

THE UNIVERSITY OF THE
WEST INDIES
LIBRARY

JOVS-SASOL-BIBLIOTEEK 0079005



11109154400122000018

**DIE GEOLOGIE VAN DIE SERIE
STORMBERG IN DIE SISTEEM KAROO,
SUID VAN BETHLEHEM, O.V.S.**

deur

CHARLES SEYMOUR KINGSLEY

AUGUSTUS, 1964

Verhandeling voorgelê ter vervulling van 'n
deel van die vereistes vir die graad Magister Scientiae
in die Fakulteit Natuurwetenskappe, aan 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
24 MAY 1965
KLAS No. *159.526.10 in*
No. **79005**
BIBLIOTEEK

UITTREKSEL.

'n Gebied tussen Bethlehem en Fouriesburg, waarin alle étages van die Etage Bo-Beaufort tot die Etage Drakensberg verteenwoordig is, is gekarteer asook die veldgegewens opgeteken. Oor geskikte roetes in die gebied is monsters geneem waarop verskillende petrografiese ondersoeke gedoen is.

Vanaf swaarmineraalstudies kon gevolgtrekkings gemaak word omtrent oorspronggebied en afsettings-toestande van die Serie Stormberg. Korrelgrootte en -verspreiding is in die sandstene deur sifanalise bepaal.

'n Vergelykende studie is met behulp van die mikroskoop op die sandstene sowel as op die doleriet-indringings en lawavloeiings uitgevoer.

Uit die resultate kon in hooftrekke die volgende afleidings gemaak word: Die oorsprongrotse van die sedimente moes hoofsaaklik vanaf granitiese stollingsgesteentes, wat êrens na die suidooste geleë was, afkomstig gewees het. Die afsetting van die sedimente moes in landelike meergebiede geskied het. Die Moltenolae se afsetting moes relatief vinnig onder nat toestande plaasgevind het, terwyl die Rooilae en Holkranssandsteen onder 'n geleidelike droeër-wordende klimaat gevorm is. Die laaste stadiums van afsetting van die Holkranssandsteen het gelyktydig met die eerste lawavloeiings plaasgevind.

Laastens was die dolerietgange in hierdie gebied moontlik ook die toevoerkanale vir die basaltiese Drakensberglawa.

INHOUDSOPGAWE.

	bls.
I. INLEIDING.....	1
II. FISIOGRAFIE.....	1
III. GEOLOGIE.....	3
A. Algemeen.....	3
B. Sedimentêre Gesteentes	5
1. Stratigrafie en litologie.....	5
(a) Die Serie Beaufort.....	5
(b) Die Serie Stormberg	6
(i) Etage Moltenolae.....	6
(ii) Etage Rooilae	11
(iii) Etage Holkrans	14
2. Petrografie	18
(a) Slypplaatjie-analise.....	18
(i) Moltenolae	18
(ii) Rooilae	20
(iii) Holkranssandsteen	21
(b) Swaarmineraalstudie	23
(i) Algemeen	23
(ii) Voorbereiding van korrel-	
monterings	24
(iii) Monsterring	25
(iv) Mikroskopiese studie	27
(v) Beskrywing van swaar-	
minerale.....	29
(vi) Voorstelling van	
resultate	32
(vii) Verlenging van sirkone...	32
(viii) Mineraalstabiliteit	
en resultate	37
(c) Sifanalise	49
3. Oorspronggebied	57
(a) Algemeen	57
(b) Bespreking van resultate.....	58
4. Afsettingstoestande.....	59
C. Stollingsgesteentes	61
1. Drakensbergbasalt.....	61
(a) Algemeen	61
(b) Petrografie	67

INHOUDSOPGAWE (vervolg)

	bls.
2. Dolerietindringings.....	71
(a) Algemeen	71
(b) Petrografie	72
IV. HISTORIESE GEOLOGIE en PALEONTOLOGIE.....	75
V. STRUKTUUR	77
VI. OPSOMMING	80
DANKBETUIGINGS	82
LITERATUURVERWYSINGS	83

ILLUSTRASIES.

I. FIGURE.

	bls.
FIGUUR 1. Verspreiding van die Serie Stormberg..	2
" 2. Diktes van die Etages Moltenolae en Rooilae	4
" 3. Moddersteenlagies in onderste sone van die Etage Molteno	8
" 4. Profiel deur sandsteenlense van Moltenolae	9
" 5. Kruisgelaagdheidseenhede	9
" 6. Afsettingsrigtings in Molteno- sandsteen volgens kruisgelaagdheids- metings	10
" 7. Sketskaart van gekarteerde gebied om rigtings van afsetting in die Molteno- en Rooilae aan te dui	11
" 8. Denkbeeldige diagrammatiese profiel om die kontak tussen die Molteno- en Rooilae aan te dui	12
" 9. Sandsteenlense wat in lawa voorkom....	18
" 10. Mikrografiese vergroeiing van kwarts in veldspaat	20
" 11. Roetes waarlangs sandsteenmonsters vir swaarmineraalstudie geneem is.....	26
" 12 (a, b en c) Kumulatiewe kurwes van die sirkone van die Stormbergsandstene....	34 - 36
" 13. Frekwensie sonale sirkone	42
" 14. Frekwensie gekleurde en ondeurskynende sirkone	43
" 15. Frekwensie rutiel en toermalyn	44
" 16. Frekwensie pleokroïese en nie- pleokroïese toermalyn	45
" 17. Frekwensie afgeronde en hoekige toermalyn	46
" 18. Frekwensie epidoot en granaat	47
" 19. Persentasie idiomorfe, hoekige en afgeronde sirkoon	48

ILLUSTRASIES (Vervolg)

I. FIGURE.

bls.

FIGUUR	20. Persentasie prismatiese, hoekige en afgeronde rutiel	48
"	21. (a, b en c) Kumulatiewe kurwes van korrelgrootteverspreiding in die Molteno- en Rooilaesandsteen	54 - 56
"	22. Sandsteenaar in lawa	62
"	23. Profiele deur lawa	64
"	24. Vloeirigtings in die lawa volgens metings op pypamandels.....	66
"	25. 'n Ougietkorrel wat sonale bou toon	69
"	26. Sedimentêre lae voor en na kompaksie	78
"	27. Naatrigtings in die Holkranssandsteen	80

II. TABELLE.

TABEL I.	Persentasie samestelling (Volumetries) van Sandstene van die Serie Stormberg	22
" II.	Verlenging van Sirkone in die swaarmineraalkonsentrate	37
" III. (a tot f)	Sifanalises	50 - 53
" IV.	Resultate van Sifanalises	53
" V.	Samestelling van Lawa (Volumetries)...	67
" VI.	Vertweeling in Plagioklaas wat in lawa voorkom	68
" VII.	Samestelling van Doleriet (Volumetries)	73
" VIII.	Vertweeling van plagioklaas wat in doleriet voorkom	73

III. PLATE (agter in verhandeling)

PLAAT I.	Geologiese Kaart van 'n gebied Suid van Bethlehem, O.V.S.
" II.	Korreltellings van swaarminerale.
" III(a)	Lokale erosievlak tussen fynkorrelrige Beaufortsandsteen en grofkorrelrige Moltenogrint.
	(b) Gebreksieerde chertagtige laag.
" IV(a)	Konglomeraatlens in die boonste Rooilae op die plaas De Hoek 1238.

ILLUSTRASIES (Vervolg)

III. PLATE (agter in verhandeling)

- (b) Tipiese verwerking in Holkranssandsteen op die plaas Vaalbank 156.
- (c) Heuningkoekverwerking wat in kranse op die plaas Vaalbank 156 voorkom.
- PLAAT V (a) Oppervlakverwerking - die begin van kalkkonkresies in die Holkranssandsteen.
- (b) Sekondêre sandsteenaar in die Holkranssandsteen op die plaas L.F. 1562.
- " VI (a) Eoliese kruisgelaagdheid op die plaas Highlands 1239.
- (b) Tussengelaagde sandsteenlaag in die lawa op die plaas Fouries Rust 80.
- " VII (a) Ossilasieriffels in 'n sandsteenlaag in die lawa op Wonderfontein 1513.
- (b) Reptielspore in 'n sandsteenlaag wat tussengelaagd in die lawa op die plaas Fouries Rust 80 voorkom.
- " VIII (a) Eksfoliasieverwerking van Drakensbergbasalt op die plaas Highlands 1239.
- (b) 'n Sandsteenaar, wat met 'n sandsteenlaag verbind is, sny deur lawa op die plaas Fouries Rust 80.
- " IX (a) Grafiese vergroeiing van kwarts in veldspaat.
- (b) Sonale bou in 'n plagioklaaseersteling in doleriet.
- " X (a) Verandering van pirokseen na chloritiese materiaal.

I. INLEIDING.

'n Gebied, ongeveer 78 vierkante myl groot en geleë tussen lengtegrade $28^{\circ} 10'$ en $28^{\circ} 20'$ en breedtegrade $28^{\circ} 20'$ en $28^{\circ} 26'$, is geologies deur die skrywer ondersoek gedurende Maart tot Junie 1963. Die gebied is ongeveer 8 myl ten suide van Bethlehem, O.V.S. geleë.

Die hoofpad en spoorlyn tussen Bethlehem en Fouriesburg loop deur die westelike gedeelte van die gebied.

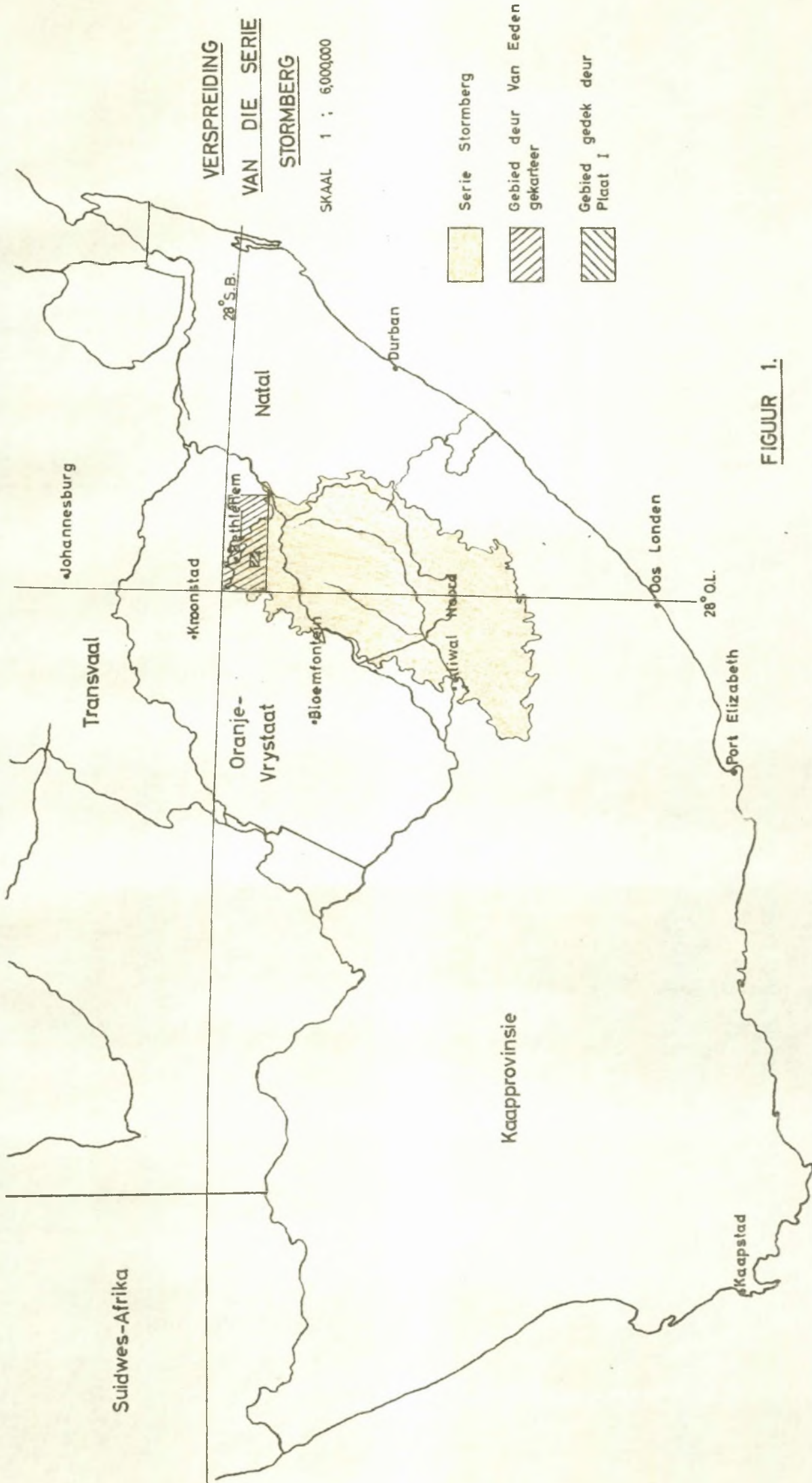
Die area wat deur die skrywer gekarteer is vorm 'n gedeelte van 'n gebied wat deur Van Eeden (1937) ondersoek is. Laasgenoemde was die enigste geologiese ondersoek wat in hierdie area gedoen is en het in verband gestaan met 'n soektog na olie. Die oppervlakte wat gekarteer is, word in Figuur 1 aangedui.

Die veldstudie het die noukeurige waarneming en notering van alle geologiese kenmerke, die versameling van monsters en die kartering vandie verskillende geologiese formasies en strukture op lugfotos, behels. Laasgenoemde, op 'n skaal van ongeveer 1 : 20,000 is in 1947 geneem. 'n Aneroid-barometer is gebruik om diktes van lae te meet. Die daaglikse lugdrukvariasie is nie in ag geneem nie, aangesien die hoogtesings van elke laag waarvan die diktes gemeet is, ongeveer 'n halfuur na mekaar geneem is. Hierdie lesings was tot ongeveer 10 voet akkuraat.

II. FISIOGRAFIE.

Die gebied is bergagtig in die weste en suidweste, met 'n taamlike ongelyke vlakte in die noorde en 'n hoogland in die ooste en suidooste. In die suide word 'n breë, laagliggende vallei deur die Grootspruit gedreineer, terwyl die Jordaanrivier, wat die ooste van die gebied dreineer, op sommige plekke 'n diep vallei in die hoogland ingekerf het. Die berge aan die westekant het steil hange en styg tot sowat 1800 voet bokant die laagste punt in die gebied. Laasgenoemde punt, 5450 voet bo seespieël, is op die plaas Melsetter 1172 in die Jordaanrivier geleë, terwyl die hoogste plek,

/naamlik.....



FIGUUR 1.

naamlik 7200 voet, by driehoeksbaken 93 voorkom.

Die fisiese kenmerke word meesal beheer deur die geologiese formasies. Die berge bestaan byvoorbeeld almal uit Holkranssandsteen en Drakensberglawas, terwyl die Moltenolae en Rooilae die laerliggende deel uitmaak.

In die Molteno- en Holkranssandsteen word oral klein holtes, van 'n gedeelte van 'n voet tot 10 voet in deursnee, op gelyk oppervlaktes aangetref. Hierdie verskynsel is moontlik te wyte aan onegalige verwerking.

Die reënval van die gebied is ongeveer 30 duim per jaar en as gevolg van die hoë reënval, kom klein fonteintjies, veral in die Moltenolae, algemeen voor. Die boere verkry hul water meesal van hierdie fonteine. In sommige gevalle kom hulle langs dolerietgange voor, byvoorbeeld op die plaas Wonderfontein, waar 'n standhoudende fontein vloei.

Die bogrond op die heuwels is meesal sanderig terwyl turfagtige en kleierige grond in die vleie voorkom. Oor die algemeen is die gebied 'n goeie saaiwêreld, terwyl die natuurlike plantegroei gras is. Die klowe en sommige berghange is dig bebos.

III. GEOLOGIE.

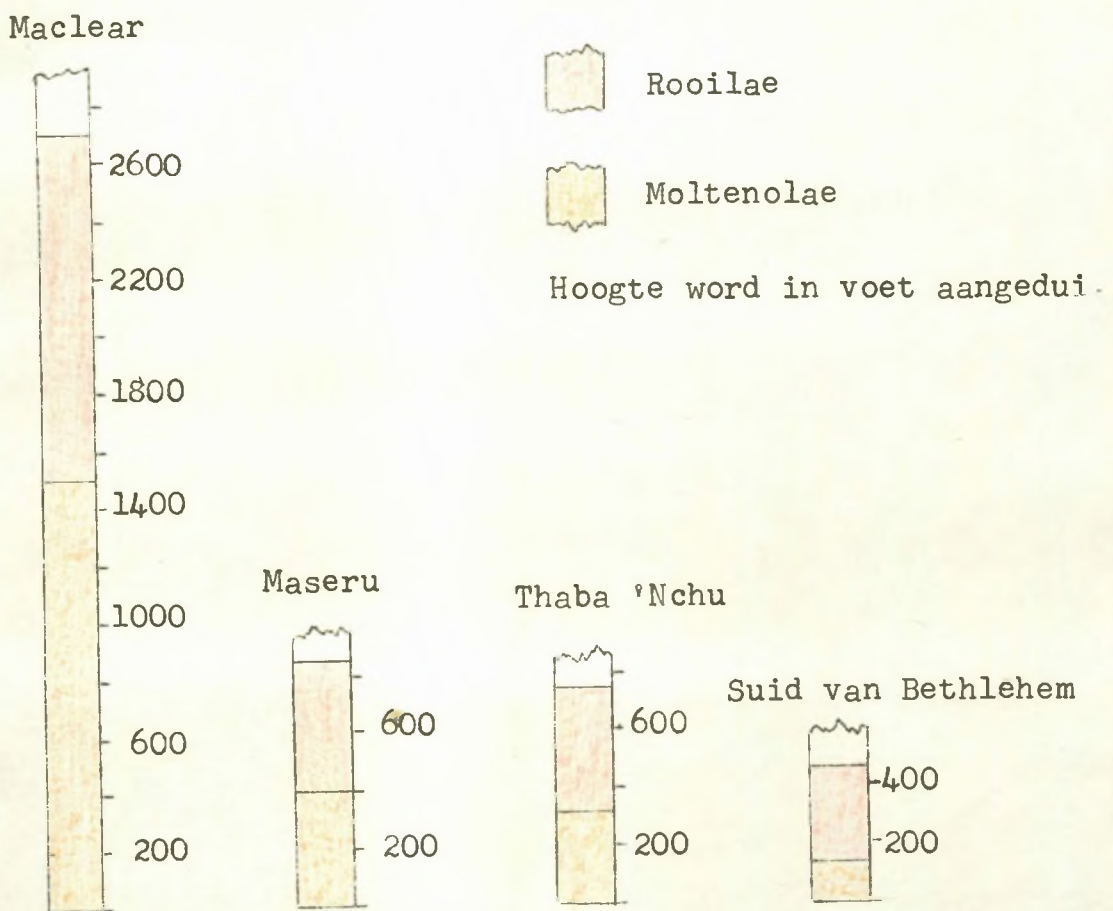
A. Algemeen.

Die verspreiding van die Serie Stormberg in Suid-Afrika word in Figuur 1 aangedui. In die geologiese verlede moes hierdie Serie 'n groter gebied beslaan het, soos afgelei kan word van erosierelike, byvoorbeeld Thaba 'Nchuberg en die berge noordoos van Harrismith, wat uit Stormbergsedimente bestaan. Die Serie Stormberg kom ook in Betsjoeanaland, die Springbokvlakte, Noordwes- en Noord-Transvaal voor, maar word nie op die kaart aangedui nie. Laasgenoemde voorkomste kon moontlik in die geologiese verlede dele uitgemaak het van een uitgestrekte afsetting van Stormbergsedimente.

Soos gesien kan word van Plaat 1 word die gebied gekarteer hoofsaaklik deur gesteentes van die Serie Stormberg beslaan, behalwe in die noordooste waar

/die.....

die Serie Beaufort voorkom. Alle étages van die Serie Stormberg is verteenwoordig en bestaan uit die Etages Molteno, - Rooilae, - Holkrans en -Drakensberg. In Figuur 2 word die diktes van die Etages Molteno en -Rooilae op verskillende plekke in die Republiek aangedui. Die dikte van die Holkranssandsteen varieër baie en word dus nie aangedui nie. Wes van Maclear is die dikte van die Holkranssandsteen 800 voet, terwyl die dikte hiervan 'n paar myl verder wes net 50 voet is.



Figuur 2: Dikte van die Etages Molteno en Rooilae op verskillende plekke in die Republiek.

In die gebied wat gekarteer is, kon die laterale wisseling in dikte van die Moltenolae nie vasgestel word nie, aangesien die hele suksessie van hierdie étage alleen in die noord-oostelike gedeelte dagsoom. Die enigste ander dagsome hiervan kom in die suidwestelike deel voor.

Die Moltenolae is dus moontlik dwarsdeur die gebied teenwoordig maar bedek deur die Rooilae.

/Die.....

Die Rooilae het 'n dikte van 410 ± 10 voet op Kafferskop, (suidwes van gebied geleë) 350 ± 10 voet op Retiefsnek en 320 ± 10 voet op Vaalbank. Die Rooilae is dus 'n bietjie dunner in die ooste as in die weste en suidweste.

Diktes wat van die Holkranssandsteen gemeet is, is as volg:

1. 510 ± 10 voet op Welgevonden 90
2. 460 ± 10 voet op Retiefsnek 123 (suidwes)
3. 454 ± 10 voet op Retiefsnek 123 (noordwes)
4. 516 ± 10 voet op Stillewoning 1296 (oos)
5. 410 ± 10 voet op Stillewoning 1296 (wes)
6. 440 ± 10 voet op L.F. 1562 (wes)
7. 390 ± 10 voet op L.F. 1562 (noord)
8. 434 ± 10 voet op Dankbaarheid 1297 (wes)
9. 570 ± 10 voet op Dankbaarheid 1297 (noord)
10. 490 ± 10 voet op Windhoek 99

Hierdie étages se dikte varieër dus baie.

Die maksimum dikte van die Drakensberglawas, naamlik 770 voet, kom in die weste voor.

B. Sedimentêre Gesteentes.

Die fisiese kenmerke van die sandstene van die verskillende étages verskaf 'n goeie maatstaf om hulle in die veld van mekaar te onderskei, hoewel dit soms naby die Holkrans-Rooilae-oorgang moeilik is om 'n geïsoleerde dagsoom te korreleer.

Die gesteentes skalie en moddersteen word verskillend deur verskillende persone gedefinieer. In hierdie verhandeling is die definisies van Tyrrell (1958, bl. 212) gevolg, naamlik 'n skalie is 'n goedgelaagde gesteente wat maklik langs laagvlakke splyt terwyl 'n moddersteen geen splytingsvlakke besit nie, hoewel dit goedgelaagd of geensins gelaagd mag wees nie.

1. Stratigrafie en litologie:

(a) Die Serie Beaufort. - Hierdie serie dagsoom slegs op sommige plekke by die kontak met die Etage Molteno, sodat dit nie moontlik is om 'n volledige beskrywing van eersgenoemde te gee nie. Hierdie dagsome bestaan meesal uit liggrys, egaliggelaagde, fynkorrelrige

/sandsteen.....

sandsteen en rooi en gryns moddersteen.

(b) Die Serie Stormberg.

(i) Etage Moltenolae-Die onegalige verwerking van die rotsblokke sowel as die bekende eskarpverwerking langs die valleie, is 'n kenmerk van die Moltenolae in hierdie gebied asook in ander gebiede in Suid-Afrika waar die Moltenolae voorkom.

Hol gate, waar konkresies moontlik uitverweer het, kom dikwels in die Moltenolae voor. Volgens Haughton (1924, bl. 466) word die konkresies gevorm deur die oksidasie en daaropvolgende hidrering van piriet en markasiet in die verweringsone.

Die kontak tussen die Serie Beaufort en Etage Molteno is op verskeie plekke op die plase Vaalkrans 140, Vaalbank 156 en Melsetter 1172 blootgelê. Hierdie kontak is meesal konkordant, en die grofkorrelrige sandsteenlense, wat brokstukke van die onderliggende Serie Beaufort bevat, dui waarskynlik 'n erosievlak tussen die Serie Beaufort en Serie Stormberg aan. (Sien Plaat IIIa). Lokaal kan die kontak tussen die twee series dus as 'n diastem bestempel word.

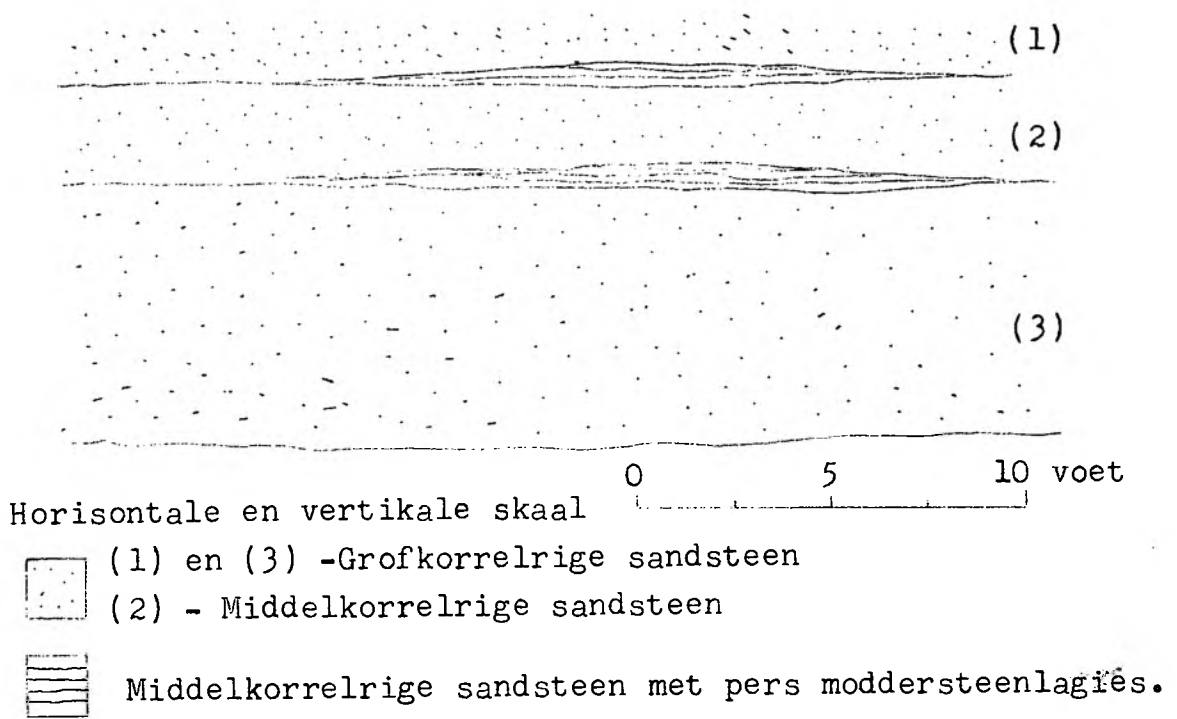
Die dikte van die Moltenolae kon alleen in die suidooste van die gebied vasgestel word. Die kontak tussen die Moltenolae en die Rooilae is egter nie skerp nie en die dikte is dus benaderd vasgestel. Die dikte van die Moltenolae wissel van 100 tot 120 voet. Behalwe in die suidooste van die gebied dagsoom die Moltenolae ook in die suidweste.

Grint- en konglomeraatlense, wat van 'n gedeelte van 'n duim tot 1 voet dik, wissel, kenmerk die basis van die Moltenolae. Die sandsteen- en grintlense in die Moltenolae bevat kwartsrolstene wat tot 'n halfduim in deursnee is. Dikwels kom brokstukke van slijksteen, moddersteen en fynkorrelrige sandsteen van die onderliggende Serie Beaufort voor.

Die bo-opliggende grofkorrelrige sandsteen is algemeen veldspaties, dog die veldspaat kom feitlik deurgaans in 'n verweerde vorm voor. Haughton (1924, bl. 438 - 439) het ook gevind dat die veldspaatkorrels algemeen in die Moltenosandstene voorkom, soms so algemeen dat dit selfs arkoses genoem kan word.

Stockley (1940, bl. 448) beskryf die voorkomste van Moltenolae in noordelike Basoetoland, waarin hy opmerk dat dit meesal uit grinterige sandsteen bestaan, wat baie lense van skalie, moddersteen en swart, koolstofagtige skalie bevat. In die gebied deur die skrywer ondersoek bestaan die Moltenolae hoofsaaklik uit middel- en grofkorrelrige sandsteen wat soms in grintsteen oorgaan, terwyl talle moddersteenlense en fynkorrelrige sandsteenlense tussengelaagd voorkom, veral in die onderste 20 tot 25 voet van die Moltenolae. Hierdie lense is egter skaars in die boonste Moltenolae. 'n Goeie voorbeeld van die opeenvolging van strata kan op die plaas Melsetter 1172 langs 'n dolerietgang waargeneem word. Hier bestaan die onderste Moltenolae uit wit en liggrys grofkorrelrige sandsteen en grintsteen wat na boontoe effens fyner in korrel word. Laasgenoemde sandsteen is ongeveer 30 voet dik en besit die kenmerkende glinsterende voorkoms van die Moltenosandsteen. Bo-op die sandsteen dagsoom 'n 6 voet dik moddersteenlens waarvan die onderste 5 voet donkerbruin tot pers is, maar opwaarts in 'n geel moddersteenlens, ongeveer 1 voet dik, oorgaan. Grinterige sandsteen rus met 'n skerp kontak op die moddersteenlens. Soortgelyke voorbeelde is op Vaalbank 156 waargeneem. Op grond van laasgenoemde eienskap van die Moltenolae, kan hierdie étage in twee sones verdeel word. Die skeiding tussen die boonste en onderste sones word net bokant die moddersteenlense geneem. Op die geologiese kaart (Plaat I) word die Moltenolae egter as een eenheid aangedui.

'n Goeie voorbeeld van dun moddersteenlagies tussengelaagd in grofkorrelrige sandsteen kan in die onderste sone op Vaalbank 156 gesien word. (Sien Figuur 3). Pers moddersteenlagies, tot $\frac{1}{2}$ duim dik, kom in grofkorrelrige sandsteenlense voor.



Figuur 3. - Moddersteenlagies in die onderste sone van die Etage Molteno.

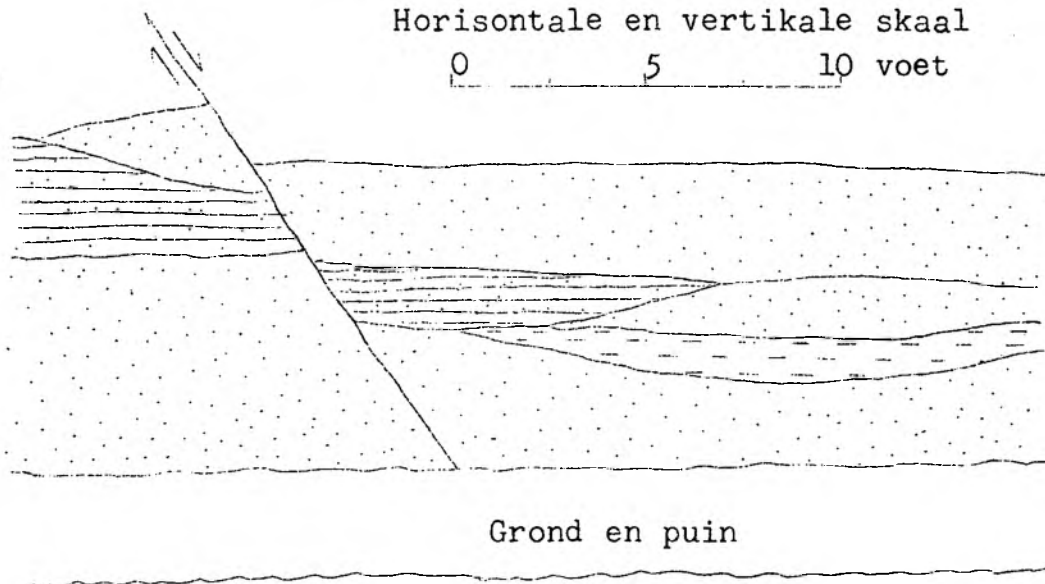
Die boonste sone is meer univorm as die onderste en bestaan meesal uit middelkorrelrige wit en ligroos sandsteen. Lateraal kon geen verandering waargeneem word nie, behalwe op die plaas Libanon 69 waar vaalgrys moddersteenlense wel in die boonste sone voorkom. Op hierdie plaas is dun koolstoflagies in die boonste Moltenolae teenwoordig, maar weens die gebrek aan goeie dagsome kon die omvang hiervan nie bepaal word nie.

Op die plaas Libanon 69 teen 'n spruit se wal kan die lensvorme duidelik waargeneem word (Sien Figuur 4).

/(Figuur 4.....

Horizontale en vertikale skaal

0 5 10 voet



Grofkorrelrige sandsteen



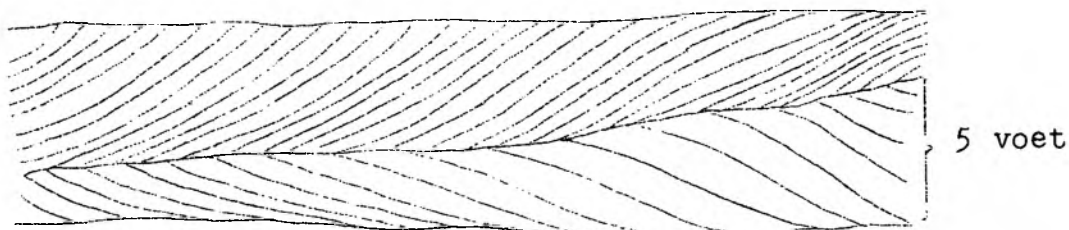
Grofkorrelrige, gelaagde sandsteen



Koelstofhoudende sandsteen

Figuur 4. - Profiel deur sandsteenlense van Moltenolae.

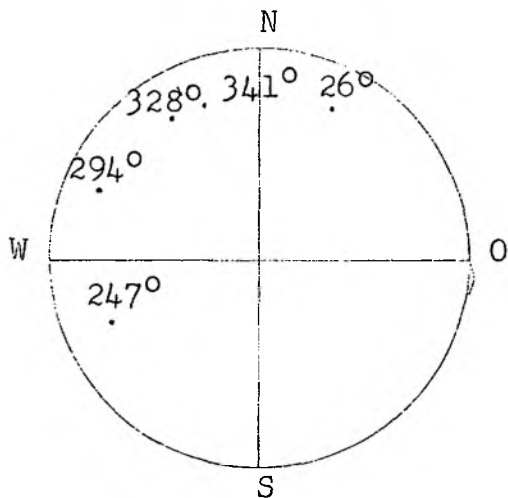
Die sandige sedimente van die Moltenolae is deurgaans kruisgelaagd. 'n Kenmerk van die kruisgelaagdheidseenhede van hierdie étage is die relatiewe groot diktes daarvan. Dit is 'n baie algemene verskynsel om te vind dat hierdie eenhede van 3 tot 5 voet dik wissel en soms selfs meer. Figuur 5 illustreer wat bedoel word met 'n kruisgelaagdheidseenheid.



Figuur 5. - Kruisgelaagdheidseenhede.

Geskikte dagsome vir die opmeting van afsettingsrigtings in die kruisgelaagdheidseenhede is egter skaars en metings is net op 5 lokaliteite gedoen. Op elke lokaliteit is gemiddeld 8 lesings geneem. Die lesings in Figuur 6 dui net die 5 gemiddelde lesings aan.

/Figuur 6.....



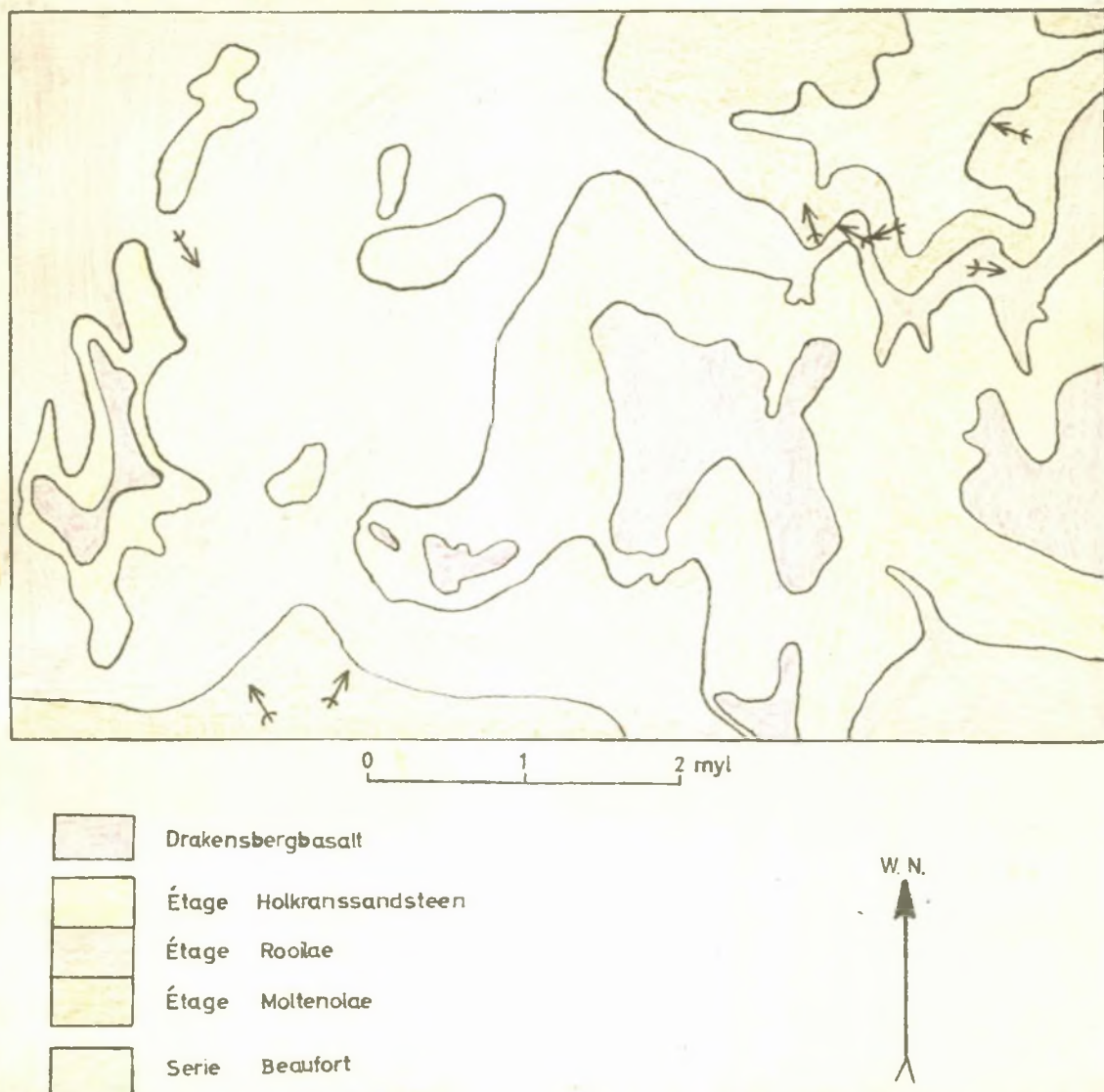
Figuur 6. - Afsettingsrigtings in Moltenosandsteen volgens kruisgelaagdheidsmetings.

Alhoewel die aantal lesings wat geneem is nie genoeg is om 'n definitiewe rigting van afsetting aan te dui nie, verskaf hierdie diagram nogtans 'n indikasie dat die materiaal wat afgeset is êrens vanuit die suid-ooste afkomstig moes gewees het.

Die hellings van meeste van die kruisgelaagdheidseenhede wissel van 19° tot 24° .

Figuur 7 toon 'n sketskaart van die gekarteerde gebied waarop pyltjies aangebring is om die rigtings van afsetting op die verskillende lokaliteite in die Molteno- en Rooilae aan te dui.

/Figuur 7.....



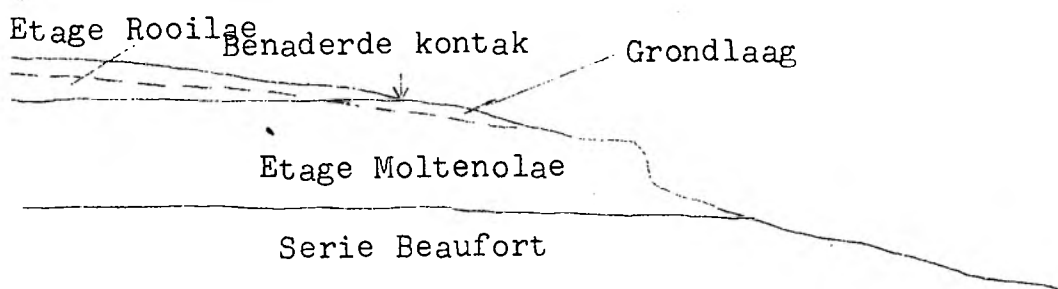
Figuur 7. - Sketskaart van gekarteerde gebied om rigtings van afsetting in die Molteno- en Rooilae aan te dui.

(ii) Etage Rooilae. - Die sandsteenlede van die Rooilae darsom oor die algemeen redelik goed en vorm soms terrasse langs die hange van rante of berge, omdat die sandsteenlae meer as die moddersteen weerstand bied teen verwerking. Dagsome van moddersteen en sliksteen is minder algemeen en word meesal blootgestel in slote en spuite.

Harde, sekondêre kalkkonkresies word wens in die Rooilae, veral in die boonste horisonte gevind, byvoorbeeld wes van Hebron 71 in die Jordaanrivier is kalkkonkresies in 'n fynkorrelrige, liggroenkleurige sandsteen teenwoordig. Op Libanon 69 is konkresieverwerking in die onderste Rooilae waargeneem.

/Die.....

Die kontak tussen die Molteno- en Rooilae kan nêrens waargeneem word nie en op die geologiese kaart (Plaat I) is dit dus naasteby aangedui. Prakties gesproke, kan die kontak 'n end weg van die kranse deur die Moltenolae gevorm, getrek word soos in Figuur 8 aangedui word. 'n Paar detailprofiele van Van Eeden (1937, bls. 18 - 20 en bls. 26, 28 - 29) toon aan dat die basis van die Rooilae net onder die eerste helderleurige moddersteenlaag getrek kan word.



Figuur 8. - Denkbeeldige diagrammatiese profiel om die kontak tussen die Molteno- en Rooilae aan te dui.

Dit is opvallend dat die Rooilae nêrens holkranse vorm nie. Hiervan kan gebruik gemaak word om die oorgang tussen die Rooilae en Holkranssandsteen naasteby vas te stel indien daar geen ander kenmerke teenwoordig is wat hierdie oorgang kan aandui nie.

Hierdie *étage* besit die grootste verspreiding in die gebied en maak die grootste gedeelte van die westelike laerliggende gebied uit.

Rooi en pers moddersteen- en sliksteenlense kom algemeen in die onderste Rooilae voor, maar hierdie dagsome is so swak dat die omvang daarvan nie bepaal kan word nie. Rooi en bruin fynkorrelrige sandsteen kom ook soms voor en hierin kan onegalige kolle vaalgrys sandsteen plek-plek waargeneem word soos byvoorbeeld op die plase Vaalkrans 140 en Vaalbank 156. Koen (1955, bl. 336) beskryf hierdie kolle, wat oppervlakkig na kalknodules lyk, as plekke waar die bruin kleur van die sandsteen uitloging ondergaan het. Die bruin en pers sandsteen bevat soms talle kleiner insluitels van rooi tot pers moddersteen, van 'n gedeelte van 'n duim tot 8 duim lank. 'n Voorbeeld hiervan kan 'n $\frac{3}{4}$ myl suidoos van die opstal op Vaalbank 156 gesien word.

Tussengelaagd met die boonste fynkorrelrige Rooilaesandsteen word sliksteen-, moddersteen- en chertagtige lense aangetref wat gewoonlik nie dikker as ongeveer 6 voet is nie. 'n Goeie voorbeeld hiervan kan op Vaalbank 156 in die kloof van die Jordaanrivier gesien word. Plaat III b toon so 'n chertagtige laag. Volgens die voorkoms van die chertagtige lense is dit 'n gebreksieerde, kalkagtige gesteente wat blykbaar stukkies fossielmateriaal bevat maar wat egter tot so 'n mate verkieseling ondergaan het dat dit onherkenbaar is. Chemiese afsetting kon moontlik ook 'n rol in die afsetting van die chertlense gespeel het. Van Eeden (1937, bl. 27), het die sandsteenlae wat hierdie lense bevat tereg as oorgangslae bestempel en dit by die Etage Holkrans geklassifiseer. In hierdie beskrywing word bogenoemde lae egter by die Rooilae gegroepeer. Die rede hiervoor is dat die verskillende lense 'n aanduiding is dat die afsettingstoestande nog nie so homogeen was as wat met die afsetting van die Holkranssandsteen die geval was nie.

Voorbeelde van 'n paar interessante voorkomste is in die gebied aanwesig. Op die plaas Retief 88, dagsoom byvoorbeeld 'n kwartsietagtige sandsteen, ongeveer 6 voet by 4 voet, waarvan die omvang en strekking nie vasgestel kon word nie. Rooilaesandsteen dagsoom ongeveer 200 tree van hierdie kwartsietagtige gesteente. 'n Mineralogiese beskrywing van laasgenoemde volg later. In 'n spruit op die plaas De Hoek 1238 kom 'n $1\frac{1}{2}$ voet dik konglomeraatlens in die Rooilae voor, ongeveer 50 voet onderkant die oorgang met die Holkranssandsteen. Die rolstene bestaan uit afgeronde plat skywe moddersteen wat meesal horisontaal georiënteer is. Sandsteenrolstene tot 4 duim lank, is ook aanwesig. Laasgenoemde rolstene het dieselfde fynkorrelrige tekstuur as die Rooilaesandsteen en is dus moontlik elders uit die Rooilae verweer. Die grondmassa bestaan uit fynkorrelrige sandsteen, soortgelyk aan die Rooilaesandsteen.

Hierdie konglomeraatlens het blykbaar net 'n lokale verspreiding aangesien soortgelyke voorkomste nêrens verder in die gebied teëgekomp is nie. Dit rus met 'n skerp kontak op fynkorrelrige, grys sandsteen terwyl 'n 10 duim dik sandsteenlens bo-op die konglomeraatlens voorkom.

Ongeveer 'n myl suidwes van die opstal op die plaas Vaalbank 156 kom 'n egaliggelaagde sliksteenlens, ongeveer 2 voet dik, in die boonste Rooilae voor. Sowat 160 voet bokant die basis van die Rooilae op die plaas Leeuwarden 113 dagsoom 'n gelaagde fynkorrelrige sandsteenlens van $2\frac{1}{2}$ voet dik. Hierdie lens rus met 'n skerp kontak (diastem?) op 'n gelaagde, grofkorrelrige sandsteen.

Die onderste Rooilaesandsteen is gewoonlik liggryskleurig met 'n grofkorrelrige tekstuur. Van onderaf neem die fynkorrelrigheid van die sandstene egter toe na middelkorrelrig en fynkorrelrig in die boonste Rooilae, wat geleidelik in die Holkranssandsteen gradeer. Die kleur van die sandstene oor die algemeen is wit tot dofgeel en toon gelaagdheid, behalwe die fynkorrelrige sandstene wat meesal of massiefgelaagd of massief is. Wat tekstuur en voorkoms dus betref, verskil die boonste fynkorrelrige Rooilaesandsteen weinig van die massiewe Holkranssandsteen, behalwe dat eersgenoemde soms gelaagd is. Soms kom Rooilaesandsteen met 'n groter korrelgrootte as gewoonlik in die boonste Rooilae voor. So 'n voorbeeld dagsoom 'n myl noord van die woning op die plaas Stillewoning 1296 langs die westekant van die grootpad. Hierdie sandsteen is middelkorrelrig, maar bevat verspreide growwe sandkorrels tot $1\frac{1}{2}$ millimeter in deursnee. Hierdie grofkorrelrigheid is egter 'n uitsondering in die boonste Rooilae.

Net vier lokaliteite was geskik om rigtings van afsetting te meet en word met pyltjies in Figuur 7 aangedui. Die vierde lokaliteit lê egter buite die gekarteerde gebied. Drie van die rigtings is op water-riffels en een op kruisgelaagdheid gemeet. Geen gevolgtrekking omtrent 'n definitiewe rigting van afsetting kon egter op hierdie klein aantal metings gedoen word nie.

(iii) Etage Holkrans. - 'n Karaktertrek van hierdie sandsteen is die verbasende univormigheid daarvan in al die verskillende gebiede in Suidelike Afrika. Hierdie étage is deur verskeie persone in ander gebiede beskryf, byvoorbeeld die Barkly-Oos-Aliwal-gebied deur Haughton (1924, bl. 448 - 449),

/Basoetoland.....

Basoetoland deur Stockley (1940, bl. 452) en die Bethlehem-Kestell-area deur Van Eeden (1937, bls. 27 - 31).

Die tipiese verwerking van hierdie sandsteen het die oorspronklike naam aan hierdie *étage* verskaf (Plaat IV b). Die holkranse word prakties deur die boere as veeskuilings benut; sommige holkranse kan byvoorbeeld 'n paar honderd skape huisves. Behalwe die talryke holkranse word baie ander verweringspatrone of -strukture gevorm, byvoorbeeld die heuningkoekverwerking wat in die kloof (Piet se gat) op Vaalbank 156 te sien is (Plaat IVc). Oppervlakverwerking van kalkkonkresies, waar net die boonste ongeveer $\frac{1}{8}$ na $\frac{1}{4}$ duim van die gesteente uitverweer, is baie algemeen in die Holkranssandsteen (Plaat IVa). Die Holkranssandsteen dagsom baie goed, meesal as hoë kranse, hoewel vars monsters moeilik verkrygbaar is.

In die huidige gebied wat ondersoek is, is die oorgang tussen die Rooilae en Holkrans transgressief. In die kloof op Vaalbank 156 kan die boonste oorgangslae van die Rooilae duidelik gesien word. Hierdie plek is die enigste in die gebied waar 'n duidelike kontak tussen die Etages Rooilae en Holkrans getrek kan word nl. net bokant die boonste moddersteen-, slijksteen- of chertlens. Waar laasgenoemde lense egter nie teenwoordig is nie, is die kontak ongeveer 20 voet onder die laagste kranse en holkranse ingetrek. Soms is die Holkranssandsteen op 'n konstante horison bruin of rooi gekleur maar sterf langs strekking uit, sodat kleur geen standaard verskaf om die kontak vas te stel nie.

Die dikte van die Holkranssandsteen varieer baie soos die geval ook is in ander gebiede waar hierdie *étage* aangetref word. Die diktemeting op die plaas L.F. 1562 was byvoorbeeld 390 voet en op die aangrensende plaas Dankbaarheid 1297 was dit 570 voet. Soos op Plaat I gesien kan word, beslaan die Holkranssandsteen meesal die berggedeeltes, d.w.s. die weste, midde en suidooste van die gebied wat gekarteer is.

Kalknodules is algemeen in die sandsteen teenwoordig en wissel van baie klein groottes tot selfs 3 voet en selfs meer in deursnee. Die sandsteen

/het.....

het soms 'n gespikkelde voorkoms, waarvan elke spikkel 'n deursnee van ongeveer $\frac{1}{16}$ tot $\frac{1}{8}$ duim het. Hierdie spikkels is ligter in kleur as die res van die sandsteen en verteenwoordig moontlik die begin van konkresievorming. Dofrooi- en bruinkleurige sandsteen kom plek-plek voor. 'n Veldondersoek het aan die lig gebring dat konkresies ($\frac{1}{15}$ tot $\frac{1}{8}$ duim in deursnee) van hematiet en limoniet meer algemeen hierin as in die meer algemene dofgeelkleurige sandsteen voorkom. Verspreiding deur oplossing en oksidasie van ystersulfides kan moontlik verantwoordelik wees vir die kleur van die sandsteen.

Sekondêre sandsteenaartjies, van 'n gedeelte van 'n duim tot $1\frac{1}{2}$ duim dik, kom soms in krake in die Holkranssandsteen voor. 'n Goeie voorbeeld hiervan is teen 'n krans 400 tree wes van die plaashuis op L.F. 1562 te sien (Plaat Vb). 'n Mikroskopiese ondersoek toon aan dat hierdie aartjies dieselfde samestelling en tekstuur as die Holkranssandsteen toon. Die sementmateriaal is sekondêre kwarts. Die aartjies kon dus gevorm het in krake wat in die sandsteen ontstaan het na sedimentasie en gedeeltelike konsolidasie, en wat opgevul is met sand. Hierdie krake moes ook as geskikte kanale gedien het om bogrondse water deur te laat. Sodoende kon die water sekondêre silika tussen die sand in die krake afgeset het. Sekondêre kalsiet is ook in sommige plekke langs die aartjies teenwoordig.

Uitstaande kenmerke van die Holkranssandsteen is die verbasende univormigheid en massiewe voorkoms daarvan. Kris-kras-gelaagdheid kan egter op verskeie plekke op verweringsoppervlaktes opgemerk word bv. op die plase Vaalkrans 140, Highlands 1239, Fonteinhoek 1548, Hebron 71 en andere. Die kruisgelaagde-eenhede wat op Highlands 1239 voorkom, het 'n lengte van 20 tot 25 voet wat as 'n gemiddelde lengte beskou kan word (Plaat VIa). Die konvekse lensvorm en egaligheid van elke eenheid is ook 'n eienskap van windafsetting. Van Eeden (1937, bl. 28) beskryf riffelmerke wat hy in verweringsblokke van die Holkranssandsteen teëgekome het en kom tot die gevolgtrekking dat dit deur water gevorm is. Die huidige skrywer het riffelmerke met plat kruine ook in 'n verweringsblok

/teëgekome.....

teëgekrom. In hierdie verband noem Shrock (1948, bls. 100 - 101) dat eoliese riffelmerke, in teenstelling met riffels gevorm deur waterstrome nie alleen baie platter is nie maar ook die growwer materiaal op en naby die kruine van die riffel bevat, terwyl die fyner materiaal in die trôe aangetref word. Volgens die vorm van die riffels in die verweringsblok is dit deur wind gevorm.

Die voor-lawas oppervlakte van die Holkrans was baie onegalig. Getuigenis hiervan kom op die plaas Stillewoning 1296 en L.F. 1562 voor, waar 'n onversteurde Holkrans-lawas-kontak soms 'n helling van ongeveer 30° met die horisontaal maak. Hierdie hellings verteenwoordig moontlik „oerduine“ wat gedurende die eerste lawavloeiings in die Holkranssandsteen bestaan het.

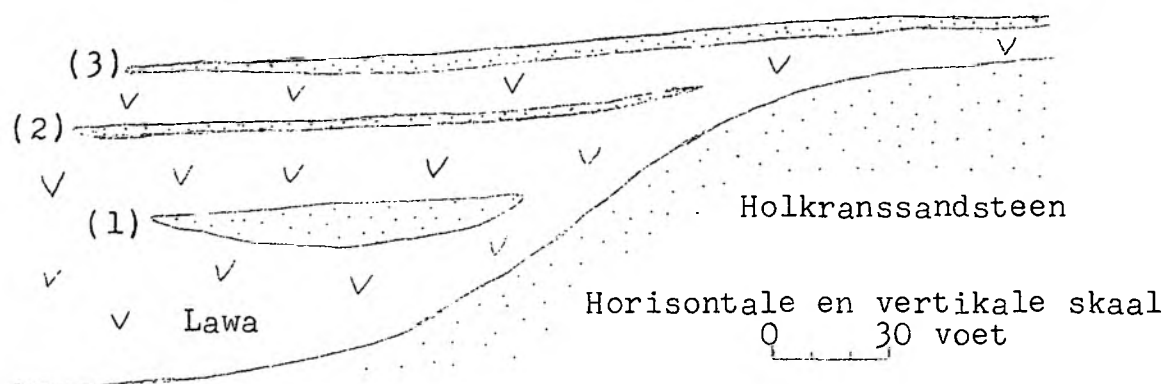
Die sandsteenlense wat in die Drakensberglawas voorkom, besit dieselfde fisiese kenmerke as die Holkranssandsteen en sal dus hieronder bespreek word. Verskillende skrywers soos Van Eeden (1937, bls. 31 - 32) en Du Toit (1929, bl. 15) het sandsteenlae wat in die lawa voorkom, beskryf.

Dagsome van sandsteen in die lawa kan op talle plekke in die weste van die gebied waargeneem word in die vorm van lense en tonge wat aan die Holkranssandsteen verbind is. Die dikte van die sandsteenlae en -tonge wissel van ongeveer 'n voet tot 30 voet, byvoorbeeld 'n 30 voet dik sandsteenlaag kom op die plaas Fouries Rust 80 in die lawa voor (Plaat VIb). 'n Drie voet dik sandsteenlaag kom volgens Van Zijl, Graham en Hales (1961, bl. 33) selfs 1100 voet bokant die basis van die lawa naby Maseru voor. Die onderste kontak hiervan is sedimentêr, terwyl die bokant van die lens deur die oorliggende lawavloei gebak is. Meesal word die sandsteenlae egter in die onderste 120 voet lawa aangetref. Na aanleiding hiervan meld Du Toit (1956, bl. 301) as volg: „A wealth of evidence shows that the relationship to the Cave Sandstone was an intimate one and indicates that, while sand was still 'invading' the region, volcanoes were from time to time breaking forth into eruption.“ Alle kenmerke van die sandsteenlense, soos kleur, tekstuur, gelaagdheid, ens. kom met die Holkranssandsteen ooreen, veral met die boonste horisonte

/van.....

van laasgenoemde, wat dikwels watergelaagdheid toon. Verskeie lokaliteite is ook teëgekomp waar waterriffels en modderkrake algemeen in die sandsteenlense voorkom (Plaat VIIa). Krumbein en Sloss (1959, bl. 198) meld dat riffelmerke en modderkrake 'n algemene verskynsel in playamere is. Die omgewing waar laasgenoemde sandsteenlaag dagsoom kon dus moontlik 'n playameer gewees het. In verband met die sandsteenlense meld Du Toit (1956, bl. 3) ook van 'n wye holte in die sandsteen in die Mount Fletcher-distrik wat duidelik 'n oorspronklike kanaal in die oppervlakte van die sandverteenvoerdig het en wat deur talle klein en onegalige lawavloeiings, geskei deur sandsteenlense, opgevul is.

Soortgelyke voorkomste van sandsteenlense en -tonge in die lawa, kan op die plaas Dankbaarheid 1297 waargeneem word (Figuur 9).



Figuur 9. Sandsteenlense wat in lawa voorkom. Sandsteenlense (1) en (2) is massief en identies wat voorkoms betref. (3) is 'n fyn, gelaagde sandsteen wat moontlik deur wind in water afgeset is.

Du Toit (1956, bl. 300) noem ook dat dele van die onderste en selfs boonste Holkranssandsteen deur windwerking in samewerking met water, gevorm is.

2. Petrografie.

(a) Slypplaatjie-analise. - Van vier tot ses sandsteenmonsters van elke étage is mikroskopies ondersoek. Kenmerke soos die korrels se samestelling, grootte, gerondheid, insluitels, asook die grondmassa en sementmateriaal is ondersoek.

(i) Moltenolae. - Hierdie étage se sandstene bevat korrels wat hoofsaaklik uit kwarts bestaan, terwyl veldspaat- en chertkorrels ook aanwesig is. Behalwe die „skoon“ kwartskorrels, wat die grootste

/persentasie.....

korrels verteenwoordig kom heelwat kwartsfragmente, wat moontlik vanaf kwartsiet afkomstig kan wees, voor. Die korrels wat 'n kriptokristallyne tekstuur toon, is as chert beskou. Bykomstige mineraalkorrels in die sandstene bestaan meesal uit plagioklaas- en mikroklien-veldspaat. Enkele biotietfragmente kom vasgedruk tussen die kwartskorrels voor, terwyl afgeronde magnetietkorrels ook af en toe in sommige slypplaatjies teenwoordig is. Swaarminerale wat elders bespreek word, kom ook as detritale korrels voor.

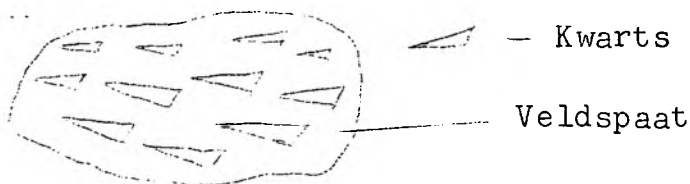
In die grinterige lede van die Moltenolae kom enkele kwarts- en veldspaatkorrels soms voor wat groter as 2 millimeters in deursnee is. Oor die algemeen is die korrels in die sandige en grinterige lede egter kleiner as 1 millimeter, sodat die gesteentes meesal as grof- tot middelkorrelrige sandstene beskryf kan word.

Meesal is die kwartskorrels hoekig, maar amper-hoekige en enkele baie goed tot perfek afgeronde korrels kom ook voor. As gevolg van die gerondheid kan laasgenoemde beskou word as tweede siklus korrels. Sekondêre vergroting, in optiese kontinuïteit, is op sommige kwartskorrels waargeneem, sodat die kristalvlakke selfs in sommige gevalle waarneembaar is. Hierdie eienskap verskaf die glinsterende voorkoms aan die Moltenosandsteen.

Heelwat kwartskorrels bevat vloeistofinsluit-sels wat meesal in definitiewe vlakke gerangskik is, terwyl enkele korrels insluit-sels van toermalyn en sirkoon bevat.

Die grondmassa bestaan meesal uit fynkristal-lyne filosilikate soos serisitiese- en chloritiese materiaal. Klein oop spasies kom soms tussen die korrels voor, maar die poreusheid is moeilik om in 'n slypplaatjie vas te stel, aangesien sommige van die openinge veroorsaak is deur die slyp van die seksie. Die sementmateriaal wat die korrels gedeeltelik bind, bestaan meesal uit sekondêre ysteroksides, terwyl sekondêre silikasement maar 'n klein rolletjie in hierdie verband speel.

(ii) Rooilae. - Dieselfde minerale wat die korrels in die Moltenolae verteenwoordig, kom ook in die Rooilae se sandstene voor. In die ondersoek van 'n Rooilaemonster is 'n detritale korrel teëgekomp wat 'n besondere mikrografiese vergroeide patroon van kwarts in veldspaat toon (Figuur 10 en Plaat IXa, vergroting 200x).



Figuur 10. Mikrografiese vergroeiing van kwarts in veldspaat.

Heelwat detritale magnetietkorrels kom in rooigekleurde sandstene voor, terwyl 'n paar ilmenietkorrels, wat gedeeltelik na leukoseen verander is, ook af en toe voorkom.

Die afgerondheid van die kwartskorrels in die Rooilaesandstene is oor die algemeen bietjie beter as in die Moltenolae. Soortgelyke vloeistofinluitsels as dié in die kwartskorrels in die Moltenosandstene, is ook in die kwartskorrels van die Rooilae waargeneem.

Die sementmateriaal van die sterk rooigekleurde Rooilaesandstene bestaan hoofsaaklik uit ysteroksiedes wat dus daarop dui dat die rooi kleur van die sandstene te wyte is aan die oksidasie van ystersulfides wat oorspronklik in die afgesette lae teenwoordig moes wees. Sommige ysteroksiedes toon 'n ligbruin tot donkerbruin kleur onder gereflekteerde lig, terwyl andere weer 'n metaalglans besit. Die minerale is dus limoniet en hematiet.

Die kwartsitiese sandsteen wat op die plaas Retief 88 voorkom, is mikroskopies ondersoek. Korrels van veldspaat en sagte mineraalkorrels wat teenwoordig is, vertoon nog vars. Die sementmateriaal bestaan feitlik geheel-en-al uit sekondêre silika wat die korrels sterk aan mekaar heg. 'n Paar muskoviëtkorrels is in hierdie slypplaatjie waargeneem, terwyl enkele biotietkorrels teëgekomp is wat sterk pleokroïes is, met die volgende pleokroïese formule:

Z - donkerbruin.

X - liggeel.

/Enkele.....

Enkele zeolietkorrels is ook teëgekrom.
Die korrels toon 'n veselagtige struktuur en 'n
lae dubbelbreking.

(iii) Holkranssandsteen. - Die kwartskorrels in die
Holkranssandsteen het meesal 'n kleiner korrelgrootte
as die Rooilae. Verskeie korrels, van ongeveer
gemiddelde korrelgrootte, se kortste deursnit is gemeet.
Hoewel baie min werklike deursnitte in 'n slypplaatjie
gemeet kan word, kan 'n algemene idee verkry word
watter korrelgrootte die meeste verteenwoordig is.
Die kortste deursnit van die mees algemene korrelgrootte
is selde kleiner as 0.08 millimeter, terwyl die grootste
korrels se langste deursnitte selde 0.13 millimeter
oorskry. Hiervan kan dus met sekerheid afgelei word
dat die Holkranssandsteen meesal as baie fynkorrelrige
sandstene beskryf kan word volgens Wentworth se korrel-
grootteklassifikasie (Krumbein en Pettijohn 1938, bl.80).

Die kwartskorrels toon oor die algemeen ook
beter afronding as die Rooilae, hoewel sommige van die
korrels as amperhoekig beskryf kan word. Verdere
kenmerke van die Holkranssandsteen verskil nie van die
Rooilae nie, behalwe dat eersgenoemde minder hematiet
bevat. 'n Kwartsitiese sandsteen, wat ongeveer 'n voet
onder die kontak met die lawa geneem is, bevat sekondêre
kwarts as bindmateriaal. Die kwartsitiese geaardheid
van die sandsteen is nie die gevolg van die lawa wat
daarop uitgevloei het nie aangesien die bakeffek van die
lawa hier nie dikker as 'n halfduim is nie. Die kwarts-
korrels van hierdie sandsteen is deurgaans baie goed
afgerond. Die monster bevat geen mika nie. In 'n
handmonster vertoon dit „skoon“ en aangesien die
sementmateriaal hoofsaaklik uit sekondêre kwarts
bestaan, kan dit as 'n ortokwarsiet beskou word. Die
korrelgrootte van hierdie monster wissel meesal tussen
0.25 en 0.5 millimeter en word dus as middelkorrelrige
sandsteen geklassifiseer, wat 'n uitsondering vir die
Holkranssandsteen is. Volgens 'n harde sandsteenmonster
wat in die boonste horisonte van die Etage Holkrans op
Fouries Rust 80 geneemis, blyk dit dat die sandsteen
hier ook gedeeltelik silisifisering of verkieseling
ondergaan het. Dit is dus in die meeste gevalle

moeilik om die kwartskorrels van mekaar los te kry sonder dat individuele korrels gebreek word. Die Rooilae- en Holkranssandsteen het dus sommige plekke verkieseling ondergaan moontlik deur 'n proses wat beskryf kan word as sekondêre vergroting van kwartskorrels wat gedeeltelik te wyte is aan „oplossing deur druk“.

Volgens Pettijohn (1957, bl. 316) se definisies van sandstene kan die sandstene van die Serie Stormberg meesal as protokwartsiete beskou word.

Drie sandsteenmonsters van die Moltenolae, een van die Rooilae en 2 Holkransmonsters se persentasie samestelling (volumetries) is bepaal (Tabel I).

TABEL I.

Persentasie samestelling (volumetries) van sandstene van die Serie Stormberg.

Monster Nos.	Kwarts.	Plagio- Klaas.	Mikro- Klien.	Chert.	Sementmateriaal en Openinge.
M 18	70.7	1.1	1.9	1.3	25.1
M 20	74.4	1.2	1.2	0.2	23.1
M 21	70.2	0.6	0.4	0.7	28.1
R 45	56.3	2.0	0.3	5.5	35.8
H 2	63.7	1.6	0.2	0.5	34.1
H 14	71.0	0.1	-	1.5	27.4

72 tot 77 persent van die Moltenosandstene bestaan uit kwartskorrels wat verreweg die meeste is, terwyl plagioklaas-, mikroklien- en chertkorrels tesame 1.5 tot 4 persent van die totale sandstene uitmaak. Die persentasie sementmateriaal varieer van 23 tot 28 en bestaan meesal uit chloritiese- en serisitiese materiaal, terwyl silikament tot 'n mindere mate voorkom. Die klein hoeveelheid glimmer (biotiet en muskoviet) wat teenwoordig is, is by die sementmateriaal getel.

Die Holkransmonsters toon dieselfde korrelmateriaal as die Rooilae- en Moltenosandsteen, behalwe dat dit nie meer as 2 persent veldspaat en feitlik geen

mika bevat nie. Die sementmateriaal van die Holkranssandsteen bestaan ook uit 'n groter persentasie sekondêre kwarts as die sementmateriaal in die sandstene van die Etages Rooilae en Moltenolae.

(b) Swaarmineraalstudie.

(i) Algemeen. - Die studie van die swaarminerale kan eerstens in sommige gevalle van stratigrafiese korrelasie gebruik word, omdat elke stratigrafiese eenheid tot 'n sekere mate van elke ander in karakter en hoeveelheid van 'n groep swaarminerale verskil. Tweedens kan die studie van swaarminerale gebruik word om die oorsprongrotse vas te stel (Pettijohn 1957, bls. 129 - 130).

Die swaarminerale in 'n middelkorrelrige- en grofkorrelrige sandsteen is grootliks gekonsentreer in die fyn sandfraksie, omdat detritale minerale gesorteer word volgens gewig en nie volgens grootte nie (Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 319). Om hierdie rede is swaarminerale feitlik afwesig in skalies en is hierdie gesteentes gevolglik nie ondersoek nie. In 'n bespreking van die korrelgrootteverspreiding van partikels in 'n water- en windafgesette sandsteen, kom Koen (1955, bl. 292) tot die gevolgtrekking dat die soortlike gewig van mineraalkorrels die korrelgrootteverspreiding in albei tipes sandsteen dieselfde affekteer, hoewel minder opvallend in 'n eoliese sandsteen.

Omdat die sandstene wat ondersoek is varieer van fyn- tot grofkorrelrig, moes daar eers vasgestel word watter fraksie die geskikste was vir swaarmineraal-ondersoek. Swaarminerale van beide minus 100 maas en minus 200 maas fraksies (Tyler) is afgeskei en mikroskopies ondersoek. Daar is gevind dat die swaarminerale in die Rooilae en Holkranssandsteen hoofsaaklik in die minus 200 maas fraksie gekonsentreer is, terwyl soortgelyke fraksies van die Moltenolae baie min swaarminerale bevat het. Om hierdie rede is die minus 100 maas fraksies deurgaans gebruik.

In sy ondersoek van sommige Karoosedimente het Koen (1955, bl. 284) egter die minus 200 maas fraksies gebruik. Resultate deur die skrywer verkry,

/kan.....

kan dus nie altyd direk met dié van Koen vergelyk word nie.

(ii) Voorbereiding van korrelmonterings. - Elke sandmonster wat vergruis is, het ongeveer 2 pond geweeg. Die monsters is versigtig met sagte reguit houe in 'n ystervysel vergruis en die sand is gereeld gesif om breking van korrels tot 'n minimum te beperk. Hierna is elke monster in 'n glasbeker met water gewas om die kleiige materiaal te verwyder.

Een gram, verkry deur keëlverdeling van die droë monster, is gebruik vir swaarmineraalskeiding. Koen (1955, bl. 285) het in dié verband gevind dat nie meer as 2 gram op 'n keer in 'n tregter met 'n 5 duim deursnee geskei moet word nie, anders word die gehalte van die skeiding beïnvloed.

Verskillende metodes is al in swaarmineraalskeidings gevolg deur verskillende persone. Bates en Bates (1960, bl. 148 - 153) het gevind dat die oop tregter swaarmineraalskeiding byna 95 persent van die swaarminerale teenwoordig in 'n sandmonster, afskei. Die standaardmetode van swaarmineraalskeiding met bromoform (S.G. - 2.91) is gevolg (Krumbein en Pettijohn 1938, bls. 335 en 343). Spesiale tregters met 'n 60° kegelhoek en met 'n deursnee van 3 duim is gebruik. Wat hier van belang is, is dat die tregters geen riffels aan die binnewande moes hê nie, om sodoende die swaarminerale wat hier kon vassit, tot 'n minimum te beperk.

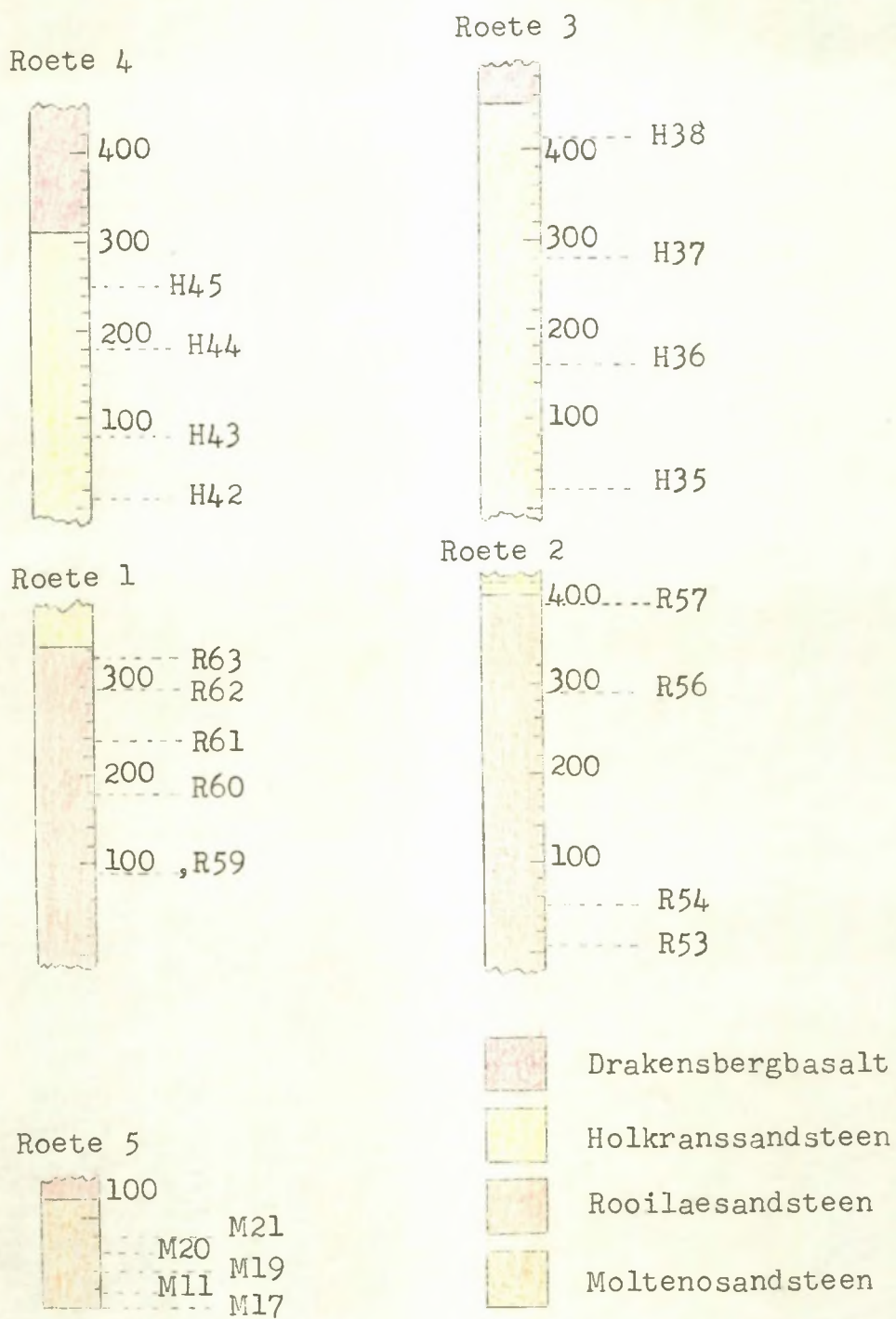
Dun glasstafies is gebruik om die bromoform met sandlagie versigtig om te roer. Hierdie proses is vyf keer herhaal. Die swaarminerale is afgetap en die standaardprosedure, deur met alkohol te was, is gevolg. Daarna is die swaarmineraalkorrels op glasplaatjies gemonteer en 'n week lank gebak by 'n temperatuur van 65°C. As die plaatjies nie lank genoeg gebak word nie, is die dekglasie met die korrels geneig om te beweeg as dit regop gebêre word. Dieselfde prosedure is gevolg met al die sandsteenmonsters. Die telling van die swaarminerale is met behulp van 'n meganiese tafel, wat op die mikroskooptafel vasgekroef is, uitgevoer.

/((iii) Monstering...

(iii) Monsterring. - Die sandsteenmonsters vir swaarmineraalstudie is versamel langs 4 verskillende roeteopnames. Die spasiëring van die monsters het afgehang van die geaardheid van die dagsome en bekombaarheid van vers monsters. Twee roeteopnames elk is gemaak van die Etages Holkrans en Rooilae, terwyl net een roeteopname oor die Moltenolae gemaak is, omdat die dagsome van laasgenoemde swak is. Die verskillende roetes is aangedui op Plaat I.

Vir alle praktiese doeleindes lê die strata in die gebied horisontaal. Roetes is dus van onderaf deur sie suksessie gevolg en die monsters van die Rooilae- en Holkranssandsteen is 100 tot 200 voet vertikaal van mekaar geneem. Die Molteno-monsters is egter 15 tot 25 voet van mekaar geneem. Die onderste monsters is so na as moontlik aan die basis van die verskillende étages geneem. 'n Barometer is gebruik om die hoogte van elke monster te noteer. Die posisie van elke monster word in Figuur 11 aangedui. Sandsteenmonsters van die Etage Holkrans word met die letter H aangedui, dié van die Rooilae met R en dié van die Moltenolae met M.

/Figuur 11.....



Figuur 11. Roetes waarlangs sandsteenmonsters vir swaarmineraalstudie geneem is. Diktes word in voet aangegee.

/((iv) Mikroskopiese....

(iv) Mikroskopiese Studie. - Die studie van die swaarminerale het die volgende behels :

- (a) Die identifikasie van die verskillende swaarminerale.
- (b) Die telling van elke soort mineraal asook die aard van elke soort bv. 'n sirkoonkorrel is afgerond, hoekig of prismaties, die kleur is kleurloos, ligroos ens. en die korrel kan sonaal of nie-sonaal wees. 'n Netoogstuk is gebruik om alternatiewe roetetellings oor die hele oppervlakte van elke plaatjie te doen. Koen (1955, bl. 294) het sy tellings baseer op die beginsels voorgeskryf deur Dryden (1931, bl. 233) wat reken dat 300 korrels getel moet word om redelike akkuraatheid te verkry. Die akkuraatheid neem toe met die vierkantswortel van die aantal getelde korrels. Die huidige skrywer het 500 - 650 sirkone in elke monster getel, behalwe monsters H 42 en R 63, wat elk ongeveer 400 sirkone bevat het.

Outigene minerale is nie getel nie, behalwe titaniet wat soms miskien sekondêr kon gevorm het.

- (c) Die verskillende mineraalspesies is geklassifiseer volgens kleur en pleokroïsme. Sover moontlik is maklik herkenbare kleure gebruik in die mineraalbeskrywings en in hierdie verband is Koen (1955, bls. 297 en 298) se kleurklassifikasie gebruik.

Terme wat gebruik is met die beskrywing van die vorm van mineraalkorrels is dié wat voorgestel is deur Krynine (1948, bl. 142) en effens verander is deur Rittenhouse (1949, bl. 94) :

Gelykkorrelrig - lengte van korrels is minder as $1\frac{1}{2}$ keer sy breedte en dikte.

Prismaties - lengte van korrels is $1\frac{1}{2}$ tot 3 keer sy breedte en dikte.

Naaldvormig - lengte van korrels is meer as 3 keer sy dikte en breedte.

Terme wat gebruik is om die gerondheid van korrels te beskryf is voorgestel deur Russel en Taylor (1937, bls. 238 - 240) :

Hoekig - korrels toon geen of baie min afslyting. Hoeke en kante is skerp.

/Amperhoekig....

Amperhoekig - korrels toon definitiewe afslyting. Die korrels het nog oorspronklike vorm en vlakke toon geen afslyting nie. Hoeke en kante is effens afgerond.

Halfgerond - Die korrels toon baie afslyting. Hoeke en kante is afgerond na egalige krommes en die oppervlaktes van oorspronklike vlakke is baie verminder, maar die oorspronklike vorm van die korrel is maklik waarneembaar.

Afgerond - Oorspronklike vlakke is feitlik heeltemal verwoes maar sommige plat oppervlakkies mag teenwoordig wees. Alle oorspronklike hoeke en kante is afgerond na taamlike breë krommes.

Goedgerond - Korrels bevat geen oorspronklike vlakke, kante of punte nie. Die hele oppervlakte bestaan uit breë krommes. Die oorspronklike vorm kan soms egter nog waargeneem word.

Om die praktiese studie van die afgerondheid van swaarmineraalkorrels te vergemaklik, is alleen die terme „afgerond“ en „hoekig“ gebruik. Die terme „afgerond“ sluit die begrippe „halfgerond“, „gerond“ en „goedgerond“ in. „Amperhoekig“ en „hoekig“ word saam gegroepeer as „hoekig“. Die term „idiomorfië“, wat gebruik is om die vorm van sekere sirkoonkristalle te beskryf, sluit kristalle in met herkenbare piramidale vlakke, ongeag of die kristalle gebreek is of baie effens gerond is (Botha, 1960, bl. 59). „Prismaties“ in die geval van toermalyn en rutiel, sluit korrels in van prismatiese sowel as naaldagtige vorm.

Kleure van die deurskynende swaarminerale word anders deur verskillende persone waargeneem. Om hierdie rede is alleen bekende kleure soos blou, groen, geel, bruin ens. gebruik om swaarminerale te beskryf (Koen 1955, bl. 298). Die kleure is ook as kombinasies gebruik, waarin die tweede kleur oorheersend is, terwyl die eerste die verandering van die tweede kleur aandui. „Geel-groen“ en „groen-geel“ is byvoorbeeld twee verskillende kleurskakerings tussen groen en geel.

Die huidige skrywer het ook hierdie beskrywing van kleure in die ondersoek gebruik.

(d) Die verlenging van die sirkone is bepaal. Die bespreking hiervan word onder (vii) volledig gedoen.

(v) Beskrywing van Swaarminerale. - Die swaarminerale word bespreek in dieselfde volgorde soos aangetoon in Plaat II. Alleen die belangrikste minerale, naamlik sirkoon, toermalyn en rutiel is onderverdeel in verskillende variëteite. Die volgende swaarminerale is getel:

(a) Sirkoon. Die sirkone is hoofsaaklik geklassifiseer volgens kleur en afronding. Alle sirkone is verdeel in kleurlose, gekleurde en ondeurskynende korrels („malacons“). Gekleurde korrels het ligroos- en bruin sirkone ingesluit. Tweedens is alle sirkone verdeel in afgeronde, hoekige en idiomorfe korrels. Die sirkone wat sonebou toon, is getel. Sommige korrels toon alleen sonebou in die sentrale gedeelte, andere weer net langs die kante en in 'n derde tipe is die hele korrel gesoneer. Korrels wat insluitsels bevat is ook getel.

(b) Toermalyn. - Hierdie mineraal is ingedeel volgens pleokroïsme en kleur. Die korrels is verdeel in drie tipes nl. sterk-, swak- en nie-pleokroïes. Die volgende sterk pleokroïese tipes is teenwoordig:

Groen E - Kleurloos, liggeel, ligroos en liggroen.

O - Donkergroen en groen-swart.

Die vorm van hierdie toermalynkorrels is meesal onegalig.

Bruin tot Groen - E - Liggroen

O - Ligbruin.

Slegs enkele monsters bevat hierdie tipe toermalyn.

Geel en Bruin - E - Kleurloos, liggeel en ligbruin.

O - Donkerbruin en bruin-swart.

Die drie pleokroïese tipes van geel en bruin toermalyn is ligbruin tot donkerbruin, liggeel tot donkerbruin en ligbruin tot bruin-swart.

Ligroos en Blou - E - Ligroos

O - Ondeurskynend (swart), donkergroen en donkerblou.

Die toermalyn wat pleokroïsme toon van ligroos tot swart is meesal prismaticies en so intens pleokroïes

dat geen kleur waargeneem kan word as die C-as parallel met die trillingsrigting van die analiseerder georiënteer is nie.

Swak pleokroïese tipes teenwoordig, is die volgende:

<u>Groen</u> -	E - Kleurloos en liggroen
	O - Liggroen en donkergroen
<u>Geel en Bruin</u> -	E - Kleurloos en liggeel
	O - Liggeel en ligbruin
<u>Blou</u> -	E - Kleurloos en ligblou
	O - Ligblou en donkerblou.

Die enigste nie-pleokroïese toermalyn wat algemeen teenwoordig is, is donkergroen, terwyl enkele donkerblou- en kleurlose toermalynkorrels teëgekome is. Enkele pleokroïese korrels wat meer as een kleur toon, is teëgekome, maar hul pleokroïsmes is nie noteer nie.

(c) Rutiel. - Die klassifikasie hiervan berus hoofsaaklik op pleokroïsmes en kleur. Hierdie mineraal is verdeel in ondeurskynende-, sterk pleokroïese- en swak pleokroïese rutiel. Tweedens is die rutielkorrels verdeel in hoekige, afgeronde en prismatiese rutiel.

Ondeurskynende korrels is herken deur 'n baie sterk lig te gebruik onder gekruisde nicols. Rutiel laat 'n donkerrooi lig deur. Sterk pleokroïese korrels se kleur wissel meesal van geel tot donkeroranje; ligoranje tot ligrooi, donkeroranje tot donkerrooi. Swak pleokroïese korrels is teenwoordig in geel, oranje en rooi kleure. Die verskillende kleure is in drie klasse verdeel nl. rooi, oranje tot geel, en grys. Laasgenoemde rutiel is baie skaars en slegs 'n paar korrels is teenwoordig in sommige monsters.

(d) Granaat. - Alleen die aantal korrels wat teenwoordig is, is getel; geen onderskeid is getref tussen afgeronde en hoekige korrels of tussen ligroos en kleurlose korrels nie. Soortgelyk aan Koen (1955, bl. 310) se bevinding is die oorgrote meerderheid granaatkorrels in alle monsters hoekig met uitsondering van monster H38, die boonste monster van roete 3, wat goedafgeronde granaatkorrels bevat.

(e) Epidoot. - Geen onderskeid in tipes tussen die epidootkorrels is gemaak nie. Die korrels is onegalig en gelykkorrelrig in vorm. Hoekige- sowel as perfek-afgeronde korrels is teenwoordig, hoewel laasgenoemde die meerderheid uitmaak. Perfekafgeronde, ovaalvormige korrels, wat dikwels 'n gaatjiesagtige oppervlakte toon, is algemeen in die Holkransmonsters teenwoordig.

Baie van die korrels is feitlik kleurloos met 'n effense pleokroïsmie; dieselfde is gevind deur Koen (1955, bl. 319). Ander korrels is bleek of diep geelgroen. Die pleokroïsmie van laasgenoemde korrels wissel van swak tot sterk. Die diepgekleurde korrels wys die sterker pleokroïsmie. Korrels in verskillende stadiums van verandering, wat moontlik epidoot kan wees, is waargeneem. Die enigste metode om hierdie onbekende mineraalkorrels egter akkuraat te identifiseer, is deur X-straalstudie, wat nie uitgevoer kon word nie.

(f) Apatiet. - Hierdie mineraal is gewoonlik gelykkorrelrig. Meeste van die korrels is ovaalvormig en goed afgerond. Die korrels is gewoonlik skoon en kleurloos en bevat meesal parallelle strepies op die oppervlakte. Sommige korrels se kerns is swak pleokroïes.

(g) Monasiet. - Monasietkorrels is geleurig tot bruinerig en effens pleokroïes. Die korrels is deurgaans goed afgerond en meesal byna sferies. Monasiet toon meesal 'n gaatjiesagtige oppervlakte. Baiekeer is die korrels gedeeltelik bedek deur bruinerige "wolke", wat moontlik veranderingsprodukte verteenwoordig.

(h) Titaniet. - Hierdie mineraal kom meesal voor as goedafgeronde korrels met 'n hoë relief. Die hoë interferensiekleure (wit van hoë ordes) onderskei dit egter van sirkoon en monasiet. Die korrels is gewoonlik bruin of geelbruin (heuningkleurig) en toon 'n duidelike pleokroïsmie van ligbruin tot selfs rooibruin. Enkele korrels, wat net gedeeltelik uitdoof as dit roteer word onder gekruisde nicols, is waargeneem; die interferensiekleur verander dan van oranje na blou (abnormale kleure).

(i) Anataas. - Korrels van hierdie mineraal kom gewoonlik in 'n swerm vierkantige kristalle, wat aan mekaar kleef, voor. Dit is dus van outigene oorsprong en waardeloos vir korrelasie.

Ondeurskynende minerale, meesal ilmeniet, kom voor as outigene korrels sowel as klastiese korrels. Hierdie mineraal is egter nie getel nie, omdat dit geen waarde vir korrelasiedoeleindes bevat nie.

(vi) Voorstelling van Resultate. - Daar bestaan 'n fundamentele beswaar teen die voorstelling van die relatiewe hoeveelheid swaarminerale as aantal korrels per gewig in 'n sandsteen. Die beswaar is gebaseer op die verskil van die afsakkingssnelheid van die verskillende swaarminerale (Koen (1955, bl. 299).

Pettijohn (1931, bl. 446) het 'n metode voorgestel waarin die relatiewe frekwensies van verskillende minerale bereken word in terme van 'n stabiele spesie, granaat, wat min of meer konstant bly. Koen (1955, bl. 299 - 300) het hierdie metode gebruik, maar hy het egter sirkoon in plaas van granaat geneem as die stabiele mineraal, omdat dit so 'n wydverspreide voorkoms in feitlik alle rotse het. Dieselfde metode is in hierdie verhandeling gebruik. Alle minerale is dus as waardes per 1000 sirkone uitgedruk (Plaat II).

Die kwantitatiewe variasies van die belangrikste swaarminerale met stratigrafiese posisie, is grafies voorgestel (Figure 13 tot 18). Twee bykomende driehoeksdiagramme (Figure 19 en 20) is gebruik om die veranderlikheid van drie komponente voor te stel.

In die grafieke stel die X-as die aantal korrels per 1000 sirkone voor, terwyl die Y-as die hoogte wat elke monster bokant die basis van elke étage geneem is, voorstel.

(vii) Verlenging van Sirkone. - Drie monsters van elke roete wat vir die swaarmineraalondersoek gebruik is, is geneem om die verlenging van sirkone wat in die sandstene voorkom, te bepaal. Dieselfde korrelmonterings is ook gebruik.

'n Mikrometeroogstuk met kruishare is gebruik en noord-suid-roetes is oor 'n plaatjie gedoen. Alle sirkone wat nie gebreek is nie en die noord-suid-kruishaar raak, is gebruik vir opmeting. Die roetes is so gespasiëer dat die hele plaatjie gedek en ongeveer 200 sirkone opgemeet is. Die verlenging van elke korrel is verkry deur die lengte deur die breedte te deel.

/Kumulatiewe....

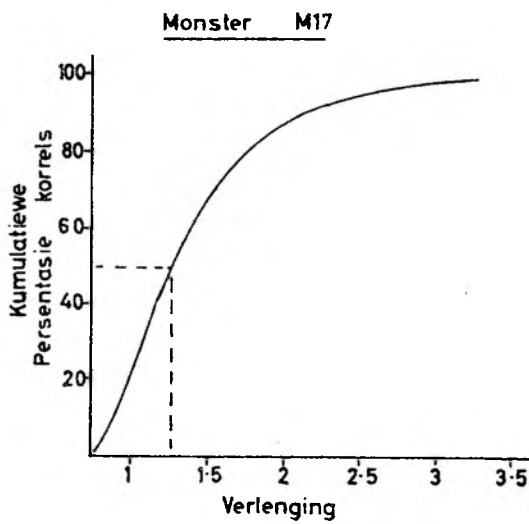
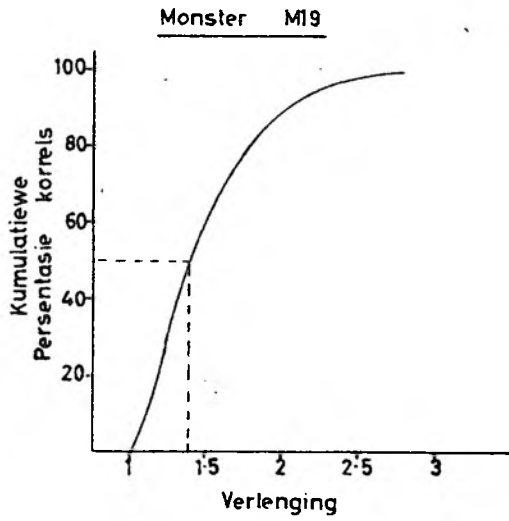
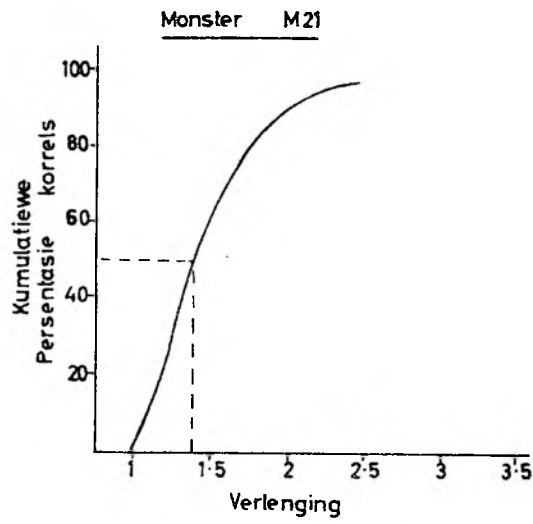
Kumulatiewe kurwes van die verlenging teen kumulatiewe persentasie is geteken (Figure 12 a, b en c) en hieruit kon die gemiddelde verlenging van die sirkone in elke korrelmontering bepaal word.

Volgens Tabel II: Die gemiddelde verlenging van die sirkone asook die persentasie sirkone met 'n verlenging van meer as 2, is in die sandsteenmonsters van die Moltenolae effens laer as in die Rooilae - en Holkranssandsteen. Dit mag aandui dat die Moltenolae meesal uit tweede siklus sedimente bestaan, terwyl die Rooilae- en Holkranssandsteen eerste siklus sedimente verteenwoordig, maar die afgerondheid van mineraalkorrels, wat elders bespreek word, toon die teenoorgestelde. Die afgerondheid van die korrels kan egter as 'n meer betroubare maatstaf beskou word om eerste en tweede siklus sedimente te bepaal.

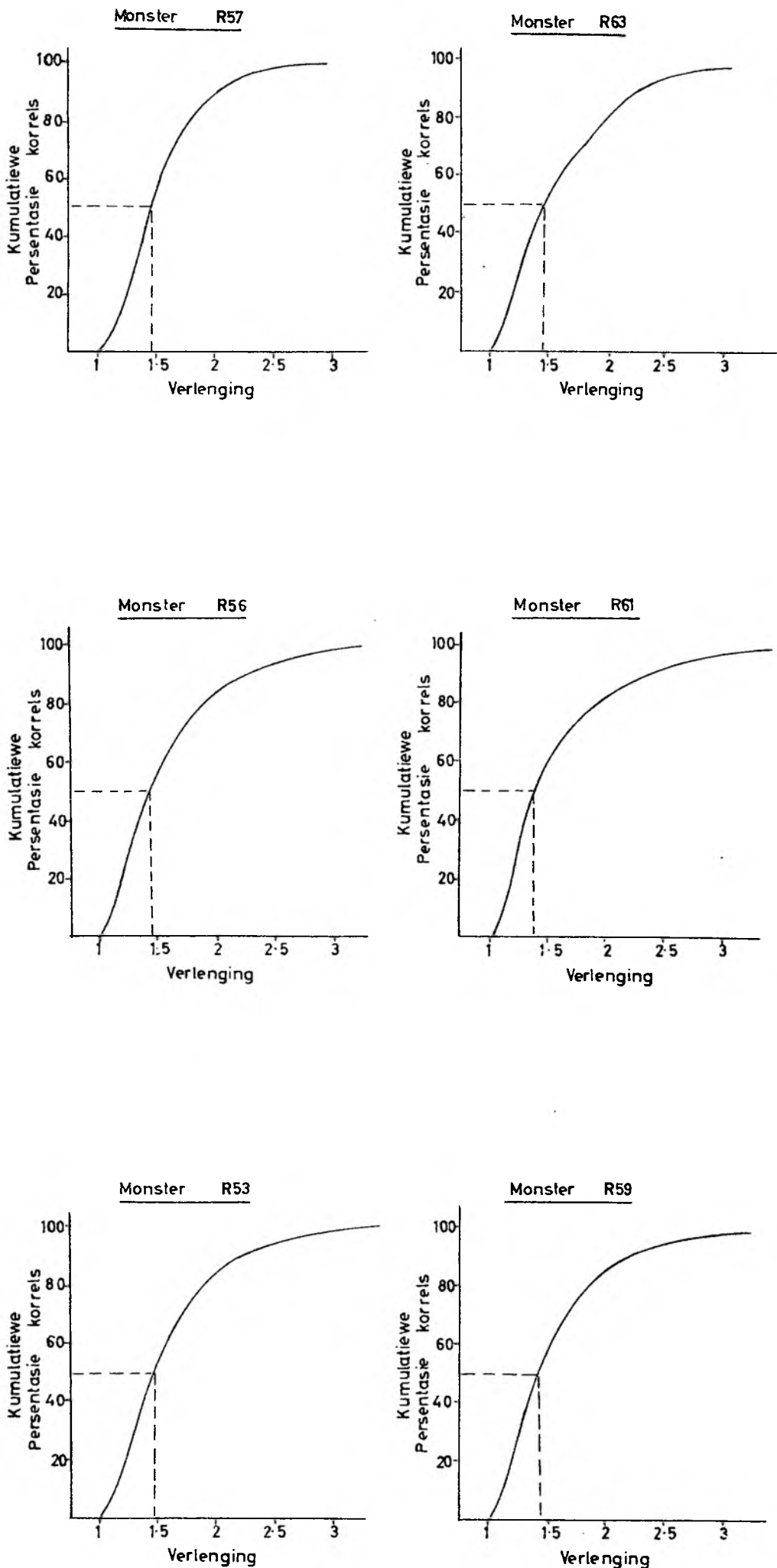
Poldervaart (1955, bl. 441) het met 'n studie van sirkone in sedimente gevind dat: (1) die gemiddelde verlenging van sirkone in sedimente minder is as 2; (2) Sirkone wat in stollingsgesteentes 'n verlenging van meer as 3 toon, sal selfs in baie ver vervoerde en herwerkte sedimente nog 'n verlenging van meer as 2 toon.

Die enigste gevolgtrekking wat met redelike sekerheid uit die resultate gemaak kan word is dat die drie verskillende étages 'n gemeenskaplike oorspronggebied moes gehad het, omdat die sirkoonverlengings deurgaans taamlik konstant bly. Dus kan hierdie studie as addisionele getuieis dien dat die swaarminerale vanaf dieselfde hoofoorspronggebied afkomstig is.

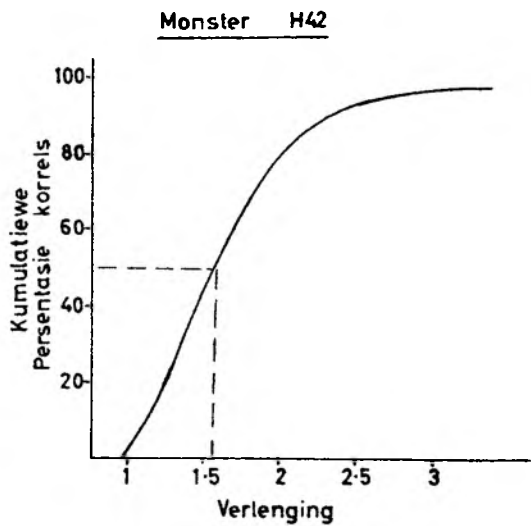
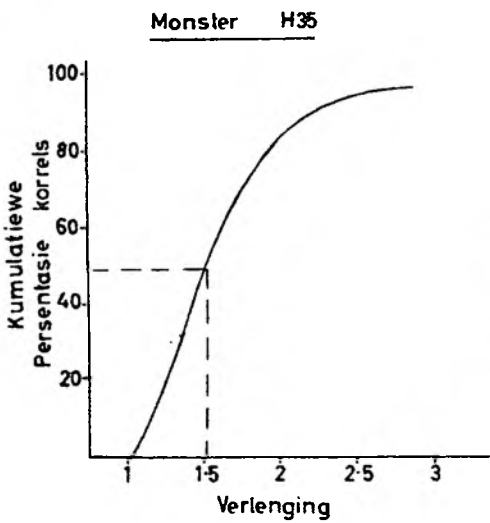
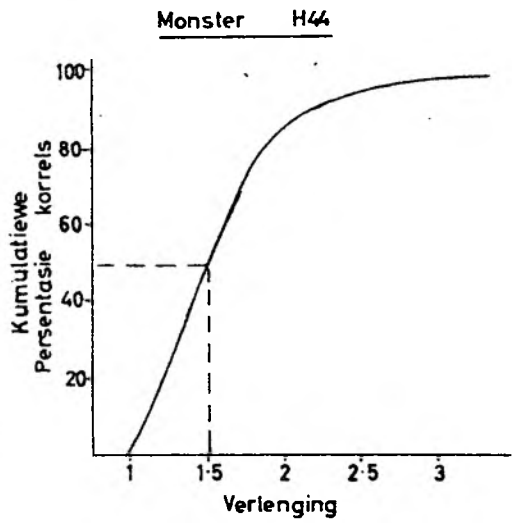
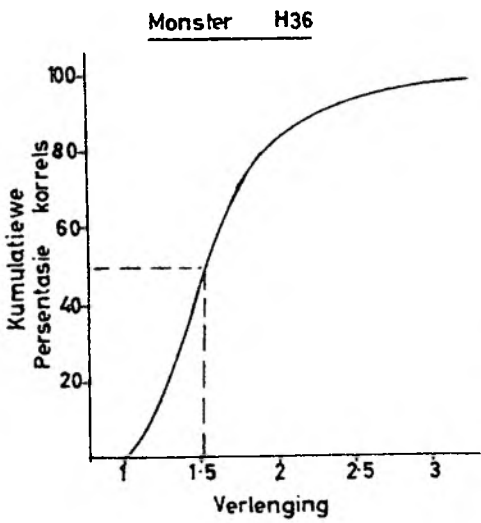
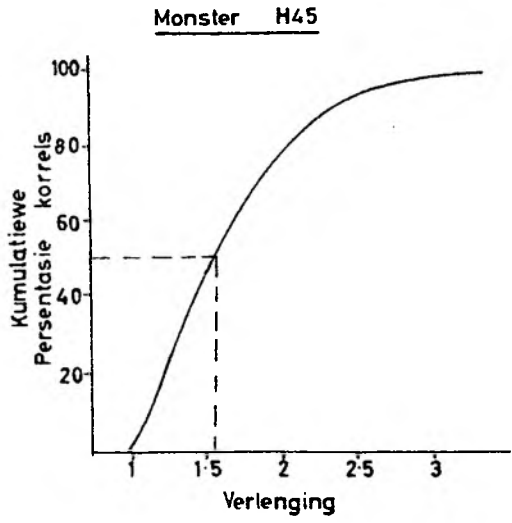
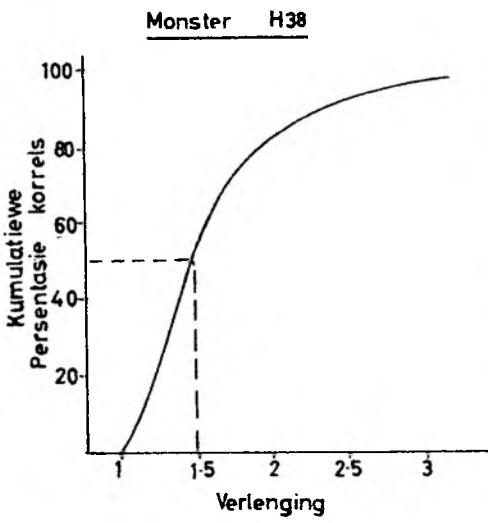
/Tabel II



FIGUUR 12 (a). Kumulatiewe kurwes van sirkoonverlengings van die Mollenosandsteen.



FIGUUR 12 (b) Kumulatiewe kurwes van sirkoonverlengings van die Roilaesandsteen.



FIGUUR 12 (c) Kumulatiewe kurwes van sirkoonverlengings van die Holkranssandsteen.

TABEL II.

Verlenging van sirkone in die swaarmineraal-konsentrate.

Monsternommers.	Gemiddelde Verlenging van Sirkone.	Persentasie Sirkone met verlenging meer as 2.
M 17	1.28	12
M 19	1.35	9
M 21	1.40	11
R 53	1.45	15
R 56	1.43	16
R 57	1.43	11
R 59	1.39	13
R 61	1.38	17
R 63	1.43	15
H 35	1.53	14
H 36	1.51	16
H 38	1.45	18
H 42	1.55	17
H 44	1.50	14
H 45	1.54	20

(viii) Mineraalstabiliteit en Resultate. - Die werklike groep swaarminerale wat in 'n sandsteen voorkom is afhanklik van die oorsprongrotse se samestelling, vervoermedium, klimaat gedurende afsetting sowel as mineraalstabiliteit gedurende vervoer, afsetting en na afsetting. In hierdie studie is mineraalstabiliteit van belang, omdat sommige van die minder stabiele minerale, byvoorbeeld apatiet en epidoot, skommeling in die frekwensies toon.

Verskillende skrywers het mineraalstabiliteit bestudeer. Sindowski en Pettijohn, soos verwys deur Pettijohn (1947, bl. 519) meen dat die merkbare verskil in swaarmineraalinhoud van twee sedimentêre afsettings van verskillende ouderdomme, te wyte is aan die selektiewe verlies van sekere mineraalspesies na afsetting (diagnose), eerder dan verskillende oorspronggebiede.

Volgens Pettijohn (1947, bl. 556) het Russell (1937) gevind dat daar feitlik geen verandering in die verhouding

/detritale.....

detritale swaarminerale langs die Mississippi-rivierloop plaasvind nie; Burri (1929), egter, het gevind dat daar 'n merkbare verandering in swaarmineraalsamestelling langs die loop van die Tessin-rivier plaasvind.

Die aantal mineraalspesies neig om te vermeerder namate mens opgaan van ouer na jonger sedimente, byvoorbeeld 'n analise van Kusvlakte-sedimente van Maryland deur Anderson (1948), soos verwys deur Pettijohn (1957, bl. 515) toon vyf spesies in die onderste Triassiese sone, ses in Laer-Kryt, agt in Bo-Kryt en 9 of 10 in Tersière lae. Volgens Boswell en Pettijohn, soos verwys deur Pettijohn (1957, bls. 515 - 518) is hierdie kenmerk waar vir ander dele van die wêreld.

Na aanleiding van hierdie swaarmineraalsones bestaan daar verskeie teorieë.

Volgens Pettijohn (1941, bl. 519) kan die swaarmineraalsones eerstens beskou word as stabiliteitssones. Alle sedimente wat afgeset word, het omtrent dieselfde mineraalgroep met afsetting, maar as gevolg van oplossing van die minerale in die sedimente, verloor die ouer en dieper lae alle onstabiele minerale. Hoe dieper die lae begrawe word en/of hoe ouer die rotse, hoe minder word die moontlikheid van die teenwoordigheid van 'n gegewe spesie. Volgens Pettijohn (1957, bl. 519) vind oplossing van minerale na afsetting wel plaas, soos bewys deur Edelman en Doeglas (1931) en Bramlette (1941). Bramlette (1929), soos verwys deur Pettijohn (1957, bl. 675) het bv. ge-etste granaat en stauroliet beskryf wat 'n bewys is vir oplossing na afsetting. Koen (1955, bl. 311 - 313) het fluoorsuurtoetse op granaatkorrels uitgevoer en etsstrukture op die oppervlakte waargeneem. Sy gevolgtrekking is dat daar wel chemiese werking op die minerale plaasvind na afsetting. Rutiel blyk soms outigteen te wees, sodat dit meer voorkom in die ouer rotse (Koen, 1955, bl. 344).

Smithson (1941, bl. 103) het die verandering van detritale minerale in Mesosoiëse rotse van Yorkshire bestudeer. Volgens hom is apatiet gevind wat in 'n baie min verweerde stadium is, terwyl granaat hoogs verweerd is en rutiel deurgaans as 'n stabiele mineraal voorkom.

Anataas kan moontlik vorm deur die verandering van ilmeniet en leukoxeen (Smithson 1941, bl. 105). Smithson groepeer minerale in volgorde van stabiliteit as volg: Sirkoon, rutiel, toermalyn, apatiet, monasiet, granaat, stauroliet, kyaniet en ferromagnesiaanminerale.

Tweedens het Krynine, soos verwys deur Pettijohn (1957, bl. 519) die swaarmineraalsones alleen toegeskrywe aan verskillende oorspronggebiede.

Die sterkste argument ten gunste van die teorie dat swaarmineraalsones reguleer word deur mineraalstabiliteit eerder dan oorsprong, is die gepubliseerde analises van baie formasies oor die hele wêreld wat bewys dat onstabiele groepe baie skaars is in Voor-Krytsedimente (Van Andel, 1959, bl. 159). Daar kan egter gemeld word dat gepubliseerde werk van swaarminerale van Voor-Krytsedimente meesal beperk is tot sedimente van vastelandsplatvorm-fasies; Na-Krytsedimente is meesal bestudeer in jonger geosinklines.

Dus, volgens Krynine, is die afwesigheid van onstabiele minerale blykbaar te wyte aan prosesse voor afsetting in teenstelling met Pettijohn se idee van oplossing van onstabiele minerale na afsetting (Van Andel, 1959, bl. 159).

'n Derde moontlikheid kan 'n korrelasie tussen die mineraalreeks en progressiewe styging van die oorspronggebied wees. Die oorsprongterrein, wat uit verskillende tipe rotse kan bestaan, sal aanvanklik naby erosiebasis (base level) lê en daarna geleidelik opgelig word. Dit is dus duidelik dat gedurende die aanvangstadium van styging van die oorspronggebied sal alleen die mees stabiele swaarminerale in die grond vernietiging vryspring. In die finale stadium sal selfs die mees onstabiele minerale in die afgesette lae voorkom (Pettijohn, 1957, bl. 519).

Aan die hand van die publikasies kom die skrywer tot die gevolgtrekking dat die vernietiging van onstabiele minerale bv. apatiet, granaat ens. deur diagenese wel tot 'n sekere mate plaasvind. Dus moet hierdie feit, asook die tipe oorsprongrotse en ander prosesse, reeds in die bespreking genoem, almal in ag geneem word met die interpretasie van die resultate van die swaarmineraalstudies.

/Die....

Die afleidings wat vanaf die grafieke van die swaarmineraalstudies gemaak kan word, is die volgende:

1. Die afgerondheid van die sirkone in die Rooilae toon 'n toename van die onderste na die boonste horisonte.

2. Die afgerondheid van die Holkranssirkone bly taamlik konstant, behalwe in roete 3 waar die boonste monster (H 38) se sirkone beter afronding as die ander toon. Roete 4 se sirkone toon ook beter afronding as roete 3 (Figuur 19).

3. In die Moltenolae neem die aantal sonale sirkone toe van die onderste na die boonste lae. Langs roete 2 van die Rooilae bly die aantal sonale sirkone taamlik konstant, behalwe vir die heel boonste monster (R 57) waar dit afneem. Langs roete 1 neem die sonale sirkone weer af. Die aantal sonale sirkone in die Holkranssandsteen langs roete 4 neem af van onderaf boontoe, terwyl dit geleidelik langs roete 3 toeneem (Figuur 13).

Die gekleurde en ondeurskynende sirkone varieer simpatiek in al drie die étages (Figuur 14).

4. Sirkone wat insluitels bevat, sowel as idiomorfe sirkone bly taamlik konstant in al die roetes.

5. Sterk-, swak- en nie-pleokroïese toermalyn vermeerder duidelik van onderaf boontoe langs roete 1, terwyl die toermalyn langs roete 2 effens afneem boontoe, behalwe vir monster R 57 (Figuur 15).

6. Die afgerondheid van die toermalyn in die Holkranssandsteen bly redelik konstant, terwyl dit aansienlik langs albei Rooilae-roetes toeneem. Die Moltenolae se toermalyn is deurgaans baie hoekig (Figuur 17).

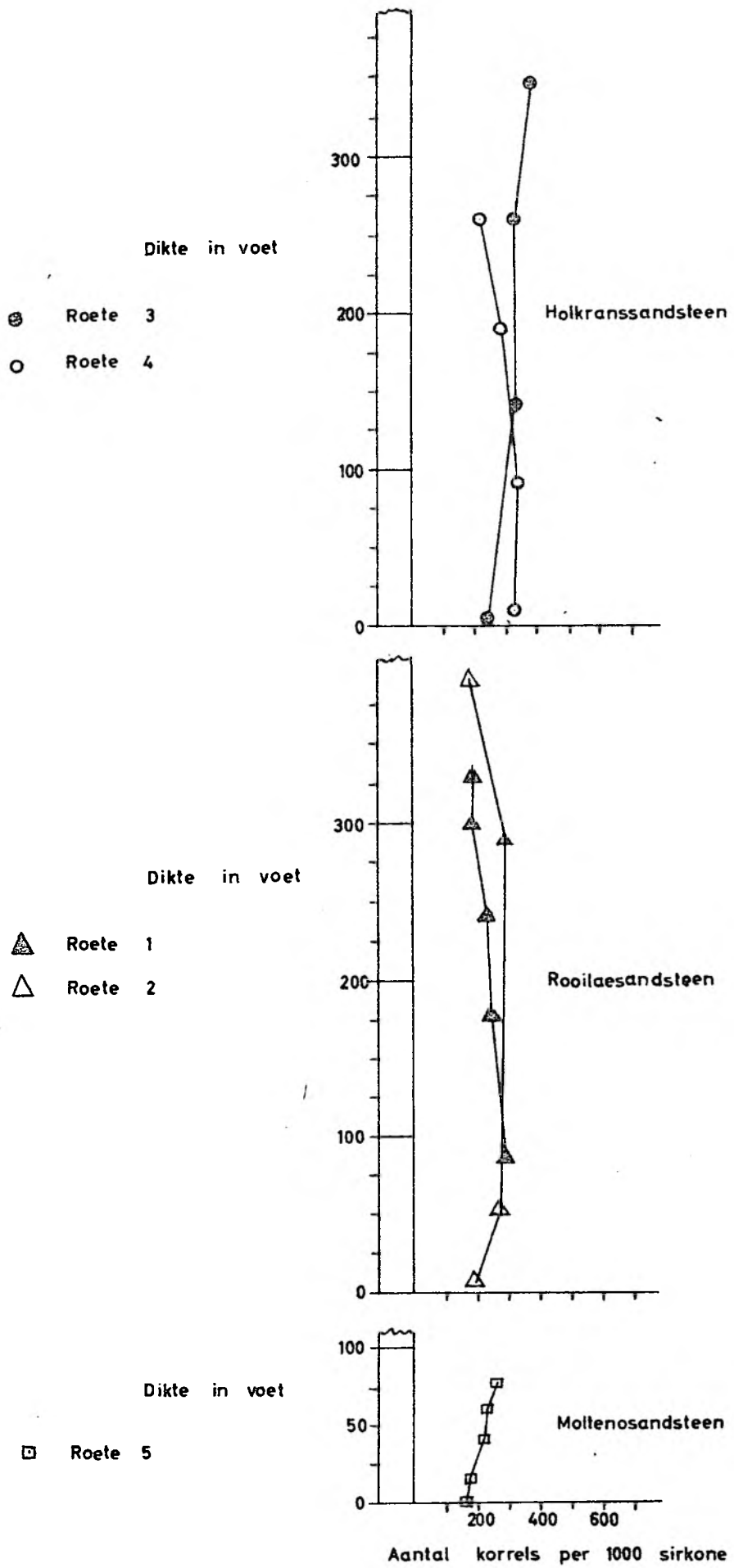
Die persentasies prismatiese, hoekige- en afgeronde rutiel is op 'n driehoeksdiagram aangebring (Figuur 20), wat toon dat die rutiel in die Rooilae- en Holkransmonsters baie beter afronding ondergaan het as dié van die Molteno-sandstene.

7. Met die uitsondering van 1 of 2 monsters, varieer rutiel en toermalyn langs alle roetes simpatiek met mekaar, en die relatiewe aantal rutielkorrels langs die Holkransroetes is minder as die hoeveelheid toermalyn.

/Hierdie.....

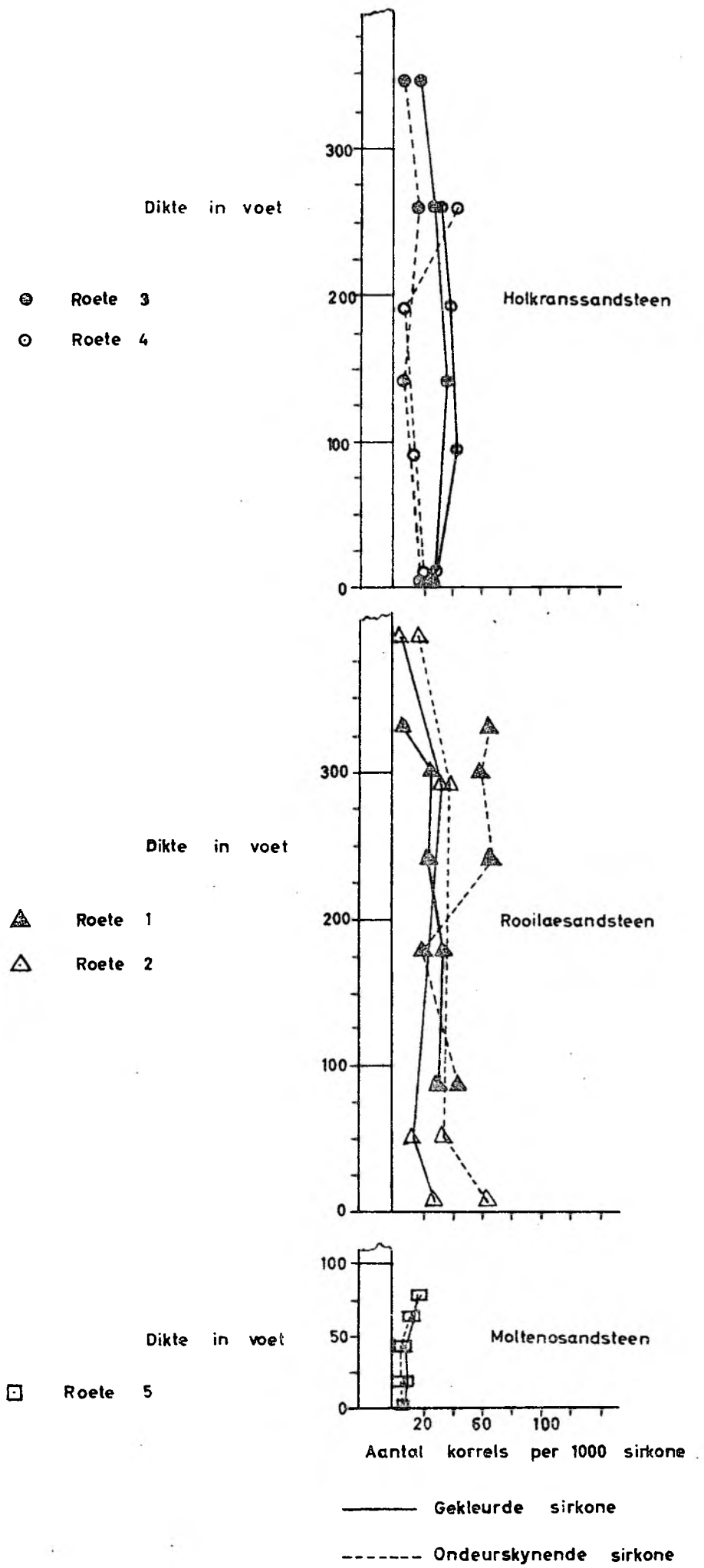
Hierdie twee minerale kom ongeveer in dieselfde hoeveelhede in die Molteno- en Rooilae voor (Figuur 15).

8. Granaat is baie minder in die Moltenolae as in die Rooilae en Holkranssandsteen teenwoordig. Dit kan miskien gedeeltelik aan oplossing na afsetting toegeskryf word. Dit is opvallend dat granaat en epidoot deur die hele Stormbergsandstene simpatiek met mekaar varieer - dit is veral in die Molteno (roete 5) en die Holkrans (roete 3) duidelik (Figuur 18). Die epidootkorrels is meesal goed afgerond.

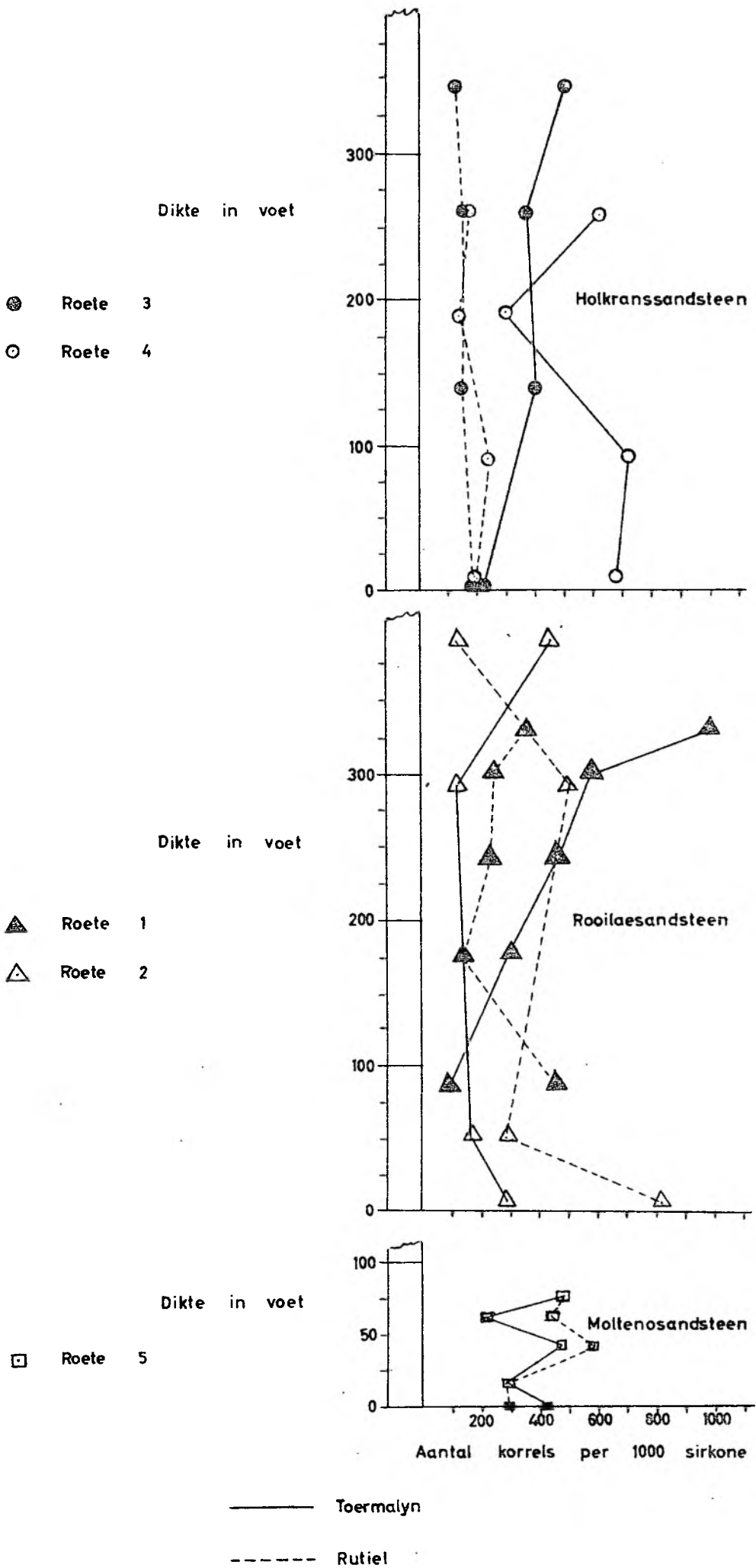


FIGUUR 13.

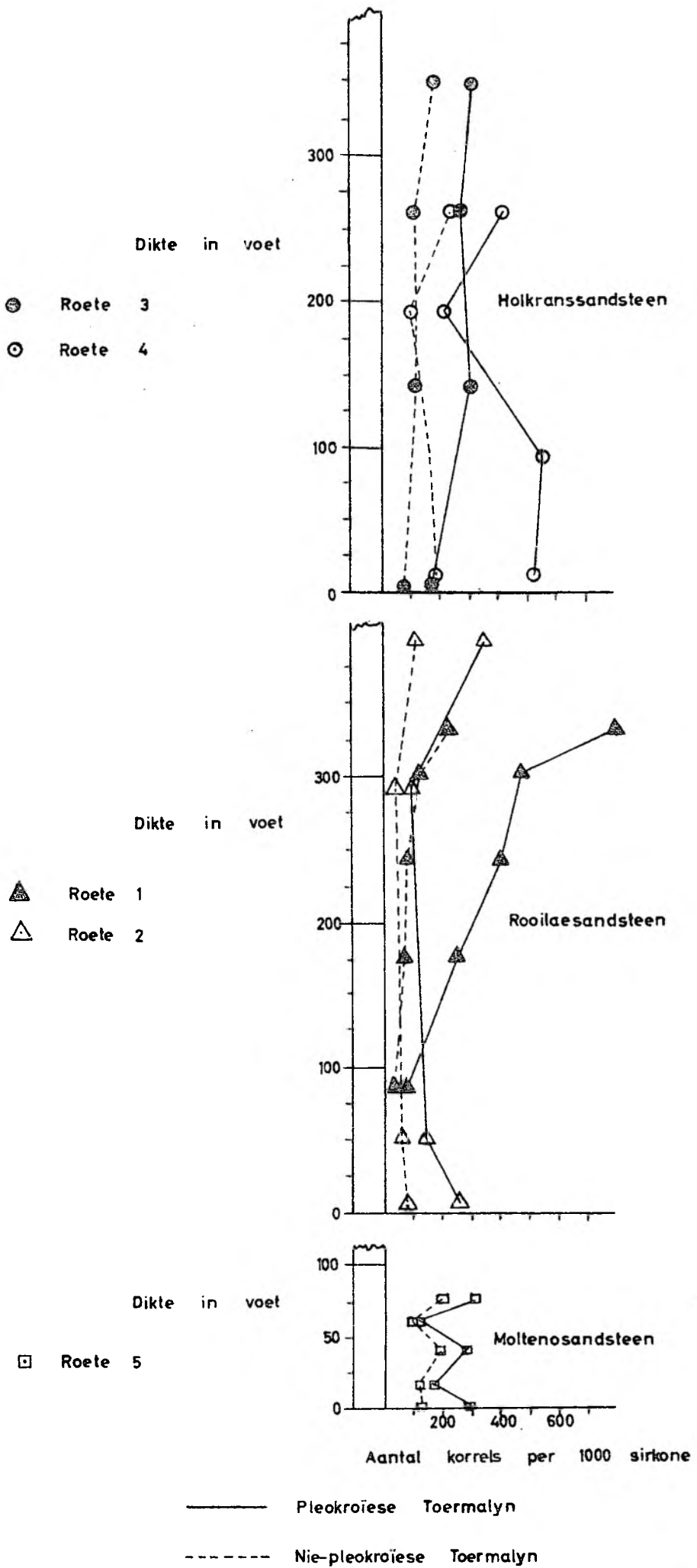
Frekwensie Sonale Sirkone.



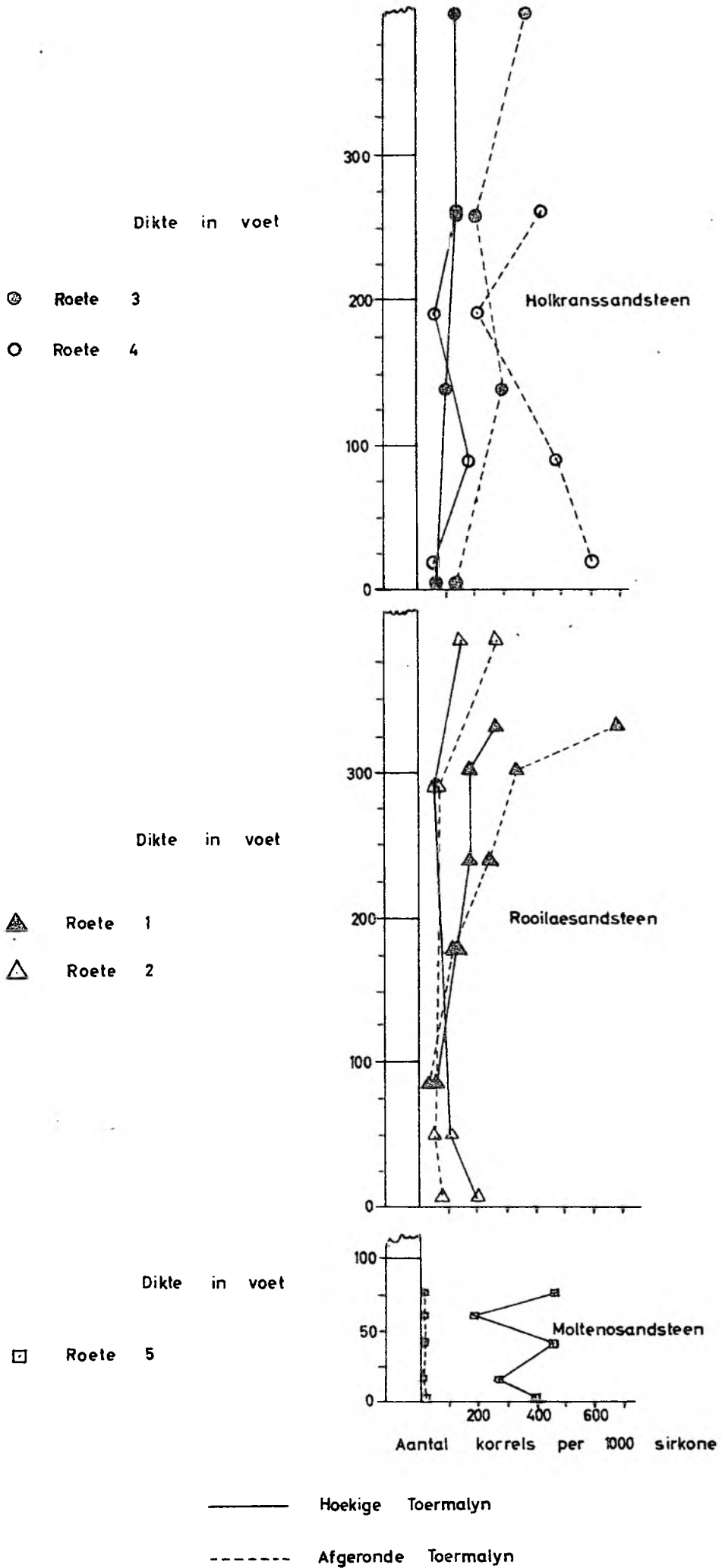
FIGUUR 14. Frekwensie Gekleurde- en Ondeurskynende Sirkone



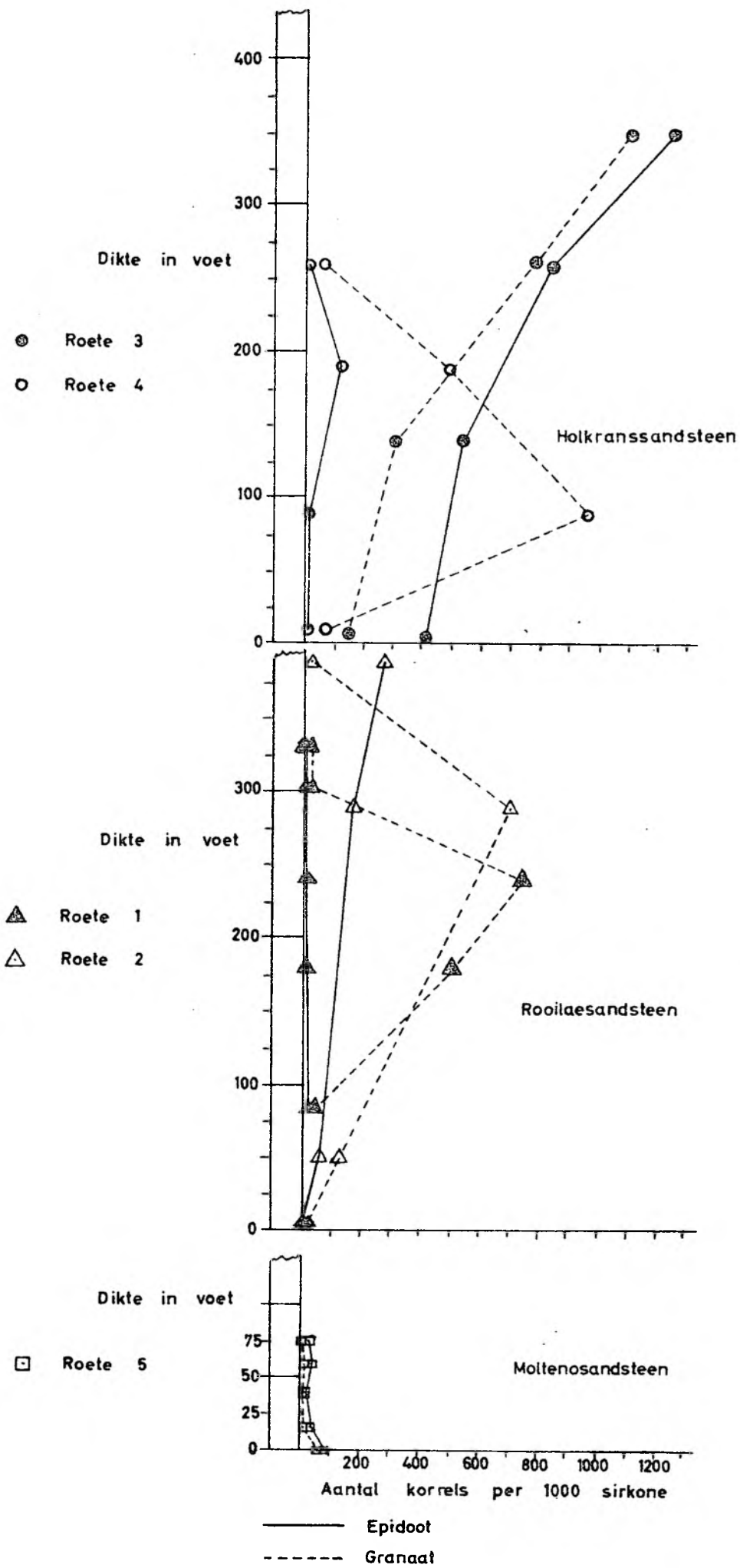
FIGUUR 15. Frekwensie Rutiel en Toermalyn.



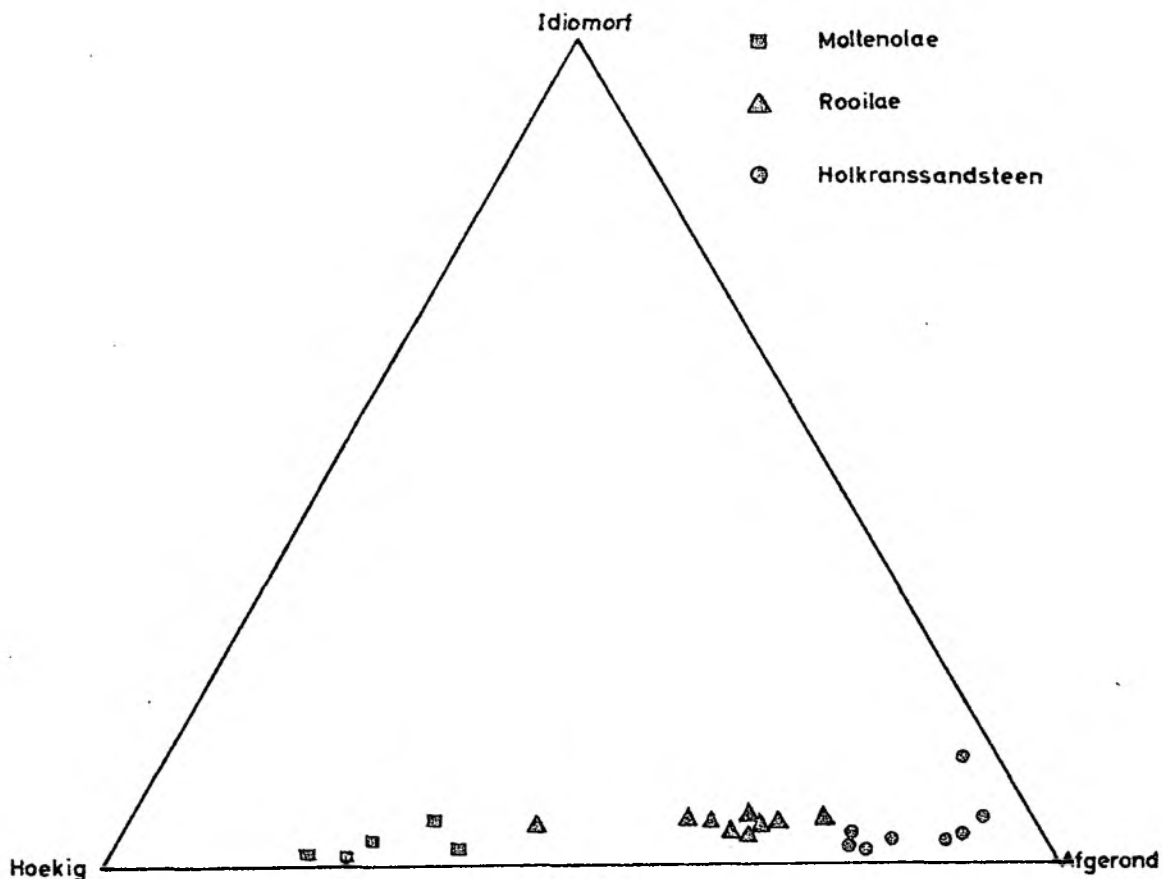
FIGUUR 16. Frekwensie Pleokroïese- en Nie-pleokroïese Toermalyn



FIGUUR 17. Frekwensie Afgeronde- en Hoekige Toermalyn.

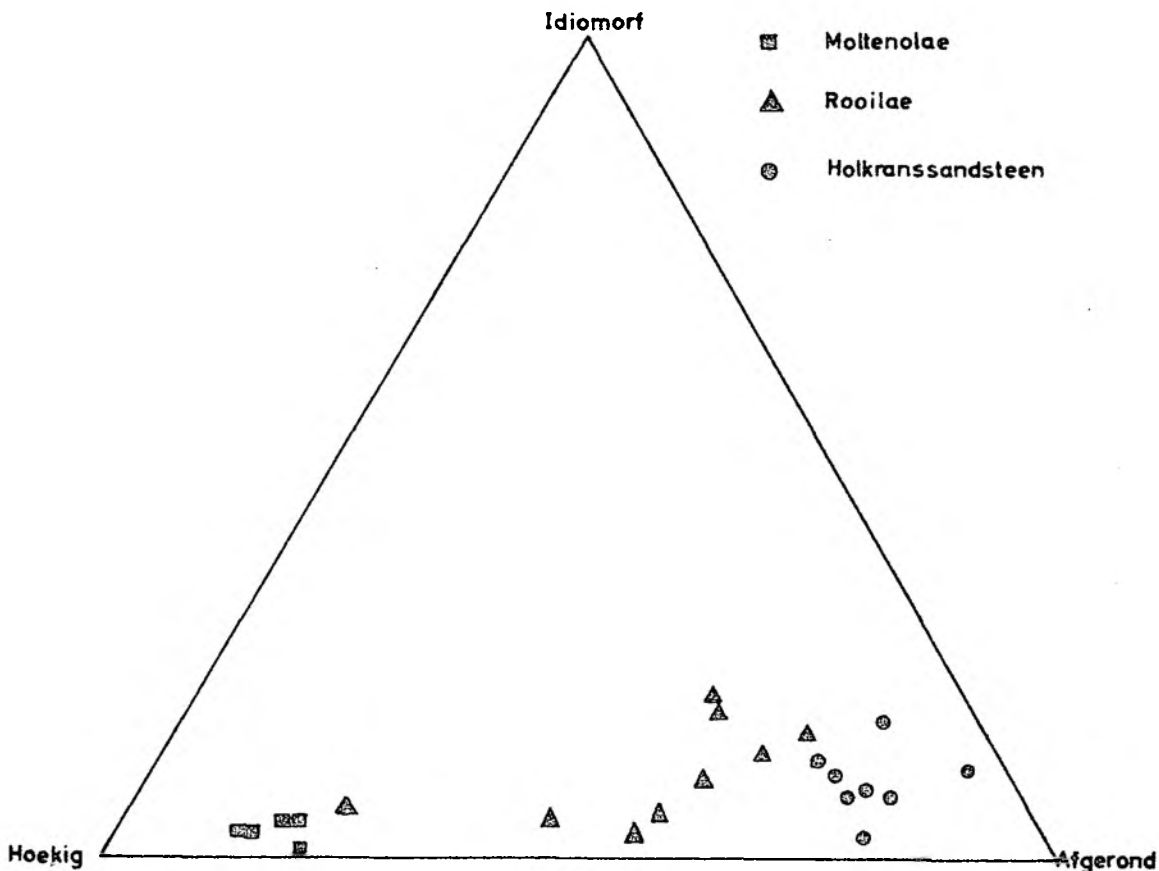


FIGUUR 18. Frekwensie Epidoot en Granaat



FIGUUR 19.

Persentasie Idiomorfe-, Hoekige- en Afgeronde Sirkone



FIGUUR 20.

Persentasie prismatiese, Hoekige- en Afgeronde Rutiel

(c) Sifanalise. - Die doel van hierdie ondersoek was om die gemiddelde korrelgrootte en sortering van die sandstene te bepaal, deur 'n sifanalise van geskikte sandsteenmonsters te maak.

Geskikte monsters moes bros wees sodat die korrels maklik van mekaar breek, sonder dat dit self breek, die sementmateriaal moes dus baie min silika en ysteroksiedes bevat het.

Twee Moltenomonsters en drie Rooilaemonsters is ondersoek, terwyl geen geskikte Holkransmonster gevind kon word nie. Eerstens is die sandsteenmonsters, wat elk ongeveer 'n kwart pond geweeg het, met die hand in kleiner fragmente gebreek, wat elk dan weer baie saggies in 'n agaatsvysel verbrokkel is. Sorg is gedra dat die korrels nie gebreek is nie. Hierdie proses is deurgaans met die uiterste versigtigheid uitgevoer.

'n Derde Moltenomonster, M 13, is vir 'n paar dae in soutsuur geplaas om sodoende die vergruisingsproses te vergemaklik. 'n Vierde Rooilaemonster is ook met suur behandel maar wou nie verbrokkel nie, aangesien die sementmateriaal blykbaar uit sekondêre kwarts bestaan.

'n Reeks „Tyler“-sifwe, waarvan die grootte van elke opening van 1676 tot 76 micron wissel, is vir die sifproses gebruik. Elke sandmonster is vir tien minute in 'n „Dewes Namur Belgique“-outomatiese skudmasjien gesif. Elke siffraksie is geweeg en aangeteken (Tabel IIIa tot IIIf). Die persentasie gewig van elke monster is teen phi-eenhede uitgeteken as kumulatiewe kurwes (Figure 21 a, b en c). M.b.v. 'n phi-millimeter rekeningstabel kon die phi-eenhede direk afgelees en op die grafieke aangebring word.

/Vanaf.....

Vanaf hierdie grafieke kon die gemiddelde korrelgrootte, dispersie (sortering) en skeefheid volgens Pettijohn (1957, bl. 36) uitgewerk word. Die resultate verskyn in Tabel IV.

Volgens die grafieke is die gemiddelde korrelgrootte van die Moltenomonsters 0.28 millimeter, wat 'n middelkorrelrige sandsteen aandui, terwyl die Rooilaemonsters 'n gemiddelde korrelgrootte van 0.20 millimeter besit, wat volgens Wentworth (1922) se standaard (Pettijohn, 1957, bl. 18) 'n fynkorrelrige sandsteen is. Volgens die dispersie-waardes is al die monsters goed gesorteer (Pettijohn, 1957, bl. 37).

Rivier- en duinsand is meesal positief skeef d.w.s. die aantal growwe korrels oortref die fyner korrels terwyl strand-sande negatief skeef is (Friedman, 1962, bl. 737). Omdat hierdie monsters wat ondersoek is, almal positief skeef is, kan dit dus ook as bewys dien vir die landelike afsettingstoestande wat gedurende die vorming van hierdie sandstene moes geheers het.

TABEL IIIa.

Monster No. M9.

Gewig van toetsmonster = 51.58 gram.

Sifopening (Microns)	Phi-waarde.	Gewig verkry (Gram)	Gewig Percent	Kumulatief Percent
1651	-0.75	0.04	0.08	0.08
833	0.23	0.15	0.29	0.37
589	0.74	0.85	1.66	2.03
495	1.00	1.04	2.03	4.06
417	1.24	2.62	5.13	9.19
295	1.76	14.82	28.99	38.18
208	2.24	27.36	53.52	91.70
147	2.72	3.06	5.99	97.69
104	3.26	0.65	1.27	98.96
74	3.72	0.18	0.35	99.31

Gewigsverlies = 51.58 - 51.12
= 0.46 gram.

/Tabel IIIb....

TABEL IIIb.

Monster No. M11.

Gewig van toetsmonster = 74.55 gram.

Sifopening (Microns)	Phi-waarde	Gewig verkry (Gram)	Gewig Percent	Kumulatief Percent
1651	-0.75	0.10	0.14	0.14
833	0.23	0.31	0.42	0.56
589	0.74	1.49	2.03	2.59
495	1.00	10.30	14.00	16.59
417	1.24	6.98	8.29	24.88
295	1.76	8.42	11.44	36.32
208	2.24	19.91	27.06	63.38
147	2.72	19.74	26.83	90.21
104	3.26	5.45	6.60	96.81
74	3.72	0.40	0.54	97.35

Gewigsverlies = 74.55 - 73.58
= 0.97 gram.

TABEL IIIc.

Monster No. M13.

Gewig van toetsmonster = 105.88 gram.

Sifopening (Microns)	Phi-waarde	Gewig verkry (Gram)	Gewig Percent	Kumulatief percent
589	0.74	2.58	2.49	2.49
495	1.00	2.71	2.62	5.11
417	1.24	3.59	3.47	8.58
295	1.76	10.81	10.43	19.01
208	2.24	48.72	47.03	66.04
147	2.72	21.89	21.13	87.17
104	3.26	11.20	10.81	97.98
74	3.72	2.13	2.06	100.04

Gewigsverlies = 105.88 - 105.40
= 0.48 gram

/Tabel IIIId....



79005

TABEL IIIId.
Monster No. R9.

Gewig van toetsmonster = 46.07 gram.

Sifopening (Microns)	Phi-waarde	Gewig verkry (Gram)	Gewig Persent	Kumulatief Persent
589	0.74	0.05	0.11	0.11
495	1.00	0.10	0.22	0.33
417	1.24	0.17	0.37	0.70
295	1.76	0.82	1.80	2.50
208	2.24	6.75	14.84	17.34
147	2.72	3.88	8.53	25.87
104	3.26	12.65	27.81	53.68
74	3.72	11.48	25.23	78.91

Gewigsverlies = 46.07 - 45.50
= 0.57 gram

TABEL IIIIe.
Monster No. R46.

Gewig van toetsmonster = 91.17 gram.

Sifopening (Microns)	Phi-waarde	Gewig verkry (Gram)	Gewig Persent	Kumulatief persent
589	0.74	0.38	0.42	0.42
495	1.00	1.22	1.36	1.78
417	1.24	2.72	3.04	4.82
295	1.76	10.63	11.81	16.63
208	2.24	36.30	40.35	56.98
147	2.72	17.94	19.95	76.93
104	3.26	12.06	13.41	90.34
74	3.72	3.19	3.55	93.89

Gewigsverlies = 91.17 - 89.94
= 1.23 gram.

/Tabel IIIIf....

TABEL IIIf.

Monster No. R47.

Gewig van toetsmonster = 40.93 gram.

<u>Sifopening (Microns)</u>	<u>Phi-waarde</u>	<u>Gewig verkry (Gram)</u>	<u>Gewig Persent</u>	<u>Kumulatief Persent</u>
589	0.74	0.94	2.33	2.33
495	1.00	1.11	2.75	5.08
417	1.24	1.88	4.66	9.74
295	1.76	8.03	19.92	29.66
208	2.24	18.25	45.27	74.93
147	2.72	4.32	10.72	85.65
104	3.26	2.68	6.65	92.30
74	3.72	1.20	2.98	95.28

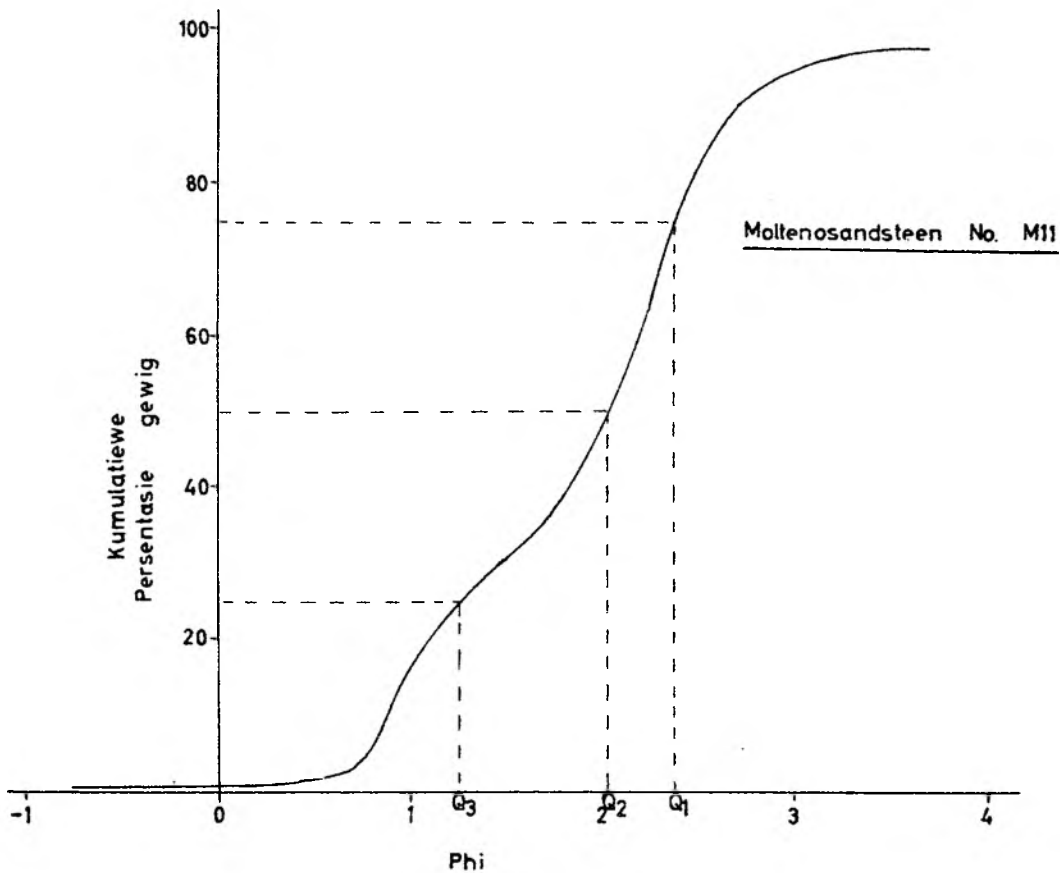
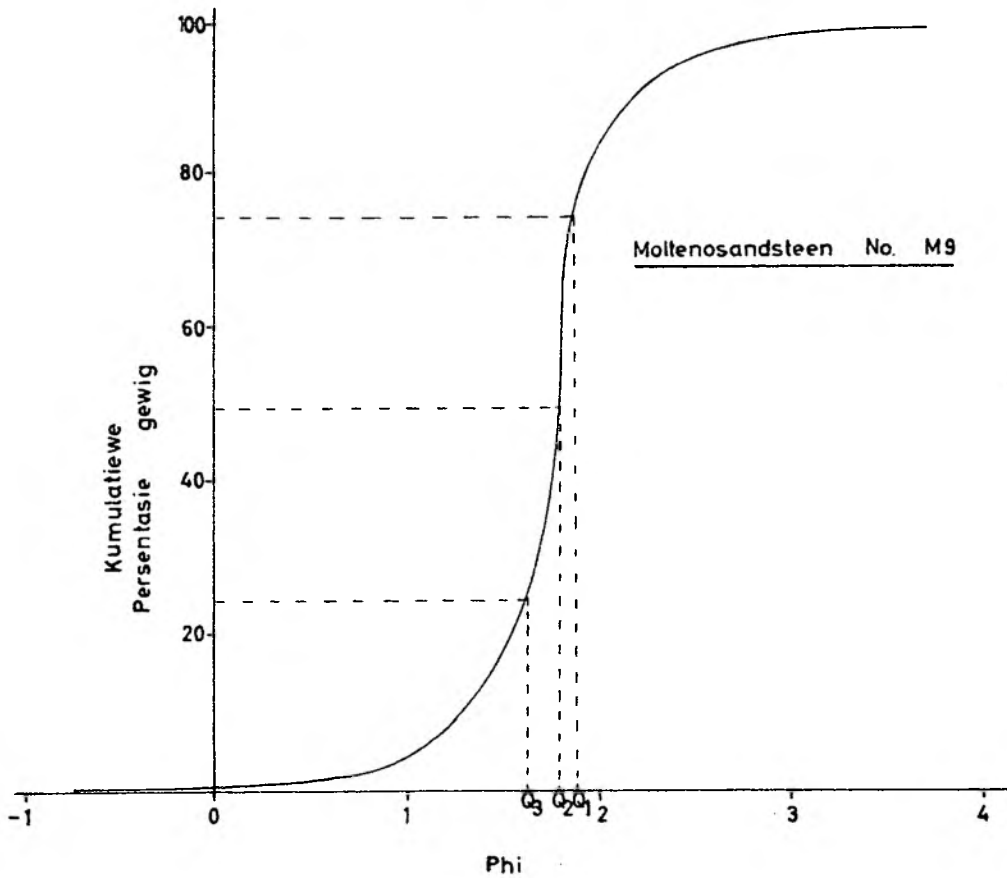
Gewigsverlies = 40.93 - 40.32
= 0.61 gram

TABEL IV.

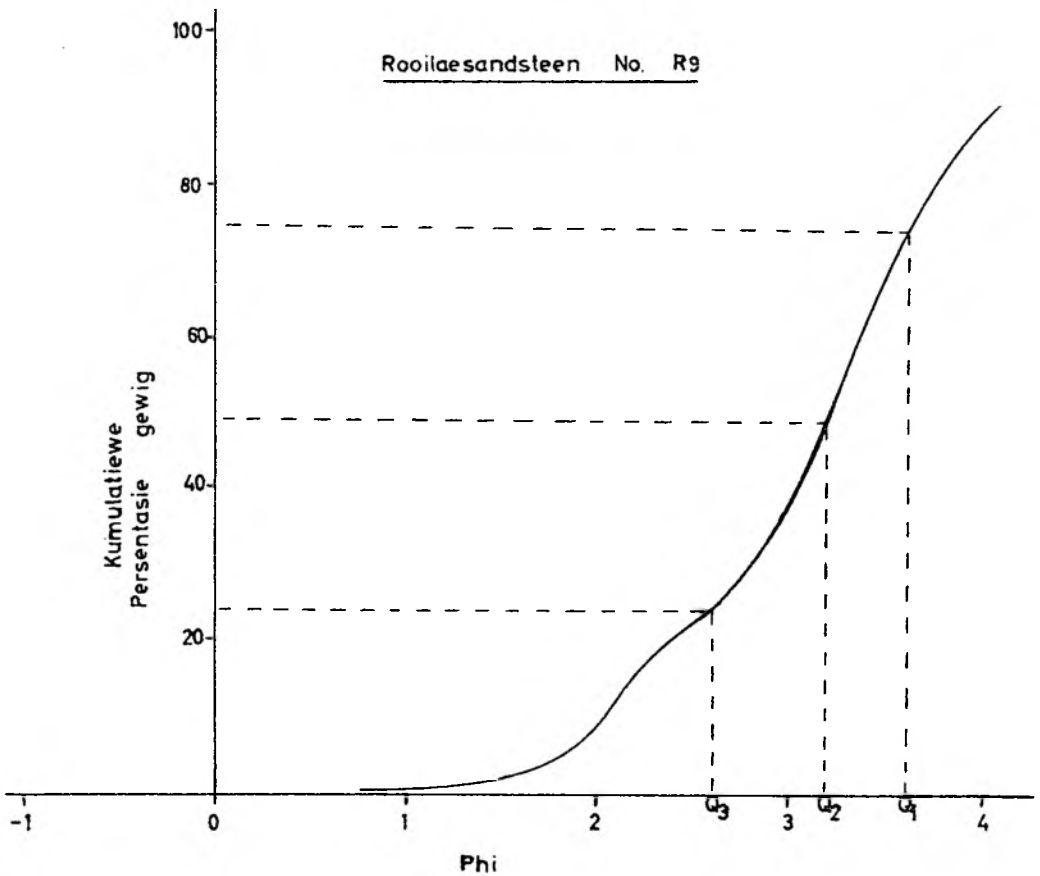
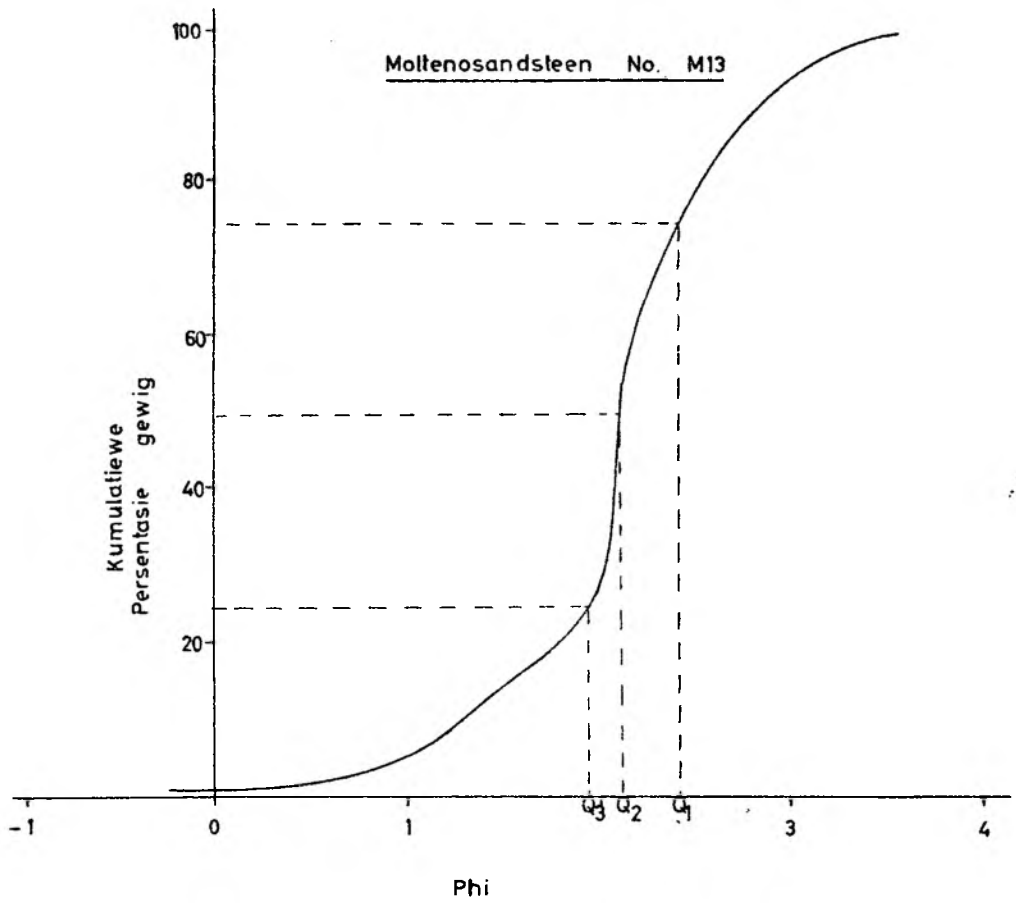
Resultate van Sifanalise.

<u>Monsternommers.</u>	<u>Gemiddelde Korrelgrootte (mm.)</u>	<u>Dispersie</u>	<u>Skeefheid</u>
M9	0.291	1.10	1.06
M11	0.245	1.49	1.33
M18	0.229	1.19	0.94
R9	0.109	1.10	1.08
R46	0.224	1.29	0.86
R47	0.268	1.22	0.91

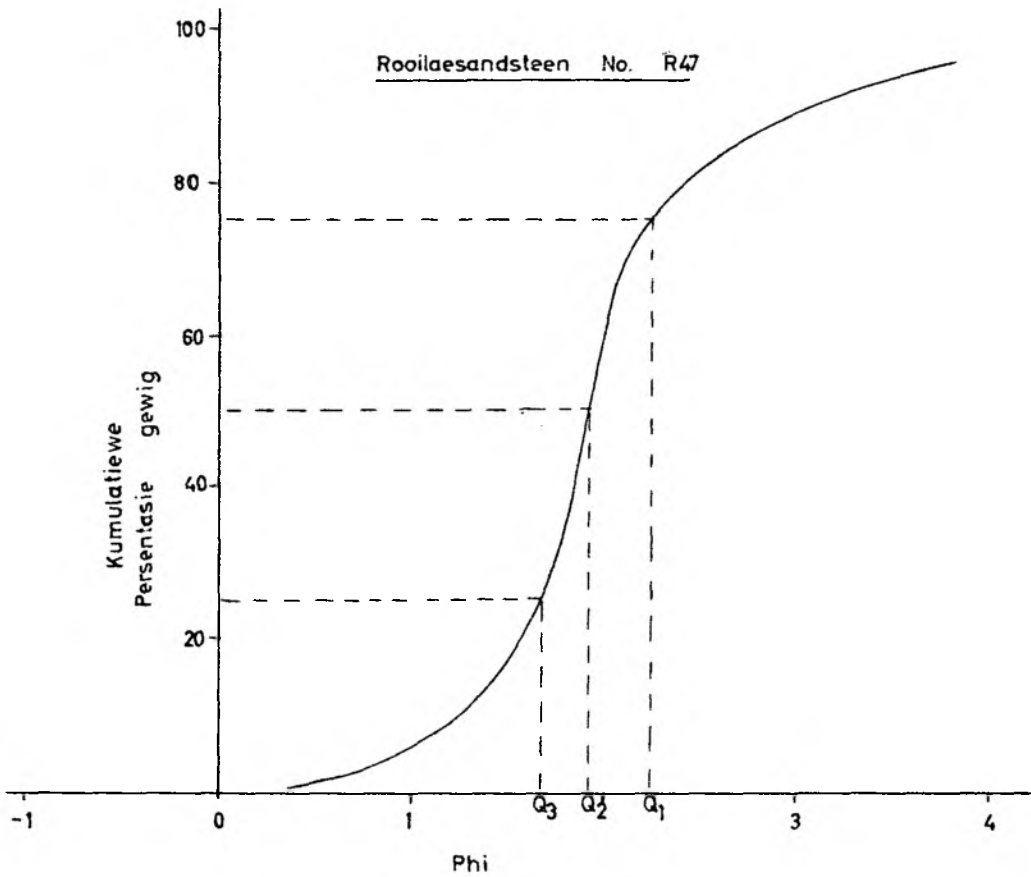
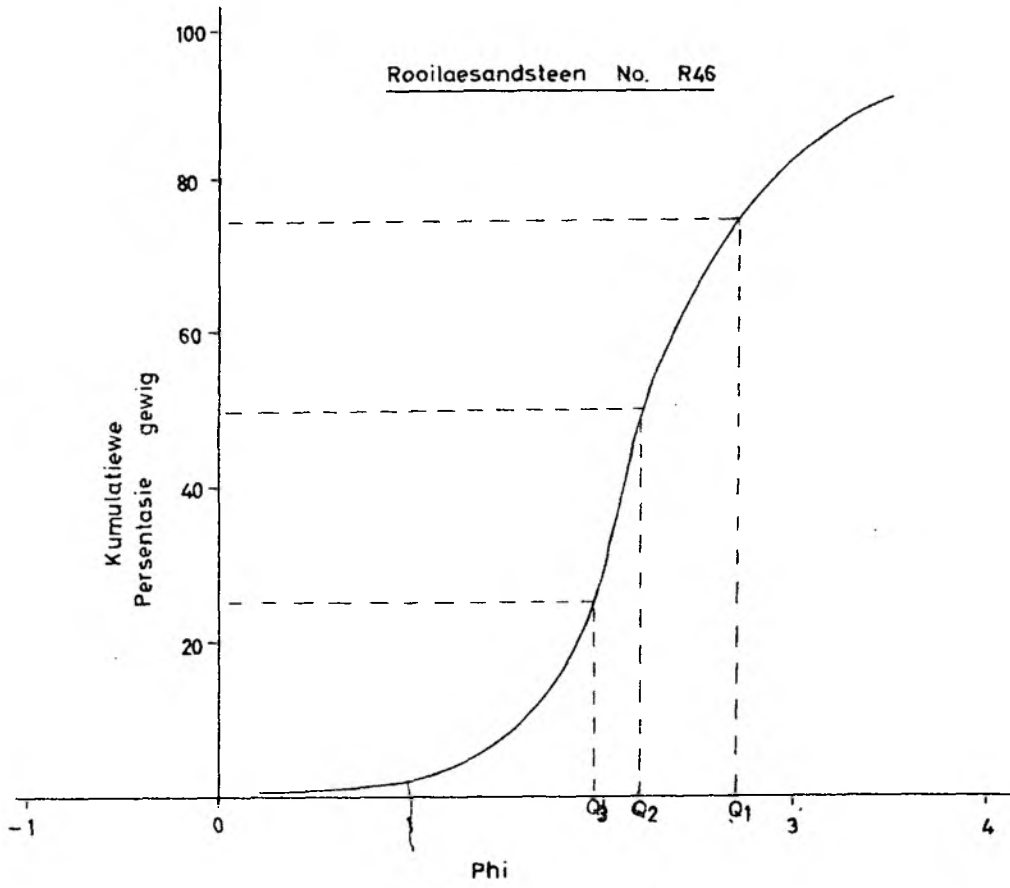
/3. Oorspronggebied...



FIGUUR 21(a). Kumulatiewe kurwes van korrelgrootteverspreiding in die Moltenosandsteen.



FIGUUR 21(b). Kumulatiewe kurwes van korrelgrootteverspreiding in die Molteno- en Roilaesandsteen.



FIGUUR 21(c). Kumulatiewe kurwes van korrelgrootteverspreiding in die Rooilaesandsteen.

3. Oorspronggebied.

(a) Algemeen. - Die primêre oorsprong van die belangrike swaarminerale wat in die sandstene voorkom, kan kortliks bespreek word.

Sirkoon is 'n algemene mineraal in stollingsrotse, veral die rotse ryk in natrium (Deer, Howie en Zussman, 1963, Vol. I, bl. 64). In metamorfe rotse is sirkoon minder algemeen, maar mag in ortogneis voorkom (Deer, Howie en Zussman, 1963, Vol. I, bl. 65).

Toermalyn is karakteristiek van graniete, graniet-pegmatiet en metamorfe rotse. Ysterryke toermalyn in granitiese rotse toon geel tot bleekgeel pleokroïsme (Deer, Howie en Zussman 1963, Vol. I, bl. 315), terwyl pegmatitiese toermalyn se kleure van donkergroen, blou, liggroen na ligroos wissel. Volgens Krynine (1946, bls. 68 en 77) is granitiese toermalyn se tipiese morfologie klein- tot mediumgrootte idiomorfe kristalle en sy mening is ook dat die meeste toermalyn wat in sedimente teenwoordig is, uit tweede siklus rotse afkomstig is.

Volgens Milner (1940, bl. 334) is rutiel vanaf suur stollingsgesteentes en kristallyne metamorfe rotse afkomstig. Rankama en Sahama (1952, bl. 562) meen dat rutiel skaars is in stollingsgesteentes, maar by voorkeur in grabbroëse pegmatiete voorkom. Dit kom ook in foyatiet en soms in groot hoeveelhede in siënië-pegmatiet voor (Rankama en Sahama 1952, bl. 564). Deer, Howie en Zussman (1963, Vol. I, bl. 37) se mening is dat rutiel wydverspreid in plutoniese rotse, meesal in hoë druk-hoë temperatuur rotse voorkom, terwyl dit ook as 'n bykomstige mineraal in metamorfe rotse kan voorkom. Volgens Koen (1955, bl. 344) is die detritale rutiel van die Karoosedimente moontlik vanaf granitiese en kristallyne metamorfe rotse afkomstig.

Granaat is veral karakteristiek in metamorfe rotse asook in sommige stolrotse, (Deer, Howie en Zussman 1963, Vol. I, bl. 77).

Epidoot kom meesal as produk van regionale metamorfose voor (Deer, Howie en Zussman 1963, Vol. I, bl. 183), sowel as in hoogs veranderde stollingsgesteentes, wat oorspronklik ryk was in ferromagnesiaan-

/minerale....

minerale (Koen 1955, bl. 345).

Apatiet kom algemeen in verskillende tipes stolrotse voor (Deer, Howie en Zussman 1963, Vol. V, bl. 323). Rankama en Sahama (1952, bl. 585) meen dat apatiet algemeen in alkaliese rotse voorkom. Dit kan ook 'n belangrike bestanddeel van kristallyne metamorfe rotse wees.

Monasiet kom hoofsaaklik as bykomstige mineraal in suur stollingsgesteentes en gneise voor (Deer, Howie en Zussman, 1963, Vol. V, bl. 344).

Volgens Koen (1955, bl. 338) se swaarmineraalstudie kom hy tot die gevolgtrekking dat die Sisteem Karoo se sedimente min of meer van dieselfde groep oorsprongrotse afkomstig is. Du Toit (1954, bl. 284 - 295) het die Middel-Ecca in Natal bestudeer en tot die gevolgtrekking gekom dat gneissiese en granitiese oorsprongrotse wat êrens na die ooste van Zululand geleë was, die sedimentêre materiaal van hierdie serie verskaf het.

(b) Bespreking van Resultate. - Die resultate wat deur die huidige skrywer vanaf swaarmineraalstudies verkry is, toon dat dieselfde groep swaarminerale in die verskillende étages van die Serie Stormberg teenwoordig is. Oor die algemeen dui die swaarminerale in die sandstene van die verskillende étages dus op 'n gemeenskaplike oorspronggebied. Hierdie stelling word later in hierdie afdeling vollediger bespreek. Volgens die kruisgelaagtheidmetings in die Moltenosandsteen, was die oorsprongrotse êrens na die suidooste geleë.

Ten spyte van die feit dat min swaarmineraalkonsentrate gedurende hierdie verhandeling bestudeer is, kan die gegewens tog gebruik word om 'n paar belangrike gevolgtrekkings te maak.

Die simpatieke variasie wat granaat-epidoot en pleokroïese-nie-pleokroïese toermalyn toon, moet toegeskryf word aan stollingsgesteentes wat hoofsaaklik dieselfde materiaal aan die verskillende étages verskaf het.

Die oudste sandsteenlae in die Serie Stormberg, nl. die Moltenosandstene, bevat 'n meer stabiele groep swaarminerale dan die bo-opliggende étage, wat moontlik verklaar kan word deurdat die frekwensie van die verskillende swaarminerale min of meer dieselfde was tydens

afsetting, maar dat die meer onstabiele minerale vernietig is na afsetting (diagnose). Die hoekigheid van alle minerale in die Moltenosandsteen en ook die swak sortering daarvan dui moontlik op vinnige vervoer en afsetting van die sandstene.

Die mineraalkorrels in die Holkranssandsteen toon beter afronding as die Rooilae- en Moltenosandstene wat daarop dui dat die materiaal herwerking ondergaan het of baie ver vervoer is. Dus, indien die verskillende étages 'n gemeenskaplike oorspronggebied gehad het en die afgerondheid van die Moltenolae tot die Holkranssandsteen toeneem, terwyl die korrelgrootte afneem, kan dit met redelik sekerheid aanvaar word dat herwerking van materiaal gedurende die Holkransafsetting plaasgevind het. Die laaste afsetting van Holkranssandsteen bevat baie herwerkte materiaal te oordeel aan die baie goed afgeronde geaardheid van al die verskillende mineraalkorrels.

Die verhouding van rutiel tot toermalyn neem geleidelik af van die Moltenolae tot die boonste Holkranssandsteen, wat ook daarop kan dui dat laasgenoemde étage se sandsteenmateriaal meer herwerking voor afsetting ondergaan het, omdat rutiel met 'n hardheid van 6 - 6.5 gouer afgeskuur sal word as toermalyn met 'n hardheid van 7 - 7.5.

Die perfekafgeronde kwartskorrels, wat 'n gedeelte uitmaak van al die sandstene in die verskillende étages, asook die enkele chertkorrels wat in al die étages voorkom, verrai die feit dat sedimentêre rotse ook in die oorspronggebied aanwesig was.

4. Afsettingstoestande.- Die grofkorrelrige sandstene van die Moltenolae en die Beaufortfragmente wat daarin voorkom, dui op sterk strome wat in 'n binnelandse meregebied geheers het.

In sy bespreking van afsettingstoestande kom Haughton (1924, bl. 468) tot die gevolgtrekking dat die Moltenolae vloedvlaktafsettings is wat moontlik in 'n konstante reënerige klimaat op sommige plekke en 'n intermediêre reënerige klimaat op ander plekke gevorm is. Die klimaat moes daarna, volgens Haughton (1924, vl. 474) geleidelik verander het na 'n intermediêre

/reënerige.....

reënerige tot half-droë klimaat gedurende die Rooilae-afsetting. Gedurende die finale stadium van die Rooilae-sedimentasie moes wind al 'n rol in die sandsteenafsetting gespeel het, aangesien die massiewe geaardheid van die sandsteen reeds in die boonste Rooilae teenwoordig is. Die windgewaaide materiaal is soms moontlik op land en soms in water afgeset, soos deur die moddersteen- en chertlense in die boonste Rooilae aangedui word. Die Holkranssandsteen is daarna afgeset in 'n geleidelik droër-wordende klimaat. Die karakteristieke eoliese kruisgelaagdheid is 'n aanduiding van die woestyntoestande wat begin intree het. Die vars voorkoms van veldspaat-korrels is ook 'n bewys dat 'n warm droë klimaat gedurende hierdie tye moes geheers het.

Die klimaatstoestande moes dus geleidelik droër geword het van die Moltenolae tot die Holkranssandsteen, omdat geen skerp en deurlopende kontak, wat 'n afsettings-onderbreking kenmerk, teenwoordig is nie. Die trêe wat in die Holkranssandsteen bestaan het, is opgevul met lawa en dui ook daarop dat 'n duinewoestyn moes bestaan het. Dit is baie onwaarskynlik om te verwag dat so 'n dik afsetting, soms byna 600 voet dik, van baie fyn klei en fyn sandpartikels in water afgeset sal word sonder die afsetting van enige klei- of kalksteenlae. Uit voorgaande feite blyk dit duidelik dat die Holkranssandsteen van woestynoorsprong moes wees.

Gedurende die finale stadium van sandafsetting moes vogtiger toestande ingetree het, aangesien gelaagde fynkorrelrige sandsteen, wat soms waterriffels en modderkrake bevat, in die boonste Holkranshorisonte voorkom. Woestyntoestande wat oases en enkele playameer op die Holkranssandsteen bevat het, moes dus gedurende die beginstadiums van die lawavloeiings geheers het. Die oorvleueling van die sandafsetting en lawavloeiings blyk duidelik uit die talle sandsteenlense wat in die lawa voorkom. Hierdie lense toon meesal egalige watergelaagdheid wat moontlik die gevolg van windgewaaide sand is, wat in water afgeset is. Die water kon gedeeltelik deur die lawavloeiings verskaf gewees het.

C. Stollingsgesteentes.

Die stollingsgesteentes in die gebied bestaan uit dolerietindringings en lawavloeiings. Dikwels is lawadagsome teëgekome wat net soos doleriet verweer, maar by nadere ondersoek kan die verskil wel gesien word.

1. Drakensbergbasalt.

(a) Algemeen. - Die Holkranssandsteen word deur die lawa van die Etage Drakensberg gevolg. Die verweringsoppervlakte is bruin tot swart en baie onegalig, terwyl dit soms eksfoliasieverwering toon (Plaat VIIIa). Dit dagsom baie goed en vorm feitlik al die berge wat in die gebied bestaan. Vars monsters van die lawa is egter moeilik verkrygbaar.

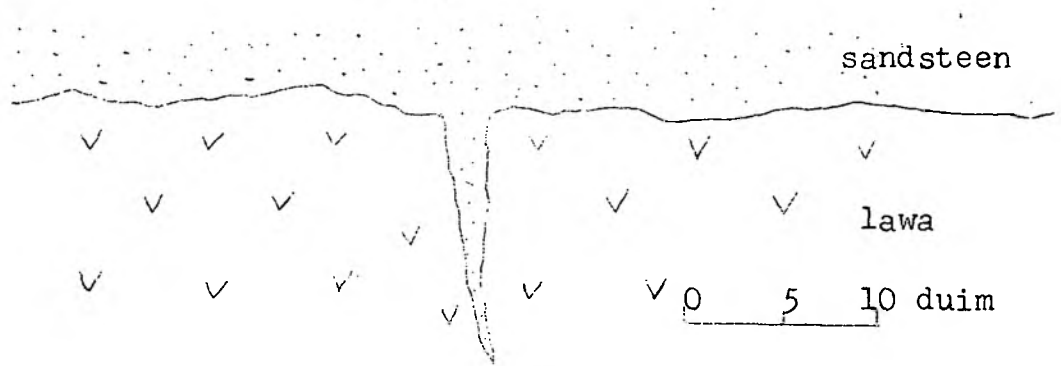
Die onderste lawavloeiing het meesal 'n kompakte voorkoms net soos doleriet bv. op die plase Highlands 1239, Mamre, Ebenaezer 928 en Wonderfontein 1513. Weens die kompakte voorkoms van die lawa, bestaan die moontlikheid dat dit ook 'n dolerietplaat kan wees, maar dié volgende redes sluit hierdie moontlikheid uit:

1. Die onderste lawavloeiing op die plase Fouries Rust 80 en Stillewoning 1296 toon talryke amandels aan die bokant van die vloeiing.

2. Bo-op hierdie vloeiing rus 'n 30 voet dik sandsteenlaag sonder enige bakeffek op die lawa. Die boonste sandsteen-lawakontak toon wel 'n effense bakeffek.

3. Sandsteenare wat met die bo-opliggende sandsteenlaag verbind is, kom in die boonste horison van hierdie lawavloeiing voor (Plaat VIIIb). Die sandsteenare word dunner na onder en knyp later uit. Die are toon ook 'n effense bakeffek wat meer intens langs die kontak met die lawa is. Die oënskynlike bakeffek kan ook die gevolg wees van die afsetting van sekondêre kwarts tussen die korrels. Figuur 22 toon 'n sandsteenare in die lawa.

/Figuur 22.....



Figuur 22. Sandsteenaar in lawa.

Hierdie sandsteenare wissel van 'n gedeelte van 'n duim tot 3 duim dik. Du Toit (1905, bl. 117) noem die moontlikheid dat die lawa onder water afgekoel en gekraak het, waarna die krake opgevol is met sedimentêre materiaal. In 'n bespreking van sandsteengange in doleriet naby Devon, Transvaal, meld Van Biljon en Smitter (1956, bl. 137) dat geen effek van metamorfiese aktiwiteit of reaksie tussen sandsteen en doleriet getoon word nie. Volgens die skrywers is die sandsteengange gevorm langs voorafbestaande naatvlakke, wat deur oorliggende klastiese materiaal opgevol is. In 'n bespreking van Van Biljon en Smitter (1956, bl. 141) se bevindings, meld Mountain dat klastiese sandsteengange in lawa bekend is. Mountain (1944, bl. 117) beskryf gemobiliseerde sedimente waarin kwarts en veldspaat vergroei met mekaar voorkom. Die sandsteenare wat in die lawa teëgekomp is, toon egter geen herkristallisatie nie. As bogenoemde feite in ag geneem word, kon die sandsteenare moontlik as volg ontstaan het: 1. Na die eerste lawavloeiing en tydens die afkoeling van die lawa het sand in die krake in die lawa, wat deur afkoeling gevorm het, opgevol terwyl die lawa nog warm was. Die sand is moontlik deur vlugtige bestanddele, wat in die lawa teenwoordig was, gemetamorfoseer tot 'n harde kwartsitiese sandsteen.

2. Na die opvulling van die krake in die lawa kon water met silika in oplossing, langs die krake ingesypel het en sekondêre silika kon langsaamhand tussen die sandkorrels afgeset word sodat die sandsteenare 'n gebakte voorkoms besit.

'n Kwartsitiese sandsteenare, wat met 'n bo-opliggende sandsteenlaag verbind is en wat in die lawa op die plaas Machpelah 1756 voorkom, is mikroskopies

/ondersoek....

ondersoek. Die gesteente bestaan hoofsaaklik uit sub-hoekige tot goed-afgeronde kwartskorrels. Goed-afgeronde plagioklaas- en mikroklienkorrels wat soms na kleimateriaal verander is, kom dikwels voor. Perti-tiese tekstuur kon in enkele veldspaatkorrels onder die groot vergroting waargeneem word. Enkele vars biotiet-korrels is tussen die veldspaat- en kwartskorrels vasgedruk. Die kwartskorrels besit nie 'n algemene oriëntasie-riegting nie. Enkele afgeronde magnetietkorrels kom ook voor.

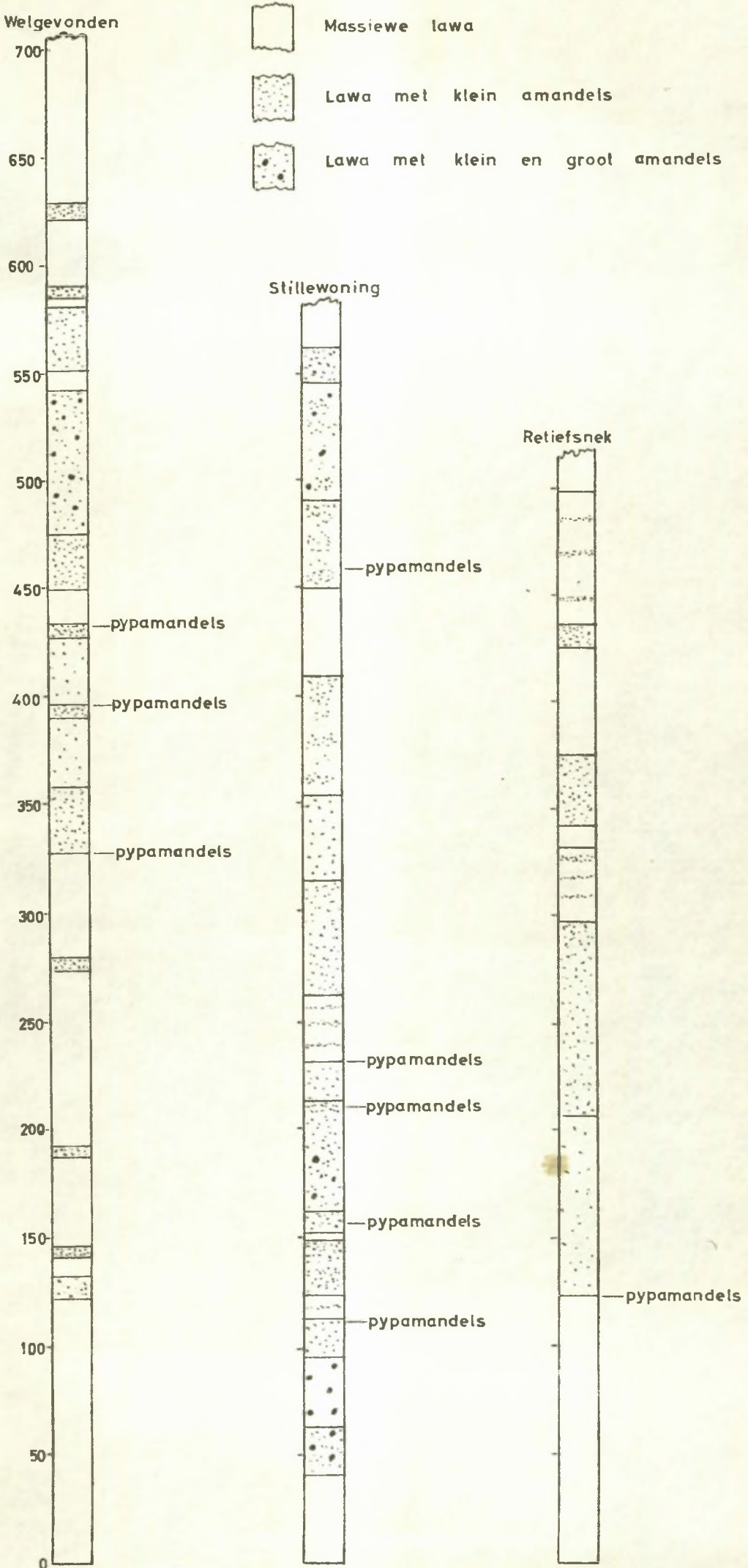
Die grondmassa en sementmateriaal bestaan uit groen en geel kleimateriaal en silika wat die detritale korrels goed sementeer. Bykomstige minerale van granaat, epidoot, toermalyn en sirkoon is ook in die slypplaatjie teenwoordig, waarvan eersgenoemde die grootste persentasie uitmaak.

Bogenoemde kenmerke van 'n sandsteenaar toon duidelik die sedimentêre, en moontlik die eoliese geaardheid daarvan, omdat hierdie monster onder die mikroskoop nie van die Holkransmonsters onderskei kan word nie. Dit is blykbaar verhard deur die afsetting van sekondêre silika tussen die korrels. Die sandsteenare in die lawa het dus 'n klastiese oorsprong.

Die lawa rus met 'n skerp kontak op die Holkranssandsteen, wat soms slegs 'n effense bakeffek, wat nooit dikker as 'n $\frac{1}{2}$ duim is nie, toon, byvoorbeeld op die plase De Hoek 1238, Fonteinhoek 1548, L.F. 1562, Retiefsnek 123 en Oshoek 560. Meesal, egter, is daar geen bakeffek op die Holkranssandsteen teenwoordig nie.

Oor die algemeen bevat die onderste 120 tot 140 voet lawa geen amandels nie, maar uitsonderings is wel teenwoordig soos op die plaas Stillewoning 1296, waar talryke amandels aan die basis van die lawa voorkom. Bokant ongeveer 160 voet van die basis van die lawa word amandels algemeen in wisselende hoeveelhede in die lawa aangetref en verskeie horisonte is ook teenwoordig wat meer amandelryk is dan andere. Verskeie detailroetes is vertikaal oor die lawa gedoen om die amandelryke sones vas te stel. Die resultate volg in Figuur 23, waar dit as profiele deur die lawa uitgeteken is.

/Volgens.....



FIGUUR 23. Profiele deur lawa

Volgens Du Toit (1956, bl. 303) bevat die dun lawavloeiings feitlik dwarsdeur amandels, terwyl die dik vloeiings hoogstens 'n laag van pypamandels aan die basis van 'n vloeiing bevat, en opwaarts progressief in ylverspreide amandelsteenlawa en kompakte lawa oorgaan. Hoërop maak stoomgaatjies egter hul verskyning, sodat amandels algemeen in die boonste gedeelte van 'n vloeiing voorkom. Die afwesigheid van amandels in die meeste van die onderste lawavloeiings, kan moontlik aan die afwesigheid van water of 'n nat oppervlakte tydens uitvloeiing toegeskryf word.

'n Poging is aangewend om, met behulp van die amandelryke sones, die aantal lawavloeiings vas te stel. Dit het geblyk 'n moeilike taak te wees aangesien :

1. amandels soms aan die bokant of soms aan die onderkant of albei kante van 'n vloeiing kan vorm; 2. 'n amandelryke sone langs strekkings soms oorgaan in massiewe lawa met geen of baie min amandels.

Volgens Stockley (1947, bl. 53) het die vloei- rigting van enige spesifieke lawavloeiing in die Drakensbergglawa baie varieer en gemete vloei- rigtings sal dus meesal 'n ongeoriënteerde patroon verskaf. Die amandels in die lawa bestaan meesal uit **kalsedoon**, agaat, kalsiet en zeoliete. Die eienskappe van die zeoliete sal later bespreek word. Die grootte van die amandels wissel van 'n gedeelte van 'n duim tot 8 duim in deursnee en selfs meer in die geval van sommige zeoliete. Pyp- amandels, tot ongeveer 6 duim lank, is teëgekome en waar moontlik is metings gedoen om die lawa se vloei- rigting te bepaal. Twee rigtings op Retiefsnek 123, vier op De Hoek 1238 en Stillewoning 1296 en een rigting op Fouries Rust 80 is gemeet. Ongeag die min lesings wil dit voorkom asof daar tog 'n voorkeur vloei- rigting van die lawa na die weste was (Figuur 24).

/Die lawa.....



FIGUUR 24. Vloeirigtings in die lawa volgens metings op pypamandels.

Die lawa wat die sentrale gedeelte van die gebied beslaan is laer bo seevlak geleë as die omliggende lawa wat die berge vorm. Hiervoor is verskeie verklarings moontlik nl. 1. oorspronklik kon die Holkranssandsteen 'n kom gevorm het waarin die lawa afgeset is. 2. 'n Pyptoevoerkanal kon in die suidelike deel van Joppavoid 928 bestaan het. 3. Verskuiwings kon die verlaging veroorsaak het soos moontlik aangedui kan word deur kwartskristalle wat op sommige plekke op plase Joppavoid 928 en Highlands 1239 in die lawa gevind word. Bogenoemde verklarings vir die laerliggende lawa word volledig onder Hoofstuk V bespreek.

Die lawa moes hoogs vloeibaar gewees het, aangesien individuele vloeiings vir myle gevolg kan word. Volgens Du Toit (1956, bl. 302) kon hoogstens die onderste gedeelte van die lawa deur pype gevoed gewees het. Gevers,

/soos.....

soos verwys deur Stockley (1940, bl. 460) beskryf dolerietgange, wat 'n verandering na 'n rots met gasblasies in die boonste gedeelte van 'n spleet toon. Die dolerietgange het dus as toevoerkanale van die lawa gedien.

(b) Petrografie. - Slypplaatjies van vier lawamonsters, wat almal in die onderste horisonte geneem is, is mikroskopies ondersoek. Die monsters is op die plase Mamre, De Hoek 1238, Fonteinhoek 1548 en L.F. 1562, geneem. 'n Vyfde lawamonsster, wat amandeldraend is, is op die plaas De Hoek 1238, ongeveer 150 voet bokant die Holkranssandsteen, geneem. Die eerste vier lawamonsters se stratigrafiese posisie kon nie gemeet word nie.

Met behulp van die Leitzintegreertafel is die volume persentasie van die minerale in die verskillende plaatjies bepaal. Die resultate word in Tabel V aangegee en daaruit blyk dat plagioklaas in die vier monsters gemiddeld 46.6 persent uitmaak, pirokseen gemiddeld 42.2 persent, erts gemiddeld 3.9 persent en chloritiese en zeolitiese materiaal 7.1 persent.

TABEL V.

Samestelling van Lawa (Volumetries)

Monster Nos.	Plagioklaas.	Pirokseen	Erts	Veranderings- produkte.
L1	48.8%	41.5%	2.1%	7.7%
L3	44.3%	44.7%	7.1%	4.0%
L4	47.7%	42.0%	2.9%	7.5%
L7	45.5%	40.6%	3.2%	9.3%
Gemiddeld	46.6%	42.2%	3.9%	7.1%

Die plagioklaas is goed ontwikkel en vertoon deurgaans vars. Dit toon algemeen polisintetiese vertweeling volgens die Albiet-, Periklien en Karlsbad-wette. Die mineraal kom as langwerpige latjies voor, met 'n lengte wat wissel van 0.12 tot 1.6 millimeter en 'n breedte van 0.02 tot 0.5 millimeter.

In 2 lawamonsters, wat van die plase L.F. 1562 en Welgevonden 90 afkomstig is, is tesame 20 plagioklaas-tweelinge opgemeet om die anortietinhoud en die tweelingwette te bepaal. Die resultate volg in Tabel VI.

/Tabel VI.....

TABEL VI.

Aantal Tweelinge.	Labradoriet.	Bytowniet.	Albiet.	Vertweelingswette. Periklien.	Karlsbad
20	10	10	12	6	2

Labradoriet en bytowniet is woms in dieselfde monster teëgekrom.

'n Baveno(regse)-tweeling met 'n An-inhoud van 69 persent is ook teëgekrom. Die resultaat hierbo verkry, het egter geen statistiese waarde nie. Die gemiddelde anortietinhoud van die 20 monsters is 66 persent. Die maksimale simmetriese uitdowingshoek in die Albiet-tweelinge, wat loodreg op die (010)-vlak gemeet is, varieer tussen 30° en 39° . Enkele onreëlmatige plagioklaaskorrels wat nie vertweeling is nie, kom in die lawa voor. Hierdie korrels verteenwoordig blykbaar 'n latere stadium van kristallisasie, omdat dit interstisies tussende plagioklaaslatjies en pirokseen voorkom.

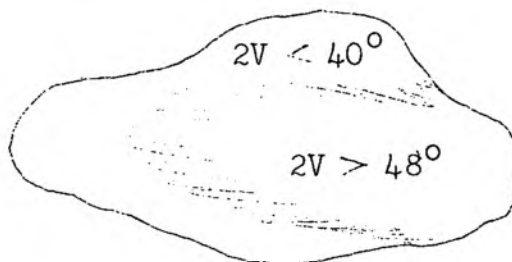
Botha (1952, bl. 38) het die basalte noord van Elliot, Kaapprovinsie, ondersoek en gevind dat ofitiese teksture afwesig is in die oudste vloeiings, terwyl hierdie teksture wel in die oudste lawavloeiings suid van Bethlehem aangetref word. Die ofitiese teksture, wat goed ontwikkel is, bestaan uit plagioklaaskristalle wat geheel deur groot pirokseenkristalle en -aggregate omsluit word. Soms word die plagioklaaskristalle net gedeeltelik omsluit, wanneer die tekstuur sub-ofities genoem word. Baie fyn grafiese vergroeiing van zeoliet wat blykbaar saam met plagioklaas gevorm het, is ook enkele plekke in die slypplaatjie waargeneem.

Enkele plagioklaaslatjies, wat sonaal gebou is, is opgemerk, hoewel die oorgang tussen die verskillende sones swak ontwikkel is (Plaat IXb, Vergroting 80X). Onegalige uitdowing van plagioklaas is dikwels teenwoordig.

Die pirokseen wat teenwoordig is, is deurgaans 'n klinopiokseen, nl. ougiet, wat voorkom as oneievormige tot halfeievormige kristalle. Die korrels wat loodreg tot die (010)-splytingsvlak gesny is, toon 'n maksimum interferensiekleur van tweede orde blou. Laasgenoemde splytingsvlak is oor die algemeen goed ontwikkel.

Die ougiet besit 'n positiewe optiese assehoek wat varieer van 48° tot 62° . Vertweelingsvlak as tweelingsvlak, is dikwels aangetref. Enkele korrels toon polisintetiese vertweeling met (001) as tweelingvlak.

Enkele korrels, wat klein optiese assehoeke besit, is opgemeet. Hierdie korrels is gewoonlik sonaal gebou met 'n lae dubbelbreking, gewoonlik eerste orde wit tot geel. In die middel het die korrels meesal 'n groot $2V$ (50° en meer), terwyl die optiese assehoeke na die kante baie verminder. Figuur 25 toon so 'n korrel met 'n groot assehoek in die senter, maar verminder progressief na die kante.



Figuur 25. 'n Ougietkorrel wat sonale bou toon.

Bevindings soos in Figuur 25 aangetoon, is ook deur Botha (1952, bl. 40) beskryf.

Van Besondere belang is die pirokseenkorrels wat in een van die lawamonsters teenwoordig is. Elkeen van hierdie korrels is saamgestel uit dele wat verskillend onder gekruisde nicols uitdoof. Die skeiding tussen die dele is onegalig. As die analiseerder uitgeskakel is, kan die dele van die korrel egter nie van mekaar onderskei word nie. 'n Poging is aangewend om elke deel van een van hierdie korrels, wat uit ses dele bestaan, onder die Federov-draaitafel op te meet. Sommige dele van die korrel het moeilik opgemeet moontlik omdat die aparte dele sonaal gebou is of omdat die optiese asse dispersie toon. Nogtans kon die optiese assehoek (positief) van elk naasteby bepaal word en dit wissel van ongeveer 30° tot 60° . Dit kan dus as ougiet geklassifiseer word. Dit was opvallend dat die Z-as van al die dele ongeveer dieselfde oriëntasie besit. In een van die dele het

/die.....

die X- en Y-asse ongeveer 90° respektiewelik verskil van die X- en Y-asse in die meeste ander dele. In die ander 5 dele egter, het die X- en Y-asse van 10° tot 60° van mekaar verskil. Een splyting, waarvan die oriëntasie in al die dele net effens verskil, is in die korrel teenwoordig. Volgens Deer, Howie en Zussman (1963, II, 133-134) toon titanougiet sterk dispersie van optiese asse. Voorts noem hierdie skrywers dat sonale ougiet algemeen in rotse wat vinnig afgekoel het, teenwoordig is. Hierdie sonering word, volgens laasgenoemde skrywers geïnterpreteer as 'n produk van toenemende verplasing van enigeen van Mg of Ca deur Fe^{2+} . Volgens laasgenoemde skrywers is ossilerende-, uurglas- en sektorsonering algemeen in titanougiet teenwoordig.

Die belangrikste bykomstige minerale in die lawa is chloritiese- en glasmateriaal, zeoliete en erts. Die chloritiese materiaal is meesal liggroen en effens pleokroïes. 'n Reaksierand, wat uit sekondêre chloritiese materiaal bestaan, kan dikwels rondom zeolietaggregate gesien word. Pirokseenkristalle is soms ook gedeeltelik na bruin en groen chloritiese materiaal verander (Plaat Xa, vergroting 80x), hoewel dit meesal nie baie duidelik gesien kan word nie.

Waar zeoliet voorkom, vorm dit gewoonlik die grondmassa van die lawa. Die zeoliet is fynkorrelrig en toon baie lae dubbelbreking en swak gedefinieerde, uitstralende en naaldagtige teksture.

Die lawa wat op die plaas Welgevonden 90 geneem is, toon ook interstisiële kalsiet-aggregate, wat die openinge in die rotse opvul. Die kalsiet het 'n perfekte rombohedrale splyting met hoeke van 74° tot 75° tussen die splytingsvlakke. In 'n vyfde slypplaatjie is alleen die amandels ondersoek. Die amandels bestaan almal uit zeoliete wat as kristalle en aggregate voorkom, waarvan laasgenoemde radiale en veselagtige struktuur toon. Sommige van die kristalle toon vertweeling, maar dit is so swak ontwikkel dat die tweelingvlak nie bepaal kon word nie.

'n Aantal brekingsindekse is bepaal en die gemiddelde n_z is gelyk aan 1.506. en n_x gelyk aan 1.496 met 'n dubbelbreking van 0.01

Die kristalle toon meesal golwende uitdowing, terwyl die uitdowingshoek gewoonlik tussen 2° en 4° varieer maar nooit 5° oorskry nie. Die verlenging van die kristalle is altyd parallel aan die vinnige straal. Die zeoliet is dus stilbiet. Die rande van die stilbiet-amandels toon feitlik deurgaans verandering na bruin en groen chloritiese materiaal.

Geen olivien is teenwoordig in die plaatjies wat ondersoek is nie. Volgens die samestelling van die lawamonsters, kan hulle volgens Tyrrell (1958, bl. 129) beskou word as tholleitiese basalt omdat die rotse baie min of geen olivien bevat.

2. Dolerietindringings.

(a) Algemeen. - Die dolerietindringings kom meesal as gange voor. Die verwerking van die indringings is karakteristiek van die gewone Karoodoleriet, wat as ronde rotsblokke uitverweer en ook eksfoliasieverwerking toon. Die gange verweer meesal gelyk met die oppervlakte, behalwe op die plaas Lucia 840, waar 'n breë dolerietgang ongeveer 60 voet bokant die oppervlakte uitstaan. Om hierdie rede is dagsome van kontakte tussen die doleriet en randgesteentes baie skaars.

Die dikte van die gange wissel van 'n paar voet tot oor 40 voet, terwyl die dikte hoërop in die suksessie afneem bv. op die plaas Oshoek 560 het 'n dolerietgang 'n dikte van 40 tot 45 voet in die boonste Rooilae, terwyl dit 1200 voet hoërop deur die lawa sny met 'n dikte van 24 voet. 'n Ander voorbeeld is 'n dun dolerietgangetjie van ongeveer 5 voet dik, wat langs 'n naat op die plaas Stillewoning 1296 in die Holkranssandsteen voorkom en uitknyp voordat dit die lawa bereik. Op die plaas Holkrans 1026 kom smal dolerietgange van nie dikker as 12 voet nie, langs nate voor, wat duidelik sigbaar is op die lugfotos. Hierdie voorkomste versterk die vermoede dat die dikker dolerietgange, wat meesal parallel aan die naatsistiem is, ook langs naatvlakke ingedring het, byvoorbeeld die lang gange wat dwarsdeur die gebied sny. Sulke gange is byvoorbeeld die een aan die westekant van die gebied wat naasteby 'n noord-suid strekking het, terwyl die een aan die noordekant 'n oos-wes strekking het, maar onderbroke dagsoom.

/Die.....

Die doleriet wat op die plaas Dagbreek 254 dagsoom, vorm klein ronde koppies sodat die puin daarvan die kontak tussen die sandsteen en doleriet bedek. Blykbaar was daar geen versteuring van die sandsteenlae nie, soos aangedui word deur die afwesigheid van kenmerke soos breksies en sleuring. Gevers (1928, bl. 53) beskryf dolerietproppe in die Molteno-area. Hy verklaar die vorming van so 'n dolerietprop as volg: Die dolerietprop verteenwoordig die laer gedeelte van 'n kolom basaltiese magma wat in die pyp opgestoot het om gedurende 'n latere stadium as lawa uit te vloei. Die doleriet wat op Dagbreek 254 dagsoom, verteenwoordig moontlik ook voedingskolomme van die basaltiese lawa, wat as ou vulkaanstele oorgebly het.

'n Dolerietplaat, wat minstens 70 voet dik is, kom suidwes van Slabbertstasie in die Moltenolae voor, ongeveer 25 voet onder die Rooilae-Molteno-kontak (nie in gekarteerde gebied geleë nie).

Op Retief 88 en Oshoek 560 is dagsome aanwesig waar dolerietgange die Rooilae ontkleur het. Op laasgenoemde het 'n 40 tot 45 voet gang die randgesteente 2 voet breed ontkleur. Op die plase Oshoek 560, Windhoek 99 en Fonteinhoek 1548 sny die indringings deur die lawa, maar die dagsome is ongelukkig van so 'n aard dat geen kontak tussen lawa en doleriet waargeneem kon word nie. Laasgenoemde verskynsel kan verwag word, aangesien die samestellings van die doleriet en lawa ooreenstem.

Die indringing van dolerietgange was baie egalig en geen reomorfiëse effekte is waargeneem nie. Wryfvlakke van randrotse is op Melsetter 1172 en Vaalbank 156 waargeneem. 'n Interessante verskynsel is dat dolerietindringings, sover vasgestel kan word, afwesig is in die sentrale gedeelte van die gebied, behalwe vir die klein kolletjies doleriet wat op die plase De Hoek 1238 en Dagbreek 254 voorkom.

(b) Petrografie. - 'n Volledige bespreking van die mineralogie van die dolerietindringings is onnodig, aangesien dit feitlik identies met dié van die lawa is.

Vier slypseksies van dolerietgange wat op die plase Fonteinhoek 1548, De Hoek 1238 en Windhoek 99, geneem is, is mikroskopies ondersoek. Die volume

persentasie van die minerale is opgemeet. Soos in Tabel VII aangetoon, is die gemiddelde plagioklaasinhoud in die vier monsters 47.7 persent, pirokseen gemiddeld 41.3 persent, erts gemiddeld 3.2 persent, veranderingsprodukte gelyk aan 6.4 persent en olivien 1 persent. 'n Vergelyking van tabelle V en VII toon dat die kwalitatiewe sowel as kwantitatiewe mineralogiese samestelling van die doleriet en lawa baie goed ooreenkom.

Verskeie plagioklaaseerstelinge kom in die doleriet voor, terwyl dit afwesig is in die lawa. Sommige van die eievormige plagioklaaseerstelinge is tot 3 millimeter lank. In teenstelling met die basaltiese lawa, wat 'n ofitiese tekstuur toon, toon die doleriet net 'n sub-ofitiese tekstuur.

TABEL VII.

Samestelling van Doleriet (Volumetries)

Monster Nos.	Plagioklaas	Pirokseen	Olivien	Erts	Veranderings- Produkte.
do 2	48.2%	41.6%	0.8%	3.2%	6.2%
do 3	48.4%	44.5%	-	1.9%	5.2%
do 4	48.9%	44.0%	-	2.3%	4.8%
do 5	45.3%	39.2%	1.2%	5.1%	9.2%
Gemiddeld	47.7%	41.3%	1 %	3.2%	6.4%

Altesaam 10 plagioklaastweelinge is in twee dolerietmonsters opgemeet en die resultate is in Tabel VIII aangebring.

TABEL VIII.

Vertweeljing van plagioklaas in doleriet.

Aantal Tweelinge	Labradoriet	Bytowniet	Vertweeljing Albiet	Vertweeljing Periklien.
10	6	4	7	3

Die gemiddelde An-inhoud van die 10 plagioklaaslatjies is 68 persent. Verskeie voorbeelde van pirokseen wat verander is na chloritiese materiaal, is baie duideliker in die doleriet dan in die lawa aanwesig. Die chloritiese materiaal is meesal ook baie sterker pleokroïes as in die lawa en toon die volgende pleokroïese formule: X is geel, Y en Z is donkergroen.

/Enkele....

Enkele aggregate van zeoliet met lae dubbelbreking, is tussen die pirokseen en plagioklaas teenwoordig. Die sekondêre chloritiese materiaal word meesal geassosieer met hierdie zeoliet, wat hoofsaaklik die chloritiese materiaal om die rande bevat.

Alleen in twee dolerietmonsters wat van Fonteinhoek 1548 en De Hoek 1238 afkomstig is, kon enkele gelykvormige olivienkorrels en een eievormige korrel met veelhoekige buitelyne waargeneem word. Veranderingsprodukte, bestaande uit serpentyn en chloritiese materiaal, word in die krake van die olivienkorrels aangetref. 'n Paar voorbeelde is in een plaatjie teenwoordig waar serpentyn, moontlik antigriet, as pseudomorfe van olivien voorkom, sodat alleen die kristalbuitelyne van die olivien nog behoue gebly het. Met die bepaling van die volume persentasie is hierdie serpentyn by die veranderingsprodukte getel.

Behalwe vir die olivien wat in sommige dolerietmonsters aanwesig is, kom die lawa en doleriet baie goed ooreen. Dit is dus taamlik seker dat die doleriet en basalt 'n gemeenskaplike magma besit het. Volgens Turner en Verhogen (1960, bl. 432) het basaltiese magmas van alle ouderdomme in die aardkors ingedring in die vorm van gange met 'n wye verspreiding.

Poleerseksies van twee dolerietmonsters wat vanaf die plase Fonteinhoek 1548 en Windhoek 99 afkomstig is, is bestudeer om alle kenmerke van die ertse wat teenwoordig is, te noteer.

Magnetietmikroliete kan in die slypplaatjies van hierdie dolerietmonsters in 'n grondmassa van chloritiese en glasagtige materiaal waargeneem word. In 'n poleerseksie toon hierdie mikroliete tipiese teksture met twee definitiewe oriëntasierigtings (Plaat Xb, vergroting 200X). Hierdie magnetiet kon gevorm gewees het deur die verandering van klinopirokseen na chloritiese materiaal wat sodoende die magnetiet vrygestel het as mikroliete. Voorbeelde van veranderde pirokseen, waarin fynverdeelde ertsdeeltjies teenwoordig is, kom algemeen voor, terwyl enkele pirokseenkristalle gedeeltelik na chloritiese materiaal verander is, maar geen magnetiet bevat nie.

Piriet kom baie keer as fynverdeelde korrels en om die rande van magnetiet voor. Enkele fynverdeelde chalkopirietkorrels, wat egter net onder 'n baie groot vergroting sigbaar is, kom ook voor, soms om die rande van pirietkorrels. Verskeie magnetietkorrels met ontmengingslamelle van ilmeniet langs die (111)-vlakke van eersgenoemde, is herken.

Uit bogenoemde gegewens moes die kristallasieorde van die ertse in die doleriet as volg gewees het: Ilmeniet en magnetiet moes saam begin kristalliseer het, terwyl piriet en daarna chalkopiriet gevolg het.

IV. HISTORIESE GEOLOGIE EN PALEONTOLOGIE.

Volgens studies van Du Toit op plantfossiele, soos genoem deur Haughton (1924, bl. 490) kon die sedimentasie van die Serie Stormberg moontlik in die Middel-Triassiese tye begin en voortgeduur het tot die aanvang van die Jurassiese Tydperk. Die ouderdom van die oudste lede van hierdie serie is volgens die jongste stratigrafiese profiel van die Geologiese Opname, ongeveer 185 miljoen jaar, terwyl die einde van die lawa-vloeiings ongeveer 140 miljoen jaar gelede moes plaasgevind het.

Baie los stukkies houtfossielmateriaal, wat op die plase Libanon 69, Elim 162 en Vaalbank 156 gevind is, is moontlik uit die Moltenolae afkomstig. Dit stem ooreen met wat Haughton (1924, bl. 466) gesê het, naamlik dat die enigste fossielmateriaal wat in die Moltenolae voorkom, plante is. Volgens hom kom plantfossiele meer algemeen in die laer dele van die Moltenolae voor. Hy noem 'n voorbeeld van fossielblare, nl. *Thinnfeldia*, wat in harde fynkorrelrige sandsteen noord van Woodhouse in die boonste Moltenolae voorkom. Van Eeden (1937, bls. 22 en 23) beskryf ook *Thinnfeldia*-blare wat hy in die Bethlehem-Kestell-area in die Moltenolae gevind het, terwyl Stockley (1940, bl. 448) meld dat *Dadoxylon*houtfossiele op menige plekke in Basoetoland in situ voorkom. Van Eeden (1937, bl. 31) beskryf ook die voorkoms van onegalige chertagtige materiaal, wat volgens hom gesilisifiseerde plantmateriaal verteenwoordig.

/Volgens.....

Volgens Haughton (1924, bl. 474) is daar nog nie klein liggaamsbou reptielfossiele aan die basis van die Rooilae gevind nie, terwyl daar in die boonste horisonte wel klein dierefossiele gevind is. Volgens Haughton dui laasgenoemde feit daarop dat die klimaat geleidelik droeër moes geword het gedurende die afsetting van die Rooilae. Fossielbene van *Massospondyles*, *Thecodontosaurus browni* en die mammalia, *Tritylodon* is volgens Stockley (1940, bl. 452) algemeen in die boonste Rooilae teenwoordig. Haughton (1924, bl. 475) verklaar dat die fossiele wat reeds in die Rooilae gevind is, aandui dat die diere nie ver van hul woonomgewing deur die afsettings bedek moes gewees het nie.

Onegalige oorblyfsels van fossielbene kom taamlik algemeen in die Holkranssandsteen voor, maar is blykbaar deur silisifisering onherkenbaar verander. Die beste voorbeeld hiervan is op die plaas Oshoek 560, ongeveer $\frac{3}{4}$ myl suid van die plaashuis, teenwoordig. Hierdie voorkoms is 130 voet onder die lawa geleë. Haughton (1924, bl. 481) meld dat fossielvisse en gesilisifiseerde bome in die Holkranssandsteen voorkom.

Fossielspore is in die sandsteenlaag op die plaas Fouries Rust 80 herken. Hierdie spore, wat 3 tot $3\frac{1}{2}$ duim lank is, bevat elk drie toonafdrukke en die 2 spore is $2\frac{1}{2}$ voet van mekaar. Groot liggaamsbou reptiele het spore van ongeveer 1 voet in deursnee getrap en hul treë was ongeveer 8 voet lank. Die spore in die sandsteenlaag behoort dus aan 'n klein liggaamsbou reptiel (Plaat VIIb). Sloopmerke en talle modderkrake is ook teenwoordig. Dierelewe was dus nog tydens die eerste lawavloeiings moontlik in moerasagtige omgewings of klein waterpoele, wat op die Holkranssandsteen kon bestaan het, teenwoordig. Van Eeden (1937, bl. 31) noem die voorkoms van 'n fossielreptielgeraamte wat in die Holkranssandsteen op die plaas Mamre 806 voorkom.

/V. STRUKTUUR.

V. STRUKTUUR.

Die formasies in die gebied is baie min versteur. Die helling van die sedimentêre lae wissel van 1° tot 5° maar oorskry selde 2° . Van Eeden (1937, bl. 11) noem verskeie vlak koepelvormige en komstrukture wat volgens hom gevorm het as gevolg van plooiing. 'n Interessante struktuur kom in die sentrale gedeelte van die gebied voor waar die lawa op 'n heelwat laer hoogte bo seevlak as gewoonlik voorkom. In 'n gebied wat die plase Vaalkrans 140, X.F. 1170, Jacobsrust 800, Joppavoid 928, Melsetter 1172 en Highlands 1239 insluit, besit die sedimentêre lae van die Serie Stormberg en moontlik ook die Beaufortlae 'n helling van 4° tot 5° suidwaarts (Plaat I, profiel AB). In hierdie verband **stateer** Van Eeden as volg: "From Retief's Nek in a north-easterly direction the Drakensberg lavas occur in a synclinal fold at an elevation 500 or 600 feet lower than the usual elevation." Ten noorde van hierdie laerliggende lawa kom talle nate, wat in 'n ongeveer suidoos-noordwestelike rigting georiënteer is, in die Holkranssandsteen voor.

Verskeie verklarings kan dien om die laerliggende lawa te verklaar: 1. Die lae kon oorspronklik teen 'n helling afgeset gewees het om sodoende die vlak kom te vorm waarin die lawa uitgevloei het. Dit blyk egter onwaarskynlik te wees as in ag geneem word dat die dikte van die Rooilae, wat langs die grootste deel van die bekken gevolg kan word, taamlik konstant bly.

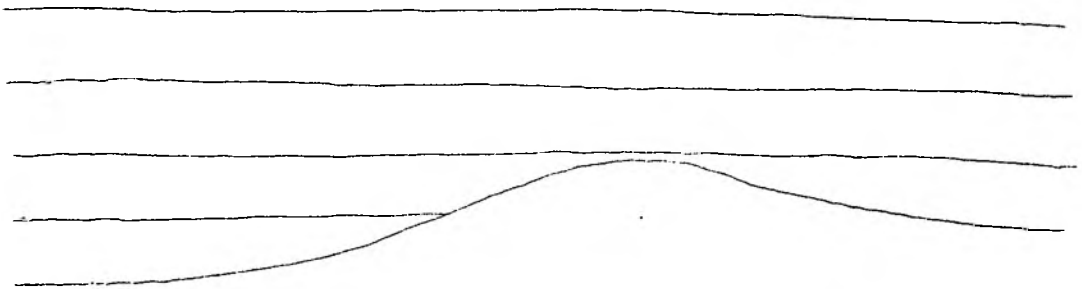
2. 'n Pyptoevoerkanaal kon in die suidelike deel van Joppavoid 928 bestaan het omdat volgens Gevers (1928, bl. 60) en Du Toit soos verwys deur Haughton (1924, bl. 478), areas van insakking op sommige plekke in die Drakensberglawas voorkom wat moontlik te wyte is aan die verwydering van magma deur uitvloeiing. Omdat geen agglomeraat of vulkaniese tuf in hierdie lawa of in naby geleë lawa gevind kon word nie, is hierdie moontlikheid ook verwerp. Kwartskristalle, wat soms verskuiwings kan kenmerk, is op sommige plekke in die lawa op die plase Joppavoid 928 en Highlands 1239 gevind,

/maar.....

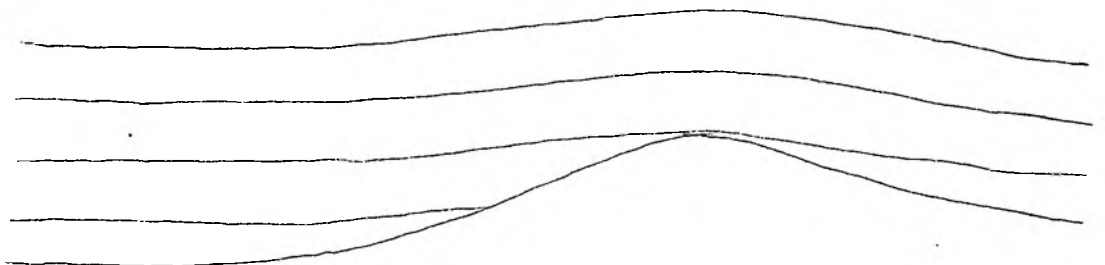
maar by gebrek aan enige ander getuienis is die moontlikheid van verskuiwings ook uitgesluit.

3. Die laerliggende lawa kan ook die gevolg wees van effense plooiing soos Van Eeden (1937, bl. 11) dit beskryf het. Die nate wat reeds genoem is, is naasteby parallel aan die moontlike plooias deur Van Eeden (1937, bl.) genoem.

4. Die struktuur kon gevorm het na afsetting tydens kompaksie van die afgesette lae oor 'n ongelyke topografie (Figuur 26).



(a) Voor kompaksie.



(b) Na kompaksie.

Figuur 26. Sedimentêre lae voor en na kompaksie.

Met die kompaksie van die sedimentêre lae onder swaartekrag sal die water uitgepers word sodat die oorspronklike horisontale lae (Figuur 26 a) na kompaksie skuinsliggende lae ten gevolge sal hê. Hierdie struktuur kan moontlik geskikte plekke veroorsaak waar olie kan versamel. Geen gegewens is egter in die gekarteerde gebied beskikbaar waaruit die Voor-Karoooppervlakte aangetoon kan word nie.

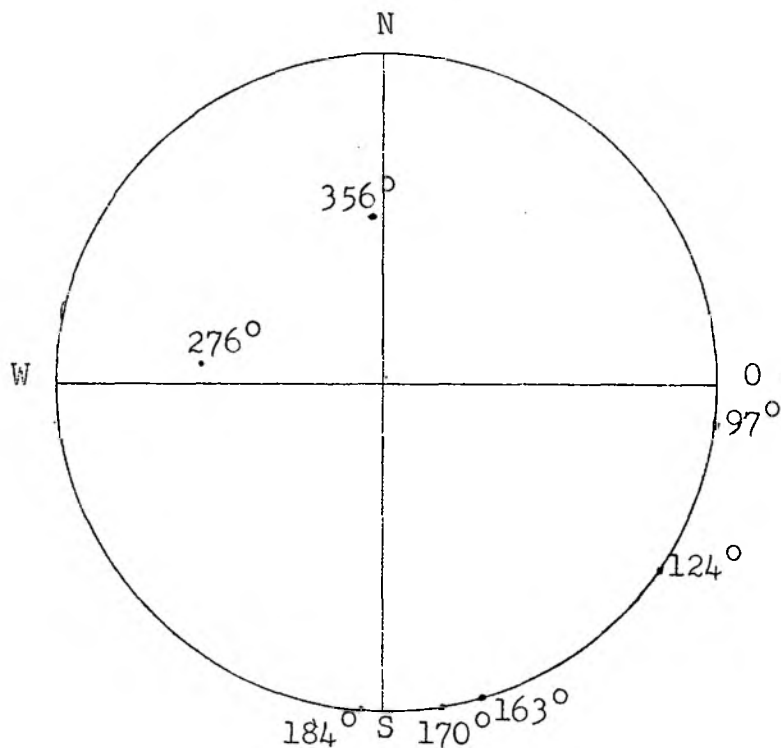
Om op te som kan dus gesê word dat hierdie komstruktuur, wat hoofsaaklik op die plase Highlands 1239, en Joppavoid 928 voorkom, of deur plooiing gevorm het of as gevolg van samepersing van die ongekonsolideerde sedimentêre lae.

Die enigste verskuiwings wat waargeneem is, kom in die Moltenolae voor. Verskuiwings van slegs 2 tot 4 voet is op die plaas Libanon 69 in 'n spruit (Figuur 4) waargeneem.

Nate kom algemeen deur die hele gebied in al die formasies voor en waar dit moontlik is, is die rigting en helling van die nate gemeet en aangebring op die geologiese kaart (Plaat I). Die nate op die plase Holkrans 1026, Jacobsrust 800 en X.F. 1170 kon alleen op die oppervlakte waargeneem word, sodat net die strekkingsrigtings gemeet kon word. Dit wil egter voorkom asof die meeste nate vertikaal of naasteby vertikaal georiënteer is en word ook so op Plaat I aangedui. Alleen sewe lokaliteite in die gebied was geskik om oriëntasierigtings van nate te meet.

Die metode wat deur Billings (1957, bls. 110 - 111) beskryf word, is gevolg. Met behulp van 'n Wulff-net is die pole van die naatvlakke as punte op die onderste hemisfeer aangebring.

Elke punt op en binne die sirkel stel 'n naatvlak voor (Figuur 27). Alhoewel min naatlesings geneem is, blyk dit dat daar 'n voorkeuriëntasierigting, wat tussen 73° en 94° wissel, bestaan. 'n Tweede naatrigting, wat tussen 6° en 34° varieer, is ook moontlik teenwoordig.



Figuur 27. Naatrigtings in die Holkranssandsteen.

VI. OPSOMMING.

Die gebied is gekarteer met behulp van lugfotos terwyl aantekeninge van die belangrikste bevindings in die veld gemaak is. Geskikte lokaliteite en roetes is gekies om monsters te neem waarop 'n petrografiese studie in die laboratorium uitgevoer kon word. Die mikroskopiese ondersoek het slypplaatjieanalyse en swaarmineraaltellings ingesluit, terwyl 'n sifanalise van gesteentes van die Etages Molteno en Rooilae uitgevoer is.

Uit veldgegevens en petrografiese studies het die volgende punte duidelik geword :

1. Die korrelgrootte van die minerale in die sandstene teenwoordig verminder van die Etage Molteno na die Etage Holkrans, terwyl die afgerondheid vermeerder. Die Holkrans het dus meer herwerking ondergaan.
2. Die swaarmineraalgroep bly konstant deur die Serie Stormberg wat dus 'n gemeenskaplike oorsprong vir al die étages aandui. Die tipe swaarminerale teenwoordig, dui hoofsaaklik granitiese en gneissiese oorsprongrotse aan.

/3. Die.....

3. Die materiaal van die Serie Stormberg wat in hierdie gebied ondersoek is, moes hoofsaaklik vanuit die ooste en suidooste afkomstig gewees het, moontlik vanaf rotse wat êrens oos en suidoos van die hedendaagse kuslyn moes bestaan het.
4. Die afsetting van die verskillende étages van die Serie Stormberg was aaneenlopend en die afsetting van die étages het geleidelik in mekaar gradeer. Die klimaat moes droeër geword het namate die afsetting gevorder het.
5. Die dolerietgange moes hoofsaaklik langs naatvlakke in die sedimente ingedring het en dit moes ook die toevoerkanale vir die basaltiese lawa uitgemaak het.

DANKBETUIGINGS.

Graag wens die skrywer van hierdie verhandeling sy opregte dank en waardering te betuig:

1. Aan Professor W.J. van Biljon, hoogleraar in die Departement Geologie, U.O.V.S., vir sy hulp, vriendelike leiding en waardevolle kritiek tydens hierdie ondersoek.
 2. Aan Dr. Botha, Senior Lektor in die Departement Geologie aan die Vrystaatse Universiteit, vir sy waardevolle wenke, veral in verband met die swaarmineraalstudie asook ander petrografiese studies.
 3. Aan die Universiteit van die Oranje Vrystaat, vir die toekenning van 'n nagraadse studiebeurs.
 4. Aan my ouers vir hul belangstelling, liefde en finansiële hulp, waarsonder die skrywer nie voltyds sou kon studeer nie.
 5. Aan al die boere by wie die skrywer ingewoon het asook die boere op wie se plase gekarteer is.
-

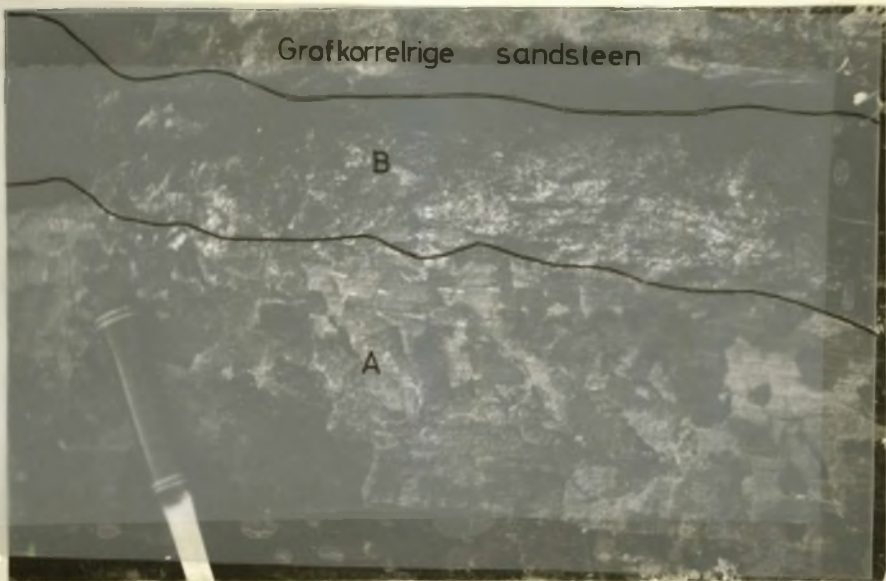
LITERATUURVERWYSINGS.

- BATES, J.D. and BATES, B.H. (1960) Evaluation of Heavy Mineral separation using Artificial Samples. J. sediment. Petrol., 30, 148-153.
- BILLINGS, M.P. (1957) Structural Geology, 2d ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New York.
- BOTHA, B.J.V. (1952) Die Stormbergserie en die Intrusiewe gesteentes, noord van Elliot, Kaapprovinsie. Ongepubliseerde M.Sc.-verhandeling, Universiteit Pretoria.
- (1960) The Arenaceous Rocks and the Pseudo-Aplite of the Otavi Mountain Land, South West Africa. Unpublished D.Sc.-thesis, University of Pretoria.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A. and ZUSSMAN, J. (1963) Rock-forming Minerals, Vols. I, II and V. Longmans, London.
- DRYDEN, L. (1931) Accuracy in percentage representation of heavy mineral frequencies. Nat. Acad. Sci. Proc., 17, 233-238.
- DU TOIT, A.L. (1905) Geological survey of the Indwe area. Annu. Rep. Geol. Comm. G24, Cape Town.
- (1954) Geology of South Africa, 3d ed. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- FRIEDMAN, G.M. (1962) On Sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones, J.Geol., 70, 737 - 753.
- GEVERS, T.W. (1928) The volcanic vents of the Western Stormberg. Trans. geol. Soc. S. Afr., XXXI, 52 - 61.
- HAUGHTON, S.H. (1924) The Fauna and Stratigraphy of the Stormberg Serie. Ann. S. Afr. Mus. XII, 438 - 490.
- KOEN, G.M. (1955) Heavy minerals as an aid to the correlation of sediments of the Karroo System in the northern part of the Union of South Africa. Trans. geol. Soc. S. Afr., 58, 281 - 366.

/KRUMBEIN.....

- KRUMBEIN, W.C. and PETTIJOHN, F.J. (1938) Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century Co., New York.
- KRUMBEIN, W.C. and SLOSS, L.L. (1959) Stratigraphy and sedimentation. Freeman and Co., California.
- KRYNINE, P.D. (1946) The Tourmaline group in sediments. J. Geol., 54, 65 - 87.
- MILNER, H.B. (1940) Sedimentary Petrography, 3d. ed. London.
- MOUNTAIN, E.D. (1944) Further Examples of Syntaxis by Karroo Dolerite. Trans. geol. Soc. S.Afr., 47, 107 - 121.
- PETTIJOHN, F.J. (1941) Persistence of heavy minerals and geologic age. J. Geol. XLIX, 610 - 625.
..... (1957) Sedimentary Rocks, 2d ed. Harper and Brothers, New York.
- POLDERVAART, A. (1955) Zircon in rocks. 1. Sedimentary rocks. Amer. J. Sci., 253, 433 - 461.
- RANKAMA, K. and SAHAMA, Th. G. (1952) Geochemistry. University of Chicago Press, Chicago.
- SHROCK, R.R. (1948) Sequence in layered rocks. McCraw-Hill, New York.
- SMITHSON, F. (1941) The alteration in detrital minerals in the Mesozoic rocks of Yorkshire. Geol. Mag., 78, 97 - 112.
- STOCKLEY, G.M. (1940). The Geology of Basutoland. Geol. Mag., 77, 444 - 455.
- VAN ANDEL, T.J.H. (1959) Reflections on the interpretation of heavy mineral analysis, J. sediment. Petrol., 29, 153 - 163.
- VAN BILJON, W.J. and SMITTER, Y.H. (1956) A note on the occurrence of two sandstone dykes in a Karroo dolerite sill near Devon, South-eastern Transvaal. Trans. geol. Soc. S. Afr., 59, 135 - 148.
- VAN EEDEN, O.R. (1937) The Geology of the country around Bethlehem and Kestell with special reference to Oil Indications. Mem. geol. Surv. S. Afr. 33.
- VAN ZIJL, J.S.V., GRAHAM, K.W.T. and HALES, A.L. (1962) The paleomagnetism of the Stormberg lavas of South Africa. I. Evidence for a genuine reversal of the earth's field in Triassic-Jurassic times. Geophys. J.

PLAAT III.

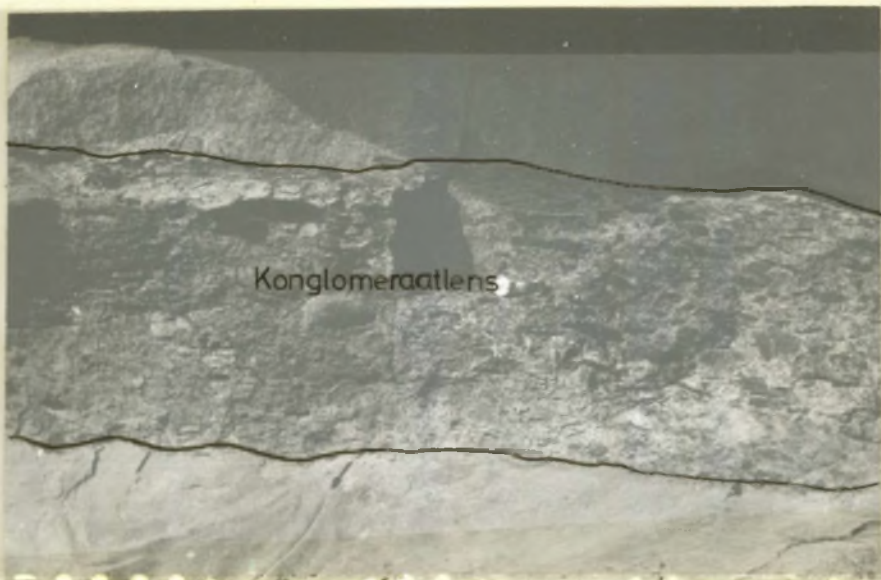


(a) Lokale erosievlak tussen fynkorrelrige Beaufort-sandsteen (A) en grofkorrelrige Moltenogrint (B) op die plaas Vaalkrans 140.



(b) Gebreksieerde chertagtige laag in die Rooilae op die plaas Vaalbank 156.

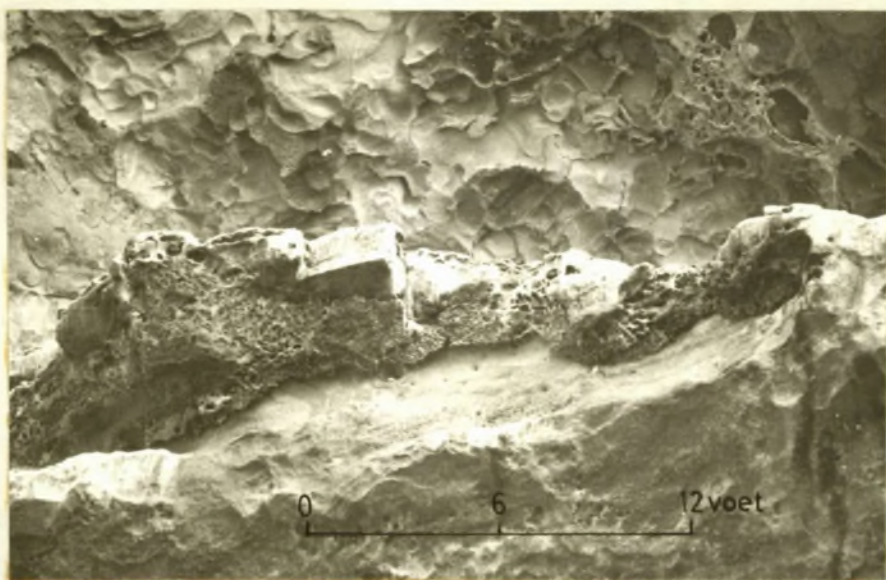
PLAAT IV.



(a) Konglomeraatlens in die boonste Rooilae op die plaas De Hoek 1238.



(b) Tipiese verwering in die Holkranssandsteen op die plaas Vaalbank 156.



(c) Heuningkoekverwering wat in die kranse van die Holkranssandsteen op Plaat IV(b) aangetoon, voorkom.

PLAAT V.



(a) Oppervlakverwering - die begin van kalkkonesies in die Holkranssandsteen.



(b) Sekondêre sandsteenaar in die Holkranssandsteen op die plaas L.F. 1562.

PLAAT VI.



(a) Eoliese kruisgelaagdheidseenhede op die plaas Highlands 1239.



(b) Tussengelaagde sandsteenlaag in die lawa op die plaas Fouries Rust 80. Vir kontak tussen lawa en sandsteen, sien Plaat VIII (b).

PLAAT VII.



(a) Ossilasieriffels in 'n sandsteenlaag in die lawa op die plaas Wonderfontein 1513.



(b) Reptielspore in sandsteen wat tussengelaagd in lawa op die plaas Fouries Rust 80 voorkom.

PLAAT VIII.

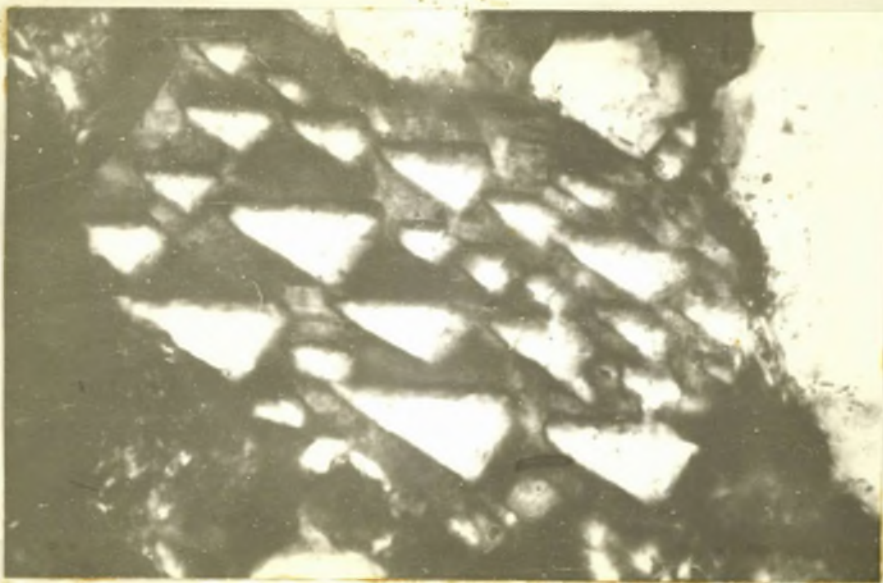


(a) Eksfoliasieverwering van Drakensbergbasalt op die plaas Highlands 1239.



(b) 'n Sandsteenaar wat met 'n sandsteenlaag verbind is, sny deur lawa op die plaas Fouries Rust 80.

PLAAT IX.



(a) Grafiese vergroeiing van kwarts in veldspaat in 'n korrel van die Holkranssandsteen (Vergroting 200X)
(gekruisde nicols)



(b) Sonale bou in 'n plagioklaaseersteling in doleriet (Vergroting 80X)

PLAAT X.



(a) Verandering van pirokseen (A) na chloritiese materiaal (B) (Vergroting 80X) (parallel nicols)



(b) Skeletkristalle van magnetiet in pirokseen (Vergroting 200X) (gekruisde nicols)

PLAAT II.

KORRELLETINGS VAN SWARMINERALE.

SIRKON.

TOEFALYN

RUTIEL.

MONSTER-NOMMERS	TOTAAL	SIRKON.					TOEFALYN										RUTIEL.																	
		GESONEER	INSLUITSELS	KLEURLOOS	GEKLEURD	ONDEUR-SKYNEND	AFGEROND	HOEKIG	IDIOMORF	TOTAAL	BLOU	VEELKLEURIG	KLEURLOOS	STERK PLEOKROIES	SWAK PLEOKROIES	NIE- PLEOKROIES	HOEKIG	AFGEROND	PRISMATIES	TOTAAL	ONDEUR-SKYNEND	STERK PLEOKROIES	SWAK PLEOKROIES	HOEKIG	AFGEROND	PRISMATIES	ROOI	ORANJE	GRYS	GRANAAT	EPIDOOT	APATIET	MONASIET	TITANIET
S 1	1000	323	298	957	31	12	816	184	33	416	18	5	6	221	108	87	87	329	9	216	58	34	124	68	148	11	29	187	1	403	609	93	4	86
S 2	1000	363	244	967	24	9	853	147	18	533	38	16	3	263	106	164	55	478	12	103	21	13	69	26	77	5	12	91	-	1205	1326	206	3	
																			TOTAAL															
																			459.															
																			617															
																			288															
																			686															
																			673															
																			512															
																			284															
																			842															
																			162															
																			63															
																			78															
																			31															
																			145															
																			114															
																			42															
																			120															
																			284															
																			134															
																			215															
																			45															
																			129															
																			214															
																			140															
																			76															
																			59															
																			10															
																			306															
																			21															
																			6															
																			7															
																			11															
																			15															
																			5															
																			16															

ROETE 5

ROETE 2

ROETE 1

ROETE 4

ROETE 3

M21	1000	256	256	971	13	16	368	632	10	484	17	4	4	184	123	177	471	13	485	142	17	326	393	92	19	159	324	2	10	16	-	21	2
M20	1000	223	203	978	12	10	240	760	12	203	15	-	30	43	66	94	191	12	439	76	7	356	375	64	7	68	371	-	14	47	3	9	2
M19	1000	214	224	989	7	4	276	724	18	470	14	-	4	160	116	194	455	15	573	158	16	399	458	115	11	155	418	-	11	6	5	4	4
M18	1000	171	333	985	9	6	204	796	13	287	9	2	23	82	88	117	275	12	281	45	15	221	239	42	6	54	227	-	3	45	-	18	1
M17	1000	156	249	986	7	7	320	680	43	424	14	-	14	151	148	125	403	21	297	55	12	230	238	59	12	76	221	-	53	82	5	9	4

Simbool S - Sandsteenlaag in Lawa

H - Holkranssandsteen

R - Rooilaesandsteen

M - Moltenosandsteen

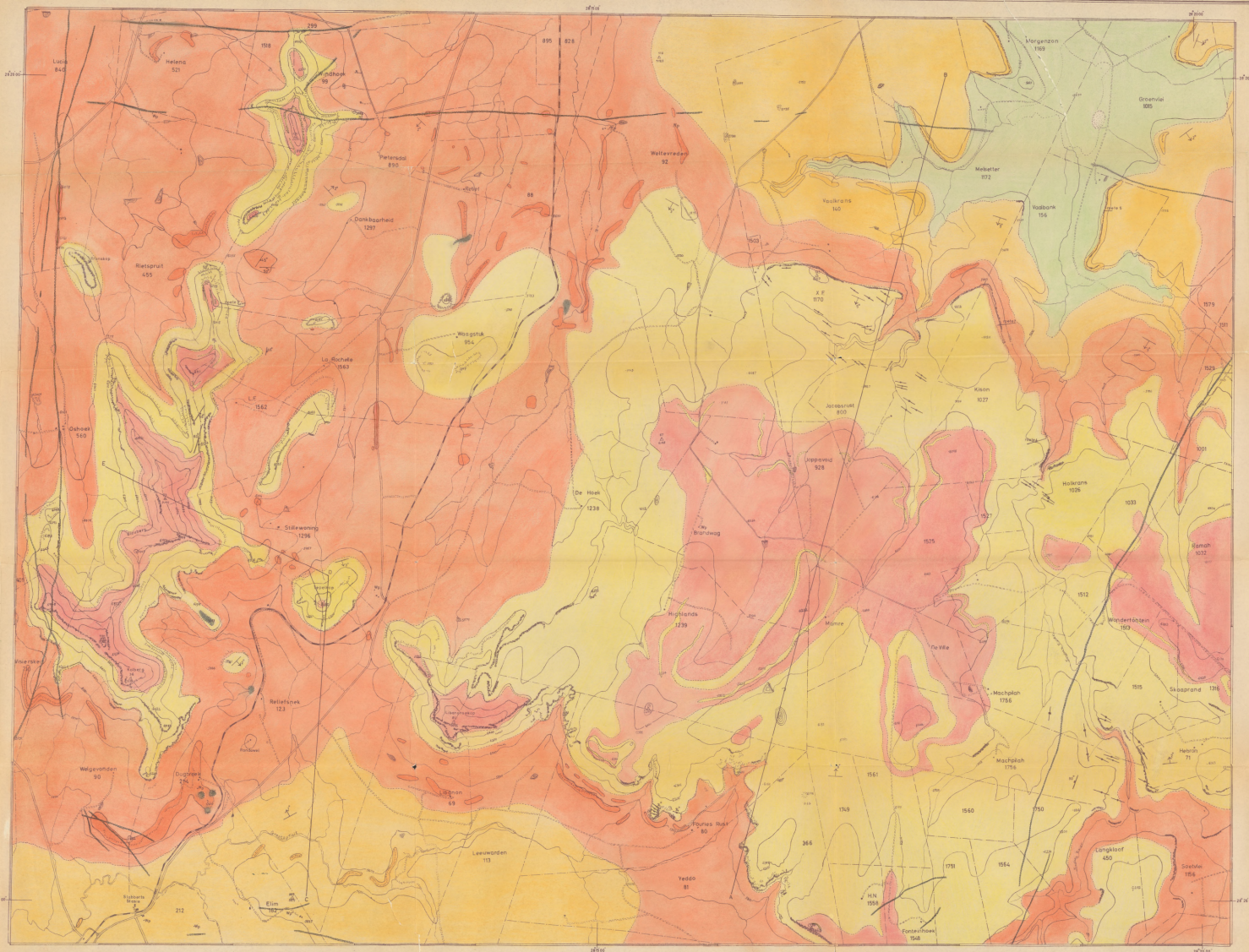
Universiteit van die Oranje-Vrijstaat
BLOEMFONTEIN
24 MAY 1965
KLAS No. T 556-636 Kin
No. 79005(sup)

PLAAT II.
KORRELTELLINGS VAN SWAARMINERALE.

MONSTER-NOMMERS		SIRKON.		TOEFMALYN		RUTTEL.	
S 1	1000	323	298	18	5	216	216
S 2	1000	363	244	38	16	103	103
TOTAAL		667		54		419	
GESONEER		542		46		496	
INSLUITSELS		325		18		343	
KLEURLOOS		267		11		276	
GEKLEURD		158		43		205	
ONDEUR-SKYNEND		129		3		132	
AFGEROND		853		108		945	
HOEKIG		147		106		253	
IDIOMORF		18		87		105	
TOTAAL		416		55		471	
BLOU		18		87		105	
VEELKLEURIG		5		55		60	
KLEURLOOS		6		34		40	
STERK PLEOKROIES		221		108		329	
SWAK PLEOKROIES		108		87		195	
NIE-PLEOKROIES		87		164		251	
HOEKIG		87		55		142	
AFGEROND		329		478		807	
PRISMATIES		9		12		21	
TOTAAL		216		103		319	
ONDEUR-SKYNEND		58		21		79	
STERK PLEOKROIES		34		13		47	
SWAK PLEOKROIES		124		69		193	
HOEKIG		68		26		94	
AFGEROND		148		77		225	
PRISMATIES		11		5		16	
ROOI		29		12		41	
ORANJE		187		91		278	
GRYS		1		-		1	
GRANAAT		403		1205		1608	
EPIDOOT		609		1326		1935	
APATIET		93		206		299	
MONASJET		4		3		7	
TITANIET		38		86		124	

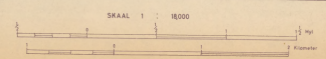
Simbool S - Sandsteenlaag in Lawa
 " H - Holkranssandsteen
 " R - Rooilaesandsteen
 " M - Moltenosandsteen

ROETE 5		ROETE 2		ROETE 1		ROETE 4		ROETE 3	
M21	1000	R59	1000	R57	1000	H42	1000	H38	1000
M20	1000	R60	1000	R56	1000	H44	1000	H37	1000
M19	1000	R61	1000	R54	1000	H43	1000	H36	1000
M18	1000	R59	1000	R53	1000	H45	1000	H35	1000
M17	1000								



PLAAT I

GEOLOGIESE KAART VAN 'N GEBIED SUID VAN BETHLEHEM



GEOLOGIESE LEGENDE

- Alluviale oewering
- Basaltiese lae met sandsteenlae
- Basaltiese
- Sandsteen, kalkagtige oewer- en middelsteende
- Skistiese en grotste
- Sandsteen en middelste
- Breekwaterlae

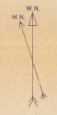
- Eerste Basaltiese
- Eerste Middel-
- Eerste Middel-
- Eerste Basaltiese
- Serie Basaltiese

- Resent
- Sistiem Kano
- Kano-oudertim

- Rook vertoel en stroom, met teeling in gron
- Strooming en teeling van ijs, met teeling in gron
- Oewer kure en oopne eue

TOPOGRAFIESE GEWENS

- Oewersteende met heule in oew
- Heule in oew
- Heule in oew
- Strooming
- Poriesske pad
- Poriesske pad
- Kure en spruit
- Kure en spruit
- Middelste
- Middelste
- Middelste
- Middelste
- Middelste



PROFEL CDE

PROFEL AB

Skala 1 : 10 000
Meters en Sentimeters (met in sentimeters)