suide. As gevolg van hierdie herplooiing het opvallende ~~deem-~~ ^{koepel} vormige strukture met 'n oos-noordoostelike strekking, ontstaan.

In die diep gedeeltes van die sinklinale trêe het

grootskaalse anatektiese smelting van die sedimente plaasgevind. Die produk hiervan is die Salemgraniet, waarvan ten minste drie ouderdomme, nl. 'n sintektoniese, 'n laattektoniese en 'n na-tektoniese fase, onderskei kan word, elkeen met sy eie kenmerke. Die laat-tektoniese graniet kom as 'n opvallende diapiriese struktuur voor, en gee die indruk dat die sedimente om hierdie struktuur gevou is.

Slegs die tindraende pegmatiete in die omgewing van Uis besit enige ekonomiese waarde. Hierdie liggame het 'n algemene noordoostelike strekking; hulle is onreëlmatig-silindries in vorm en duik teen 'n vlak hoek na die noordooste. Die gevolgtrekking word gemaak dat die strukturele kontrole vir die inplasing van die pegmatietliggame deur die interaksie van die f_2 -periode van plooiing op die f_1 -periode, verskaf is. Die pegmatiet self is egter aan die na-tektoniese graniet verwant.

Indringings van doleriet, in die vorm van gange, maar ook as opvallende tregtervormige intrusies, kom ook voor. Geen bevredigende verklaring vir laasgenoemde strukture het uit die ondersoek voortgevloei nie.

Oppervlakafsettings in die vorm van kalkreet, puin en sand kom oor groot areas voor, sodat dagsome dikwels as redelik tot swak beskryf moet word.

INHOUD

	BLADSY
I. INLEIDING	1
A. ALGEMEEN	1
B. LIGGING	1
C. BEVOLKING EN VERBINDINGS	1
D. WATER	4
E. VORIGE GEOLOGIESE WERK	4
II. FISIOGRAFIE	6
A. KLIMAAT EN REËNVAL	6
B. GEOMORFOLOGIE EN DREINERING	7
III. GEOLOGIE	8
A. ALGEMEEN	8
B. SISTEEM DAMARA	10
1. Algemeen	10
2. Petrologie	11
(a). Kwartsiet	11
(i). Algemeen	11
(ii). Petrografie	12
(b). Skis	16
(i). Algemeen	16
(ii). Biotietskis	17
<u>Petrografie</u>	17
(iii). Kwarts-muskovietskis .	21
<u>Petrografie</u>	21

(c).	Marmer	22
	(i). Algemeen	22
	(ii). Petrografie	23
(d).	Kalksilikaatgesteentes ...	26
	(i). Algemeen	26
	(ii). Petrografie	27
3.	Metamorfose	29
	(a). Regionale Metamorfose	29
	(i). Skis	29
	(ii). Kwartsiet	30
	(iii). Marmer en Kalkhouden- de Sedimente	30
	(b). Kontakmetamorfose	31
C.	SALEMGRANIET	33
1.	Algemeen	33
2.	Porfiritiese, Gefolieerde Graniet	35
	(a). Algemeen	35
	(b). Petrografie	35
	(i). Glimmerlose Porfiri- tiese Graniet	35
	(ii). Porfiritiese Biotiet- graniet	36
3.	Gefolieerde, Nie-porfiritiese Graniet	39
	(a). Algemeen	39

(b).	Gefolieerde Biotietgraniet.	39
(c).	Toermalyngraniet	40
4.	Ongefolieerde, Nie-porfiritiese Graniet	42
(a).	Algemeen	42
(b).	Biotietgraniet	43
(c).	Glimmerlose Graniet	44
(d).	Rooi Biotiet-arme Graniet .	45
D.	PEGMATIET	47
1.	Algemeen	47
2.	Nie-toermalyndraende Pegmatiet .	50
3.	Toermalyndraende Pegmatiet	51
4.	Tindraende Pegmatiet	52
(a).	Algemeen	52
(b).	Petrologie	54
(c).	Petrografie	56
(d).	Oorsprong van die Tindraende Pegmatiete	58
E.	APLIET	63
1.	Algemeen	63
2.	Petrografie	63
F.	KWARTSARE	64
G.	KAROODOLERIET	70
1.	Algemeen	70

2.	Petrografie	73
H.	OPPERVLAKAFSETTINGS	75
1.	Kalkreet	75
2.	Sand	75
3.	Puin	76
I.	STRUKTUURGEOLOGIE	77
IV.	BEDANKINGS	81
V.	LITERATUURVERWYSINGS	82

FIGURE

BLADSY

1.	Kaart om die lokaliteit van die gebied wat ondersoek is, aan te dui	2
2.	Die oriëntasie van die pegmatietliggame in die Salemgraniet	48
3.	Die oriëntasie van die pegmatietliggame in die Sisteem Damara	49
4.	Die oriëntasie van kwartsare in die Salem- graniet	65
5.	Die oriëntasie van nate in die Salemgraniet	66
6.	Die oriëntasie van kwartsare in die Sisteem Damara	67
7.	Die oriëntasie van nate in die Sisteem Damara	68
8.	Die oriëntasie van dolerietgange	71

TABELLE

BLADSY

I.	Minerale teenwoordig in die kwartsiet van die Serie Khomas	13
II.	Minerale teenwoordig in die skis van die Serie Khomas	18
III.	Minerale teenwoordig in die marmer en in die kalksilikaatgesteentes van die Serie Khomas	24
IV.	Minerale teenwoordig in die Salemgraniet .	37

PLATE

- I. Geologiese kaart van die gebied rondom Uis, Suidwes-Afrika
- II. Lepidoblastiese tekstuur in biotietskis
(x67, gew. lig)
- III. Porfiroblaste van muskoviet wat oor die foliasie in biotietskis sny (x67, gew. lig)
- IV. Naalde van sillimaniet in biotietskis (x120, gew. lig)
- V. Toermalyn in biotietskis (x120, gew. lig)
- VI. Vertweelingde kalsiet in marmer (x67, x nicols)
- VII. Kalsiet, amfibool en titaniet in 'n kalksilikaatgesteente (x192, gew. lig)
- VIII. Radiale naalde van aktinoliet in 'n kalksilikaatgesteente (x67, gew. lig)
- IX. Magnetiet in 'n kalksilikaatgesteente (x120, x nicols)
- X. Aartjies van kwarts in mikroklien van die porfiritiese Salemgraniet (x67, x nicols)
- XI. Biotiet, apatiet, sirkoon en erts in porfiritiese Salemgraniet (x67, gew. lig)
- XII. Muskoviet saam met biotiet wat verander na chloriet
(x192, x nicols)
- XIII. Apatiet en gekraakte toermalyn in toermalyngraniet
(x120, gew. lig).

- XIV. Serisiet langs krake in mikroklien in biotietgraniet
(x120, x nicols)
- XV. Die verspreiding van pegmatiete in die omgewing van
Uis
- XVI. 'n Georiënteerde xenoliet van skis in 'n tindraende
pegmatiet
- XVII. Gebreekte en gebuigde tweelingbande van albiet in
tindraende pegmatiet (x67, x nicols)
- XVIII. Vergroeiing tussen kwarts en plagioklaas in tin-
draende pegmatiet (x67, x nicols)
- XIX. Sonale bou in kassiteriet (x67, x nicols)
- XX. Sub-ofitiese vergroeiing van plagioklaas en pirok-
seen in oliviendoleriet (x67, gew. lig)
- XXI. Struktuurkaart van die gebied rondom Uis, Suidwes-
Afrika
- XXII. Die geaardheid van die dagsome van marmer in die
~~boom~~^{hoepel}vormige struktuur in die suidoostelike ge-
deelte van die gebied

I. INLEIDING

A. ALGEMEEN

Hierdie studie behels die regionale geologiese kartering van 'n gebied van bykans ^{950 km²} ~~9,500 hektare~~ in Suidwes-Afrika. Die kartering is gedoen met behulp van lugfoto's, op 'n skaal van 1:36,000.

Die onderneming is gefinansieer deur die Administrasie van Suidwes-Afrika, onder leiding van die Departement Geologie van die Universiteit van die Oranje-Vrystaat.

B. LIGGING

Die gebied onder bespreking is in die noordwestelike gedeelte van die Okombahereservaat, Omarurudistrik, Suidwes-Afrika, geleë. Dit lê tussen $14^{\circ} 43' 0$ en $15^{\circ} 0$, en tussen $21^{\circ} S$ en $21^{\circ} 23' S$ (Fig. 1). In die noorde grens dit aan die Ugabrivier en in die weste aan die Brandberg.

Die Uistinmyn is in die suide van die gebied geleë, sowat 16 km vanaf die suidelike grens. Die dorp Omaruru is ongeveer 100 km ten ooste van die gebied geleë, en die Klein en Groot Spitskoppe 30 km na die suidweste.

C. BEVOLKING EN VERBINDINGS

Die bevolking is baie dungsaaï en die vernaamste konsentrasie word gevind in die dorpie Uis, wat 'n blanke

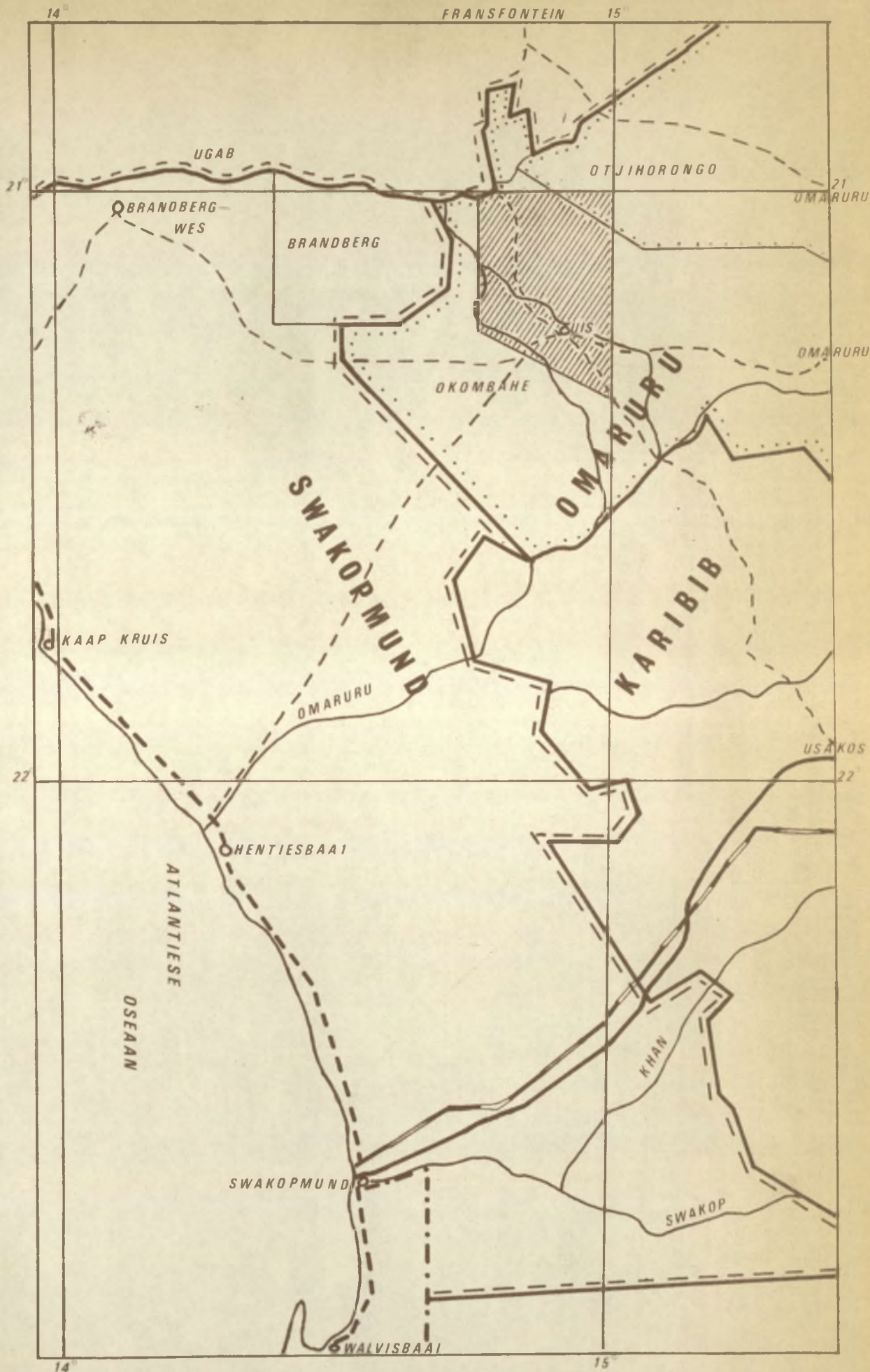


Fig.1. Kaart om die lokaliteit van die gebied wat ondersoek is, aan te dui

bevolking van 300 het. Dit het 'n laerskool met vier leerkragte, asook 'n geneesheer en 'n verpleegster wat 'n kliniek bedien. Aangesien dit in 'n naturellereservaat geleë is, bly daar geen blankes in die res van die gebied nie. Bantowerkers by die myn is hoofsaaklik Ovambo's. Afgesien van die mynwerkers, is daar 'n stuk of sewe Bantogehuggies oor die gebied versprei, behalwe in die omgewing van die Brandberg en by die Ugabrivier, waar geen mense te vinde is nie.

Hoewel die gebied onherbergzaam en ylbewoond is, is kontak met die buitewêreld goed. Paaie van goeie gehalte is aangelê vanaf Uis na Welwitschia in die noorde, na Brandberg-Wes en Hentiesbaai in die weste, na Omaruru in die ooste en na Usakos in die suide. Uis beskik oor 'n poskantoor en is telefonies met die res van Suidwes-Afrika en die Republiek verbind. Radio-telefoniese kontak met Brandberg-Wes en Hentiesbaai bestaan ook.

Die naaste spooraansluiting is by Omaruru, maar goeie gebruik word gemaak van swaarvoertuigvervoer vanaf Swakopmund en Walvisbaai oor 'n afstand van 200 km. 'n Baie goeie landingstrook is by Uis aangebring.

Buiten die hoofpaaie is daar ook talle sekondêre paaie en ou motorspore; sonder 'n vierwielaangedrewe voertuig egter, sal 'n mens kwalik die gebied kan deurkruis. Ou rivierlope leen hulle ook ideaal uit tot so 'n vorm van vervoer.

D. WATER

Oor die algemeen is water baie skaars en daar is geen lopende riviere nie. Ondergrondse water is egter redelik volop in sommige ou rivierlope, hoewel dit dikwels brak is. Boorgatwater is meesal ondrinkbaar weens 'n hoë soutinhoud. Die watertafel by Uis is 32 m onderkant die oppervlak. Windpompe by bantoegehuggies onttrek ondergrondse water.

Varswater vir die Uisgemeenskap word teen 'n redelike hoë koste vanaf die Omarururivier gepomp, sodat waterbeperking van toepassing is. Slegs na baie harde reën word water in riviere en panne, en in oplossingsholtes in graniet en marmer aangetref.

E. VORIGE GEOLOGIESE WERK

Daar bestaan geen geologiese verslae van die gebied onder bespreking nie, maar die volgende werk is wel in omliggende streke gedoen:

In 1919 beskryf Cloos die Erongoberge (Gevers en Frommurze, 1929 a, p. 35), en saam met Chudoba verskyn daar in 1931 'n geologiese beskrywing van die Brandberg (Jeppe, 1952, p. xii).

In 1927 - 28 besoek Gevers en Frommurze (1929, p. 31 - 53) hierdie deel van Suidwes-Afrika en lê veral klem op die geologie van die noordwestelike Damaraland, wat tot by die Ugab en die Brandberg strek. Dit blyk egter

dat hulle slegs die meer suidwestelike gedeelte volledig beskryf het.

In 1929 beskryf Gevers en Frommurze (p. 111 - 149) die tindraende pegmatiete van die Erongogebied. In dieselfde jaar publiseer Gevers (p. 165 - 170) 'n verslag oor 'n hidrotermale kassiterietvoorkoms naby Arandis, in die omgewing van Swakopmund.

In 1936 besoek Schwellnus en Rossouw die gebied rondom Omaruru, waar Haughton, Frommurze en Gevers reeds in 1927 - 28 aangedoen het (Haughton et al, 1939, p. 9). In 1939 verskyn van bogenoemde persone 'n verduideliking van kaart Nr. 71 van die Geologiese Opname; hierin bespreek hulle die geologie en mineraalafsettings van die Omarurugebied.

In 1939 noem Du Toit slegs die tipe gesteentes in die gebied, as deel van sy beskrywing van die geologie van Suid-Afrika (Du Toit, 1939). In die vroeë vyftigerjare besoek Jeppe die gebied en beskryf hy in 1952 die geologie langs die Ugabrivier, ten weste van die Brandberg (p. 1 - 222). Die ~~G~~^Groot en ~~K~~^Klein Spitskoppe, nie ver hiervandaan nie, word in 1962 deur Morna Mathias bespreek (p. 281 - 292).

In 1965 verskyn 'n publikasie van Smith (p. 1 - 113), waarin hy die geologie tussen die Swakop- en die Khanrivier beskryf.

Ongepubliseerde werk is gedoen in 1969 - 70 deur Tordiffe, Van Reenen, Gunter en Schoeman, wat die gebied ten suide en suidweste van die Brandberg tot aan die Kaap Kruis, ondersoek het.

II. FISIOGRAFIE

A. KLIMAAT EN REËNVAL

Die gebied grens aan die Namibwoestyn en het 'n tipiese halfwoestynklimaat. Bedags is dit geweldig warm en die plantegroei is nie van so 'n aard dat dit enige skuiling bied nie. In die namiddae begin 'n seewind waai, wat heelwat verligting bring. Snags is dit koel en in die wintermaande soms selfs baie koud.

Die uitsig is baie goed en slegs enkele dae per jaar is die lug bewolk.

Die reënval is baie laag, gemiddeld sowat 65 mm per jaar. Dit beteken nie dat daar elke jaar soveel reën val nie, maar eerder dat lokale groot donderstorms periodiek uitsak. Slegs dan vloei sekere riviere vir 'n kort periode.

Plantegroei is karig; droë doringbome kom egter algemeen langs rivierlope voor, terwyl doringbosse en droë graspolle ook algemeen is. In die westelike deel en verder seewaarts, is net hier en daar tekens van plantegroei. Na 'n reënbui is plantegroei meer dig, en 'n pragtige grastapyt bedek die aarde.

Daar is etlike droë panne en moddergate in die gebied wat, net soos die riviere, gevul is met water na 'n swaar reënbui.

B. GEOMORFOLOGIE EN DREINERING

Hierdie gebied is duidelik 'n oorgangsonne tussen die plat Namibvlakte en die Inselbergstreek. Na die weste van die gebied begin die woestynwêreld, en die ontwikkeling van inselberge word gesien in die Spitskoppe in die suide, die Erongoreeks ten suidooste en die Kompanenberge in die ooste.

Die sentrale deel van die gebied bestaan uit 'n lang reeks heuwels met valleie tussenin; die heuwels is anti-klienes van kwartsiet, met skis in die sinklienes. Drie groot rivierlope, waarvan die Uisrivier die belangrikste is, sny deur die Damaragesteentes en dagsome word skerp afgesny.

Die graniet in die ooste vorm 'n hoogliggende gebied, met etlike diep, ou riviervalleie. Uitstaande punte met 'n bedekking van doleriet, kom lokaal voor. Hierdie doleriet het die kenmerke van 'n tregtergang.

'n Groot gedeelte van die gebied is met sand bedek en sandvlaktes is algemeen in die weste en noorde, asook in die ooste. Naby die Brandberg, en in die rigting van die Ugabrivier, is heelwat rûens van doleriet ontwikkel; hierdie gange het 'n algemene noordoostelike strekking.

Die waterskeiding tussen die Ugab- en Omarururiviere sny deur die suidelike gedeelte van die gebied. Hoewel die twee hooflope 'n algemene westelike rigting het, vloei die takriviere noordwaarts of suidwaarts.

III. GEOLOGIE

A. ALGEMEEN

Die gebied rondom Uis word gekenmerk deur prominente dagsome van die gesteentes van die Sisteem Damara, wat deur die Salemgraniet ingedring is.

Die Damaragesteentes vorm 'n noordoosstreckende gordel wat feitlik geheel en al deur Salemgraniet omring is. Verskeie indringings van pegmatiet, kwartsare en doleriet is ook teenwoordig.

Die dagsoomgebied van die graniet word gekenmerk deur oppervlakafsettings van kalkkreet en sand, wat verspreid oor die hele gebied voorkom.

Die Sisteem Karoo is afwesig, maar verskyn ten weste en suidweste van die gebied; so ook die Formasie Tsaun wat deur Van Reenen (1970, p. 9) beskryf word.

Die oudste gesteentes van die gebied behoort tot die Sisteem Damara. Hierdie gesteentes is geplooi en gemetamorfoseer, en ingedring deur die Salemgraniet. Lank hierna het magmatiese aktiwiteit, in die vorm van indringings van doleriet, oor die hele gebied voorgekom.

Die volgende stratigrafiese eenhede word onderskei:

Kwarternêr en Tersiêr	Puinafsettings, kalkreet, sand en gruis
-----------------------	--

DISKORDANSIE

Na-Karooindringings	Dolerietgange
---------------------	---------------

Voor-Karooindringings	Salemgraniet
-----------------------	--------------

Serie Khomas,

Fasies Swakop,

Sisteen Damara

Glimmerskis, kwartsiet

kalksilikaatgesteentes, marmer

B. SISTEEM DAMARA

1. Algemeen

Die gesteentes van die Sisteem Damara beslaan die hele sentrale deel van die gebied. Dit vorm 'n wye gordel wat die dorpie Uis insluit en suidweswaarts strek tot waar dit ten suide van die Brandberg geleidelik swakker dagsome vorm.

Slegs die Serie Khomas van die Fasies Swakop is blootgestel. Dit bestaan hoofsaaklik uit glimmerryke skis, kwartsiet, kalksilikaatgesteentes en marmer. Hierdie klassifikasie is gemaak in oorleg met die werk van vroeëre skrywers. Wagner (1916, p. 35) verdeel die Sisteem Damara, toe nog bekend as die „Schist Formation“, as volg: Serie Marmer bo, dan Serie Kwartsiet en Serie Glimmerskis onder. Gevers en Frommurze (1929, p. 34 - 36) beskou die Serie Kwartsiet as die basis, met die Serie Marmer en die Serie Glimmerskis hoër-op in die suksesie. In 1939 kry die Serie Glimmerskis die naam „Serie Khomas“ (Haughton et al, 1939, p. 15), en dit bestaan uit 'n groot opeenvolging van glimmerskis, wat lateraal in glimmerryke kwartsiet oorgaan. Tussengelaagde kalksteen kom voor in die skis, asook ondergeskikte granuliet en amfiboliet. Hierdie gesteentes stem ooreen met dié in die gebied rondom Uis. Die Sisteem Damara in die gebied onder bespreking staan tans as die Fasies Swakop bekend, en dit word weer in die Serie Hakos (onder) en die Serie Khomas (bo) ingedeel (Smith, 1965, p. 10).

In die gebied rondom Uis vorm die kwartsiete die

onderste deel van die suksessie met skiste bo. Marmer en kalksilikaatgesteentes kom tussengelaagd voor, eersgenoemde in die skis en laasgenoemde in die kwartsiet.

2. Petrologie

(a). Kwartsiet

(i). Algemeen

Die kwartsiet van die Serie Khomas varieer gereedelik wat betref aard en samestelling, hoewel ~~hulle~~^{dit} nie in verskillende stratigrafiese sonas ingedeel kon word nie. In die veld is ~~hulle~~^{dit} tipies isoklinaal geplooi. As gevolg hiervan is dit moeilik om diktes te bepaal. Die dagsome in die gebied rondom Uis kan as middelmatig tot goed beskryf word, na die suidweste en weste is die dagsome baie swak. Die kwartsiet kom voor as duidelik-waarneembare riuwe met 'n noordoostelike strekking. Die riuwe is standhoudend oor die gebied waarin die kwartsiet voorkom en verteenwoordig antiklinale rûens in 'n sin- en antiklinorium. Nate en krake is goed ontwikkel en veral in swak dagsome het die gesteente dikwels die voorkoms van 'n skis. As gevolg van die hoë rante word kwartsietpuin algemeen langs die hange van die heuwels, in valleie en in ou rivierlope aangetref. Hierdie brokkelik baie soos dolerietpuin.

Daar word onderskei tussen ware kwartsiet en skisagtige kwartsiet, deels op grond van samestelling, maar hoofsaaklik as gevolg daarvan dat laasgenoemde 'n mate van skisteusheid by nadere ondersoek vertoon. Die

voorkoms en struktuurverwantskappe van die skisagtige kwartsiet is dieselfde as dié van die gewone kwartsiet; slegs op 'n mikroskopiese skaal blyk daar lokale verskille te wees.

(ii). Petrografie

Aangesien daar 'n volledige oorgang is van skis na kwartsiet, beteken dit dat die tekstuur van lepidoblasties na granoblasties varieer. In kontak met die intrusies van graniet is lokaal 'n hornfelsiese tekstuur waargeneem.

Die gesteente wissel van fyn- tot middelkorrelrig en hoewel daar makroskopies gewoonlik geen foliasie sigbaar is nie, is dit, mikroskopies gesien, feitlik altyd teenwoordig. Die foliasie word veroorsaak deur uitgerekte korrels van kwarts en/of deur die parallelle oriëntasie van biotietlatte. In die veld is 'n gesteente as „kwartsiet” beskryf, indien dit geen makroskopiese foliasie besit nie. Hierdie indeling is klaarblyklik heeltemal arbitrêr, sodat die dagsome in Plaat I nie 'n presiese weergawe van die litologie is nie.

Die meeste kwartsiet het 'n kenmerkende suikertekstuur, en die kleur wissel van grys tot donkergroen, afhangende van die donkermineraalinhoud.

Die hoofbestanddele is kwarts en biotiet, met of sonder amfibool (Tabel I). Die ondergeskikte minerale is plagioklaas, kordiëriet, titaniet, muskoviët en erts. Bykomstige hoeveelhede van apatiet, sirkoon en toermalyn is ook waargeneem.

TABEL I. MINERALE TEENWOORDIG IN DIE KWARTSIET VAN DIE SERIE KHOMAS

Monster	Kwarts	Blottiet	Amfibool	Muskoviet	Chloriet	Plagioklaas	Bykomstige Hoeveelhede
J37	85.0			12.7	0.8		titaniet, erts, kalsiet, sirkoon
D4K	80.1		1.3	9.7	2.0	5.6 An 11 - 16	erts, toermalyn, apatiet
D16K	X	+		+	+	+ An 15	erts
J92	60.7	1.5	36.7	1.0			apatiet
J15	39.4	19.2	39.4		1.1	0.4 An 10 - 19	titaniet, apatiet
D9K	+	X	X				titaniet
N18	+	X	+	+	+		titaniet
D3K	24.8	70.1					kordiëriet

X Hoofbestanddeel

+ Ondergeskikte Bestanddeel

Die kwarts varieer van fyn- tot middelkorrelrig en dit vertoon 'n effense golwende uitdowing. Die korrels is uitgerek parallel aan die foliasie en die buitelyne is reëlmatig of getand. Sommige kwartsiet bestaan feitlik geheel en al uit kwarts, terwyl ander so min as 25 persent van hierdie mineraal bevat (monster J15 en D3K, Tabel I).

Biotiet is die mees algemene donkermineraal, maar kom in baie kleiner vlokkes en latjies as in die skis voor. Die kleur is kenmerkend bruin en 'n effense pleochroïsme van ligbruin na bruin is teenwoordig. In enkele gevalle is daar skynbaar ook twee generasies van biotiet, aangesien die biotietlatte 'n hoek van ongeveer 35° met mekaar maak. Biotiet beslaan gemiddeld sowat 25 persent van die gesteente, hoewel daar in 'n enkele monster meer as 70 persent biotiet voorkom (monster D3K, Tabel I).

Die aktinoliet kom tipies as groot onreëlmatige porfiroblaste voor. Die kristalle is kenmerkend polikloblasties en omsluit kleiner kristalletjies van kwarts en biotiet. Die hornblende het sonder twyfel uit die biotiet as gevolg van progressiewe metamorfose ontstaan; dit word aangetoon deur onreëlmatige reste van biotiet in die amfibool. Dikwels vertoon die gesteente 'n kolle- rige tekstuur wat veroorsaak word deur vlokkes van biotiet wat deur amfibool omring word - die oorgang tussen biotiet en aktinoliet was dus nie volledig nie. Die amfibool het 'n kenmerkende liggroen kleur en is effens pleochroïes van feitlik kleurloos na liggroen. $Z^{\wedge}C$ is bepaal as ongeveer 20° . Opvallend is die assosiasie van

titaniet met die amfiboolryke kwartsiet. Dit laat die indruk dat dit 'n metamorfe produk is van die oorgang van biotiet na amfibool.

Die gewone biotietryke kwartsiet bevat gewoonlik heelwat erts wat as klein spikkels saam met die biotiet voorkom; geen titaniet is in hierdie gesteentes gevind nie. Hierdie spikkels is opvallend afwesig in die amfiboolryke kwartsiet, wat die vermoede versterk dat die titaniet 'n reaksieproduk is. Geen klaarblyklike oriëntasie van die amfibool is waargeneem nie; daar is ook geen amfibool in enige skis waargeneem nie (Tabel II).

Kordiëriet kom nie algemeen voor nie en is skynbaar slegs in die nabyheid van granietintrusies teenwoordig. Aangesien dit gewoonlik in 'n hornfelsiese gesteente voorkom, word die afleiding gemaak dat dit die produk van kontakmetamorfose is. Die kordiëriet kom as porfiroblaste voor en besit 'n poikiloblastiese tekstuur, aangesien dit insluitels van kwarts en biotiet bevat.

Plagioklaas kom slegs in enkele gevalle, gewoonlik in bykomstige hoeveelhede, voor. Die mineraal is gelyk-korrelrig, dit is polisinteties vertweeling en is tot 'n groot mate verander. Die plagioklaas is oligoklaas met 'n anortietinhoud van ongeveer An 15 (Tabel I).

Muskoviet is meesal slegs as bykomstige mineraal waargeneem. Dit is in teenstelling met die skiste wat muskoviet gewoonlik as hoofbestanddeel bevat. Slegs in twee gevalle beslaan die muskoviet soveel as tien persent van die gesteente (monster J37 en D4K, Tabel I).

Toermalyn kom soms as 'n hoofbestanddeel in die kwartsiet voor, veral in die nabyheid van die toermalyngraniet. Die toermalyn vertoon 'n pleochroïsme wat varieer van feitlik kleurloos tot olyfgroen. Dit kom dikwels as prismatiese of naaldvormige kristalletjies, wat kenmerkend loodreg aan die c-as gekraak is, voor. Die verlengde kristalle van toermalyn vertoon 'n sekere mate van oriëntasie parallel aan die foliasie van die kwartsiet.

Erts kom in die meeste kwartsiete voor en vertoon meesal soos klein stofdeeltjies. Ander bykomstige minerale is sirkoon en apatiet.

(b). Skis

(i). Algemeen

Die skis vorm die boonste gedeelte van die opeenvolging en moet 'n aansienlike dikte besit. Weens die isoklinale plooiing kon die ware dikte egter nie vasgestel word nie. 'n Dikte van meer as 3,000 m word vir die gebied tussen die Khan- en Swakopriviere aangegee (Smith, 1965, p. 35).

Die prominentste dagsome van skis word in die meer suidoostelike gedeelte van die gebied onder bespreking aangetref. Dun lagies van skis is ook in die basale kwartsitiese sone teenwoordig. Alle oorgange tussen skis en kwartsiet is moontlik. Die geologiese kaart (Plaat I) verteenwoordig dus slegs 'n vereenvoudigde weergawe van die litologiese opeenvolging.

Die skis het 'n algemene noordoostelike strekking

en besit 'n helling van 45° - 65° na die suidooste; dit dui op oorplooiing in die teenoorgestelde rigting.

Omdat die skis makliker as die kwartsiet verweer, vorm dit dikwels die valleie tussen die rante van kwartsiet. In die meeste gevalle is die oorspronklike gelaagtheid geheel en al deur die foliasie vernietig.

Kwartzare en pegmatietare sny meesal oor die foliasie van die skis; dit mag 'n aanduiding wees dat dit met 'n latere periode van vervorming in verband staan.

Die skis varieer van uiters fyn- tot middelkorrelrig, terwyl daar ook opvallende verskille in die samestelling voorkom (Tabel II). Dit dui op verskille in tekstuur en samestelling van die oorspronklike sedimentêre gesteentes wat regionale metamorfose ondergaan het. Die mineralogiese verskille is egter nie so opvallend dat daar in die veld tussen die verskillende tipes onderskei kon word nie.

Die volgende tipes kan egter petrografies onderskei word:

(ii). Blotietskis

Dit is die mees algemene skis wat aangetref word. In tekstuur varieer dit van fyn- tot middelkorrelrig, en 'n goed ontwikkelde foliasie is alomteenwoordig. In die handmonster is die gesteente kenmerkend grysgroen van kleur.

Petrografie Die hoofbestanddele in die skis is

TABEL II. MINERALE TEEUWOORDIG IN DIE SKIS VAN DIE SERIE KHOMAS

Monster	Biottiet	Kwarts	Muskoviet	Mikroklien	Plagioklaas	Chloriet	Toermalyn	Bykomstige Hoeveelhede
J50	55.4	43.8						apatiet, titaniet
J83	52.7	30.9					16.5	
J17	50.8	32.6	15.4					erts, kordieriet, granaat
A1	X	X				+		granaat, erts
P7	16.1	75.1	1.5		+		6.5	sirkoon, titaniet, apatiet
J44	X	X	+					kordieriet
J104B	X	X	+		+ An 14	+		apatiet, erts
N22	X	+	X					erts
J39	0.2	40.5	8.7			15.3	+	sillimaniet
J1		51.6	22.7	11.1	14.6 An 16			

X Hoofbestanddeel

+ Ondergeskikte Bestanddeel

kwarts, biotiet en muskoviet, terwyl plagioklaas soms, en erts feitlik altyd teenwoordig is. Minerale soos kor-diëriet, sillimaniet, chloriet en toermalyn is in enkele gevalle teenwoordig. Die tekstuur is kenmerkend lepidoblasties (Plaat II), maar soms ook gedeeltelik porfiroblasties.

Die kwarts vertoon 'n kenmerkende golwende uitdowing en die korrels is dikwels opvallend parallel aan die foliasierigting verleng. Die buitelyne mag reëlmatig of onreëlmatig en getand wees. Individuele korrels varieer van mikrogrootte tot ongeveer 2 mm in deursnee.

Biotiet is alomteenwoordig en maak in sommige gevalle meer as 50 persent van die rots uit (Tabel II). Die biotiet kom as langwerpige latte voor en die opvallende foliasie is hieraan toe te skrywe. Die mineraal besit 'n kenmerkende bruin kleur en 'n pleochroïsme van ligbruin na bruin is algemeen. In enkele gevalle is daar skynbaar meer as een generasie van biotiet, wat heelwaarskynlik op meer as een periode van vervorming dui.

Muskoviet is gewoonlik ondergeskik aan biotiet, hoewel dit in 'n paar gevalle net so volop is (monster N22, Tabel II). Die muskoviet is meesal in die vorm van verlengde latte, hoewel porfiroblaste van muskoviet ook algemeen is. Hierdie profiroblaste toon 'n tipiese poikiloblastiese tekstuur, aangesien dit kleiner kristalle van kwarts en biotiet omsluit. Die muskoviet is kenmerkend in twee rigtings georiënteer: die een parallel aan die biotiet en die ander parallel aan 'n rigting wat 'n hoek van 30° - 40° met die vorige maak (Plaat III). Hierdie

twee rigtings is so opvallend dat dit heelwaarskynlik die gevolg van twee periodes van vervorming is. Aangesien die muskoviet dikwels deur die biotiet sny en dit ook dikwels stukkies biotiet omsluit, skyn dit jonger as die biotiet te wees.

Chloriet is slegs in een gesteente (monster J39, Tabel II) in groot hoeveelhede teenwoordig. In hierdie geval is dit heelwaarskynlik die veranderingsprodukt van biotiet, aangesien klein reste van biotiet nog hier en daar in die chloriet waargeneem kan word. Die teenwoordigheid van spikkels van ysteroksied dui aan dat die verandering van biotiet na chloriet met die uitskeiding van ysteroksiedes gepaard gegaan het. Ons het dus hier 'n geval van retrogressiewe metamorfose. Latte van muskoviet, parallel aan twee rigtings, is ook in hierdie geval teenwoordig. Die muskoviet sny deur die chloriet en is dus jonger. Enkele korrels van toermalyn kom ook in hierdie gesteente voor, en aangesien hierdie mineraalgeneties in verband staan met 'n groot indringing van toermalyngraniet, mag hierdie graniet die oorsaak van die abnormale metamorfose wees. Die teenwoordigheid van naalde van sillimaniet in hierdie gesteente (Plaat IV), mag ook 'n aanduiding wees dat kontakmetamorfose 'n belangrike rol gespeel het; die sillimaniet het heelwaarskynlik gegroei deur die vervanging van biotiet.

Kordiëriet is nie baie volop nie. Dit is in teenstelling met die gebied na die suidweste en weste, wat deur Tordiffe (1970, p. 24) en Van Reenen (1970, p. 23) beskryf is. Die kordiëriet vorm onreëlmatige porfiroblaste

wat 'n kenmerkende poikiloblastiese tekstuur vertoon. Dit omsluit kwarts, biotiet en muskoviët en is dus die laaste mineraal om te kristalliseer.

Minder algemene minerale is sillimaniet en toermalyn, wat ons reeds genoem het, en erts, heelwaarskynlik magnetiet. Die noue verband tussen die erts en die biotiet, is 'n aanduiding dat dit 'n metamorfe reaksieprodukt is.

Toermalyn is 'n tipiese hipotermale mineraal en word slegs in die omgewing van die toermalyngraniet aangetref. In 'n enkele geval is die toermalyn volop, hoewel ondergeskik aan biotiet, en besit die naalde dieselfde oriëntasie as die glimmer (Plaat V).

Plagioklaas is slegs in enkele monsters waargeneem. Die mineraal is oligoklaas met 'n anortietinhoud van An 14.

Minerale soos amfibool en pirokseen is geheel en al afwesig in die skis.

(iii). Kwarts-muskoviëtskis (monster J1, Tabel II)

Hierdie gesteente het slegs 'n baie beperkte verspreiding in die mees noordoostelike hoek van die gebied. Die dagsoom is geheel en al deur Salemgraniet omring, maar kan maklik daarvan weens die goed ontwikkelde skisteesheid onderskei word. Die gesteente is fyn- tot middelkorrelrig, en heelwat fyner as die omliggende graniet. Dit besit 'n wit kleur, terwyl die graniet rooi is.

Petrografie. Kwarts is die hoofbestanddeel en vertoon egalige buitelyne, sodat die korrels in mekaar sluit om 'n mosaïek te vorm. Die kwarts doof kenmerkend

golwend uit en geen reaksieverskynsels met aangrensende minerale is opgemerk nie. 'n Effense verlenging van die korrels parallel aan die foliasierigting kan waargeneem word.

Veldspaat is redelik volop en kom as gelykvormige kristalle voor. Beide mikroklien, met roostervertweeling, en plagioklaas, met polisintetiese vertweeling, is aanwesig, beide minerale in min of meer gelyke hoeveelhede. Die plagioklaas is oligoklaas met 'n anortietinhoud van An 16. Die plagioklaas is kenmerkend vars en slegs 'n baie geringe mate van verandering kon in sommige korrels waargeneem word.

Muskoviet was die laaste mineraal om te kristalliseer en die opvallende foliasie word deur hierdie mineraal veroorsaak. Dit kom as verlengde latte, soms met 'n effens geboë vorm, voor.

Hierdie gesteente kom skynbaar nie oor die res van die gebied voor nie, en is dus in sekere opsigte uniek. Beide die mineraalsamestelling en die tekstuur verskil van die biotietskis. Indien dit 'n gemetamorfoseerde sedimentêre gesteente verteenwoordig, moet die oorspronklike gesteente heelwaarskynlik 'n baie suiwer veldspatiese sandsteen of arkose gewees het.

(c). Marmer

(i). Algemeen

Marmer is hoofsaaklik tot die suidoostelike hoek van die gebied beperk. Dit dagsoom in opvallende

~~de~~ ^{hoepel} ~~de~~ ^{hoepelvormige} ~~de~~ ^{hoepelvormige} vormige strukture waarvan die lang as noordoos strek. Hierdie ~~de~~ ^{hoepelvormige} ~~de~~ ^{hoepelvormige} strukture is sonder twyfel die gevolg van twee periodes van plooiing. Die marmer kom skynbaar tussengelaagd met skis in die boonste gedeelte van die Serie Khomas voor. Die gesteente is kenmerkend gryswit of blougrys van kleur, afhangende van die teenwoordigheid van onsuierhede. Weens die aanwesigheid van dun lagies chert, kan die ingewikkelde plooistrukture redelik maklik ontsyfer word.

Die marmer het intense plooiing en vloeiing ondergaan, sodat boudinstrukture van chert redelik algemeen is. Klein dwarssnydende plutone van Salemgraniet is volop in die dagsoomgebied van die marmer. Dit het hoofsaaklik die rekristallisering van die gesteentes tot gevolg gehad, hoewel kontakmetamorfe minerale soos pirokseen ook ontwikkel het. Die dagsome van marmer word as ruwe, onreëlmatige koppe gevind, wat opvallend bokant die omliggende terrein van sand uitstaan. Dungeplooiide aartjies van pegmatiet kom in die marmer voor, wat aandui dat daar 'n periode van pegmatietindringing voor die laaste periode van plooiing was. Op plekke is die marmer baie grofkorrelrig, en word groot kristalle van kalsiet hier aangetref.

(ii). Petrografie

Die mineraalsamestelling (Tabel III) hang van die suiwerheid van die oorspronklike gesteente af. In die geval van 'n suiwer marmer word slegs 'n aanmeekaarsluitende mosaïek van kalsiet gevind. In die geval van meer

TABEL III. MINERALE TEENWOORDIG IN DIE WARMER EN IN DIE KALKSILIKAATGESTEENTES VAN DIE SERIE KHOMAS

Monster	Gesteentetipe	Kwarts	Amfibool	Dioopsied	Biotiet	Plagioklaas	Kalsiet	Bykomstige Hoeveelhede
E46G	Marmar	1.9				3.2	93.6	muskoviet
J110		+			+		X	titaniet, muskoviet, gra- fiet, tremoliet
N63	Kalksilikaat- gesteentes	9.8	30.8	9.1	5.9	33.4 An 54 - 62	2.7*	chloriet, titaniet
A2		34.1	29.2	3.4	15.8	14.3 An 60	6.5	apatiet, titaniet, erts
D13K		56.6	41.9					titaniet
J69		X	X	+		+		+

X Hoofbestanddeel

+ Ondergeskikte Bestanddeel

onsuiwere marmer is minerale soos biotiet, muskoviët en tremoliet ook teenwoordig. Die tekstuur varieer van middel- tot grofkorrelrig. Die kalsiet is kenmerkend vertweeling (Plaat VI), en die tweelingbande is dikwels opvallend gebuig. Ook die glimmerplaatjies is dikwels gebuig. Dit dui aan dat hierdie gesteente aan intense vervorming blootgestel was.

Langwerpige swart kristalle van 'n redelike sagte mineraal, heelwaarskynlik grafiet, kom ook in 'n paar monsters voor.

Die afwesigheid van kalksilikate, dui daarop dat die marmer oorspronklik 'n baie suiwer gesteente was; dit is in teenstelling met die bevindinge van Tordiffe (1970, p. 18) wat selfs olivien in hierdie gesteentes gevind het. Slegs in een lokaliteit, in kontak met 'n pluton van graniet, is 'n klein dagsoom van 'n kalksilikaatgesteente aangetref (monster N63, Tabel III). Die ligkleurige minerale in hierdie gesteente is hoofsaaklik plagioklaas saam met 'n bietjie kwarts. Die gesteente bevat ongeveer 30 persent plagioklaas wat as gelykvormige kristalle voorkom. Die mineraal is kenmerkend polisin-teties vertweeling en komplekse tweeling is algemeen. Die anortietinhoud is bepaal as An 54-62, dus is die mineraal labradoriet. Baie van die kristalle is slegs gedeeltelik vertweeling, sodat die tweelingbande soms nie deurlopend is nie of slegs tot 'n gedeelte van die kristal beperk is. Die kwarts is ondergeskik aan die plagioklaas en maak minder as tien persent van die gesteente uit. Die donkerminerale is pirokseen, amfibool

en glimmer. Biotiet kom as onreëlmatige, langwerpige kristalletjies voor, wat waarskynlik 'n ou foliasierigting verteenwoordig. Biotietreste kom soms in die amfibool of in die chloriet voor. Dit is nie duidelik of die chloriet 'n veranderingsprodukt van biotiet of amfibool is nie. Die amfibool is aktinoliet. Dit besit 'n liggroen kleur en is soms baie effens pleochroïes. Die amfibool het heelwaarskynlik uit die biotiet gegroei. Die amfibool-naalde vertoon 'n redelike voorkeuroriëntasie, wat aandui dat dit onder rigtingsdruk gekristalliseer het. Die klinopirokseen is diopsied; die kleur wissel van feitlik kleurloos tot baie effens liggroen. Dit is duidelik die laaste mineraal om te kristalliseer, aangesien dit deur die amfibool sny en ook geen vaste oriëntasie het nie. Die afleiding word gemaak dat hierdie mineraal die produkt van kontakmetamorfose is. Hier het ons dus te doen met 'n gesteente wat oorspronklik 'n redelike onsuier kalksteen verteenwoordig - deur regionale en kontakmetamorfose is dit in 'n kalksilikaatgesteente, bestaande uit aktinoliet, labradoriet en pirokseen, verander. Ook in hierdie geval is titaniet, tesame met kalsiet, die opvallendste bykomstige mineraal (Plaat VII).

(d). Kalksilikaatgesteentes

(i). Algemeen

Dit kom voor as dun lagies in die kwartsiet en word veral opgemerk omdat dit meer weerstandbiedend teen verwerking as die kwartsiet is. Individuele lae is selde meer as 16 mm in dikte. Hierdie gesteente kan gewoonlik

nie ver langs strekking gevolg word nie.

Die gesteente is kenmerkend wit, grys of groengrys in kleur en dit het dikwels 'n gespikkelde voorkoms. Kalksilikaatgesteentes is ook lokaal met die marmer geassosieer.

(ii). Petrografie

Hierdie gesteente varieer van fyn- tot middelkorrelrig en bestaan uit kwarts en veldspaat as ligkleurige minerale en aktinoliet as donkermineraal (Tabel III). Biotiet is in die meeste gevalle afwesig. Titaniet kom algemeen as bykomstige mineraal voor. Die gesteentes het òf 'n hoë kwartsinhoud (met geen veldspaat nie), òf 'n hoë veldspaatinhoud (met min kwarts).

Die kwarts varieer van uiters fynkorrelrig in sommige gesteentes, tot middelkorrelrig in ander gesteentes. Die korrels vertoon reëlmatige of getande buitelyne, en golwende uitdowing is algemeen.

Die veldspaat is deurgaans plagioklaas wat kenmerkend gelykvormig van aard is. Vertweeling is algemeen en komplekse tweeling kom dikwels voor. Die anortietinhoud is deurgaans hoog en die mineraal is as labradoriet met 'n samestelling van An 54 tot An 62 uitgeken (monster N63, Tabel III).

Die amfibool is 'n liggroen aktinoliet wat dikwels in trossies voorkom. Die individuele naaldjies het 'n duidelike voorkeuroriëntasie, hoewel die trossies as geheel 'n kenmerkende radiale tekstuur vertoon (Plaat VIII).

In sekere gevalle kom die aktinoliet as porfiroblaste in 'n fynkorrelrige grondmassa voor. Hulle is kenmerkend poikiloblasties en omsluit kleiner kristalletjies van kwarts.

In 'n besonder kwartsryke monster wat ook heelwat labradoriet en biotiet bevat (monster A2, Tabel II), is opvallende porfiroblaste, asook kleiner kristalle van hornblende opgemerk. Hierdie hornblende is sonder twyfel die produk van die progressiewe metamorfose van biotiet. Die kristalle is algemeen vertweeling met (100) as tweelingsvlak, en ook besit die kristalle 'n kenmerkende pleochroïsme van feitlik kleurloos na ligbruin. Dit is in teenstelling met die algemene liggroen kleur van die aktinoliet in die meeste ander gesteentes. Heelwaarskynlik was meer yster beskikbaar, sodat 'n meer ysterryke amfibool deur metamorfose kon gevorm het. Redelike groot kristalle van magnetiet kom verspreid in hierdie gesteente voor (Plaat IX).

Die samestelling van al hierdie kalksilikaatgesteentes dui daarop dat hulle heelwaarskynlik die metamorfe produkte van kalkhoudende skalie of sandsteen moet wees.

Porfiroblaste van granaat is slegs in een gesteente waargeneem (monster J69, Tabel III). Hulle is kenmerkend poikiloblasties en omsluit meesal korreltjies van kwarts. In dieselfde gesteente vind ons aktinoliet, asook heelwat kalsiet. Die granaat is dus heelwaarskynlik grossulariet.

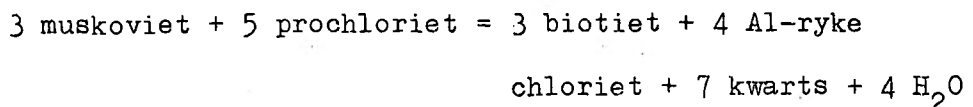
3. Metamorfose

Die intense plooiing wat die gesteentes van die Sisteem Damara in die omgewing van Uis ondergaan het, is 'n aanduiding dat aansienlike regionale metamorfose noodwendig hiermee geassosieer moet wees. In die wortelgedeeltes van diep sinklinale trôe het selfs grootskaalse anatekse plaasgevind. Die gevolg hiervan was die indringing van graniet, wat lokaal kontakmetamorfose tot gevolg gehad, sodat 'n polimetamorfe effek dikwels waargeneem kan word.

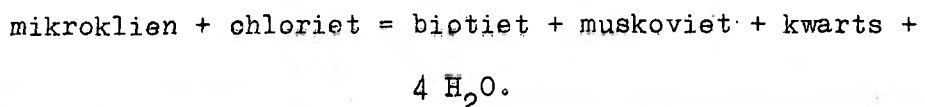
(a). Regionale Metamorfose

(i). Skis

In die pelitiese gesteentes is die algemene paragenese: kwarts-biotiet-muskoviet. Chloriet kom slegs lokaal as 'n veranderingsproduk van biotiet voor, wat aandui dat die fisiese toestand van metamorfose die groenskisfasies net oorskry het, met ander woorde hierdie gesteente lê op die grens van die groenskis- en amfibolietfasies van regionale metamorfose. Die afwesigheid van almandiet dui daarop dat ons met die hoogste graad van die groenskisfasies te doen het (Turner en Verhoogen, 1951, p. 466). Volgens Winkler (1965, p. 79 - 81) is die biotiet die produk van die reaksie:



of



Die laasgenoemde reaksie skyn die beste by die huidige omstandighede in te pas. Slegs gesteentes ryk aan kalium, maar arm aan aluminium sal hierdie produkte lewer. Die gevolgtrekking word dus gemaak dat die oorspronklike sedimentêre gesteentes die samestelling van 'n grouwak besit het. Die temperatuur van metamorfose wat deur hierdie mineraalkombinasie aangedui word, is ongeveer 470°C (Winkler, 1965, p. 81). Die hoë anortietinhoud van die plagioklaas (An 15) dui ook aan dat die hoogste temperatuur van die groenskisfasie bereik is.

(ii). Kwartsiet

Die algemene mineraalsamestelling van die kwartsiet is kwarts, biotiet en aktinoliet, met feitlik geen muskoviët nie. Dit mag 'n hoër graad van metamorfose verteenwoordig, of dit mag slegs 'n aanduiding wees dat die oorspronklike sandige sedimente effens kalkhoudend was. Die afwesigheid van granaat bewys egter dat ons hier slegs met die hoogste graad van die groenskisfasie te doen het.

(iii). Marmer en Kalkhoudende Sedimente

Die regionale metamorfose het in hierdie geval slegs die rekristallisering van die rots tot gevolg gehad, hoewel dit in die geval van die onsuier kalkstene ook die vorming van nuwe minerale tot gevolg gehad het. Hierdie minerale sluit tremoliet en aktinoliet in. Hierdie minerale is nog steeds kenmerkend van die hoogste graad van die groenskisfasies van regionale metamorfose.

Die alomteenwoordigheid van titaniet dui ook aan dat die kwartsiet heelwaarskynlik kalkhoudend moes gewees het.

(b). Kontakmetamorfose

As gevolg van die indringing van die Salemgraniet het daar lokaal aansienlike metamorfose plaasgevind, sodat 'n polimetamorfe effek dikwels waargeneem word. As gevolg van kontakmetamorfose het minerale soos kordiëriet en diopsied ~~tot stand gekom~~ ontstaan.

Die kordiëriet is heelwaarskynlik die produk van die reaksie tussen muskoviët, biotiet en kwarts, of tussen aktinoliët en kwarts. Hierdie reaksies vind plaas by ongeveer 520°C en 'n druk van sowat 2 kb pH_2O (Winkler, 1965, p. 160). Die kordiëriet is in beide die kwartsiet en skis waargeneem, en die gevolgtrekking word gemaak dat dit in albei gevalle die produk van kontakmetamorfose en nie van regionale metamorfose is nie.

Diopsied is slegs in kalksilikaatgesteentes, wat in kontak met 'n intrusie van graniet gevind is, teenwoordig. Die plagioklaas in hierdie gesteente het 'n anortietinhoud van An 54 - An 62, wat ook aandui dat 'n redelike hoë temperatuur bereik is. Volgens Winkler (1965, p. 25) vorm diopsied deur die reaksie van tremoliet, kalsiet en kwarts by 'n temperatuur van 530°C en druk van 1 - 3 kb pH_2O .

Die teenwoordigheid van kordiëriet in gesteentes met 'n hornfelsiese tekstuur wys daarop dat die biotiet-skis of amfiboolryke kwartsiet feitlik geheel en al

gerekonstitueer is.

Die metamorfe minerale sillimaniet en grossulariet is slegs in een geval, hoewel nie in dieselfde gesteente nie, aangetref. Sillimaniet is kenmerkend van die pirokseen-hornfelsfasies van kontakmetamorfose en kristalliseer by 'n temperatuur van tussen 590°C en 650°C en 'n druk van 1 - 5 kb pH_2O (Winkler, 1965, p. 168). Grossulariet vorm skynbaar by ongeveer 560°C en 'n druk van 8 kb pH_2O .

Opsommend kan dus gesê word dat die gesteentes van die Sisteem Damara as gevolg van regionale metamorfose die hoogste graad van die groenskisfasies (laagste graad van die amfibolietfasies) bereik het. 'n Hoogste temperatuur in die omgewing van 470°C is skynbaar bereik. As gevolg van die indringing van die Salemgraniet kry ons lokaal 'n polimetamorfe effek, omdat lokale kontakmetamorfose deur hierdie indringings veroorsaak is. Die aanduidings is dat die temperatuur tussen 520°C en 650°C , met 'n druk van 1 - 8 kb pH_2O , was. Dit is duidelik dat dieselfde temperatuur- en druktoestande nie oral geheers het nie, aangesien al die plutone nie tot dieselfde hoogte in die aardkors ingedring het nie.

C. SALEMGRANIET

1. Algemeen

Die graniet dagsoom oor 'n groot gedeelte van die gebied, en feitlik die hele westelike, noordelike en oostelike gedeeltes word deur graniet en vlaktes van graniet-sand beslaan. Verder kom twee groot, sowel as 'n hele aantal kleiner plutoniese massas in die dagsoomgebied van die Sisteem Damara voor.

Die graniet vorm koppe wat prominent in hierdie laagliggende gebied vertoon. Die dagsome het dikwels 'n geronde voorkoms as gevolg van eksfoliasie. In baie gevalle steek die granietdagsome kwalik bokant die oppervlak van die sandvlaktes uit.

Die graniet strek tot teenaan die Brandberg in die weste en na die ooste is dit in kontak met kwartsiet van die Sisteem Damara. Hierdie kontak is ongeveer parallel aan die foliasie van die sedimente, hoewel dit lokaal duidelik dwarsnydend is. Die graniet is lokaal pegmatities, hoewel geen ekonomiese minerale met hierdie interne pegmatiet geassosieer is nie. Die pegmatietliggame staan as lae rûens bokant die omliggende graniet uit.

Hoewel die graniet in die meeste gevalle dwarsnydend is en skynbaar geen invloed op die struktuur van die sedimentêre lae het nie, is daar 'n opvallende diapiriese indringing in die suidoostelike gedeelte van die gebied. Die lae is kenmerkend om hierdie ^{kegel} ~~boom~~ vormige massa gevou. Die spoor van die plooivlak van hierdie

2. Porfiritiese, Gefolieerde Graniet

(a). Algemeen

Beide Gevers (1929) en Smith (1965) beskou hierdie graniet as die eintlike Salemgraniet, soos deur Gürich beskryf is.

Dagsome is baie skaars en die porfiritiese graniet word slegs langs die noordwestelike en oostelike grense aangetref. Klein granietkoppies kom voor, maar die meeste dagsome is swak en deur sand bedek. Die grootste ontwikkeling van hierdie graniet word ten suide en suidooste van die Brandberg aangetref (Van Reenen 1970, en Tordiffe, 1970).

Nêrens kon die kontak met die ander tipes Salemgraniet gesien word nie, hoewel dit skynbaar die oudste graniet in die gebied verteenwoordig.

Die eersteling van K-veldspaat is parallel ~~aan~~^{met} die foliasie van die sedimentêre gesteentes georiënteer. Die gesteente het meesal baie eersteling, hoewel daar soms feitlik geen ~~porfiers~~ sigbaar is nie. Slegs dun are van pegmatiet kom in hierdie graniet voor.

Op grond van kleur en mineralogie word twee tipes porfiritiese graniet onderskei.

(b). Petrografie

(i). Glimmerlose Porfiritiese Graniet

Hierdie gesteente vorm nie baie goeie dagsome nie, en skynbaar verweer dit maklik. Dit word slegs in die

noordwestelike hoek ~~is~~ van die gebied aangetref. Die graniet het 'n kenmerkende rooi kleur en die groot eersteling van K-veldspaat is makroskopies vertweeling (monster N49, Tabel IV). Geen glimmer kom in hierdie gesteente voor nie.

Die graniet is baie grofkorrelrig en bestaan hoofsaaklik uit mikroklien en kwarts met ondergeskikte plagioklaas. Die eersteling van mikroklien is tot 2.5 cm in lengte. Die kristalle het mikroskopies 'n wolkerige voorkoms aangesien dit in 'n gevorderde staat van verandering is. Die kenmerkende roostervertweeling van mikroklien is meesal afwesig.

Die kwarts kom tussen die eersteling van K-veldspaat voor, maar dikwels ook as geronde kristalletjies of as aartjies (Plaat X) in die mikroklien self. Dit toon 'n geringe mate van golwende uitdowing.

Die plagioklaas is albiet-oligoklaas met 'n anortietinhoud van An 10 - 14. Die kristalle is klein en gelykvormig en meesal geheel en al deur mikroklien omsluit. Die plagioklaas is ook in 'n gevorderde staat van verandering.

Enkele kristalle van chloriet, wat met spikkels van erts (heelwaarskynlik magnetiet) geassosieer is, is ook opgemerk. Dit mag die veranderingsprodukte van biotiet verteenwoordig.

(ii). Porfiritiese Biotietgraniet

Dit is 'n wit, middel- tot grofkorrelrige gesteente

TABEL IV. MINERALE TEENWOORDIG IN DIE SALEMGRANIEET

Monster	Gesteentetipe	Kwarts	Biotiet	Mikroklieën	Plagioklaas	Bykomstige Hoeveelhede
N49	A	32.2		45.0	18.6 An 10 - 14	chloriet, erts
J53	B	39.5	18.0	16.4	26.0 An 10 - 16	erts, sirkoon, apatiet
J115	C	30.0	4.7	62.6	2.7 An 14 - 18	chloriet, erts
N60	D	29.3		50.9	13.6 An 14 - 18	toermalyn, apatiet
J54	E	23.8	7.9	61.3	5.0 An 18	muskoviet
J46	F	41.7		41.7	16.7 An 15	sirkoon, titaniet, muskoviet
N39	G	28.3		52.3	19.3 An 15	muskoviet, erts

- A - Glimmerlose Porfiritiese Graniet E - Biotietgraniet
 B - Porfiritiese Biotietgraniet F - Glimmerlose Graniet
 C - Gefolieerde Biotietgraniet G - Rooi Biotiet-arme Graniet
 D - Toermalyngraniet

met eersteling van veldspaat wat tot 7.5 cm lank is. Die ander hoofbestanddele is plagioklaas, kwarts en biotiet (monster J53, Tabel IV).

Die mikroklien kom meesal as groot eersteling voor. Sommige vertoon die kenmerkende roostervertweeling, terwyl ander slegs enkelvoudig vertweeling is. Die K-veldspaat vertoon meesal 'n mikropertitiese tekstuur, hoewel groter insluitings van plagioklaas ook voorkom. Die mikroklien is dikwels met kwarts vergroei om sodoende tot die kenmerkende granofiriese tekstuur aanleiding te gee.

Plagioklaas is net so volop as K-veldspaat en die kristalle kom ook dikwels as groot eersteling voor. Polisintetiese vertweeling is algemeen en die tweelingvlakke is opvallend gebuig. Die plagioklaas is bepaal as albiet-oligoklaas met 'n samestelling wat wissel tussen An 10 en An 16.

Die kwarts kom as groot kristalle tussen die veldspate voor en toon 'n intense vlekkerige uitdoving, wat van aansienlike vervorming getuig. Geboë tweelingbande in die plagioklaas is ook 'n aanduiding hiervan.

Die biotiet kom as latvormige kristalle tussen die ander minerale voor en was duidelik die laaste mineraal om te kristalliseer. Dit het 'n kenmerkende pleochroïsme van feitlik kleurloos na ligbruin. Die biotiet toon 'n beperkte mate van voorkeuriëntasie. Enkele latte van biotiet is opvallend gebuig, wat net soos die plagioklaas en kwarts, op 'n latere periode van vervorming dui.

Apatiet en sirkoon kom algemeen as bykomstige minerale in die biotiet voor (Plaat XI). Die sirkoon word deur donkerswart pleochroïese rande omring. 'n Klein hoeveelheid erts, heelwaarskynlik magnetiet, is ook met die biotiet geassosieer.

3. Gefolieerde, Nie-porfiritiese Graniet

(a). Algemeen

Die gefolieerde, nie-porfiritiese graniet dagsom in die heel suidwestelike hoek ~~is~~ van die gebied, terwyl 'n diapiriese liggaam ten suidooste van Uis voorkom. Die dagsome is in beide gevalle redelik swak. Die foliasie is nie baie opvallend in die veld nie, hoewel dit by nadere ondersoek, en ook onder die mikroskoop, duidelik waarneembaar is. Die gesteente is ligkleurig en is opvallend fyn- tot middelkorrelrig in tekstuur.

Geplooides pegmatietare kom in hierdie graniet voor, wat aandui dat tektoniese vervorming ná die indringing van die graniet plaasgevind het.

Ons onderskei 'n gefolieerde biotietgraniet en 'n gefolieerde toermalyngraniet.

(b). Gefolieerde Biotietgraniet

Dit is die graniet wat in die heel suidwestelike hoek ~~is~~ dagsom. Mikroskopies bestaan dit uit 'n mosaïek van kwarts en veldspaat, met ondergeskikte biotiet (monster III 5, Tabel IV)

Mikroklien is die hoofbestanddeel en toon tekens van verandering. 'n Goed ontwikkelde roostervertweeling is deurgaans teenwoordig. Druppel- en ovaalvormige kristalle van kwarts kom dikwels binne die K-veldspaat voor. Die mikroklien toon geen tekens van pertitiese vergroeiings nie. Dit beslaan meer as 50 persent van die gesteente en is kenmerkend gelykvormig van aard.

Die kwarts vorm onreëlmatige kristalle tussen die mikroklien, en toon aansienlike tekens van vervorming.

Die plagioklaas kom ook as kleiner kristalle tussen die mikroklien voor en het skynbaar saam met die kwarts gekristalliseer. Die plagioklaas is oligoklaas met 'n samestelling van An 14 - An 18. Die oligoklaas is polysintetiese vertweeling en geboë tweelingvlakke word soms aangetref.

Biotiet was die heel laaste mineraal om te kristalliseer en vertoon 'n geringe mate van voorkeuroriëntasie. Insluitsels van sirkoon (met geassosieerde pleochroïese rande) is algemeen. Die biotiet is pleochroïes van ligbruin na swartbruin. Dit toon soms 'n geringe verandering na chloriet (Plaat XII) en hierdie verandering gaan gepaard met die uitskeiding van erts.

(c). Toermalyngraniet

Hierdie graniet verteenwoordig die diapiriese indringing ten suidooste van Uis. Dit is kenmerkend met die sedimentêre gesteentes van die Sisteem Damara vermeng, sodat 'n sekere bepaalde dagsoom dikwels deurspek is met xenoliete van skis. Om hierdie rede word sones van gemengde rots in Plaat I aangedui. Soos reeds

genoem, is die opvallendste kenmerk van hierdie intrusie, dat die Damaragesteentes as 'n boog om die oostelike gedeelte van die indringing dagsoom. Die diapiriese aard van die indringing dui aan dat dit òf sin- òf laat-tektonies is. Aangesien dit skynbaar met 'n periode van ~~de~~^{hoewel} vorming (tweede periode van plooiing) geassosieer is, word die gevolgtrekking gemaak dat dit laat-tektonies is.

Die kristalle van toermalyn is vir die effense foliasie verantwoordelik, hoewel hierdie eienskap hoofsaaklik op 'n gepoleerde oppervlak waargeneem kan word.

Mikroskopies bestaan die gesteente uit 'n mosaïek van kwarts, mikroklien en plagioklaas, met toermalyn as die enigste donkermineraal (monster N60, Tabel IV). Die mikroklien vertoon meesal die kenmerkende roostervertweeling. Kriptopertitiese vergroeiings is algemeen, hoewel groter kristalle van plagioklaas ook dikwels deur die mikroklien omsluit word.

Die plagioklaas is bepaal as oligoklaas met 'n anortietinhoud van An 16. Die tweelingbande van sommige kristalle is effens geboë, wat aandui dat 'n geringe mate van vervorming ná kristallisasie plaasgevind het.

Die kwarts kom as onreëlmatige kristalle tussen die veldspaat, en soms as druppelvormige kristalle in beide die mikroklien en plagioklaas voor. Geen tekens van reaksie kan egter waargeneem word nie. Die kwarts toon 'n opvallende golwende uitdowing, wat ook op vervorming ná indringing dui.

Toermalyn vorm 'n hoofbestanddeel van hierdie gesteente en besit 'n kenmerkende pleochroïsme van feitlik kleurloos na olyfgroen. Soortgelyke toermalyn is in beide die skis en kwartsiet opgemerk en die gevolgtrekking word gemaak dat hierdie mineraal in hipotermale oplossings vanuit hierdie graniet in die newegesteentes ingedra is. Die langwerpige kristalle van toermalyn is opvallend loodreg ~~aan~~ tot die c-as gekraak (Plaat XIII) net soos dié in die sedimente. Die toermalyn was die heel laaste mineraal om te kristalliseer en veral kwarts is in hierdie proses vervang. Dit word deur onreëlmatige reste van kwarts in die toermalyn aangedui. Veselagtige reste van serisiet kom plek-plek in die gesteente voor. Dit mag die produk van hidrotermale verandering wees.

Apatiet kom as bykomstige mineraal geassosieer met die toermalyn voor.

4. Ongefolieerde, Nie-porfiritiese Graniet

(a). Algemeen

Hierdie graniet vorm die grootste dagsome, en feitlik die hele noordelike-, westelike- en oostelike gedeeltes word hierdeur beslaan. Opvallende plutoniese massas kom in die sedimentêre gesteentes ten noordooste van Uis, asook in die koepelstruktuur in die suidoostelike hoek ~~in~~ van die gebied, voor. Hierdie graniet het kenmerkende dwarssnydende kontakte, en behalwe vir lokale kontakmeta-morfose het dit nie enige opvallende strukturele veranderinge in die sedimente veroorsaak nie.

Die algemene donkermineraal is biotiet, maar soms is die gesteente heeltemal leukokraties en bevat dit geen donkerminerale nie. Die gesteente is wit of grys van kleur, hoewel dit lokaal 'n rooierige voorkoms mag hê.

Pegmatietgange en -are deurkruis die graniet. Daar is verskeie ouderdomme hiervan, aangesien dit dikwels gevind word dat een liggaam deur 'n ander sny en dit selfs verplaas.

Kwartsare is feitlik alomteenwoordig, behalwe in die ooste waar dit afwesig is. Hierdie are het 'n algemene noordelike strekking. Die kontak met die Damara-gesteentes is skerp, hoewel dit normaalweg as 'n gemengde sone in die veld gevind word. Hierdie kontakzone het al die kenmerke van 'n lit-par-lit indringing. Enkele insluitels van skis word gewoonlik in die graniet aangetref. Hierdie xenoliete is verleng in 'n rigting parallel aan die foliasie van die skis.

Petrografies kan verskillende tipes ongefolieerde graniet onderskei word. Dit geskied hoofsaaklik op grond van die glimmerinhoud. 'n Grys biotietgraniet, 'n wit glimmerlose graniet en 'n rooi biotiet-arme graniet word onderskei.

(b). Biotietgraniet (monster J54, Tabel IV)

Dit is die mees algemene graniet. Die gesteente is middel- tot grofkorrelrig en bestaan uit mikroklien, kwarts en biotiet, met ondergeskikte plagioklaas.

Die mikroklien is meesal gelykvormig hoewel sommige

kristalle feitlik as eerstelinge beskryf kan word. Roostervertweeling is deurgaans goed ontwikkel. Geronde insluitels van kwarts kom dikwels in die K-veldspaat voor en 'n granofiriese vergroeiing kan soms waargeneem word. Die mikroklien vertoon 'n aansienlike mate van verandering na skubagtige serisiet (Plaat XIV). Die kwarts kom meesal tussen die groter kristalle van mikroklien voor en vertoon 'n opvallende golwende uitdowing.

Biotiet was die heel laaste mineraal om te kristalliseer en kom as klein geïsoleerde latte tussen die mikroklien en kwarts voor. Dit vertoon die kenmerkende pleochroïsme van feitlik kleurloos tot bruin. Insluitels van apatiet en sirkoon, laasgenoemde met pleochroïese rande, kom algemeen in die biotiet voor. Kleiner kristalletjies van erts is altyd met biotiet geassosieer.

Enkele klein kristalle van plagioklaas kom tussen die ander minerale voor. Die kristalle toon 'n redelike mate van verandering, en die mineraal is bepaal as oligoklaas, met 'n anortietinhoud van An 18.

Enkele klein kristalle van kleurlose muskoviet is ook teenwoordig, en verteenwoordig waarskynlik 'n veranderingsproduk van K-veldspaat.

(c). Glimmerlose Graniet (monster J46, Tabel IV)

Hierdie gesteente kom lokaal voor, veral in die omgewing van die kontak met die Damaragesteentes.

Dit is 'n middelkorrelrige, gelykkorrelrige gesteente wat uit mikroklien en kwarts, met ondergeskikte plagioklaas, bestaan. Sirkoon, titaniet en muskoviet kom in

bykomstige hoeveelhede voor.

Die mikroklien is opvallend gelykvormig, soms selfs met geronde buitelyne. Roostervertweeling is teenwoordig, maar dit is nie so opvallend as in die biotiet-graniet nie. Ronde insluitels van kwarts en lokale granofiriese vergroeiings is ook opgemerk. Die K-veldspaat het 'n algemene wolkerige voorkoms as gevolg van verandering.

Die kwarts vertoon 'n opvallende vlekkerige uitdowing en besit dikwels onreëlmatige getande buitelyne. Plagioklaas is meer algemeen en kom as groter kristalle saam met die kwarts en mikroklien voor. Die mineraal is oligoklaas met 'n anortietinhoud van An 15. Die mineraal toon meesal 'n redelike mate van verandering.

(d). Rooi Biotiet-arme Graniet (monster N39, Tabel IV)

Hierdie graniet is hoofsaaklik tot die noordwestelike gedeelte van die gebied beperk, naby die Brandberg en langs die Ugabrivier. Die gesteente varieer van fyn- tot middelkorrelrig, en bestaan uit kwarts, mikroklien en plagioklaas, met ondergeskikte biotiet. Hierdie gesteente vertoon dieselfde petrografiese eienskappe as die biotietgraniet, behalwe dat plagioklaas (oligoklaas met 'n anortietinhoud van An 15) in hierdie geval 'n hoofbestanddeel is.

Die veldspaat toon aansienlike verandering, sodat die kristalle deurgaans 'n wolkerige voorkoms het. Die biotiet verskil ook van die vorige, aangesien dit pleochroïes van bruin na feitlik pikswart is. Heelwat erts

in die vorm van spikkels en lensies is met die biotiet geassosieer. Ondergeskikte hoeveelhede van muskoviet, wat skynbaar die veranderingsproduk van biotiet is, is ook teenwoordig. Opvallend is dat die plagioklaas tweelingbande dikwels gebuig is, wat op vervorming ná indringing dui.

D. PEGMATIET

1. Algemeen

'n Groot aantal pegmatietliggame, wat die laatste stadiums van die verskillende granietindringings verteenwoordig, is oor die hele gebied versprei. Hulle kom as interne pegmatiete in die graniet self, sowel as eksterne pegmatiete in die gesteentes van die Sisteem Damara voor. Beide die interne en eksterne pegmatiete vertoon 'n voorkeuroriëntasie (Fig. 2 en 3).

Die interne pegmatiete verskil van graniet tot graniet. Die pegmatiete in die gefolieerde, porfiritiese graniet is slegs 'n growwer weergawe van dieselfde graniet, met ander woorde dit het dieselfde mineraalsamestelling. Hierdie pegmatietare is meesal klein en onbeduidend.

Die pegmatiete in die gefolieerde, nie-porfiritiese biotietgraniet het 'n opvallende geplooid voorkoms (Van Reenen, 1970, p. 77), hoewel 'n jonger generasie van ongeplooid pegmatietare ook in hierdie gesteentes voorkom.

Toermalyn draende interne pegmatiete het die wydste verspreiding en kom in beide die gefolieerde toermalyngraniet, sowel as in die ongefolieerde, na-tektoniese graniet voor. Omdat die toermalyngraniet laat-tektonies in oorsprong is en die nie-gefolieerde graniet na-tektonies, volg dit dat alle toermalynpegmatiete nie noodwendig dieselfde oorsprong het nie. Aangesien toermalynpegmatiete in die toermalyngraniet, sowel as in die sedimentêre gesteentes in die omgewing van Uis, voorkom, word die gevolgtrekking gemaak dat hierdie graniet beide interne

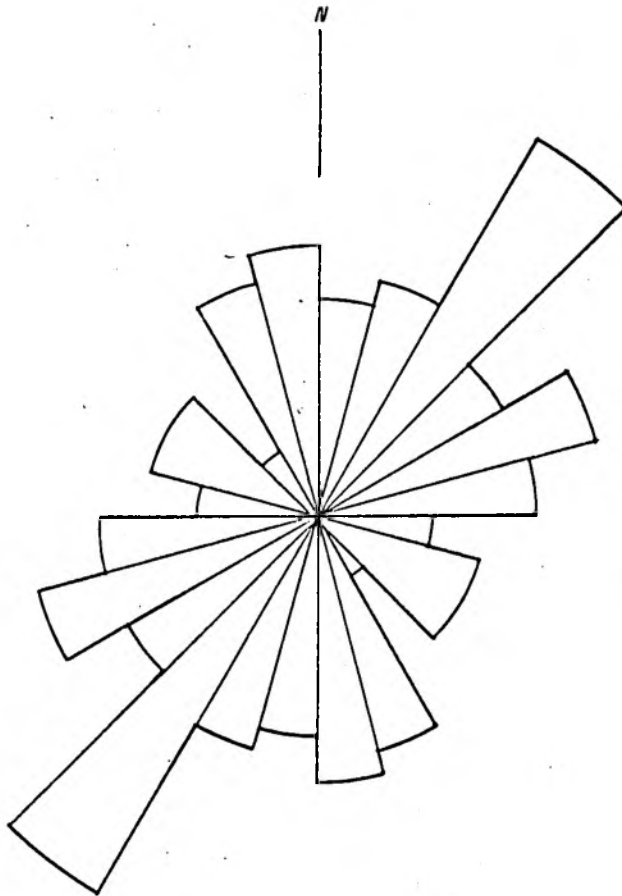


Fig. 2. Die orientasie van die pegmatietliggame in die Salemgraniet.

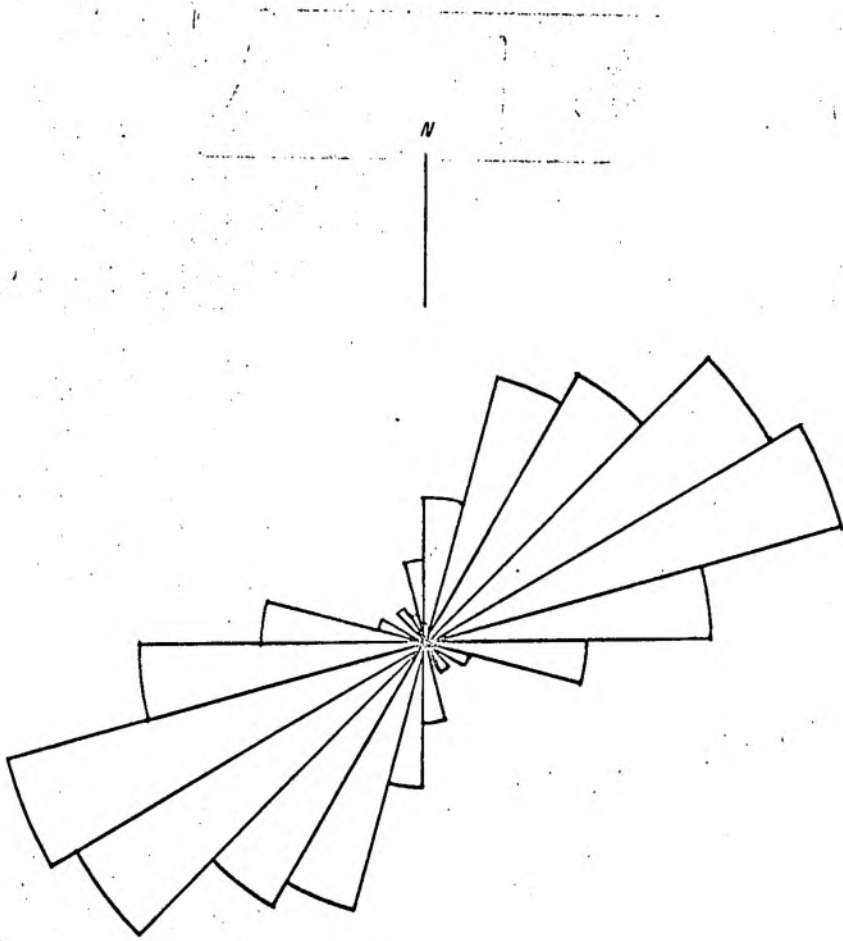


Fig. 3. Die oriëntasie van die pegmatietliggame in die Sisteem Damara.

en eksterne toermalyndraende pegmatiete gelewer het. Die na-tektoniese graniet het geen toermalynisasie in die aangrensende sedimente veroorsaak nie en gevolglik kom toermalyn slegs in die interne pegmatiete, wat met hierdie graniet geassosieer is, voor.

Die tindraende pegmatiete in die omgewing van Uis bevat geen toermalyn nie, hoewel die aangrensende sedimente dikwels toermalyndraend is. Die gevolgtrekking word gemaak dat hierdie pegmatiete, en hulle geassosieerde tinmineralisasie, geneties met die na-tektoniese graniet in verband staan. Aangesien schorliet by 'n hoër temperatuur kristalliseer as kassiteriet, sal die schorliet in interne pegmatiete, en die kassiteriet in eksterne pegmatiete, beide van dieselfde granietintrusie, gekonsentreer wees. Hierdie paragenese is in ooreenstemming met waarnemings wat in die huidige studie gemaak is. Kassiteriet en toermalyn is nêrens in die gebied onder bespreking in dieselfde liggaam aangetref nie.

2. Nie-toermalyndraende Pegmatiete

Hierdie pegmatiete is ook in die porfiritiese en in die gefolieerde biotietgraniet teenwoordig, maar weens die swak dagsome en die beperkte verspreiding van hierdie pegmatiete, is geen poging aangewend om hulle in groter detail te beskryf nie. In die nie-porfiritiese, ongefolieerde graniet is hierdie liggame volop, hoewel dit meesal tot dun aartjies beperk is. Daar is klaarblyklik ook twee ouderdomme van pegmatietare: die oudste liggame het 'n strekking van ongeveer 310° , wat deur 'n jonger stel

pegmatietare, met 'n strekking van 250° , verplaas word. Beide pegmatietare het dieselfde samestelling.

Die liggame is kenmerkend gesoneerd en grofkorrelrige kwarts, saam met groot kristalle van rooi mikroklien, vorm die kern. Dit word na buite deur 'n intermediêre sone van rooi mikroklien, muskoviet en ondergeskikte kwarts gevolg. Die wandsone bestaan hoofsaaklik uit albiet, muskoviet en kwarts, en die randsone uit baie fynkorrelrige kwarts met ondergeskikte veldspaat. Gerings variasies in bogenoemde opeenvolging kom algemeen voor, hoewel daar nooit meer as twee intermediêre sones is nie. Geen ekonomiese minerale is in hierdie pegmatiete gevind nie.

3. Toermalyndraende Pegmatiete

Hierdie liggame kom in beide die toermalyngraniet en in die ongefolieerde graniet voor, asook as kleiner liggame in die sedimentêre gesteentes ten suide van die diapiriese indringing van toermalyngraniet. Interne, kontak- sowel as eksterne toermalynpegmatiete is waargeneem.

Die liggame in die ongefolieerde graniet vorm laerûens, wat tot 2.5 m breed en tot 30 m lank is. Die dagsone is oor die algemeen nie baie goed nie. Hierdie pegmatiete toon skynbaar nie 'n goeie sonering nie, aangesien groot en klein kristalle van schorliet dwarsdeur die liggaam voorkom. Die toermalyn vorm deur die verplasing van kwarts, aangesien kwartskerne algemeen binne in toermalynkristalle voorkom. Die toermalyn het 'n



willekeurige oriëntasie, hoewel Gevers (1929, p. 116) gevind het dat die kristalle loodreg op die kontak groei. Geen ekonomiese minerale is in hierdie pegmatiete waargeneem nie.

4. Tindraende Pegmatiete

(a). Algemeen

In die noordweste van Damaraland kom tindraende pegmatiete in drie duidelike gordels voor (Gevers 1929, p. 111): die suidelike gordel is ontwikkel ten suide van die Groot Spitskop en die Erongoberge, tot verby Karibib; die sentrale strook strek ooswaarts vanaf die Omarururivier, ten weste van Neineis, tot aan die Kompanoberge, noordwes van Omaruru; die noordelike gordel begin by Uis en strek weswaarts tot by Brandberg-Wes.

Die tindraende pegmatiete in die huidige gebied is tot die onmiddellike omgewing van die dorpie Uis beperk en kom ten noorde en ten suide van die Uisrivier voor (Plaat XV). Daar is 30 tot 40 kassiterietdraende liggame waarvan die gemiddelde lengte sowat 370 m is; hierbenevens is daar talle subekonomiese pegmatiete, wat deur 'n goeie ontwikkeling van greisen, en heelwat albiet, gekenmerk word. Soekslote is orals gegrawe om die ekonomiese potensiaal van hierdie pegmatiete te bepaal. Weswaarts van Uis, tot by die kontak van die ongefolieerde graniet, kom daar verskeie van die greisenpegmatiete voor. Geen tin is egter hiermee geassosieer nie.

Die tindraende liggame kom hoofsaaklik in die skis

voor, hoewel sommige ook deur die kwartsiet sny. Die Uis-pegmatiet verskil grootliks in oriëntasie van die tindraende pegmatiet in die suidelike en sentrale gordels, omdat dié by Uis oor die foliasie sny, terwyl die ander pegmatietliggame skynbaar parallel aan die foliasie is (Gevers, 1929, p. 115 en Haughton et al., 1939, p. 24). Hierdie verskynsel word tesame met die oorsprong van die indringings bespreek.

'n Geologiese kaart van die pegmatietliggame van die Uis-myngebied is deur die Departement Geologie van Yskor, beskikbaar gestel. Volgens hierdie kaarte het die pegmatietliggame 'n algemene noordoostelike strekking, en 'n helling van tussen 40° en 80° in 'n noordelike rigting; in 'n paar gevalle word selfs hellings in 'n suidelike rigting aangegee. 'n Nadere ondersoek van hierdie liggame het egter aangetoon dat hulle in werklikheid onreëlmatige silindriese liggame is wat 'n duik van ongeveer 12° - 18° na die noordooste besit. Hierdie rigting is parallel aan die plooiing van 'n tweede periode van plooiing. Hierdie f_2 -plooiing en die laat-tektoniese diapiriese indringing van toermalyngraniet het skynbaar gelyktydig plaasgevind. Aangesien die f_1 - en die f_2 -plooiings feitlik reghoekig op mekaar is, is ideale strukturele toestande vir die latere inplasing van tindraende pegmatietliggame geskep.

Die pegmatiet bevat enkele insluitels van skis, wat tot 3.5 m lank en 1 m breed is (Plaat XVI). Die oriëntasie van hierdie insluitels is dikwels dieselfde as dié van die newegesteentes, wat die indruk skep dat

ons hier met verplasingspegmatiete te doen het. Die kontak met die newegesteente is egter skerp en geen tekens van vervanging van sedimentêre materiaal deur pegmatietvloei-stof is waargeneem nie. Die kontak is kenmerkend onreëlmatig en golwend.

Die dagsome van die pegmatietliggame is meesal swak, sodat individuele minerale moeilik onderskei kan word. Gewoonlik kan slegs kwarts, muskoviet en veldspaat herken word.

(b). Petrologie

Waar die bedekking van Damaragesteentes verwyder is en die pegmatiete gemyn word, kon die aard van die liggame in groter besonderhede bestudeer word. Die ertsliggame is massief en homogeen; geen sonering van die pegmatiete word waargeneem nie. Die algemene kleur is spierwit, veroorsaak deur die hoofminerale, kwarts, plagioklaas, K-veldspaat en ambligoniet. Dwarsdeur die liggame word kleurverskille egter opgemerk, hoofsaaklik ligroos, liggrys en liggroen. Hierdie kleurverskille word aan verandering en oksidasie toegeskryf. Naby of op die kontak met die Damaragesteentes, het die pegmatiet ook 'n ligrooskkleur.

Interessant is die tekstuur van die pegmatiete. Hoewel hoofsaaklik grofkorrelrig, word dit lokaal fynkorrelrig en self aplities; Gevers en Frommurze (1929, p. 117) skryf dit gedeeltelik aan pneumatolitiese werking, veral albitisering toe. Langs die wand, en tot sowat 3 - 10 cm vanaf die kontak, is die pegmatiet soms baie

fynkorrelrig, Die growwe kristalle in die pegmatiet is albiet en mikroklien; laasgenoemde varieer van 2.5 tot 28 cm in grootte, en die albiet van 2.5 cm tot 16 cm. Die albiet is liggrys tot wit van kleur en besit 'n hoë glans. Dit is dikwels na 'n sagte mineraal, heelwaarskynlik kaolinit, verander. Mikroklien is hoofsaaklik wit, maar ook pienk, ligbruin en liggroen weens onsuiverhede. Die kwarts varieer van kleurloos na wit of effens rokerig; die grootte varieer van 0.1 mm tot 3 cm. Die ambligoniet is spierwit en hard, en is ietwat groter as die albiet. Die muskoviet is liggrys en varieer van klein vlokkies tot korrels met 'n deursnit van 2.5 cm.

Die pegmatiet kan lokaal as greisen beskryf word, en bestaan dan feitlik net uit kwarts en muskoviet, sonder enige van die ander minerale wat in ander pegmatiete in die omgewing beskryf word (Gevers 1929, p. 130 - 132). Die greisen ontwikkel nie langs bepaalde sones nie, maar vorm knolle oor die hele intrusie.

Die kassiteriet is dofswart of grys, en besit 'n metaalglans. Die kristalle varieer van baie klein tot sowat 4 cm in deursnit. Die erts kom gedissemineerd deur die pegmatietliggaam voor. Daar is geen spesifieke konsentrasie in sones nie, en gevolglik kan geen selektiewe mynbou toegepas word nie. Die kassiteriet toon geen opvallende voorkeurassosiasie met enige mineraal nie, en dit word omsluit deur plagioklaas, mikroklien en kwarts. Die korrelgrootte van die kassiteriet hou geen verband met die korrelgrootte van die pegmatiet nie.

In teenstelling met tindraende pegmatiete verder

suid- en suidooswaarts, is toermalyn in die Uis-pegmatiete afwesig. Spore van toermalyn kom in die magnetiese fraksie van die mynaanleg voor, maar dit is heelwaarskynlik uit insluitels of wandrots van skis afkomstig.

Fyn krakies, wat met yster- of mangaanoksiede gevul is, is feitlik alomteenwoordig in die pegmatiet. 'n Baie dun fynkorrelrige sone, 3 tot 10 cm in dikte, word soms op die kontak tussen die pegmatiet en die newegesteentes gevind. Indien dit 'n kilfase voorstel, kan dit as 'n bewys van die magmatiese oorsprong van die pegmatiet voorgehou word.

(c). Petrografie

Die petrografie van die pegmatiet is in werklikheid baie eenvoudig. Die minerale, in volgorde van belangrikheid, is plagioklaas (25-40 persent), kwarts (ongeveer 25 persent), muskoviet (15 persent), K-veldspaat (5-10 persent) en ambligoniet (3 persent). Bykomstige hoeveelhede van die volgende minerale is ook teenwoordig: kassiteriet, tantaliet-kolumbiet, ilmeniet, granaat, ysteroksiedes en -hidroksiedes, en mangaanminerale. Yster- en mangaanoksiedes kom langs fyn krakies, wat deur die meeste van hierdie minerale sny, voor. Die volgende yster- en mangaanminerale is geïdentifiseer: goethiet, lepidochrosiet, magnetiet, hematiet, kriptomelaan en litioforiet. Dit is opvallend dat daar geen toermalyn in die pegmatiet voorkom nie; waar 'n pegmatietliggaam in toermalyndraende skis gelokaliseer is, is daar 'n skerp kontak, en alhoewel toermalyn algemeen in die skis is, is hierdie mineraal heeltemal afwesig in die pegmatiet. Die gevolgtrekking

word gemaak dat die pegmatiete jonger is as die toermalynisering wat met die diapiriese toermalyngraniet geassosieer is.

Die plagioklaas is albiet met 'n samestelling van Ab 92 - 95. In sommige gevalle bestaan die gesteente slegs uit albietlatte en muskoviet. Die albiet is gewoonlik redelik vars, hoewel 'n geringe mate van verandering soms waargeneem kan word. Die plagioklaas vertoon aansienlike tekens van vervorming en gebuigde en gebreekte tweelingbande is algemeen (Plaat XVII). 'n Mirmekitiese vergroeiing tussen kwarts en plagioklaas is in 'n paar gevalle waargeneem (Plaat XVIII).

Die kwarts kom as onreëlmatige kristalle voor, en vertoon 'n goed ontwikkelde golwende uitdowing.

Ambligoniet was een van die heel laaste minerale om te kristalliseer. Waar hierdie mineraal in kontak met plagioklaas en kwarts is, is daar duidelik tekens van reaksie. Dit word na vore gebring deur uiters onreëlmatige kontakte tussen hierdie minerale. Reste van kwarts en plagioklaas kan dikwels in hierdie mineraal waargeneem word.

Daar is skynbaar twee generasies van muskoviet. Die eerste generasie kom as redelike groot kristalle voor en het opvallende geboë vorms, wat net soos plagioklaas en kwarts, op intense vervorming ná kristallisering dui. Die tweede generasie van muskoviet kom as kleiner onvervormde kristalle voor, en het skynbaar gelyktydig met of ná die ambligoniet gekristalliseer, aangesien dit

gedeeltelik deur die ambligoniet omsluit word, of tussen die ambligoniet en die ander minerale ontwikkel het.

K-veldspaat kom nie in al die monsters voor nie. Die mineraal is deurgaans in 'n gevorderde staat van verandering, met die gevolg dat die optiese eienskappe in die meeste gevalle nie bepaal kon word nie. Die K-veldspaat is bepaal as ortoklaas.

Die kassiteriet kom meesal as enkele halfeievormige kristalle voor en was duidelik die laaste mineraal om te kristalliseer. Die grootte varieer tussen 1 en 20 mm. 'n Kenmerkende pleochroïsme van ligbruin na rooi kan waargeneem word, en volgens Liebenberg (1945, p. 9), moet hierdie verskynsel aan die teenwoordigheid van tantaliet en/of kolumbiet toegeskryf word. Tantaliet-kolumbiet word wel in die magnetiese fraksie van die meule-aanleg by Uis gevind. Die kassiteriet is meesal vertweeling en vertoon ook 'n opvallende sonale bou (Plaat XIX). Daar is skynbaar twee kleurvariëteite van tantaliet-kolumbiet nl. een met 'n swart kleur en een met 'n bruinerige kleur. Fyn insluitels van tantaliet-kolumbiet in kassiteriet verteenwoordig heelwaarskynlik 'n ontmengingsverskynsel, wat beteken dat die kassiteriet Ta en Cb in vaste oplossing bevat.

(d). Oorsprong van die Tindraende Pegmatiete

Soos ons reeds bespreek het, is die tindraende pegmatiete van Uis heelwaarskynlik geneties met die ongefo-lieerde na-tektoniese Salemgraniet, wat die hoofperiode van granietindringing in die gebied onder bespreking

verteenwoordig, verwant. Die lokalisering van die pegmatietliggame was egter gekontroleer deur strukture wat met die laat-tektoniese diapiriese toermalyngraniet in verband staan. Aangesien die Salemgraniet as geheel 'n anatektiese oorsprong besit, is dit sinneloos om te spekuleer of die pegmatietliggame 'n metamorfe of magmatiese oorsprong besit. Aangesien alle waarneembare kontakte tussen die pegmatiet en die newegesteentes skerp is, dui dit op die indringing van 'n hoogsmobiele magma in newegesteentes wat redelik koel was. Die teenwoordigheid van 'n dun kilfase, is 'n verdere aanduiding hiervan. Die afwesigheid van krimp- en swelstruktuur in die pegmatiete, tesame met die feit dat die liggame nou in vergelyking met hulle lengte is, is ook 'n aanduiding hiervan (Lahee, 1961, p. 170).

Die oorsprong van die pegmatiete by Uis verskil van dié ten noorde van die Brandberg, soos beskryf deur Dennis (1959, p. 1120). Laasgenoemde tindraende liggame ontstaan terselfdertyd as die moedergesteente, en is nie 'n laat-differensiasie produk nie. Dennis ken 'n vervangingsoorsprong aan die pegmatiet toe. Die teenwoordigheid in die pegmatiete by Uis van fenoliete van skis, met dieselfde oriëntasie as die newegesteente, dui op 'n soortgelyke oorsprong.

Die ontstaan van die Uis-pegmatiete word as volg gesien: in die beginstadium van pegmatietvorming, ontwikkel die normale proses van pegmatitisering as 'n laat-fase van die na-tektoniese Salemgraniet. Sodoende kristalliseer grofkorrelrige kwarts en veldspaat om die

raamwerk van die pegmatiete te vorm. Hierdie magmatiese konsolidering vind in die omgewing van 575°C plaas, maar in die geval van die pegmatiete by Uis, mag dit ietwat laer wees weens die groot afstand van die moederliggaam.

Soos die kristallisering gevorder het, het al meer en meer vlugtige bestanddele oorgebly en so begin die eerste fase van pneumatolitiese veranderings. K-veldspaat verander na muskoviet en ambligoniet groei ten koste van kwarts en veldspaat. In die pegmatiete wat deur Gevers en Frommurze (1929, p. 137) beskryf is, word kwarts en veldspaat ook deur toermalyn verplaas, en laasgenoemde deur kassiteriet. Hierdie verplasing het 'n aanvang geneem reeds voor die finale konsolidering van die pegmatiet en het oor 'n lang bestek van tyd en temperatuur geduur. Twee agtereenvolgende stadia van verplasing, met 'n redelike mate van oorvleueling, word deur hierdie outeurs voorgehou. Kassiteriet en muskoviet is min of meer gelyktydig afgeset, maar die kristallisering van muskoviet het volgehou totdat die mineraliseerders geen tin meer verskaf het nie. In slypplaatjies kan gesien word dat muskoviet bo-op kassiterietkristalle vorm en dit vul ook krake daarin. Dieselfde waarnemings is in die huidige studie gemaak, behalwe dat toermalyn in die pegmatiete van Uis geheel en al ontbreek.

As hoofmineraliseerders wat kassiterietvorming in die hand werk, noem Smith (~~1947~~¹⁹⁴⁷, p. 251) oplossings van natriumstannaat. Kassiteriet is stabiel in hierdie oplossings, vanaf kamertemperatuur tot by 450°C , hoewel die oplosbaarheid daarvan afneem met toenemende temperatuur.

Die kassiteriet kristalliseer uit die oplossings van alkalistannaat deur 'n afname in die alkaliniteit.

Die temperatuur waarby kassiteriet gevorm het, varieer gereidelik, aangesien die afsetting met die steedsdalende temperatuur van die indringing volgehou het. Gevers en Frommurze (1929, p. 142) hou 'n temperatuur van 570°C tot 360°C voor, wat beide die vroeë en laat-pneumatolitiese stadium insluit. Little (1960, p. 490) het die insluitels in kassiteriet, onder andere rutiel en vloeistof, in die Uis-pegmatiete ondersoek. Die temperatuur van opvulling van die ruimtes word op 175°C geskat, hoewel dit tot 300°C in die Erongo-valde en in die Humdigams-tinvoorkoms mag styg. Hierdie outeur se werk dui daarop dat die hidrotermale afsettings van tinerts by 300°C - 500°C plaasgevind het. Volgens Deer et al (1962, p. 8), dien die teenwoordigheid van komplekse insluitels as 'n verdere bewys van 'n magmatiese oorsprong, en varieer die temperatuur van vorming tussen 300°C en 600°C . Die afwesigheid van toermalyn in die tindraende pegmatiete, is vir Wagner (1916, p. 111) 'n aanduiding dat die pegmatiete by 'n laer temperatuur gevorm het. Gevers en Frommurze (1929, p. 140) beskou die assosiasie van toermalyn en kassiteriet nie slegs as 'n funksie van temperatuur nie, maar word dit ook deur die hoeveelheid boron en tin in die mineraliserende oplossings beïnvloed. Deur die werking van 'n geskikte mineraliseerder, kan kassiteriet sodoende by 'n hoër temperatuur afgeset word om gelyktydig met toermalyn te kristalliseer. Hierdie toestande is egter nie in die omgewing van Uis aangetref

nie. Die teenwoordigheid van toermalyn in die interne pegmatiete in die na-tektoniese Salemgraniet, maar die afwesigheid van hierdie mineraal in eksterne pegmatiete wat met dieselfde graniet geassosieer is, dui daarop dat die tinmineralisasie by Uis heelwaarskynlik 'n temperatuur van tussen 200°C en 300°C verteenwoordig.

Dit is interessant om daarop te let dat Derry (1930, p. 159) en Heinrich (1964, p. 999) oorsese afsettings van tindraende pegmatiete beskryf, waarin kassiteriet een van die vroegste minerale was om te kristalliseer, selfs voor die veldspaat. In albei hierdie gevalle is die kassiteriet kenmerkend met toermalyn geassosieer.

E. APLIET

1. Algemeen

Die teenwoordigheid van 'n aplitiese fase van graniet-indringing in die gebied rondom Uis, kan nie misken word nie. Veral die ongefolieerde na-tektoniese graniet in die noorde en ooste word deur aplietgange gekenmerk.

Die gange is tot die granietliggame beperk en kan slegs in granietkoppe ondersoek word, aangesien goeie dagsome alleenlik hier gevind word. Die are het 'n algemene oostelike strekking. Die aplietgange is minder as 'n meter in breedte en tot 30 meter in lengte. Dit is 'n fynkorrelrige, rooi gesteente wat in die veld 'n gelyk-korrelrige voorkoms besit.

2. Petrografie

Die hoofbestanddele is kwarts en veldspaat, wat in ongeveer gelyke hoeveelhede voorkom. Die kwarts is on-eievormig en vertoon 'n redelike vlekkerige uitdowing.

Die veldspaat is oligoklaas en mikroklien; daar is opmerklik minder mikroklien as plagioklaas. Die oligoklaas is latvormig en wolkerig weens verandering. Muskoviet is volop en is heelwaarskynlik 'n veranderingsprodukt. Magnetiet is kenmerkend met die muskoviet geassosieer. Aangesien donkerminerale heeltemal ontbreek, kan hierdie gesteente as 'n aplograniet beskryf word.

F. KWARTSARE

Kwartsare kom algemeen in die gebied onder bespreking voor. Dit bestaan net uit kwarts, hoewel onsuiverhede soms teenwoordig is. In die omgewing van die toermalyngraniet kom rooskwarts ook voor.

In die graniet bereik die kwartsare hulle grootste lengte en vertoon 'n algemene noordelike strekking, hoewel dit noordwes in die suidwestelike hoek ~~is~~ van die gebied is. Individuele kwartsare mag 'n paar kilometer in lengte wees. Die dagsome word deur baie kwartspuin gekenmerk. Die are is meesal standhoudend, en kan selfs deur sandbedekte vlaktes gevolg word. Fig. 4 en 5 vertoon respektiewelik die oriëntasie van kwartsare en van nate in die Salemgraniet. Die geringe mate van ooreenstemming wys daarop dat die nate heelwaarskynlik baie jonger as die kwartsare is.

Kwartsare is baie meer algemeen in kwartsiet as in skis. Individuele dagsome is kleiner as in die graniet, maar is terselfdertyd meer volop. Die kwartsare sny meesal oor die foliasie van die sedimentêre gesteentes. Die voorkeurrigting van die kwartsare stem nie met dié van die nate in die Sisteem Damara ooreen nie (Fig. 6 en 7), heelwaarskynlik om dieselfde rede as hierbo vermeld.

'n Enkele voorbeeld van 'n karbonaatdraende aar is in skis, naby die tindraende pegmatiete, gevind. Hierdie struktuur verteenwoordig 'n lokale verskuiwinkie.

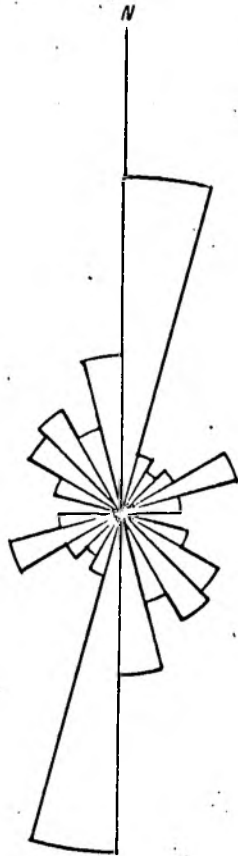


Fig. 4. Die oriëntasie van kwartsare in die Salemgraniet.



Fig. 5. Die oriëntasie van nate in die Salemgraniet.

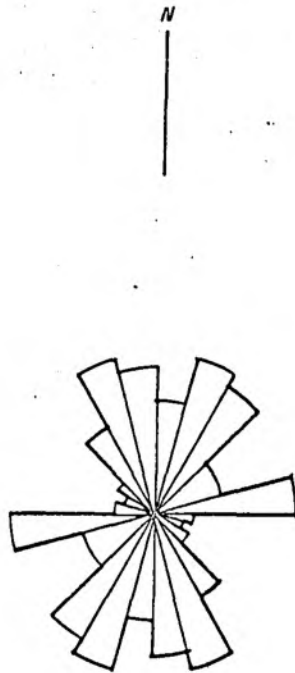


Fig.6. Die oriëntasie van kwartsare in die Sisteem Damara.

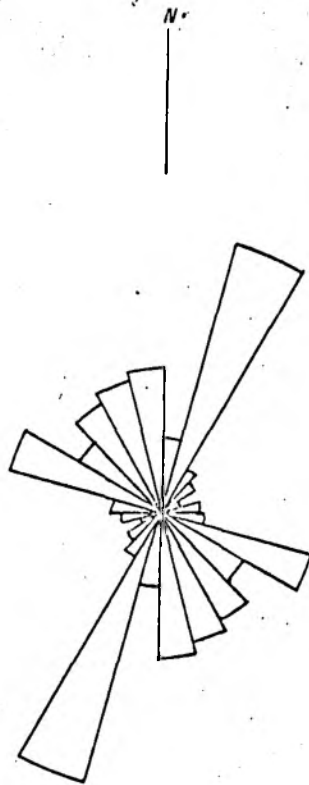


Fig. 7. Die oriëntasie van nate in die Sisteem Damara.

Die kwartsare is heelwaarskynlik die produk van materiaal wat tydens metamorfose uit die sedimentêre gesteentes gesweet is. Alternatief, kan dit as die heel laaste stadium van die Salemgraniet beskou word.

G. KAROODOLERIET

1. Algemeen

Indringings van doleriet, waarskynlik na-Karoo in ouderdom, kom verspreid oor die hele gebied voor. Die grootste ontwikkeling daarvan is in die graniet, waar dolerietgange lae rûens vorm wat etlike km lank is en wat selfs deur die vlaktes van granietsand gevolg kan word. In die sedimentêre gesteentes vorm die gange nie sulke prominente dagsome nie, maar dit kan nogtans oor lang afstande gevolg word.

Die gange het 'n algemene noordoostelike tot oostelike strekking, sodat hulle feitlik reghoekig of skuins oor die regionale foliasie sny. In Fig. 8 word die algemene voorkeurrigting van die dolerietgange aangedui. Hierdie rigting verskil aansienlik van dié van die nate (Fig. 5 en 7), sodat laasgenoemde geen invloed op die indringing van die doleriet gehad het nie. Geen tekens van metamorfose, in kontak met die dolerietgange, is gevind nie, hoewel los stukkie lidiet tog lokaal voorkom.

Drie opvallende tregtervormige indringings van doleriet is in die gebied waargeneem: 'n klein intrusie langs die westelike grens, 'n baie groot een in die sentraal-noordelike gedeelte van die gebied en 'n kleiner een reg suid hiervan. Hierdie komvormige intrusies het almal 'n lang as wat noordoos strek. Die deursnit van die drie intrusies, parallel aan die lang as, is respektiewelik 1.1 km, 20 km en 2.5 km. Daar is min twyfel dat hierdie indringings dieselfde oorsprong as die tregtergange in

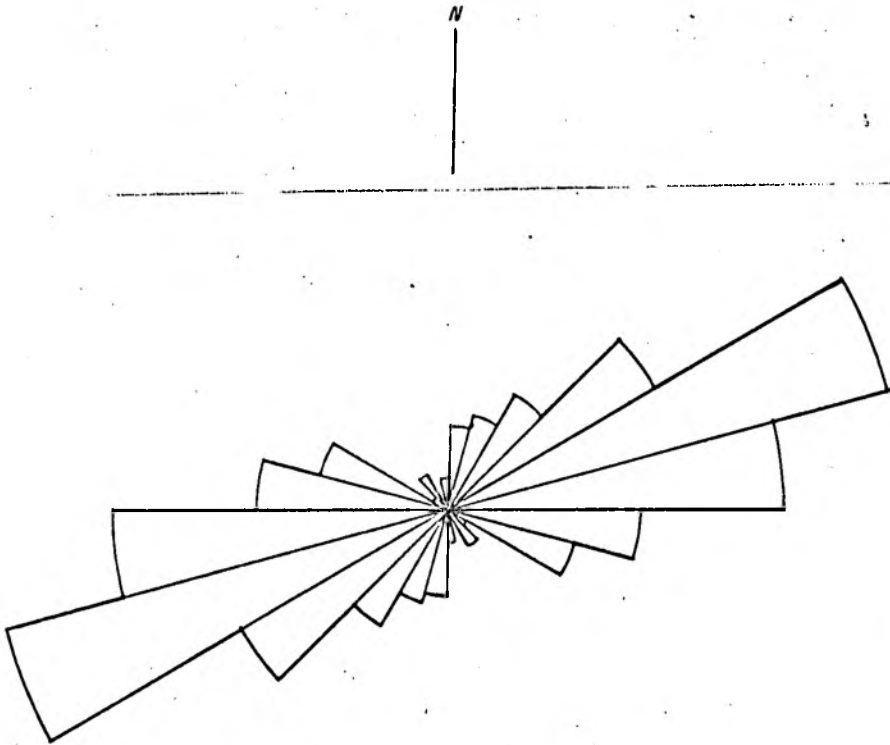


Fig. 8. Die oriëntasie van dolerietgange.

die omgewing van Queenstown en verder noord, tot by Bloemfontein, het. Dit word ook tentatief voorgestel dat die Doros-kompleks noord van Brandberg, dieselfde ouderdom en oorsprong besit. Die strukture wat so algemeen in die Noordoostelike Kaapland en in die Vrystaat voorkom, word deur die meeste navorsers verklaar met behulp van 'n meganisme wat oorspronklik deur Anderson (1936, p. 128 - 157) voorgestel is. Anderson postuleer 'n koepelvormige magmakamer, en as gevolg van 'n verhoging in magmadruk ontstaan daar kringvormige breuke met 'n inwaartse helling. Hierdie breuke word dan later deur magma beset.

Theron (1970, p. 212), in 'n studie van die Serie Beaufort in die Oranje-Vrystaat, kom tot die gevolgtrekking dat 'n topografiese reliëf in die afsettingsvloer van die Sisteem Karoo tot hierdie kringvormige intrusies aanleiding gegee het. As gevolg van differensiële kompaksie van die sedimente rondom 'n uitstaande punt op hierdie vloer, word 'n kringvormige sisteem van nate en breuke gevorm. Hierdie breuke sal ook inwaarts hel. Tydens die indringing van dolerietmagma is hierdie swak sones deur die magma benut om sodoende aanleiding tot die tregtergange te gee. Die strukture in die omgewing van Uis is of geheel en al in graniet, of grootliks in graniet gelokaliseer, sodat hier geen sprake van kontrole deur topografiese reliëf in 'n afsettingsvloer kan wees nie. Aangesien die teenwoordigheid van redelike vlakliggende magmakamers ook nie baie waarskynlik lyk nie, volg dit dat beide die meganismes, soos voorgestel deur Anderson

en Theron, in hierdie geval verwerp word. Slegs 'n meer intensiewe studie van hierdie strukture mag 'n meer waarskynlike strukturele kontrole vir hierdie onreëlmatige kringvormige intrusies aan die lig bring.

2. Petrografie

In handmonster is die doleriet 'n massiewe, swart, fynkorrelrige gesteente, en in sommige gevalle kan 'n duidelike porfiritiese tekstuur waargeneem word. Los brokstukke van hierdie gesteente vertoon gewoonlik 'n goeie woestynverniss.

Die porfiritiese doleriet bestaan uit verspreide eersteling van kwarts, plagioklaas, olivien en ougiet in 'n uiters fynkorrelrige, feitlik onbepaalbare grondmassa. Fyn spikkels, asook groter kristalle van erts kom verspreid deur die gesteente voor. Hierdie fyn grondmassa bestaan skynbaar uit plagioklaas en pirokseen. Die eersteling van plagioklaas is gelykvormig en het kenmerkende geronde buitelyne. Die samestelling is bepaal as oligoklaas met 'n anortietinhoud van An 24. Die kristalle vertoon deurgaans sonale bou. Die kwartskorrels het feitlik perfekte geronde buitelyne, en hulle teenwoordigheid in 'n gesteente wat ook olivien en pirokseen bevat, dui daarop dat ons hier met 'n hibridiese of gekontamineerde rots te doen het. Die enkele eersteling van pirokseen het onreëlmatige buitelyne. Die mineraal is bepaal as ougiet met $Z^C = 42^{\circ}$. Die mineraal het 'n baie effense ligbruin kleur. Dit vertoon aansienlike verandering na 'n liggroen sekondêre mineraal, heelwaarskynlik

chloriet of uraliet. Die olivien het ook min of meer geronde buitelyne en is in die meeste gevalle feitlik geheel en al na groen serpentynagtige materiaal verander.

In die meeste gevalle egter, is die doleriet 'n fyn- tot middelkorrelrige gesteente wat uit 'n raamwerk van plagioklaaslatte bestaan. Die plagioklaaslatte word geheel of gedeeltelik deur pirokseen omsluit om die bekende ofitiese of sub-ofitiese tekstuur te gee (Plaat XX). In gevalle is die pirokseenkristalle so groot dat die gesteente 'n opvallende vlekkerige voorkoms het. Die plagioklaas is labradoriet met 'n anortietinhoud van ongeveer An 50. Die pirokseen is ougiet en het 'n effens ligbruin kleur. Dit is gewoonlik ook baie effens pleochroïes; $Z^{\wedge}C$ is bepaal as 30° . Die pirokseen vertoon 'n aansienlike mate van verandering na groen of geelgroen chloritiese materiaal. Kleiner korrels van olivien is meesal, maar nie noodwendig nie, teenwoordig. Die mineraal is kenmerkend gekraak en vertoon 'n gevorderde verandering na groen serpentynagtige materiaal. Kristalle en kristalliete van magnetiet is deurgaans teenwoordig.

H. OPPERVLAKAFSETTINGS

1. Kalkreet

Kalkreetafsettings het die grootste verspreiding in die noordwestelike deel van die gebied. Die kalkreet vorm terrasse van redelike dikte en is kenmerkend met goeie dagsome van ongefolieerde graniet geassosieer (Plaat I). Die plat topografie in hierdie gebied gee aanleiding tot uitgestrekte vlaktes van kalkreet, wat 'n kenmerkende geelbruin kleur aan die oppervlak verskaf.

Noordoos van Uis word kalkreet geassosieer met die kringvormige intrusies van doleriet aangetref. Dit kom selfs bo-op koppies en heuwels van doleriet voor. Geen kalkreet kom egter op die omliggende vlaktes voor nie.

Ondergeskikte lokale afsettings van kalkreet kom ook in die suide en langs die oostelike grens van die gebied voor. Dit is veral langs rivierlope sigbaar.

Die kalkreet het 'n algemene heterogene samestelling en is vol hoekige sowel as geronde insluitels.

2. Sand

Alluviale sand is hoofsaaklik tot die ou rivierlope beperk. In die dorre plat noordwestelike streek, word windgewaaide sandafsettings op die vlaktes aangetref. Hierdie fyn sand word onderskei van die vlaktes van granietsand, of granietgruis, wat kenmerkend van hierdie gebied is. Die granietsand is meer grofkorrelrig en verteenwoordig die finale verweringsprodukt van die

graniet. Ongefolieerde graniet dagsoom plek-plek in hierdie vlaktes.

Die westelike grens, teenaan die Brandberg, word gekenmerk deur uitgestrekte sandvlaktes, wat hoofsaaklik langs breë rivierlope voorkom.

3. Puin

Puinafsettings is algemeen oor die hele gebied. Teenaan die Brandberg word die graniet bedek deur brokstukke van basalt en doleriet.

Dolerietpuin kom algemeen langs dolerietgange voor en individuele rotsblokke is soms tot 40 cm in deursnee. 'n Puinafsetting van groot omvang word langs die groot tregtervormige dolerietintrusie, noord van Uis, aangetref. Dolerietpuin versamel orals teen die hange van die intrusie, terwyl blokke, tot 4 m in deursnee, op die kruin voorkom.

Puinafsettings van kleiner omvang ontwikkel langs hellings in die sedimentêre gesteentes. Hierdie puin bestaan hoofsaaklik uit kwartsiet.

Weens die alomteenwoordigheid van kwartsare, word kwartspuin oral aangetref.

I. STRUKTUURGEOLOGIE

Omdat die Sisteem Damara 'n geosinklinale afsetting in 'n mobiele gordel verteenwoordig, beteken dit dat hierdie gesteente intensiewe tektoniese vervorming ondergaan het. Die opvallendste strukturele verskynsel is die algemene noordoostelike strekking van die sedimentêre gesteentes (Plaat XXI). Hierdie gesteentes is intens geplooi in die vorm van isoklinale plooië, waarvan die plooivlakke noordoos strek en na die suidooste hel, met ander woorde oorplooiing in 'n noordwestelike rigting het plaasgevind. Aangesien die lae in 'n geosinklien altyd in die rigting van die kraton oorgeplooi is, volg dit dat die kratoniese gebied na die noordweste geleë was, en dat die aanvoerrigting van die sedimente hoofsaaklik uit die suidooste was.

Die sedimentêre opeenvolging bestaan tans uit kwartsiet en skis, met ondergeskikte marmer. Hierdie gesteentes, behalwe die chemiese presipitate, verteenwoordig oorspronklike onvolwasse sedimente soos grouwak, subgrouwak en onsuier sandsteen. Dit dui aan dat ons hier met die eugeosinklinale fasies van die Damara-geosinklien te doen het.

As gevolg van die intense isoklinale plooiing, het 'n duidelike leikliewing ontwikkel, wat tans as 'n opvallende noordoosstreckende foliasie voorkom. Dit is duidelik dat die kragte wat hierdie plooiing veroorsaak het, vanuit die suidooste gewerk het. As gevolg van die intense tektonisme het die gesteentes aansienlike metamorfose

ondergaan. In die dieper gedeeltes van sinklinale trôe het selfs grootskaalse anatekse plaasgevind, wat tot verskillende indringings van graniet aanleiding gegee het. Tydens die laat-tektoniese fase van die ontwikkeling van hierdie geosinklien, het 'n opvallende verandering in die spanningspatroon ingetree. Kragte wat in 'n noord-suidrigting gewerk het, het die ouer noordoostrekkende plooistrukture vervorm, met die totstandkoming van noordoostrekkende ~~boom~~^{hoepel}vormige strukture. Sinchronies met hierdie vervorming het daar ook indringing van graniet plaasgevind, te wete die diapiriese massa van toermalyngraniet. Die teenwoordigheid van ondergeskikte plooie, veral in die ~~boom~~^{hoepel}vormige massa van marmer in die suidoostelike hoek van die gebied, verskaf waardevolle inligting aangaande die oriëntasie van die tweede periode van vervorming. Eerstens is die ondergeskikte plooie hoofsaaklik tot die kruin- en troggedeeltes van die hoofplooie beperk, wat aandui dat vormgetroue plooïing plaasgevind het. Tweedens het die dagsome in die ~~boom~~^{hoepel}vormige strukture 'n algemene boemerang-, toonvurk- of wensbeenvorm (Plaat XXII), wat aandui dat die a-rikting van die f_2 -periode van plooïing 'n groot hoek met die ab-vlak van die f_1 -periode maak; ook dat die plooïas van die f_1 -periode 'n middelmatige tot groot hoek met die ab-vlak van die f_2 -periode maak (Ramsay, 1967, p. 525 - 530). Die interaksie van hierdie twee plooïrigtings was heelwaarskynlik die strukturele kontrole wat die inplasing en lokalisering van die tindraende pegmatietliggame gekontroleer het.

'n Poging is aangewend om 'n beperkte struktuuranalise uit te voer. Vir hierdie doel is gelaagdheid, foliasies en lineasies by agt afsonderlike lokaliteite gemeet. Slegs die finale resultate word in Plaat XXI aangetoon. Opsommend het hierdie analise die volgende inligting verskaf:

- (i) Die f_1 -plooivlak het 'n strekking wat wissel tussen 025° en 036° , en 'n helling van 45° tot 54° na die suidooste. Hierdie plooie is klaarblyklik dubbelduikend, soos aangedui word deur plooiasse wat of noordoos of suidwes duik. Aangesien die plooivlakke na die suidooste hel, volg dit dat die kragte ook uit hierdie rigting werksaam was.
- (ii) Die f_2 -plooivlak het 'n strekking wat varieer van 075° tot 104° en 'n helling wat varieer van vertikaal tot 75° suid. Dit dui aan dat die f_2 -periode oorplooiing na die noorde veroorsaak het, d.i. die kragte het vanuit die suide gewerk. Ook hierdie plooie duik in twee rigtings, nl. weswaarts of ooswaarts.

Hoewel klein verskuiwinkies algemeen voorkom, is slegs twee regionale strukture opgemerk. Albei het 'n algemene noordoostelike strekking, en is feitlik vertikaal, soos deur die reguit verskuiwingsdagsome getoon word. Die valkant was skynbaar na die suide. Die ouderdom van hierdie strukture is onbekend, maar skyn na-Karoo

te wees, omdat die tregtervormige massa van doleriet ten noorde van Uis skynbaar deur die een struktuur afgesny word. Nate is feitlik alomteenwoordig en toon 'n algemene noordoostelike- of noordwestelike voorkeuroriëntasie (Fig. 5 en 7).

IV. BEDANKINGS

Die skrywer wil graag sy dank en waardering teenoor die volgende persone en instansies uitspreek:-

Die Geologiese Opname van Suidwes-Afrika vir finansiële steun en bystand tydens sy verblyf in die veld. In die besonder word die belangstelling van drr. P.J. Hugo en W.L. van Wyk, hoog op prys gestel.

Prof. B.J.V. Botha, van die Departement Geologie van die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, vir sy onselfsugtige leiding en opbouende kritiek tydens die skrywe van hierdie verhandeling.

Die Suid-Afrikaanse Yster- en Staalkorporasie, Bpk., vir geologiese inligting wat goedgunstiglik beskikbaar gestel is. 'n Besondere woord van dank aan dr. H.J. Hanekom en mnr. D.J.M. Maartens vir hulle vriendelike samewerking.

Mnr. F.D.I. Hodgson, van die Departement Geologie van die Universiteitskollege van die Noorde, vir hulp en bystand tydens die verblyf in die veld.

Dr. J.C. Theron, van die Departement Geologie van die Universiteitskollege van Fort Hare, vir raad en volgehoue belangstelling.

Die tekenafdeling van die General Mining and Finance Korporasie Bpk., vir die teken van die kaarte.

Aan alle persone wat behulpsaam was met die voorbereiding van die verhandeling, 'n hartlike woord van dank.

LITERATUURVERWYSINGS

- ANDERSON, E.M. (1936). The dynamics of the formation of cone-sheets, ring dykes, and cauldron-subsidences. Proc. Royal Soc. Edin., 56, p. 128 - 157.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A. en ZUSSMAN, J. (1962). Rock-forming Minerals, Vol. 5. p. 5 - 10, Longmans, London.
- DENNIS, J.G. (1959). Note on some Cassiterite-bearing pegmatites near Brandberg, South-West Africa. Econ. Geol., 54. p. 1115 - 1121.
- DERRY, D.R. (1930). Tin-bearing Pegmatites in Eastern Manitoba. Econ. Geol., 25. p. 145 - 159.
- DU TOIT, A.L. (1939). The Geology of South Africa: 2de Druk. Oliver and Boyd, London.
- DU TOIT, A.L. (1954). The Geology of South Africa: 3de Druk, Oliver and Boyd, London.
- GEVERS, T.W. and FROMMURZE, H.F. (1929). The tin-bearing pegmatites of the Erongo Area, South-West Africa. Trans. geol. Soc. S. Afr., 32. p. 111 - 149.

- (1929).a. The Geology of Northwestern Damaraland, in South-West Africa. Trans. geol. Soc. S. Afr., 32. p. 31 - 53.
- GEVERS, T.W. (1929). A Hydrothermal Deposit of Cassiterite near Arandis, South-West Africa. Trans. geol. Soc. S. Afr., 32. p. 165 - 170.
- GUNTER, C.J. (1970). Die Geologie van 'n Gebied Suid van Messum, Suidwes-Afrika. Ongepubliseer M.Sc.-verhandeling, Univ. O.V.S.
- HAUGHTON, S.H.,
FROMMURZE, H.F., GEVERS,
T.W., SCHWELLNUS, C.M.
and ROSSOUW, P.J. (1939). The Geology and Mineral Deposits of the Omaruru Area, South-West Africa. Explanation of Sheet 71, Geol. Surv. of S.A.
- HEINRICH, E. Wm. (1964). Tin - Tantalum - Lithium pegmatites of the SAO JOAO DEL REI District, Minas Gerais, Brazil. Econ. Geol., 59. p. 982 - 1002.
- JEPPE, J.F.B. (1952). The Geology of the Area along the Ugab River, West of the Brandberg: Ph. D. Thesis, Unpublished Univ. of the Witwatersrand.
- LAHEE, E.H. (1961). Field Geology. McGraw-Hill Book Company, New York.

- LIEBENBERG, W.R. (1945). Notes on the occurrence of a pleochroic variety of Cassiterite from South Africa. Trans. geol. Soc. S. Afr., 48. p. 1 - 9.
- LITTLE, W.M. (1960). Inclusions in Cassiterite and Associated Minerals. Econ. Geol., 55. p. 485 - 509.
- MATHIAS, Morna (1962). A disharmonious granite: the Spitzkop Granite, South-West Africa. Trans. geol. Soc. S. Afr., 65. p. 281 - 292.
- RAMSAY, J.G. (1967). Folding and Fracturing of Rocks. McGraw-Hill, London.
- SCHOEMAN, P.J. (1970). Die geologie Suidoos van Kaap Kruis, Suidwes-Afrika. M.Sc.-verhandeling, Univ. van die O.V.S. Ongepubliseer.
- SMITH, D.A.M. (1965). The Geology of the Area Around the Khan and Swakop Rivers in South-West Africa: Mem. 3, Geol. Survey, S. Afr.
- SMITH, F.G. (1947). Transport and Deposition of the Nonsulphide vein materials. II: Cassiterite. Econ. Geol., 42. p. 251 - 264.
- TORDIFFE, E.A.W. (1970). The Geology of an Area South-east of the Brandberg, South-

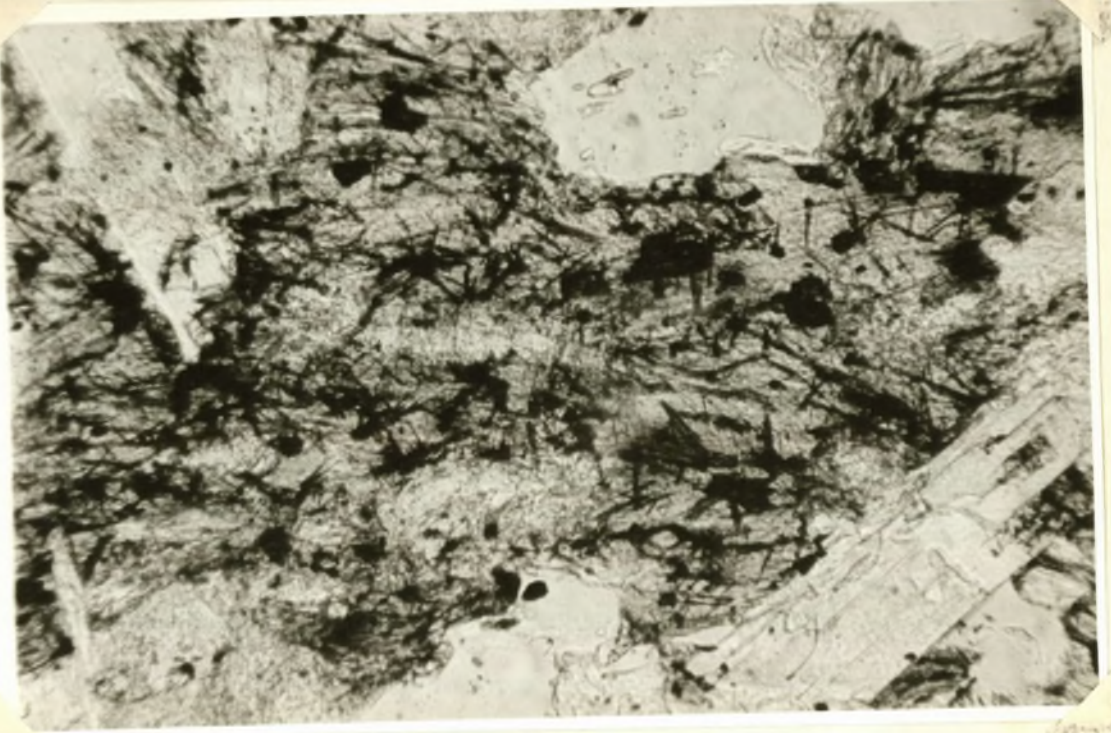
- West Africa. M.Sc. Thesis, unpublished
Univ. of the O.F.S.
- THERON, J.C. (1970). Some Geological Aspects of the
Beaufort Series in the Orange
Free State. D.Sc.-verhandeling,
Univ. van die O.V.S.
- TURNER, F.J. and Igneous and Metamorphic Petrology.
VERHOOGEN, J. (1951). McGraw-Hill, New York.
- VAN REENEN, D.D. (1970). Die Geologie van 'n Gebied Suid
van Brandberg, Suidwes-Afrika.
M.Sc.-thesis, Univ. van die O.V.S.
Ongepubliseer.
- WAGNER, P.A. (1916). The Geology and Mineral Industry
of South-West Africa: ^{Mem. geol. Surv. S. Afr. 7.} ~~Government~~
~~Printer, Pretoria.~~
- WINKLER, H.G.F. (1965). Petrogenesis of Metamorphic
Rocks. Springer - Verlag, Berlin.



PLAAT II. Lepidoblastiese tekstuur in biotietskis
(x67, gew. lig)



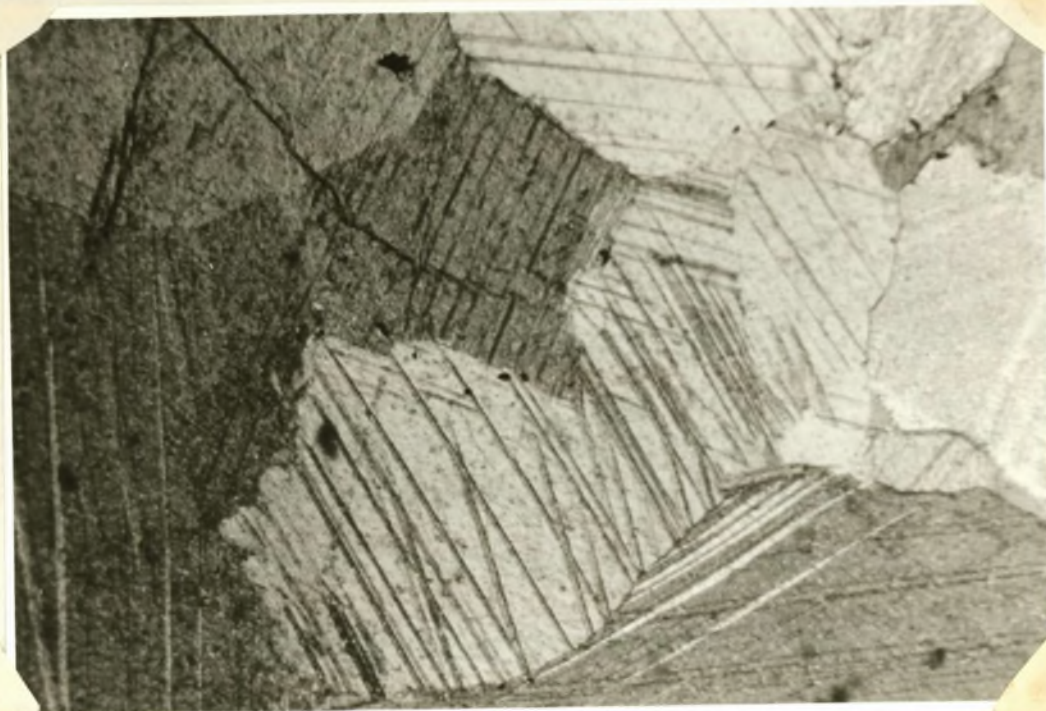
PLAAT III. Porfiroblaste van muskoviet wat oor die
foliasie in biotietskis sny (x67, gew. lig)



PLAAT IV. Naalde van sillimaniet in biotietskis (x120, gew. lig)



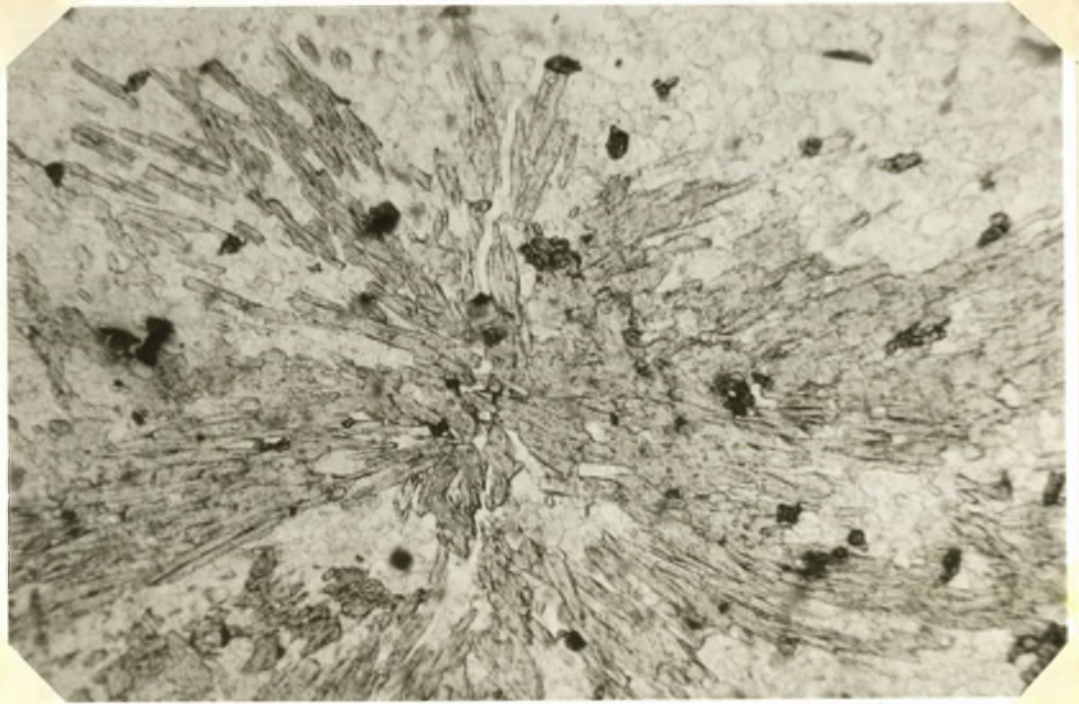
PLAAT V. Toermalyn in biotietskis (x120, gew. lig)



PLAAT VI. Vertweelingde kalsiet in marmer (x67, x nicols)



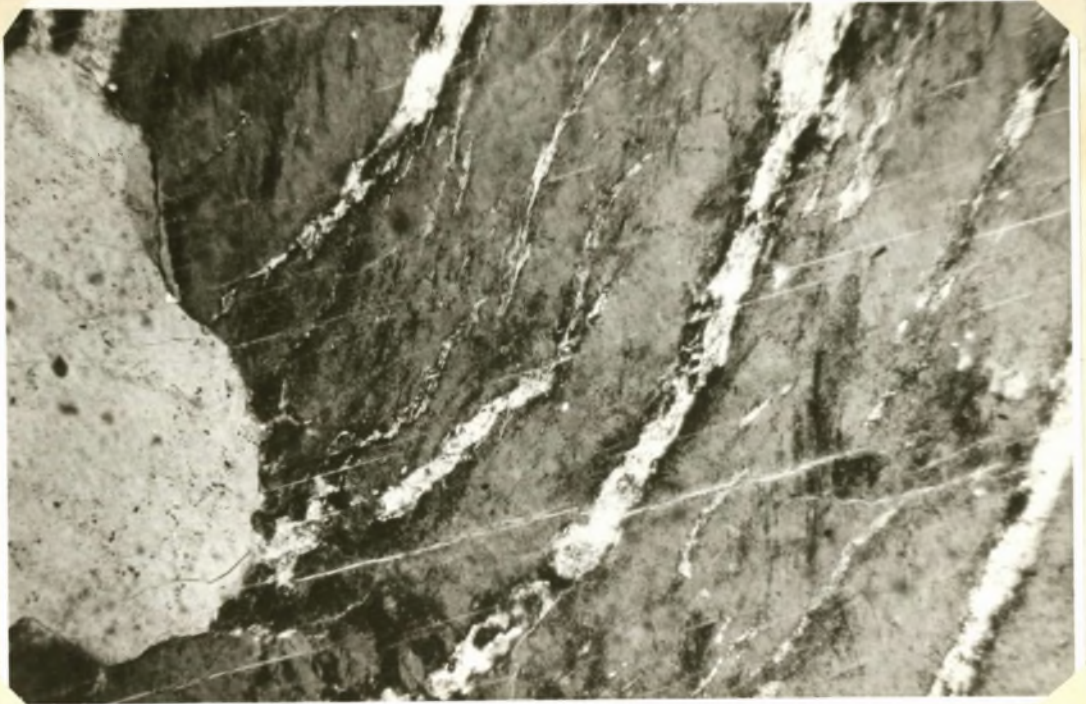
PLAAT VII. Kalsiet, amfibool en titaniet in 'n kalk-silikaatgesteente (x192, gew. lig)



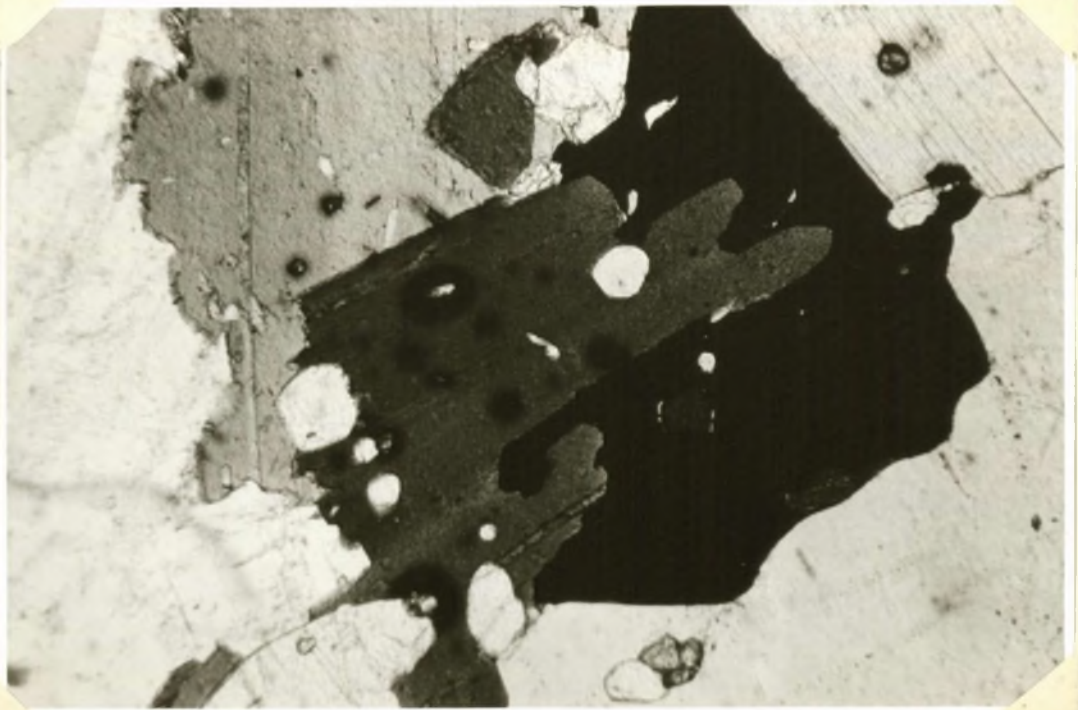
PLAAT VIII. Radiale naalde van aktinoliët in 'n kalk-
silikaatgesteente (x67, gew. lig)



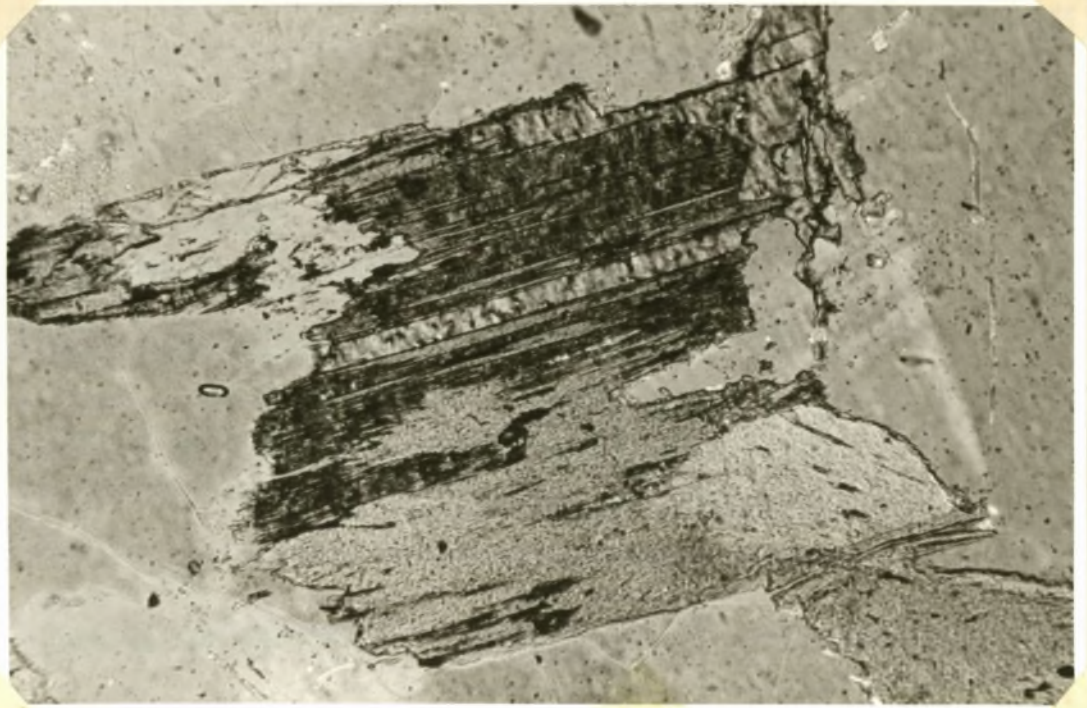
PLAAT IX. Magnetiet in 'n kalksilikaatgesteente



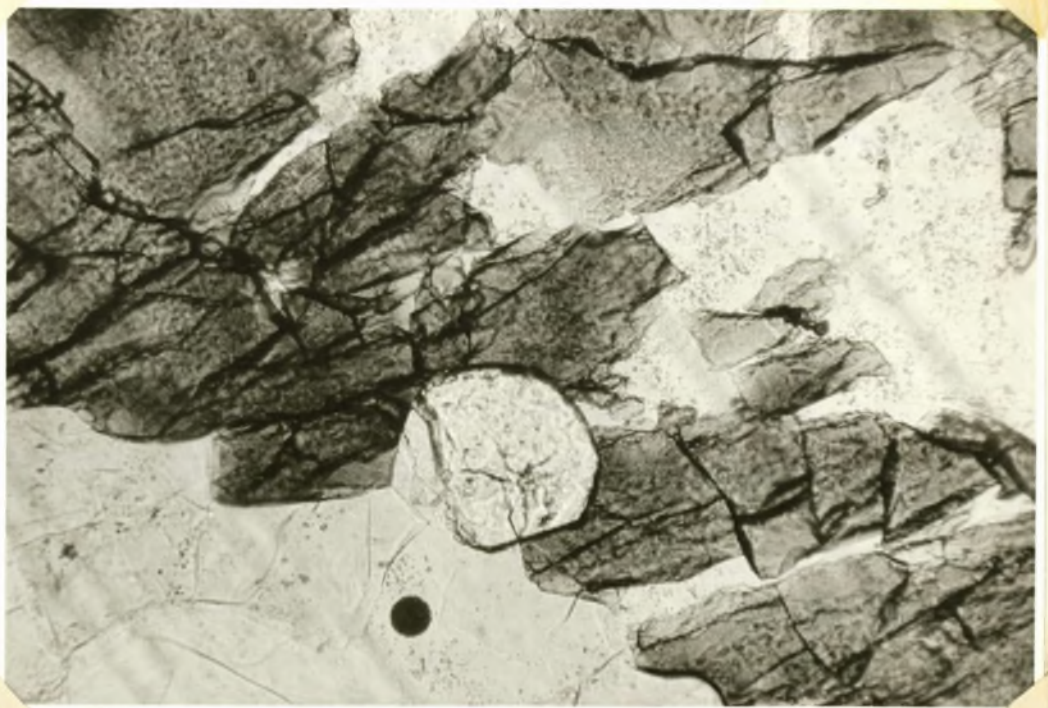
PLAAT X. Aartjies van kwarts in mikroklien van die porfiritiese Salemgraniet (x67, x nicols)



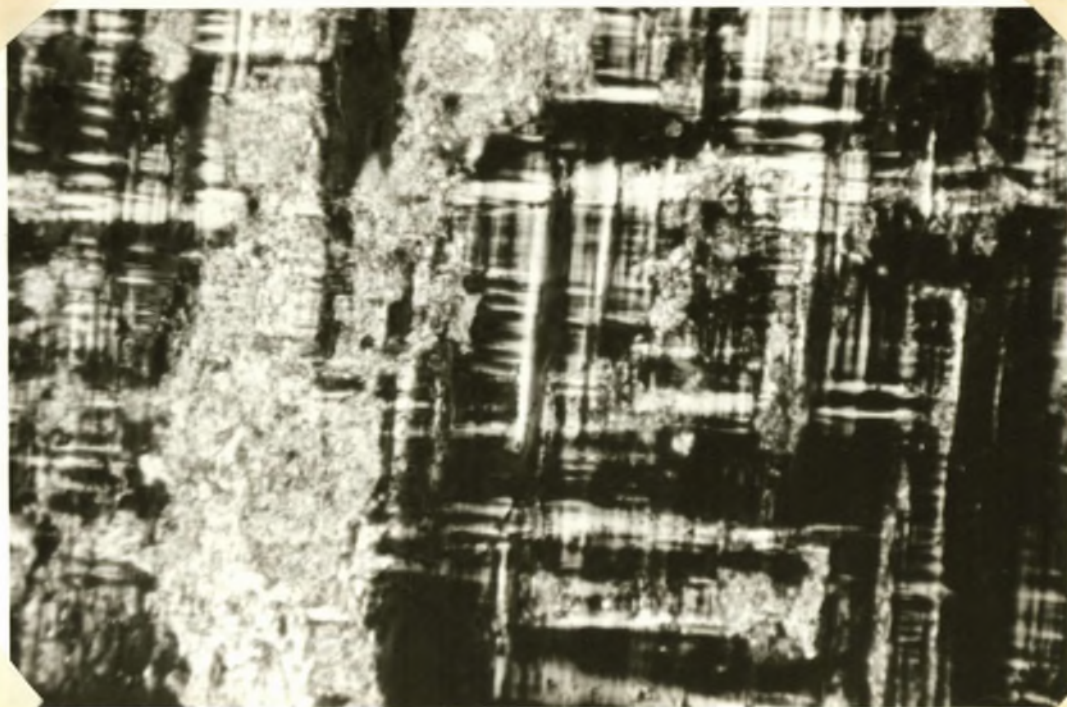
PLAAT XI. Biotiet, apatiet, sirkoon en erts in porfiritiese Salemgraniet (x67, gew. lig)



PLAAT XII. Muskoviet saam met biotiet wat verander na chloriet (x192, x nicols)



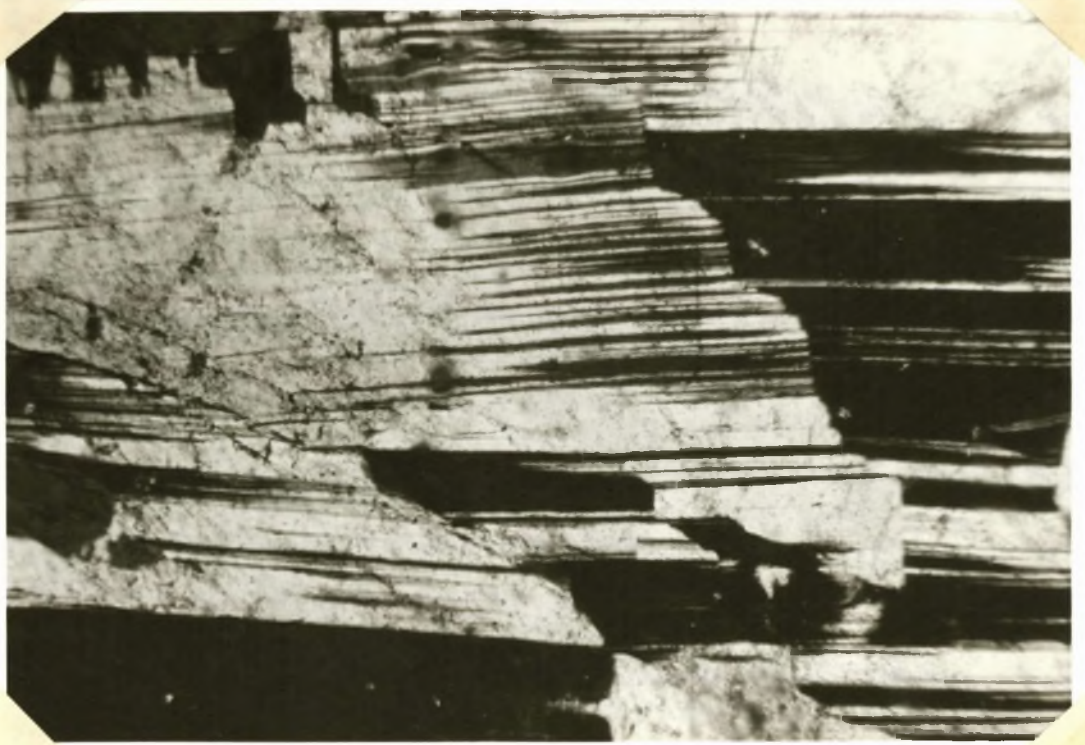
PLAAT XIII. Apatiet en gekraakte toermalyn in toermalyn-graniet (x120, gew. lig)



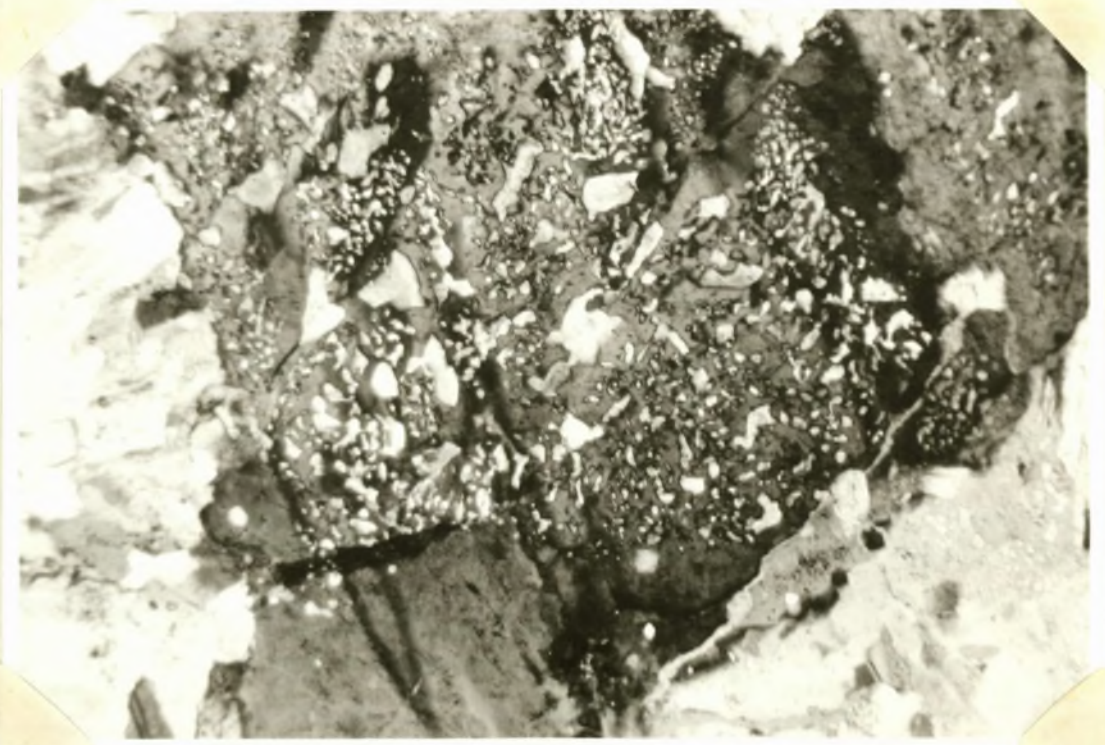
PLAAT XIV. Serisiet langs krake in mikroklien in biotiet-
graniet (x120, x nicols)



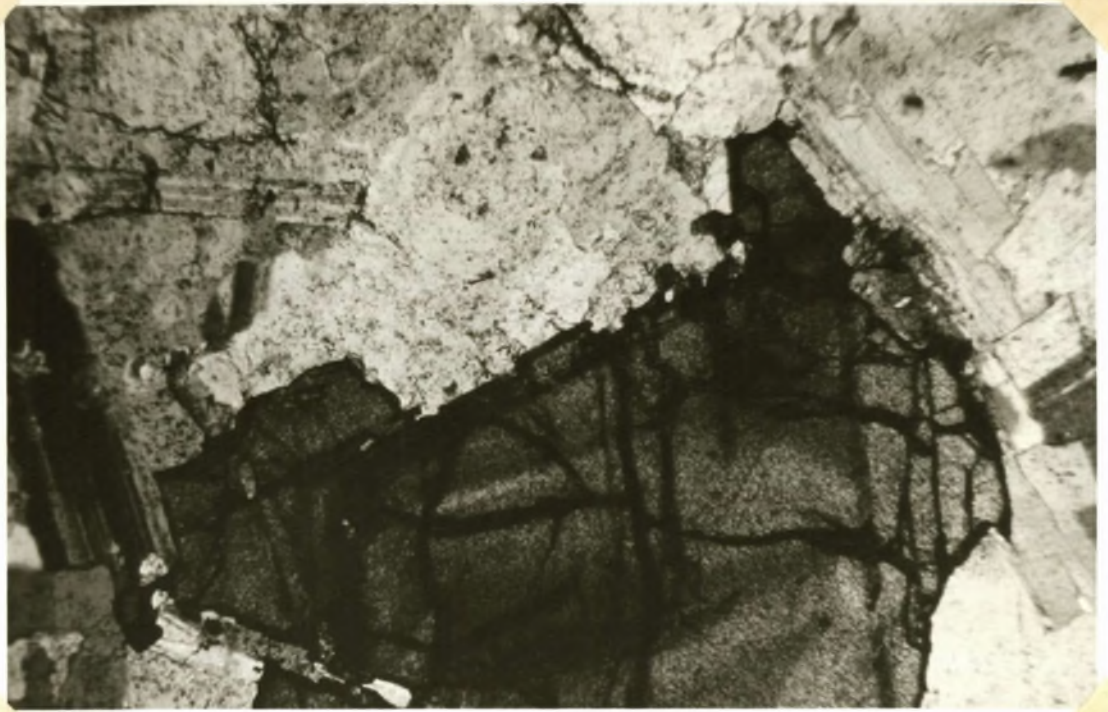
PLAAT XVI. 'n Georiënteerde xenoliet van skis in 'n tin-
draende pegmatiet



PLAAT XVII. Gebreekte en gebuigde tweelingbande van
albiet in tindraende pegmatiet (x67, x nicols)



PLAAT XVIII. Vergroeiing tussen kwarts en plagioklaas
in tindraende pegmatiet (x67, x nicols)



PLAAT XIX. Sonale bou in kassiteriet (x67, x nicols)



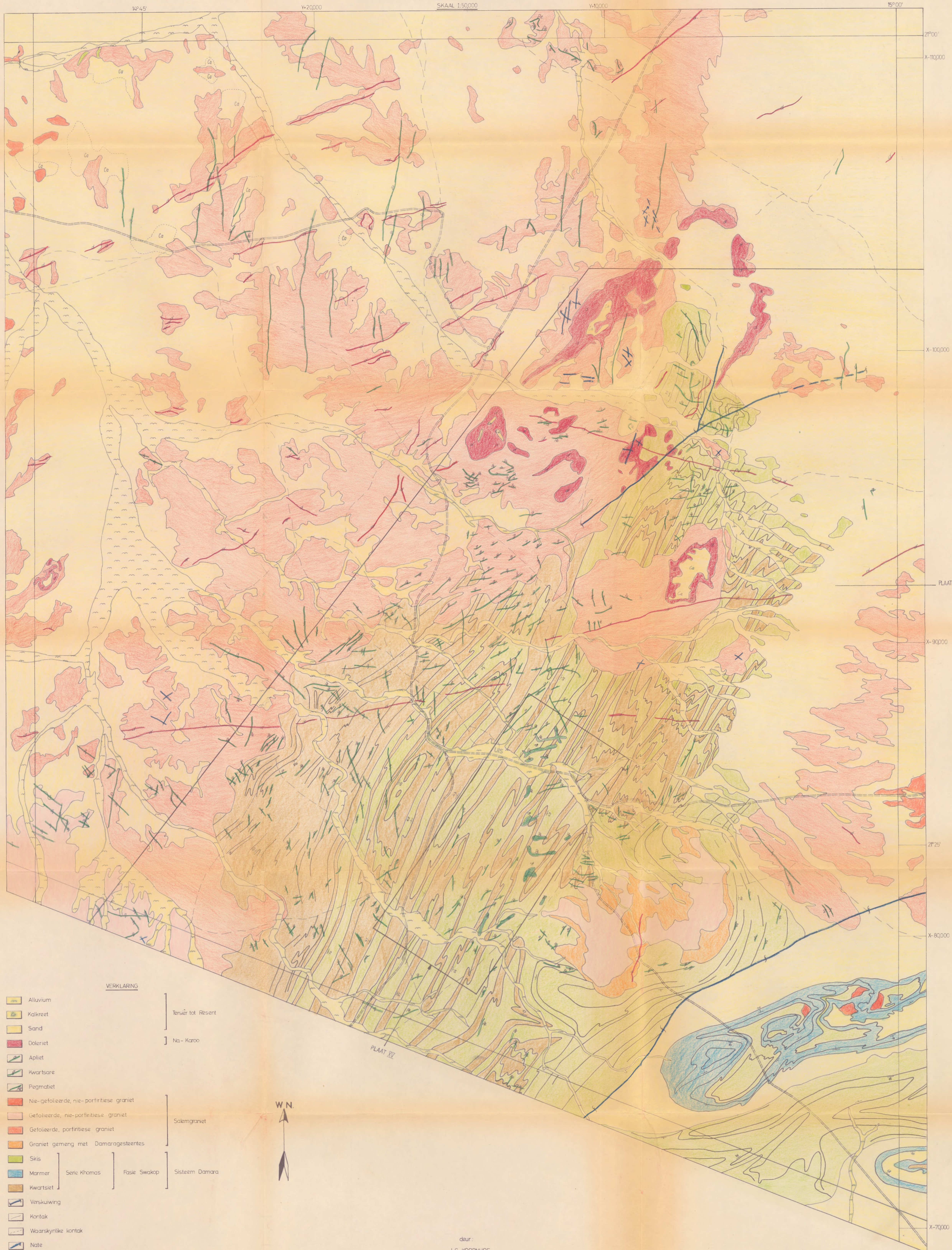
PLAAT XX. Sub-ofitese vergroeiing van plagioklaas en pirokseen in oliviendoleriet (x67, gew. lig)





PLAAT XXII. Die geaardheid van die dagsome van marmer
in die ~~boom~~^{koepel}vormige struktuur in die suid-
oostelike gedeelte van die gebied

PLAAT
GEOLOGIESE KAART VAN DIE GEBIED
RONDOM UIS, S.W.A.



VERKLARING

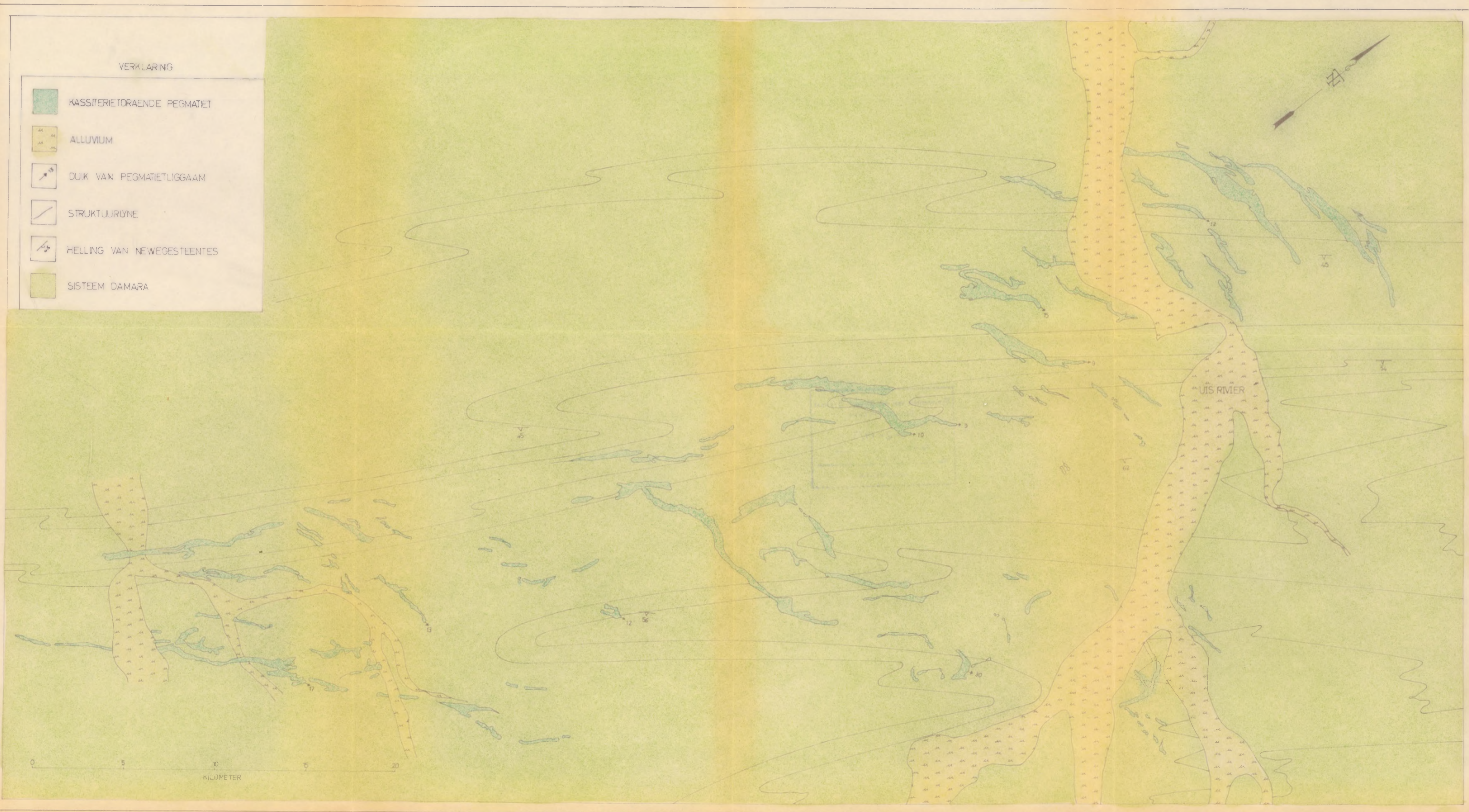
- | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------|--------------------|
| | Alluvium | | |
| | Kalkriet | | Tersier tot Resent |
| | Sand | | |
| | Doleriet | | |
| | Apliet | | Na - Karoo |
| | Wartsare | | |
| | Pegmatiet | | |
| | Nie-gefloeide, nie-porfiriese graniet | | Salemgraniet |
| | Gefloeide, nie-porfiriese graniet | | |
| | Gefloeide, porfiriese graniet | | |
| | Graniet gemeng met Damaragesteentes | | |
| | Sikis | Seric Khomas | Sisteen Damara |
| | Marmor | | |
| | Kwartsiet | | |
| | Verskuiving | | |
| | Kontak | | |
| | Waaarskynlike kontak | | |
| | Nale | | |
| | Helling en strekking van gelaagdheid | | |
| | Vertikale gelaagdheid | | |
| | Hoofpaasie | | |
| | Sekondere paasie | | |
| | Mynaktiwiteite | | |

deur:
 J.C. KOORNHOF

DIE VERSPREIDING VAN PEGMATIETE

IN DIE OMGEWING VAN UIS

SIEN PLAATI VIR DIE LOKALITEIT VAN HIERDIE GEBIED












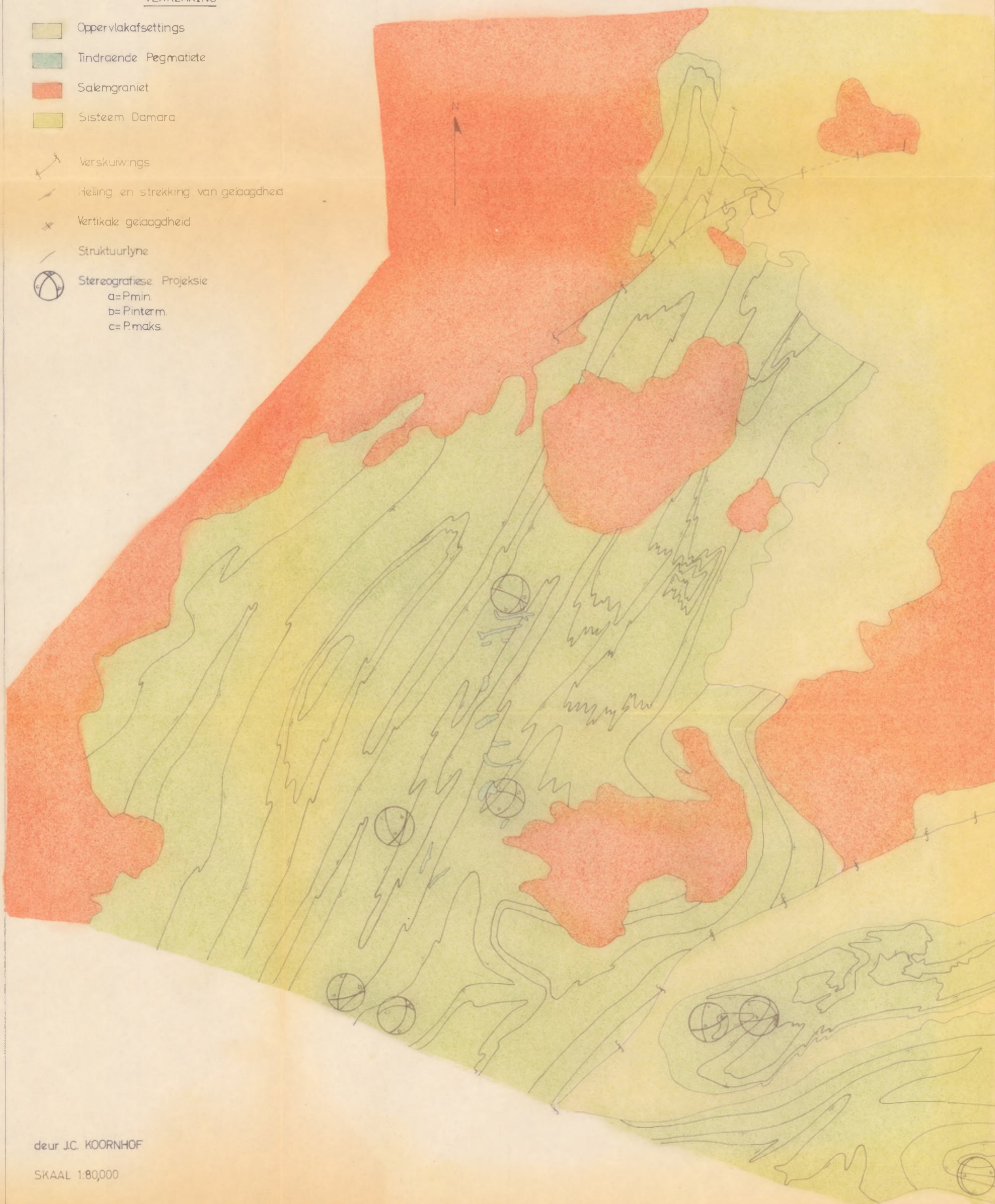
STRUKTURKAART VAN DIE GEBIED

RONDON UIS, S.W.A.

SIEN PLAAT I VIR DIE LOKALITEIT VAN HIERDIE GEBIED

VERKLARING

-  Oppervlakafsettings
-  Tindraende Pegmatiete
-  Salemgraniet
-  Sisteem Damara
-  Verskuivings
-  Helling en strekking van gelaagdheid
-  Vertikale gelaagdheid
-  Struktuurlyne
-  Stereografiese Projeksie
a=P.min.
b=P.interm.
c=P.maks.



deur J.C. KOORNHOF

SKAAL 1:80,000