

JOVS-SASOL-BIBLIOTEEK 0198431



111087557001220000018

# Die geologie van 'n gebied suid van Hopetown.

*deur*

Leon Nel

1977

VERHANDELING VOORGELEË TER GEDEELTELIKE VERVULLING VAN  
DIE VEREISTES VIR DIE GRAAD MAGISTER SCIENTIAE IN DIE  
FAKULTEIT VAN NATUURWETENSAPPE AAN DIE UNIVERSITEIT  
VAN DIE ORANJE -- VRYSTAAT, BLOEMFONTEIN.

Universiteit van die Oranje-Vrystaat

2-6-1977

T 556.814 Nel

**198431**

HIERDIE EKSEMPLAAR MAG ONDER  
GEEN OMSTANDIGHED E UIT DIE  
BIBLIOTEEK VERWYDER WORD NIE

## UITTREKSEL

Drie geologiese eenhede waarvan die Karoosupergroep die grootste oppervlakte beslaan kom in die gebied voor. Vloergraniete verteenwoordig die oudste gesteentetipe en vorm die vloer waarop jonger sedimente en lawas rus.

Onder stabiele toestande is die basale sedimentêre fase van die Ventersdorpgroep in 'n neritiese-omgewing met land na die noordweste toe afgeset. Tektonies onstabiele toestande het tydens die afsetting van die piroklastiese fase geheers. Tydens hierdie periode is geskikte strukture geskep waarlangs groot volumes lawas kan uitvloei.

Tydens die Karboonperiode was ysplate vanuit die noord-noordweste vir die afsetting van die Dwykaformasie verantwoordelik. Afsetting van die Prins Albert-, Whitehill- en Tierbergformasie het tydens die Karboon- en Perm-periodes in 'n uitgestrekte meer of see in 'n batiale- tot abissiese omgewing plaasgevind. Progressiewe verflakking van die kom, het tot die afsetting van die boonste gedeelte van die Tierbergformasie in 'n deltaïese-omgewing aanleiding gegee. Die Beaufortgroep is in 'n kontinentale omgewing afgeset.

Die kontak tussen die Eccar- en Beaufortgroep is graderend

van aard. Ten einde 'n konsekwente karteerbare kontak te definieer, is die kontak tussen dié twee groepe aan die basis van die eerste prominente deurlopende sandsteenband geneem.

Na konsolidasie van die Karoo-sedimente het verskeie dolerietplate en-gange tydens die Trias- Jura-periode in die sedimente ingedring.

Tydens die Afrika-erosiesiklus is groot gedeeltes van die Karoo-sedimente wegverweer. Daarna tot vandag is erosie-siklusse aktief besig om die landskap te modifiseer.

Onder die stabiele toestande in die Mioseen (?) - periode het oppervlak- kalkreet op die ou Afrika-landskap gevorm.

Tydens die Kwaternêre-periode is die Oranjeriviergruise afgeset.

## I N H O U D

	Bladsy
1. INLEIDING .....	1
1.1 ALGEMEEN .....	1
1.2 LIGGING .....	3
1.3 BEVOLKING, LANDBOU EN VERBINDINGSMIDDELS ..	4
1.4 PLANTEGROEI EN KLIMAAT .....	4
1.5 HISTORIESE OORSIG .....	4
2. FISIOGRAFIE .....	11
2.1 ALGEMEEN .....	11
2.2 GEOMORFOLOGIESE GESKIEDENIS .....	13
3. STRATIGRAFIE .....	16
4. VLOERGRANIET .....	18
4.1 ALGEMEEN .....	18
4.2 LITOLOGIE EN PETROGRAFIE .....	19
5. VENTERSDORPGROEP .....	20
5.1 ALGEMEEN .....	20
5.2 LIGGING EN VERSPREIDING .....	20
5.3 STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE .....	20
5.3.1 BASALE SEDIMENTÊRE FASE .....	21
5.3.2 PIROKLASTIESE EN ANDESITIESE LAWAFASE .....	23
6. KAROOSUPERGROEP .....	26
6.1 ALGEMEEN .....	26
6.2 VOOR-KAROOVLOER .....	28
6.3 DWYKAFORMASIE ('ÉTAGE GLASIALE LAE') .....	32
6.3.1 LIGGING EN VERSPREIDING .....	32
6.3.2 STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE .....	34

6.4	ECCAGROEP .....	42
6.4.1	PRINS ALBERTFORMASIE (ÉTAGE BO-DWYKA- SKALIES) .....	42
6.4.1.1	LIGGING EN VERSPREIDING ...	42
6.4.1.2	STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE ..	43
6.4.2	WHITEHILLFORMASIE ('WITBAND') .....	45
6.4.2.1	LIGGING EN VERSPREIDING ...	45
6.4.2.2	STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE ..	46
6.4.3	TIERBERGFORMASIE .....	48
6.4.3.1	LIGGING EN VERSPREIDING ...	48
6.4.3.2	STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE ..	49
6.5	BEAUFORTGROEP ('SERIE BEAUFORT') .....	58
6.5.1	LIGGING EN VERSPREIDING .....	58
6.5.2	STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE .....	58
7.	PRIMÊRE SEDIMENTÊRE STRUKTURE .....	66
7.1	VENTERSDORPGROEP .....	66
7.1.1	BASALE SEDIMENTÊRE FASE .....	66
7.1.2	PIROKLASTIESE EN ANDESITIESE LAWAFASE	67
7.2	KAROOSUPERGROEP .....	69
7.2.1	DWYKAFORMASIE .....	69
7.2.2	ECCAGROEP .....	70
7.2.2.1	PRINS ALBERTFORMASIE .....	70
7.2.2.2	WHITEHILLFORMASIE .....	71
7.2.2.3	TIERBERGFORMASIE .....	71
7.2.3	BEAUFORTGROEP .....	76



11.5	PUIN .....	143
12.	INTRUSIEWE GESTEENTES .....	144
12.1	NA-KAROODOLERIET .....	144
12.1.1	PETROGRAFIE .....	146
13.	STRUKTUUR .....	147
14.	ARGELOGIE .....	151
15.	EKONOMIESE GEOLOGIE .....	154
15.1	DIAMANTE .....	154
15.2	SOUT .....	154
15.3	BASALE SEDIMENTÊRE FASE VAN DIE VENTERSDORPGROEP	155
15.4	DOLERIET .....	155
15.5	BOUSAND .....	156
15.6	GRONDWATER .....	156
15.7	BRANDSTOF .....	157

DANKBETUIGINGS

BIBLIOGRAFIE

## ILLUSTRASIES

## FIGURE

	Bladsy
1 LOKALITEITSKAART VAN DIE GEKARTEERDE GEBIED	2
2 JAARGANG VAN REËNVAL VIR DIE $K_1$ - EN $K_2$ - STREKE .....	8
3 OORBLYFSELS VAN DIE AFRIKA-SIKLUS NOORD VAN PHILIPSTOWN .....	15
4 GRANIETDAGSOOM OP DONNYBROOK 212 .....	18
5 PROFIEL DEUR DIE VENTERSDORPGROEP OP WICKLOW 218 .....	22
6 VULKANIESE BREKSIE (HOPETOWN-DORPSGEBIED) ..	24
7 DISKORDANTE OPEENVOLGING TUSSEN DIE VENTERS- DORPGROEP EN DIE DWYKAFORMASIE (HOPETOWN- DORPSGEBIED) .....	30
8 GLETSERSKRAPE OP SWERFSTENE IN DIE TILLIET (HOPETOWN-DORPSGEBIED) .....	31
9 DAGSOOMKAART VAN DIE VENTERSDORPGROEP EN DWYKA= FORMASIE MET DIE VERSKILLENDE RIGTINGDUIDENDE STRUKTURE VAN DIE TILLIET DAAROP AANGEDUI ..	33

10	SWERFSTENE VAN VENTERSDORPKWARTSIET IN DIE ROLBLOKSKALIES. (ORANJERIVIERBRUG NOORD VAN HOPETOWN) .....	36
11	SAAMGESTELDE PROFIEL VAN DIE DWYKAFORMASIE BY DIE ORANJERIVIERBRUG .....	38
12	VERSAKKINGSSTRUKTUUR AAN DIE BASIS VAN 'N KALKRYKE SANDSTEEN IN DIE DWYKAFORMASIE (ORANJERIVIERBRUG) .....	37
13	(a) DIAMIKTIET/KONGLOMERATIESE TILLIET IN DIE DWYKAFORMASIE (ORANJERIVIERBRUG)	40
	(b) GEORIËNTEERDE ROLSTENE IN KONGLOMERA- TIESE TILLIET .....	41
14	WARWESKALIES OP LILYDALE 228 .....	42
15	SAAMGESTELDE PROFIEL VAN DIE PRINS ALBERT- EN WHITEHILLFORMASIE IN GEKARTEERDE GEBIED .	44
16	DIE KONTAK TUSSEN DIE WHITEHILLFORMASIE EN 'N OORLIGGENDE DOLERIETPLAAT OP DOORNBULT 86	46
17	KLEINSKAALSE PLOOING IN DIE WHITEHILLFORMASIE (HARTEBEEST HOEK 99) .....	48
18	PROFIEL DEUR DIE TIERBERGFORMASIE OP SWART KOPPIES 86 .....	50
19	TIERBERGFORMASIE EN BEAUFORTGROEP OP MIDDEL- PUNT (GED. DRIEFONTEIN) .....	51

20	KONKRESIE-HORISON OP RENOSTERBERG (GED. BLAAUWBOSCH DAM 103) .....	53
21	KEËL-IN-KEËLSTRUKTURE IN DIE KALKRYKE KON= KRESIES (PRETORIUS DAM 94) .....	54
22	VERSAKKINGSSTRUKTURE AAN DIE BASIS VAN DIE BOONSTE SLIKSTEENLID (SWART KOPPIES 86) ...	56
23	SAAMGESTELDE PROFIELE VAN DIE BEAUFORTGROEP IN GEKARTEERDE GEBIED .....	59
24	SWARTKOPPIESSANDSTEEN IN VERTIKALE KRANS OP RENOSTER-BERG (GED. BLAAUWBOSCH DAM 103) ..	60
25	WURMBUISE IN DIE SWARTKOPPIESSANDSTEEN (SWART KOPPIES 86) .....	63
26	FOSSIELHOUTFRAGMENTE UIT DIE BEAUFORTGROEP (SWART KOPPIES 86) .....	65
27	TROGKRUISGELAAGDHEID IN DIE PROTOKWARTSIETE VAN DIE VENTERSDORPGROEP (HOPETOWN-DORPSGE= BIED) .....	66
28	(a) RIFFELMERKE IN DIE VELDSPATIESE SAND= STEEN (HOPETOWN-DORPSGEBIED) .....	67
	(b) INTERFERENSIERIFFELS IN DIE VELDSPATIE= SE SANDSTEEN (HOPETOWN-DORPSGEBIED) ..	69
29	MODDERKRAKE IN DIE VELDSPATIESE SANDSTEEN (HOPETOWN-DORPSGEBIED) .....	68

30	VLOEILINEASIE IN DIE VELDSPATIESE SANDSTEEN (HOPETOWN-DORPSGEBIED) .....	68
31	RIFFELMERKE IN DIE BOONSTE SLIKSTEENLID (MIDDELPUNT GED. DRIEFONTEIN 87) .....	72
32	TURBIDIETAFSETTING IN 'N PADSNIJ SUID VAN PHILIPSTOWN .....	74
33	BOUMA-SIKLUSSE IN TURBIDIET NO. 13 .....	76
34	WURMSLEEPSSELS OP DIE RIFFELMERKE IN 'N KALKRYKE SANDSTEEN VAN DIE DWYKAFORMASIE (ORANJERIVIERBRUG, HOPETOWN) .....	80
35	<u>PLANOLITES</u> IN DIE SPIKKELSLIKSTEEN BOKANT DIE WHITEHILLFORMASIE (RAMAH 211) .....	85
36	PROFIEL DEUR DIE WHITEHILLFORMASIE OP DEVON= DALE 209 OM DIE VOORKOMS VAN FOSSIELE AAN TE TOON .....	88
37	(a) <u>MESOSAURUS-AFDRUK</u> IN DIE WHITEHILLFOR= MASIE OP DEVONDALE 209 .....	87
38	PLANTAFDRUKKE IN DIE WHITEHILLFORMASIE OP DEVONDALE 209 .....	89
39	<u>NOTOCARIS TAPSCOTTI-AFDRUK</u> IN DIE WHITEHILL= FORMASIE OP ELANDSDRAAI 88 .....	90
40	<u>CHONDRITES</u> IN DIE BASALE SWARTSKALIELID VAN DIE TIERBERGFORMASIE .....	93

41	ROOSDIAGRAM VAN DIE PALEOSTROOMRIGTINGS VAN DIE BASALE SEDIMENTÊRE FASE .....	101
42	ORIËNTASIE VAN DIE STRANDLYN TYDENS DIE AF= SETTING VAN DIE BASALE SEDIMENTÊRE FASE ....	102
43	VULKANIESE BREKSIE BY DIE OU ORANJERIVIERBRUG (VAAL KOPPIES 85) .....	104
44	VERSKILLENDE YSPLATE OOR S.A. TYDENS DIE KAR= BOONVERGLETSERING .....	109
45	TILLIETDAGSOOM BY DIE ORANJERIVIERBRUG (HOPETOWN-DORPSGEBIED) .....	111
46	VOORSTELLING VAN DIE VERSKILLENDE ICHNO-FASIES EN DIE OMGEWINGS WAARIN DIT VOORKOM .....	114
47	VERANDERING IN SEDIMENTASIE MET DIE VERSKUIWING VAN DIE KONTAK TUSSEN GELAAGDE WATER .....	121
48	PALEOSTROOMKAART VAN DIE BASALE SWARTSKALIELID VAN DIE TIERBERGFORMASIE .....	129
49	DIE VERSKILLENDE VLOEI-OMGEWINGS WAARONDER DIE LEDE VAN DIE BOUMA-SIKLUS GEVORM HET .....	132
50	VOORSTELLING VAN DIE VERSKILLENDE ICHNOFASIES EN DIE OMGEWINGS WAARIN DIT VOORKOM, TESAME MET 'N INTERPRETASIE VAN DIE OMGEWINGS WAARONDER DIE TIERBERGFORMASIE EN DIE BEAUFORTGROEP AFGE= SET IS .....	134

(x)

51	PALEOSTROOMKAART VAN DIE BOONSTE TIERBERGFOR- MASIE EN BEAUFORTGROEP .....	135
52	RIVIERTERRASGRUIS IN DIE OMGEWING VAN HOPETOWN	140
53	ROOSDIAGRAM OM DIE ORIËNTASIE VAN LINEÊRE STRUKTURE AAN TE TOON .....	150
54	KLIPWERKTUIG WAT OP RAMAH 211 GEVIND IS .....	151
55	ROTSGRAVURE OP RAMAH 211 .....	152

ILLUSTRASIES

PLATE

- 1 Geologiese kaart van die gekarteerde gebied.

TABELLE

	Bladsy
1 MAKSIMUM EN MINIMUM TEMPERATURE VIR KIMBERLEY (°C) .....	5
2 GEMIDDELDE MAANDELIKSE REËNVAL IN MM VIR HOPETOWN- EN PHILIPSTOWN-DISTRIK ..	6
3 GEMIDDELDE STREEKREËNVAL VIR 12 MAANDE AS 'N PERSENTASIE VAN DIE JAARGEMIDDEL= DE .....	7
4 VEREENVOUDIGDE STRATIGRAFIESE KOLOM VAN DIE VERSKILLENDE GEOLOGIESE FORMASIES IN DIE GEBIED .....	17
5 DIE HUIDIGE EN VOORGESTELDE INDELING VAN DIE KAROOSUPERGROEP .....	27
6 LITOSTRATIGRAFIESE-, BIOSTRATIGRAFIESE EN CHRONOSTRATIGRAFIESE EENHEDE VAN DIE KAROOSUPERGROEP .....	29
7 VERSPREIDING VAN SEDIMENTÊRE STRUKTURE IN DIE DWYKAFORMASIE .....	70

8	PARAMETERS VAN DIE RIFFELMERKE IN DIE TIERBERGFORMASIE .....	73
9	PARAMETERS VAN 'N TURBIDIETAFSETTING SUID VAN PHILIPSTOWN .....	75
10	VERSPREIDING VAN SEDIMENTÊRE STRUKTURE IN DIE SWARTKOPPIESSANDSTEEN .....	76
11	PARAMETERS VAN DIE RIFFELMERKE IN DIE SLIK= STONE VAN DIE SPITSKOPFORMASIE .....	78
12	UITEENSETTING VAN DIE VERSKILLENDE ICHNOFA= SIES EN DIE OMGEWINGS WAARIN DIT VOORKOM ...	82
13	KLASSIFIKASIE VAN SPOORFOSSIELE VOLGENS GEDRAGSPATRONE .....	84
14	AFSETTINGSOMGEWING VAN DIE EENHEDE VAN DIE KAROOSUPERGROEP .....	107
15	BEPALING VAN DIE AFSETTINGSTOESTANDE EN OMGE= WING VAN AFSETTING VAN DIE PRINS ALBERTFORMA= SIE .....	116
16	BEPALING VAN DIE AFSETTINGSTOESTANDE EN OMGE= WING VAN AFSETTING VAN DIE WHITEHILLFORMASIE	123
17	VERSKILLE TUSSEN NABY- EN VÊRLIGGENDE TURBI= DIETE .....	131

## 1. INLEIDING

### 1.1 ALGEMEEN

'n Gebied van bykans 4800 km<sup>2</sup> is deur die Geologie Opname van Suid-Afrika vir kartering op 'n kontrakbasis aan die Universiteit van die Oranje-Vrystaat beskikbaar gestel. Tydens die studie is die gebied geologies met behulp van lugfoto's met 'n skaal van 1:50 000 gekarteer. Alle gegewens is vanaf die lugfoto's m.b.v. 'n Aereo Sketch Master op 1:50 000-topokadastrale kaarte oorgedra. Die topokadastrale kaarte is later met 'n Map-O-Graph tot 'n skaal van 1:100 000 verklein.

Die primêre doel van die studie was die onderverdeling van die Karoosupergroep in eenhede. Ten einde so 'n indeling te maak moes die afsetting van elke eenheid in die supergroep in detail bestudeer word. Die laaste oogmerk wat nagestreef is, was die definiëring van die kontak tussen die Ecca- en Beaufortgroep.

### 1.2 LIGGING

Die gekarteerde gebied is tussen 24° en 24° 30' oosterlengte en 29° 30' en 30° 30' suiderbreedte geleë. Die lokaliteit van die gebied word in Fig. 1 gegee.

Die hele gebied is in Noord-Kaapland geleë en sluit die

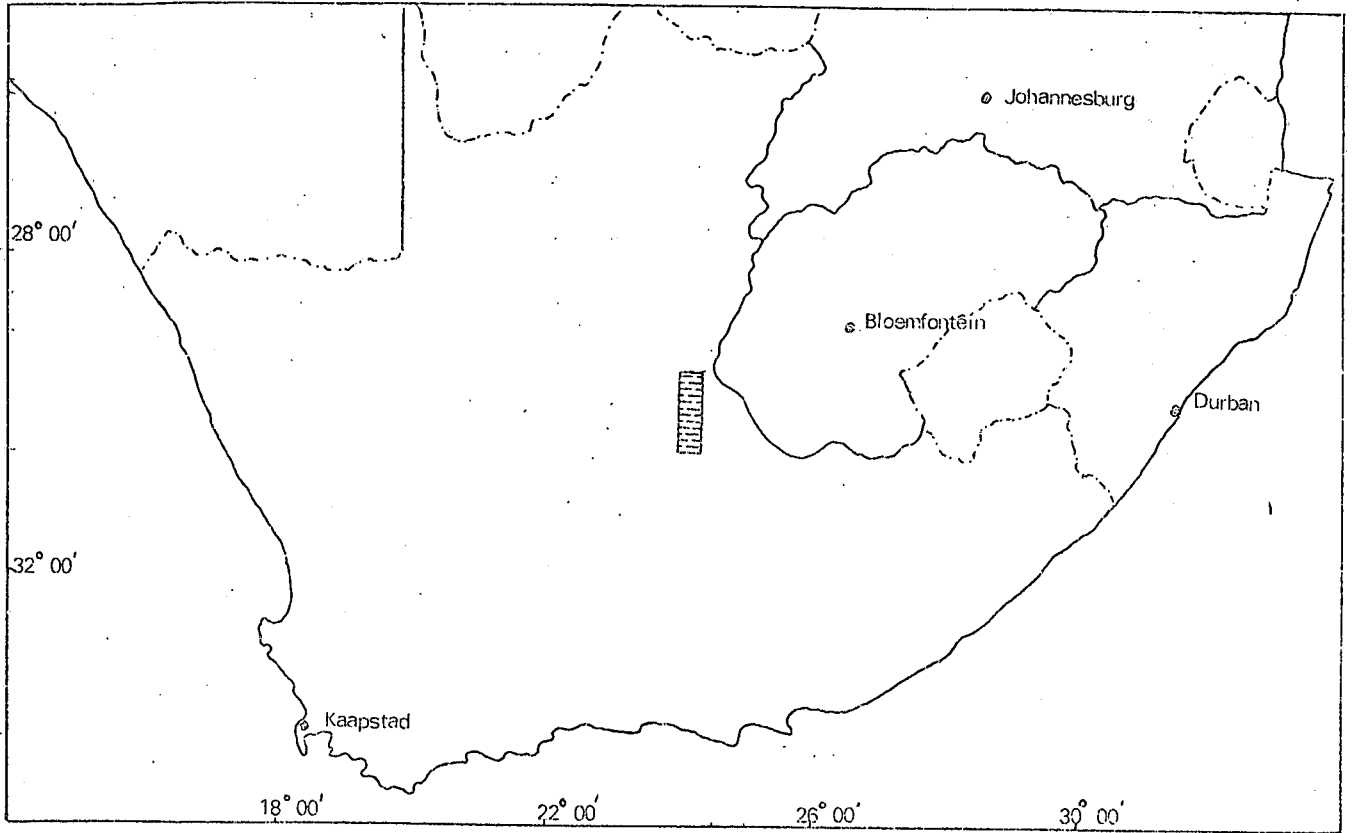


Fig. 1 . Lokaliteitskaart van die gekarteerde gebied.

volgende 1:50 000 topokadastrale kaarte in:- 2924 CA Hope-  
town, 2924 CB Wanda, 2924 CC Kraankuil, 2924 CD Rooipan,  
3024 AA Potfontein, 3024 A B Jakkalskuil, 3024 AC Houtkraal  
en 3024 AD Philipstown.

### 1.3 BEVOLKING, LANDBOU EN VERBINDINGSMIDDELS

Die sensusopname van 1970 het getoon dat daar bykans 2 111  
Blankes en 7 792 Kleurlinge in die Hopetown-distrik woon=  
agtig was. Daarteenoor was daar slegs 1 280 Blankes en 4 503  
Kleurlinge in die Philipstown-distrik woonagtig.

Die swak gehalte van die bogrond en lae reënval beperk gewas=  
verbouing in die gebied tot 'n minimum. Slegs in die sanderige  
alluviële gronde langs die Oranjerivier word gewasse soos  
koring, aartappels en grondboontjies verbou. In die jongste  
verlede is wingerde veral op groot/skaal in die alluviële gronde  
langs die Oranjerivier aangeplant.

Padverbindings is goed oor die hele gebied versprei. Die  
nasionale hoofweg tussen Kimberley en Kaapstad gaan deur die  
suidwestelike gedeelte van die gebied. Verskillende ander  
grond- en teerpaaië verbind Hopetown met Orania, Philipstown,  
Frieska, Luckhoff, Douglas en Strydenburg. In die suide van  
die gebied is Philipstown deur middel van teer- en grondpaaië  
met Petrusville, Hanover, De Aar en Colesberg verbind. Afge=  
sien van genoemde paaië deurkruis sekondêre en plaaspaaië die  
hele gebied.

Spoorverbindings is beperk tot die Kimberley-Kaapstadspoorlyn wat deur die weste van die gebied loop. Die belangrikste stasie langs die spoorlyn is Witput., Oranjerivier en Kraankuilstasies.

#### 1.4 PLANTEGROEI EN KLIMAAT

Volgens Acocks (1975, p 73, 78 en 80) kan die gebied in drie veldtipes ingedeel word. Die mees westelike gedeelte van die gebied in die omgewing van die Oranjerivierbekken word as gebroke Acacia detinens-veld geklassifiseer. Hierdie tipe veld word met die ruwe topografie van die Ventersdorp-groep-dagsoomgebied geassosieer.

Na die ooste verander hierdie tipe veld na die Skyn-Oranjerivier-gebroke veld. Hierdie tipe veld is beperk tot die Oranjerivierbekken in die mees oostelike gedeelte van die gebied.

Hoë bome, meestal soetdorings (Acacia detinens), kaffer-wagn-bietjie (Acacia kaffra) en wilgerbome (Salisi woodii) kom langs die loop van die Oranjerivier voor. Laer struik, byvoorbeeld haak-en-steek (Acacia spirocarpoides) en driedoring met boesmansgras (Aristida cilliatta) kom geassosieerd met genoemde veldtipes voor.

Die sentrale en suidelike gedeeltes van die gebied word as Skyn-

Bo-Karoo-veld beskryf. Kenmerkende lae struik soos die drie doring en besembos (Rhus undulata) kom algemeen in die sande- rige gedeeltes voor. Groter bome soos die soetdorings (Acacia detinens) is meer tot die bergagtige dele en lope beperk. Die mees uitstaande kenmerk van die area is die groot hoeveelheid grassoorte wat daarin voorkom. Die belangrikste tipes is kort steekgras (Eragrostis barbicollis) en soetgras (Eragrostis lekmanina). Hierdie soorte verteenwoordig meestal pioniers- grasse wat ingekom het as gevolg van die grootskaalse oor- beweidings van die veld wat in die gebied voorgekom het. Karoo- bossies wat algemeen voorkom, is meestal tot kalkryke dele beperk. Hierdie verskynsel is tydens die veldondersoek as kriterium vir die opspoor van kalkkreeftdagsome gebruik.

Die gebied besit 'n tipiese kontinentale klimaat met groot verskille in beide dag- en nag- asook seisoentemperature. Die hoogste temperature word in Desember en Januarie onder- vind, terwyl Junie en Julie die koudste maande verteenwoordig.

In Tabel 1 word die maksimum en minimum temperature vir Kimberley, net noord van die gebied gegee.

Tabel 1. MAKSIMUM EN MINIMUM TEMPERATURE VIR KIMBERLEY (°C)

	Maksimum	Minimum		Maksimum	Minimum
Januarie	37,3	12,3	Julie	23,7	4,3
Februarie	35,7	11,6	Augustus	28,0	2,7
Maart	33,3	8,9	September	31,7	0,2

April	30,6	3,2	Oktober	34,7	3,6
Mei	26,7	0,9	November	35,6	7,3
Junie	23,6	3,3	Desember	37,0	9,6

(Gegewens uit Noordkaap-Streekstudies, 1969, p. 24)

In Tabel 2 word die gemiddelde maandelikse reënval vir Hopen- town- en Philipstown-distrik gegee. (Klimaat van S.A., deel 10, p. 83)

TABEL 2 .GEMIDDELDE MAANDELIKSE REËNVAL IN mm VIR HOPETOWN-EN PHILIPSTOWN-DIS TRIK.

a)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
38,1	46,6	61,7	40,4	18,1	6,1	6,4	8,3	9,7	23,2	36,5	35,1

b)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
23,1	30,2	41,8	29,5	13,0	4,9	5,6	5,1	4,1	13,3	18,6	17,2

n Indeling volgens die onderskeie reënvalstreke en distrikte word in Klimaat van S.A. (deel 10, p. 12) breedvoerig uiteen- gesit. Volgens die klassifikasie val Hopen- town-distrik in die K2 - streke en Philipstown-distrik in die K1- streke.

n Opvallende kenmerk van die gebied is die wolklose somer- oggende en bewolkte namiddae. Die reënval oor die hele

gebied is relatief laag en oorskrei selde 350 mm per jaar. Neerslae kom algemeen geassosieerd met donderbuie in die namiddae voor en as gevolg van die skrale oppervlakte-bedekking in sommige dele is die afloop na so 'n neerslag groot.

In Tabel 3 word die gemiddelde streekreënval van die twee K-streke as n persentasie van die gemiddelde jaarlikse reënval uitgedruk.

TABEL 3 . GEMIDDELDE STREEKREËNVAL VIR 12 MAANDE AS N PERSENTASIE VAN DIE JAARGEMIDDELDE.

STREKE	MAANDE											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
K <sub>1</sub>	9,6	OR.R	17,0	11,1	7,1	3,3	4,1	3,6	4,0	6,5	10,7	8,6
K <sub>2</sub>	10,7	16,1	20,3	12,7	5,9	2,4	3,0	2,4	2,6	5,6	10,0	8,3

In Fig. 2 word hierdie waardes grafies voorgestel. In beide grafieke is die 8,3-persentlyn deurgetrek sodat die reënseisoene, en veral die werklike reënval-maande, makliker onderskei kan word. Uit die figuur blyk dit dat die gunstige reënval-maande Januarie, Februarie en Maart is, terwyl die nasomerseisoen baie gunstiger as Novembermaand skyn te wees (Klimaat van S.A., deel 10, p. 21)

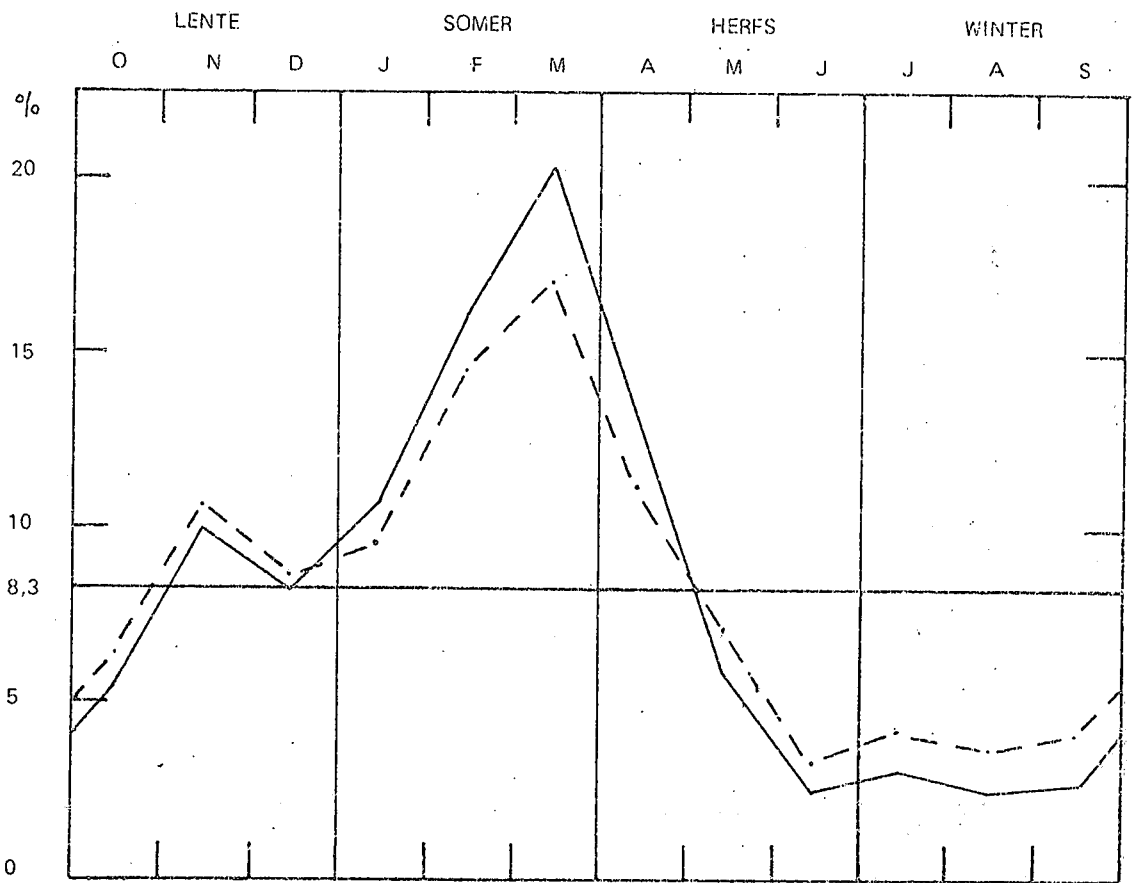


Fig. 2 . Jaargang van die reënval vir K<sub>1</sub> -- en K<sub>2</sub> -- streke.

## 1.5 HISTORIESE OORSIG

Sedert die middel van die 19de eeu is die Karoogesteentes deur verskeie geoloë ondersoek en die indeling en die nomenklatuur het gedurig verander. Die geskiedenis van die stratigrafiese ondersoeke van die Karoogesteentes val buite die bestek van hierdie projek. Vir nadere besonderhede moet die publikasies van Corstorphine geraadpleeg word. Dit is hier slegs nodig om na enkele vroeëre navorsers te verwys.

In 1857 en 1858 het Andrew Wyley in opdrag van die Kaapse Koloniale Regering 'n lang reis deur die Kolonie onderneem. In 'n aanhangsel tot sy verslag (1859) meld hy die verskillende gesteentetipes wat hy naby Hopetown raakgesien het.

Op sy geologiese kaart wat tans in die Suid-Afrikaanse Museum in Kaapstad bewaar word, dui Wyley gesteentetipes en inligting oor die plant- en dierelewe in die Hopetown-omgewing aan. Hy het wat vandag bekend is as die Ventersdorplawa, Tierbergskalies, Karoodoleriet, terrasgruis en oppervlaktkalksteen, herken.

In 1886 lê E.J. Dunn sy verslag oor die moontlike voorkoms van steenkool in die Karookom, aan die Kaapse Koloniale Regering voor. Hy beskryf die 'Dwyka-konglômetaat', 'Swartskalies' (dit is die Prins Albertformasie) en die 'Onderste

Karoolae' (dit is die Tierbergformasie) in die Hopetown-omgewing en dui hul regionale verspreiding op sy geologiese kaart aan. Dunn se verslag sou later aanleiding gee tot die prospektering na steenkool in 'n gebied oos van Hopetown.

In 1888 publiseer A.H. Green 'n verslag oor aspekte van sy geologiese ondersoek wat ses jaar tevore in opdrag van die Kaapse Koloniale Regering uitgevoer is. Hy beskryf die Dwykatilliet en gesteentes van die Eccagroep in die Hopetown-omgewing, maar uit die teks en die profiele is dit duidelik dat hy die stratigrafiese opeenvolging en fasiesveranderinge van die Karoogesteentes nie behoorlik verstaan het.

Alex L. du Toit wat aan die Geologiese Kommissie van die Kaapse Koloniale Regering verbonde was, het gedeeltes van die Hopetown-omgewing ondersoek en gekarteer. Hy het die opeenvolging en struktuur van die Ventersdorpgroep ontrefel en ook die Karoogesteentes ondersoek en hul afsetting beskryf. Die resultate van sy ondersoek is in 1906 en 1907 gepubliseer.

## 2. FISIOGRAFIE

### 2.1 ALGEMEEN

'n Eentonige landskap met uitgestrekte vlaktes waarin enkele inselberge voorkom, vorm saam met 'n reeks tafelberge in die suide en die Oranjerivier, wat deur die noordelike deel van die gebied vloei, die mees uitstaande fisiografiese kenmerke van die gebied.

In die noordelike gedeelte van die gebied vorm dolerietbedekte mesas en buttes uitstaande topografiese hoogtes terwyl dolerietbedekte tafelberge die suidelike landskap oorheers. Dolerietplate wat op verskillende horisonne ingedring het is struktureel deur swak sones, meestal die laagvlakke in die sedimente, gekontroleer. Puin, wat groot dele van die flanke van genoemde berge bedek, bestaan uitsluitlik uit dolerietbrokstukke wat tydens die terugkerwing van die kruingedeeltes van berge afgeset is.

Die groot uitgestrekte vlakte wat in die sentrale gedeelte van die gebied voorkom, word deur die sedimente van die Eccagroep onderlê. Grootskaalse kalkreetvorming kom op die vlakte voor terwyl die grootste konsentrasie van panne ook in die vlakte gevind word. Sporadiese voorkomste van dolerietbedekte inselberge breek in 'n mate die eentonige geaardheid van die vlakte.

Die Oranjerivier vorm die vernaamste dreineringsstelsel in die gebied. Oor die grootste gedeelte van die gebied vloei die rivier baie stadig in 'n noordwestelike rigting. Waar dolerietgange en -plate oos van die ou spoorwegbrug oor die rivier sny, kom stroomversnellings en redelike diep ravyne voor. Wes van die brug kom 'n uitgestrekte terras wat gemiddeld 1100 m bokant seespieël lê, voor. In die omgewing van Hopetown lê hierdie terras tussen 30 en 50 m bokant die huidige loop van die rivier en kan oor 'n groot afstand suid van die rivier herken word. Na die weste van die gebied, in die dagsoomarea van die Ventersdorpgroep, verander die loop van die rivier vinnig. Verskeie stroomversnellings is kenmerkend van die omgewing terwyl die rivier 'n diep ravyn in die sedimente en lawas van die Ventersdorpgroep ingekerf het. 'n Baie belangrike kenmerk van sommige gruipe is dat die spoelklippe 'n definitiewe oriëntasie en imbrikasie besit. Deur te let op genoemde strukture, kon Du Toit (1909, p. 351) sekere paleostrome identifiseer.

Gruipe wat tussengelaagd in middel- tot -grofkorrelrige sande voorkom is op Die Doorns 90 sowat 30 km oos van Hopetown in 'n uitgraving gevind. Die oriëntasie en imbrikasie van bykans 100 spoelklippe kon gemeet word.

Hieruit kan afgelei word dat 'n stroom vanuit die noorde vir die afsetting van die gruipe verantwoordelik was. Hierdie rigting stem ooreen met die bevindings van Du Toit (ibid, p. 351), wat 'n paleostroom vanaf Belmont (buite gebied) verby Hopetown tot by Beervlei (buite gebied) definieer.

Volgens du Toit (ibid, p.352) stem hierdie paleostroomrigting ooreen met die algemeen Paleosoïes dreineringspatrone. Sedert die Karboonvergletsering is hierdie dreineringspatrone geheel en al met sedimente van die Karoosupergroep bedek. Na die afsetting van die Karoosupergroep het die strome van die huidige dreineerstelsel in die sedimente van dié supergroep begin inkerf. Du Toit (ibid, p. 351, fig. 1) wys daarop dat die huidige loop van die Vaalrivier min of meer die ou paleodreineringspatroon volg, terwyl die loop van die Oranjerivier in sommige lokaliteite ook met die Paleosoïese dreineringspatroon ooreenstem.

Die noordwes- suidoos oriëntasie van die rivier in die gebied dui daarop dat die huidige loop van die Oranjerivier geensins deur die paleodreineringspatroon beïnvloed is nie. Geleidelike verjonging was daarvoor verantwoordelik dat die rivier in die ou terrasse ingekerf het. Die huidige vallei besit 'n baie sagte helling wat aandui dat genoemde opheffing baie stadig geskied het. Na die weste van die gebied word die vloeï van die rivier struktureel deur twee antiklinale strukture (Du Toit 1906, p. 101 en 1907, p. 171) gekontroleer.

Resente alluvium word op geskikte plekke langs die rivier vir landbou-doeleindes benut. Net noord van die nuwe brug by Hopetown vorm alluvium 'n mooi voorbeeld van 'n oewerwal.

## 2.2 Geomorfologiese geskiedenis

Geomorfologiese getuïenisse wat in die gebied gevind is, dui daarop dat die Afrika-siklus die belangrikste erosie-siklus

was. (King, 1963).

Tekens van die Gondwana-siklus, wat die oudste herkenbare siklus was, is nie in die gebied gevind nie, aangesien oorblyfsels van die siklus slegs tot die Lesotho-hooglande beperk is. Die na-Gondwanasiklusse daarenteen was hoofsaaklik tot hoër-liggende dele beperk sodat geen tekens van die siklus gevind kon word nie.

Met die opbreek van Gondwanaland tydens die Jura-periode is 'n nuwe kuslyn asook 'n nuwe erosiebasis daargestel. Op die nuwe kontinent het 'n nuwe erosiesiklus, die Afrika-siklus, in aanvang geneem. Hierdie siklus was beperk tot die groot riviere wat vir die geleidelike terugkerwing van die landskap verantwoordelik was. Die produk van die siklus was 'n uitgestrekte vlakte met oorblyfsels van die oorspronklike oppervlak daarop. Die hele gekarteerde gebied was aan dié erosiesiklus onderhewig. (Fig. 3).

Na die Afrika-siklus het stabiele toestande tydens die Mioseen (?) ingetree. Onder hierdie stabiele toestande is pedimente langs die heuwels gevorm terwyl grootskaalse kalkreetvorming wat in die gebied gevind is, ook in die periode gevorm het.

Tydens die Kwaternêre-periode vind daar 'n verdere verjonging van die landskap plaas, sodat die Oranjerivier in die Afrika-erosievlak inkerf.

Tydens hierdie inkerwing is die terras-

gruise van die Oranjerivier afgeset.

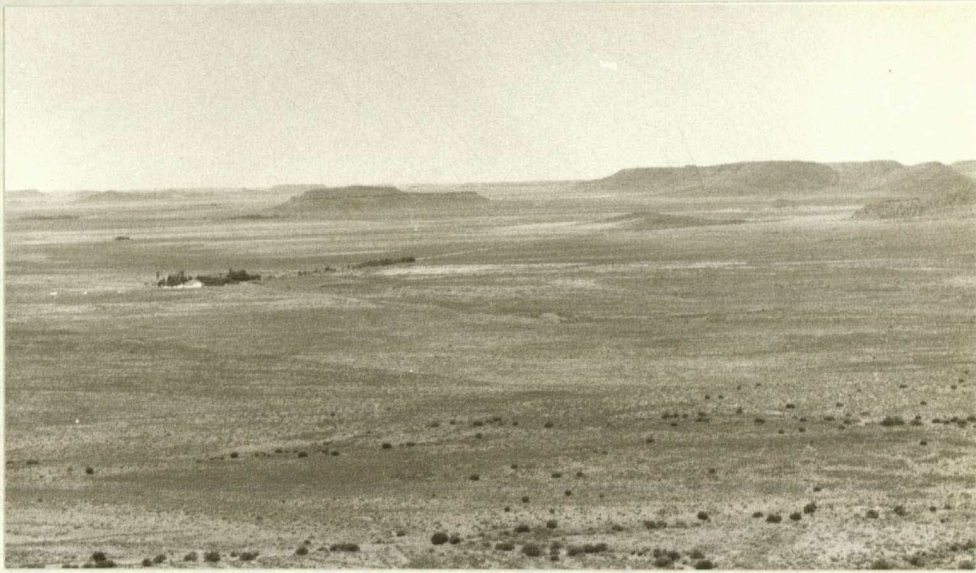


Fig. 3. Oorblyfsels van die Afrika-siklus noord van Philipstown.

### 3. STRATIGRAFIE

In Tabel 4 word die verskillende litostratigrafiese eenhede volgens bepaalde eenhede van geologiese tyd uiteengesit.

Die Voor-Kambriese gesteentes is beperk tot die Ventersdorpgroep en 'n klein geïsoleerde granietdagsoom op Donnybrook 212. In vergelyking met die omvang van die Karoosupergroep verteenwoordig die voor-Kambriese gesteentes 'n baie ondergeskikte eenheid van die totale aantal geologiese formasies in die gebied.

Van die verskillende formasies van die Karoosupergroep toon die Prins Albert-, Whitehill- en Tierbergformasie by verre die grootste verspreiding. Eersgenoemde twee formasies is hoofsaaklik tot die noordelike en noord-westelike gedeeltes van die gebied beperk, terwyl die hele sentrale gedeelte en 'n groot deel van die suidelike gedeelte van die gebied deur die Tierbergformasie onderlê word. Die Dwykaformasie toon 'n beperkte verspreiding en kom meestal in die huidige vallei van die Oranjerivier noord van Hopetown voor.

Dolerietindringing kom oor die hele noordoostelike, sentrale en suidelike gedeeltes van die gebied voor. Die maksimum verspreiding van die indringings kom egter in die Oranjerivier- en Philipstownomgewing voor.

EENHEDE VAN GEOLOGIESE TYD	LITOSTRATIGRAFIESE EENHEDE		
KWATERNER TOT RESENT	ALLUVIUM TERRASGRUISE KALKREET		
JURA	DOLERIETINDRINGINGS		
PERM	SUPERGROEP	GROEP	FORMASIE
	KAROO	BEAUFORT	SPITSKOP
ECCA		TIERBERG	
		WHITEHILL	
KARBOON			PRINS ALBERT
			DWYKA
VOOR - KAMBRIUM		VENTERSDORP	
			GRANIET

TABEL 4 . VEREENVOUDIGDE STRATIGRAFIESE KOLOM VAN DIE VERSKILLENDE GEOLOGIESE FORMASIES IN DIE GEBIED.

## 4. VLOERGRANIET

## 4.1 ALGEMEEN

'n Relik van 'n vroeëre topografiese hoog kom as 'n geïsoleerde dagsoom van graniet op Donnybrook 212 voor. (Fig. 4)



Fig. 4. Granietdagsoom op Donnybrook 212

Die dagsoom wat gedeeltelik deur die skalies van die Prins Albertformasie bedek is, beslaan 'n oppervlakte van benaderd 500m<sup>2</sup>.

Resente verwerking, tesame met die vorming van kaoliniet langs nate, is grootliks daarvoor verantwoordelik dat vars dagsome aan die oppervlak skaars is. Prospekteergate

vir dié kleimineraal het egter 'n aantal vars dagsome, waarin geskikte monsters vir 'n mikroskopiese ondersoek gevind is, blootgelê.

#### 4.2 LITOLOGIE EN PETROGRAFIE

In 'n handmonster vertoon die middel-tot grofkorrelrige graniet grys-wit van kleur, wat grootliks aan die afwesigheid van donker minerale toegeskryf word.

'n Mikroskopiese ondersoek van die graniet het getoon dat dit hoofsaaklik uit oneievormige kristalle van kwarts, ortoklaas en oligoklaas bestaan. Die kwarts doof kenmerkend vlekkerig uit, terwyl die ortoklaas en oligoklaas onderskeidelik volgens die Karlsbad- en albietwette vertweeling is. Donker minerale is hoofsaaklik tot enkele biotietvlokkies beperk. Geen insluitels van sirkoon of apatiet kon in die biotietkristalle gevind word nie.

Die afwesigheid van mikroskopiese sowel as makroskopiese deformasie-strukture dui daarop dat die graniete nie aan 'n latere periode van intense metamorfose onderworpe was nie.

## 5 VENTERSDORPGROEP

### 5.1 ALGEMEEN

Gedeeltes van die groep is in die karteerde gebied volledig deur Potgieter (1973, p. 35-72) beskryf. Na die noordweste dagsoom die groep in twee noordwes-suidoos-georiënteerde sones wat deur Du Toit (1906, p.101) as antiklinale plooië of strukture beskryf is. Die basale sedimentêre fase wat in die kerngedeeltes van die strukture voorkom, is deur erosie en verwerking van hierdie gedeeltes blootgelê. Noordwes van die gebied het die Oranjerivier sy loop tussen die twee strukture ingekerf sodat die noordwestelike vloeirigting in die omgewings struktureel gekontroleerd is.

### 5.2 LIGGING EN VERSPREIDING

In die noordwestelike hoek van die gebied dagsoom die groep in die suidoostelike gedeelte van 'n antiklinale struktuur. Beide die basale sedimentêre fase en die piroklastiese andesitiese lawafase is ontwikkel. Dagsome van die sedimente kom op Wicklow 218, en Zoetgat 84 voor. Die mees suidoostelike dagsoom van die groep is in die Hope-town-dorpsgebied gevind, terwyl die andesitiese lawafase 'n goeie ontwikkeling oor die hele dagsoomgebied toon.

### 5.3 STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE

Die mees volledige opeenvolging van die groep kom op Wicklow

218 voor. Litologies kan die groep in 'n basale sedimentêre fase, piroklastiese fase en andesitiese lawafase ingedeel word. (Fig. 5 )

### 5.3.1 BASALE SEDIMENTÊRE FASE

Potgieter (1973, p. 38) kon die fase in 'n onderste, middelste en boonste sone indeel. In die gebied is slegs die middelste en boonste sones teenwoordig.

#### MIDDELSTE SONE

'n Grof-tot baie grofkorrelrige roomkleurige, goedgesorteerde ortokwartsiet wat uit goedafgeronde korrels bestaan, kom op Wicklow 218 aan die basis van die middelste sone voor. Die kwartsiet is dikgelaagd terwyl ondergeskikte kruisgelaagde eenhede daarin voorkom. Die kwartsiet bestaan hoofsaaklik uit kwarts terwyl chertfragmente minder as 5% van die totale volume van die gesteente uitmaak. Toermalyn en sirkoon kom as swaarminerale voor. Laterale sowel as vertikale gradering na 'n meer bruinkleurige, middelkorrelrige protokwartsiet kom voor. Afronding van die korrels is middelmatig tot swak terwyl die sortering middelmatig is.

Prominente kruisgelaagde eenhede kom in die protokwartsiete voor. Toermalyn en sirkoon kom as swaarminerale voor. Die basale sedimentêre sone bereik 'n dikte van 20m in genoemde lokaliteit.

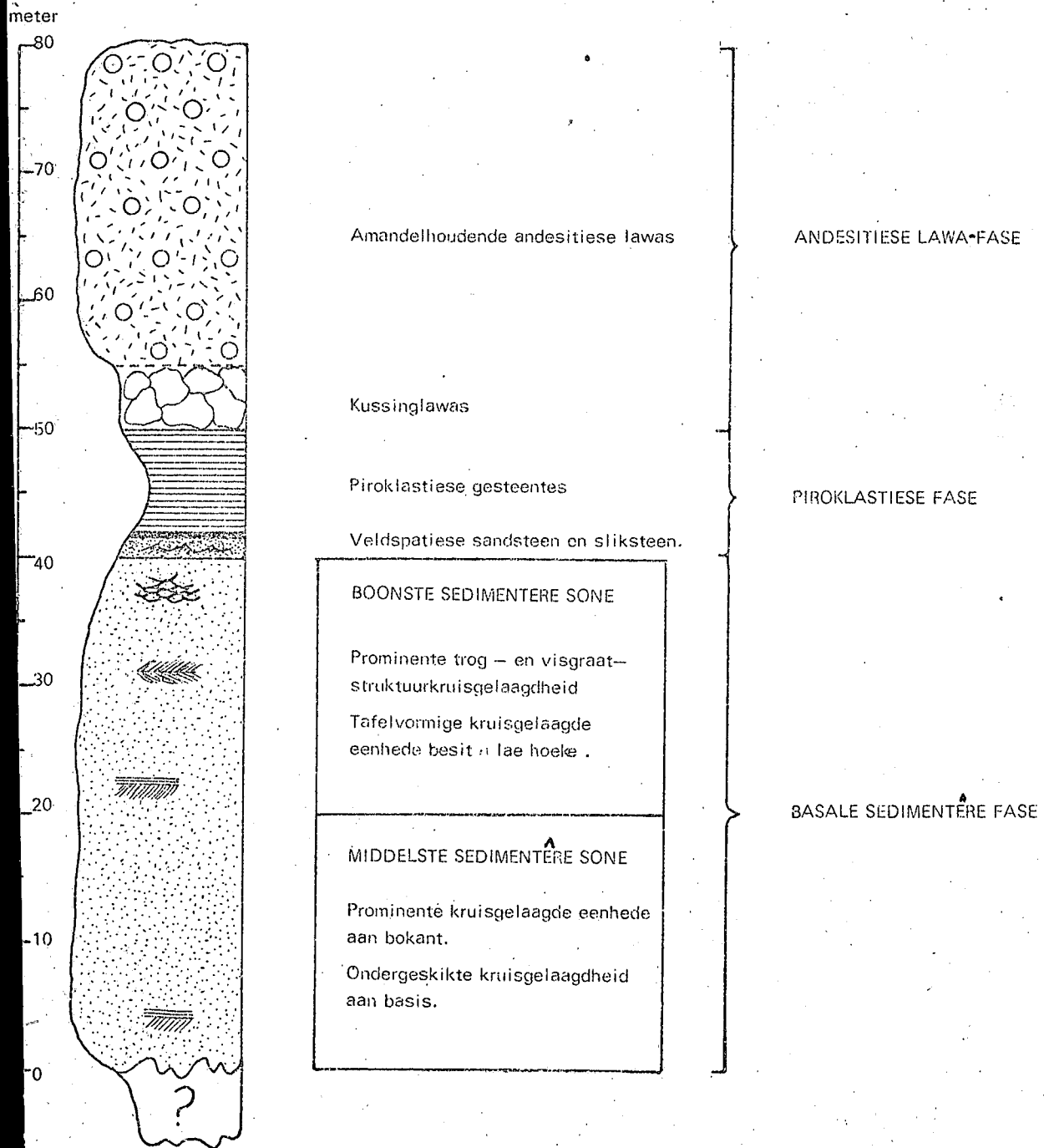


Fig 5 . Profiel deur die Ventersdorpgroep op Wicklow 218

## BOONSTE SONE

n Middel- tot grofkorrelrige donkerkleurige kwartsiet met n dikte van 20m oorlê die protokwarsiete. Grootskaalse kruisgelaagde eenhede kom in die sone voor. Dun konglo-  
 meraatlagies wat uit rolstene van donkerkleurige chert-  
 agtige materiaal bestaan, kom in die sone in die Hopetown-  
 dorpsgebied voor. Die rolstene is ovaalvormig en is ge-  
 middeld drie sentimeter lank. Die matriks van die konglo-  
 meraat is hoofsaaklik growwe sand met ondergeskikte klei-  
 fraksies. Die lagies wat selde dikker is as 30cm, is  
 meestal in die omgewing van trogkruisgelaagde eenhede gevind.  
 Skalieklaste kom meestal op die laagvlakke van die kruis-  
 gelaagde eenhede voor en is op Wicklow 218 en in die Hope-  
 town-dorpsgebied in diê sone gevind.

n Kwarts-en veldspaatryke sandsteen oorlê bogenoemde kwart-  
 siete en toon die beste ontwikkeling in reeds-genoemde loka-  
 liteite. Die fyn tot baie fynkorrelrige sandsteen met n  
 dikte van een meter vorm die oorgangsonne tussen die onder-  
 liggende volwasse gesteentes en die oorliggende piro-  
 klastiese gesteentes. Beide die afronding van die korrels  
 en die sortering is baie swak. Riffelmerke en uitdrogings-  
 krake is in die sandsteen gevind.

## 5.3.2 PIROKLASTIESE EN ANDESITIESE LAWAFASE

## PIROKLASTIESE GESTEENTES

Piroklastiese gesteentes wat hoofsaaklik uit tuwwe en vulkaniese breksies bestaan, kom op Wicklow 218 en in Hopetown-dorpsgebied (Fig. 6) voor.



Fig. 6. Vulkaniese breksie in die Hopetown-dorpsgebied

'n Mate van gradering tussen die tuwwe en die veldspatiese sandsteen is op Wicklow 218 gevind. In dieselfde lokaliteit is versakkingsstrukture egter ook aanwesig. Potgieter (1973, p. 56) beskou die tufagtige gesteentes as 'n kombinasie van steen- en kristaltuf, hoewel die moontlikhede van aangespoelde tuwwe en herwerkte asvalle nie uitgesluit word nie. Die gesteentes verweer negatief met betrekking tot die omringende gesteentes sodat dagsome grootliks met puin bedek is.

Vulkaniese breksie, wat hoofsaaklik uit vroeëre gekonsolideerde materiaal bestaan het, kom in die Hopetown-dorpsgebied naby die ou brug oor die Oranjerivier, tussengelaagd in fynkorrelrige andesitiese lawas voor.

#### ANDESITIESE LAWASONE

Porfiritiese andesitiese lawas kom op Wicklow 218 bokant die piroklastiese gesteentes voor. Kussinglawas, wat uit ovaalvormige en ronde lawamassas wat deur donker chertagtige materiaal geskei word bestaan, kom aan die basis van die porfiritiese lawas op Wicklow 218 voor. Amandels van agaat en kalsiet kom op verskillende horisonne in die lawas voor. Die amandels ontwikkel aan die basis van lawaplate, maar as gevolg van die swak dagsome kon die individuele plate nie geïdentifiseer word nie. Kenmerkende fynkorrelrige, olyfgroen andesitiese lawas kom oor die hele dagsoomgebied voor. Vir 'n volledige mineralogiese analise van die lawas moet Potgieter (1973, p. 68) geraadpleeg word.

## 6. KAROOSUPERGROEP

### 6.1 ALGEMEEN

Na die afsetting van die Transvaalsupergroep wat moontlik ook in die gebied afgeset is, het 'n periode van bykans 1 800 miljoen jaar verloop voordat die afsetting van die Karoosupergroep, met die Karboonvergletsering in aanvang geneem het. Goed blootgestelde dagsome van die supergroep kan in die noorde en suide van die gebied in dolerietbedekte tafelkoppe gevind word.

Die huidige en voorgestelde indelings van die supergroep word in Tabel 5 gegee. Die stratotipe vir die Tierbergformasie is in 'n kop suid van die opstal op Swart Koppies 86 in die gebied geneem. Die groot uitgestrektheid van die dagsoomarea van die formasie is daarvoor verantwoordelik dat geen volledige opeenvolging in een lokaliteit voorkom nie. In genoemde lokaliteit bereik die opeenvolging 'n dikte van 110m, waarvan die boonste gedeelte, wat 'n maksimum ontwikkeling in die lokaliteit toon, 'n dikte van 50m besit. In die basale gedeelte van die formasie kan geen verskil in litologie en paleontologie in die skalie-opeenvolging gevind word nie, sodat die 60m dik - opeenvolging van skalies op Swart Koppies 86 verteenwoordigend van die totale opeenvolging van bykans 200m is. (Vir die bepaling van lg. dikte sien 6.4.3.2).

Geen verdere indelings van die formasie is op die stadium

OU NOMENKLATUUR				LITOLOGIESE EENHEDE			LITOLOGIESE BESKRYWING	
Sisteem	Serie	E tage	L aag	Supergroep	Groep	Formasie		
KAROO	Beaufort	Onder Beaufort		KAROO	Beaufort		Sandsteen en moddersteen.	
	Ecce	Sentrale Ecce				Tierberg	Grys, groen en swart skalies met kalkkonkresies.	
	Dwyka	Bo-Dwyka - skalies	Witband			Ecce	Whitehill	Swart koolstofryke skalies wat wit verweer.
							Prins Albert	Bruin skalies met konkresies.
					Glasiële-lae			Dwyka

TABEL 5 . DIE HUIDIGE EN VOORGESTELDE INDELING VAN DIE KAROOSUPERGROEP.

gemaak nie, hoewel vier duidelike onderafdelings onderskei kan word. Vir die doel van hierdie ondersoek is informele lede soos basale swartskalielid, onderste sliksteenlid, boonste sliksteenlid en turbidietlid aan die afdelings gegee.

In Tabel 6 word 'n stratigrafiese kolom waarin die litostratigrafiese, biostratigrafiese en chronostratigrafiese eenhede op aangedui is, gegee. Weens die relatiewe klein hoeveelheid fossiele wat in die Dwykaformasie en Eccagroep gevind is kon die Karboon - Perm-grens nog nooit presies vasgestel word nie. Volgens Fabre (1967, p. 6) kan die skaaldier Notocaris tapscottii wat in die Whitehillformasie ('Witband') voorkom, as 'n kriterium vir die vasstelling van 'n grens gebruik word. Omdat hierdie skaaldier in die Whitehillformasie voorkom, is die Karboon- Perm-grens aan die bokant van die Whitehillformasie geneem.

## 6.2 VOOR-KAROOVLOER

In die noorde van die gebied word die gesteentes van die Ventersdorp-groep diskordant <sup>deur</sup> die Dwykaformasie oorlê. (Fig. 7 ). Suidwes-georiënteerde valleie wat deur voor-glasiale strome in die Ventersdorp-groep ingekerf is, vorm die belangrikste topografiese kenmerk van die

LITOSTRATIGRAFIESE EENHEDE				BIOSTRATIGRAFIESE EENHEDE		CHRONOSTRATIGRAFIESE EENHEDE	
SUPERGROEP	GROEP	FORMASIE	LID	BESTEKSONES	VERSAMELINGSONE	SISTEEM	
KAROO	BEAUFORT	SPITSKOP SWARTKOPPIESAND STEEN	/	SKOLITHOS		PERM	
	ECCA	TIERBERG	TURBEDIET	BUISE SLEEPSELS	WURMSPORE		
			BOONSTE SLIK STEEN				
			ONDERSTE SLIK STEEN				
			BASALE SWART SKALIE				CHONDRITES
	ECCA	WHITEHILL		PLANOLITES	Notocaris tapscotti Mesosaurus		KARBOON
		PRINS ALBERT		PLANOLITES			
	ECCA	DWYKA					

TABEL 6 . LITOSTRATIGRAFIESE - , BIOSTRATIGRAFIESE - EN CHRONOSTRATIGRAFIESE - EENHEDE VAN DIE KAROO SUPERGROEP.

voor-Karoovloer.



Fig. 7. Diskordante opeenvolging tussen die Ventersdorp= groep en die Dwykaformasie (Hopetown-dorpsgebied)

Tydens die Karboonvergletsering is hierdie valleie gedeeltematig deur tilliet, glasiomariene en fluvioglasiale afsettings opgevol. Soos in 'n gletseromgewing verwag kan word, het die gletsers self die landskap aansienlik gemodifiseer. Latere intensiewe erosie het sommige van die paleo-valleie blootgelê. Die huidige lope van die Oranje-, Harts- en Vaalrivier volg tans op sommige plekke die paleodreineringspatrone.

In die omgewing van Hopetown het die groot antiklinale strukture in die Ventersdorpgroep 'n laer reliëf as in die

noordweste. Die kenmerkende diep glasiële valleie verdwyn na die suidooste sodat tekens van gletserswerking soos gletserskrape en dun smal glasiële trõe tot die Hopetown-omgewing beperk is. Op Wexford 219 kon gletserskrape op die Ventersdorplawa asook die oriëntasie van bykans 100 rolstene van 'n fluvioglasiale-afsetting, in so 'n glasiëletrog gemeet word.

Waar die tilliet direk in kontak met die basale sedimentêre fase van die Ventersdorpgroep lê, is geen gletserskrape gevind nie. In die Hopetown-dorpsgebied kom gletserskrape op swerfstene in die tilliet voor. (Fig. 8).



Fig. 8 Gletserskrape op swerfstene in die tilliet.

(Hopetown-dorpsgebied)

Die oriëntasie van die skrape is in alle gevalle dieselfde wat bewys dat 'n intertillietvloer in genoemde lokaliteit ontwikkel is.

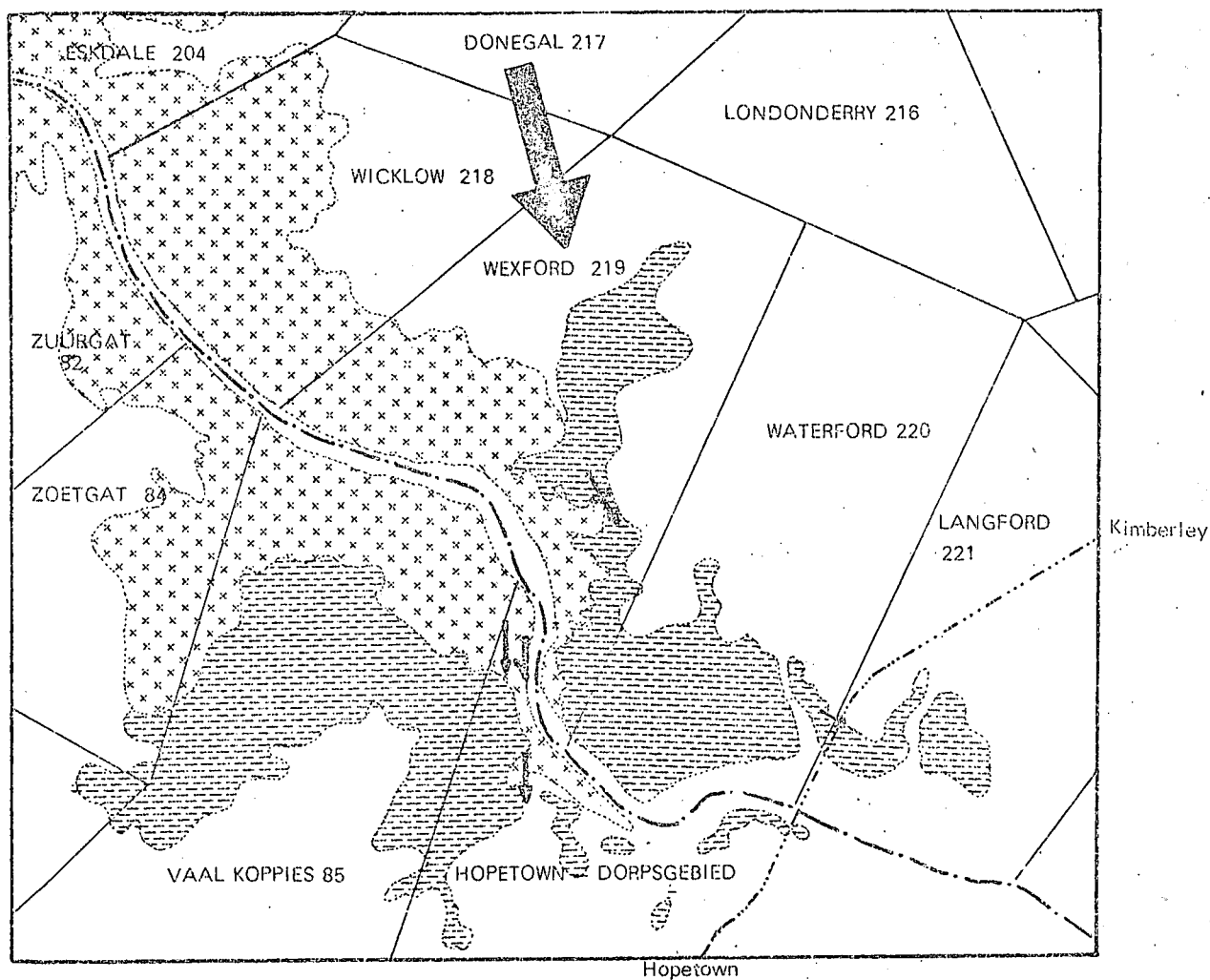
Na die ooste van die gekarteerde gebied, is tilliet afwesig en word die Ventersdorpgroep direk deur die Prins Albertformasie oorkê. Op Donnybrook 212 word 'n klein granietdagsoom gedeeltelik deur die Prins Albertformasie bedek. Geen tekens van gletserwerking kon op die vroeëre topografiese hoog gevind word nie.

Die afwesigheid van skrape kan deels aan die intensiewe resente verwerking van die dagsoom toegeskryf word. Kaoliniet kom algemeen in die omgewing van die dagsoom en langs nate in die dagsoom voor. Die naaste dagsoom van tilliet kom sowat vyf kilometer suid van die granietdagsoom op Eagerton (ged. Ramah 211) 20m onderkant die Prins Albertformasie voor.

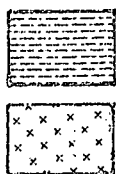
### 6.3 DWYKAFORMASIE ("ETAGE GLASIALE LAE")

#### 6.3.1 LIGGING EN VERSPREIDING

In Fig. 9 word 'n vereenvoudige dagsoomkaart van die Dwykaformasie soos dit in die gekarteerde gebied voorkom, gegee. Die tillietfase toon die maksimum ontwikkeling in 'n smal



LEGENDE



DWYKAFORMASIE

VENTERSDORPGROEP

- ↗ Oriëntasie van riffelmerke
- ↘ Oriëntasie van gletserskrappe
- ↙ Oriëntasie van gletservalleitjie
- ⊕ Oriëntasie van rolstene
- ↓ Algemene rigting van ysbeweging soos afgelei uit rigtingduidende strukture.

Skaal 1 100 000

Fig. 9 .Dagsoomkaart van die Ventersdorpgroep en Dwykaformasie met die verskillende rigtingduidende strukture van die tilliet daarop aangedui.

sone parallel met die Oranjerivier en die beste dagsome is op Wexford 219, Vaal Koppies 85, Hopetown-dorpsgebied, Waterford 220, Langford 221 en op Ramah 211 blootgelê.

### 6.3.2 STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE

Die Dwykaformasie bereik 'n dikte van  $\pm$  30m vanaf die vloer waarop dit rus tot by die warweskalies. Op grond van litologiese verskille kan die tillietfase in basale en tussengelaagde tilliet, rolblokskalie, konglomeratiese tilliet/diamiktiet, kalkryke sandsteen en warweskalie onderverdeel word.

#### BASALE EN TUSSENGELAAGDE TILLIET

Die tillietafsettings is lensagtig van aard en 'n definitiewe dikte vir die afsettings kon nie bepaal word nie. Diktes wat vanaf 'n paar sentimeter tot 'n meter varieër, kom algemeen in die Hopetown-dorpsgebied voor. Waar die tilliet op die vloergesteentes rus, is 'n duidelike erosie-kontak waarneembaar. In die omgewing van die Oranjerivierbrug naby Hopetown kom 'n tweede tilliethorison aan die bokant van 'n kalkryke sandsteen voor. Versakkingsstrukture kom op sommige plekke aan die basis van die horison voor.

'n Groot hoeveelheid swerfstene, wat verteenwoordigend is van al die gesteentetipes waaroor die gletser beweeg het, kom

in die tilliet voor. Swerfstene van graniet, andesitiese amandelhoudende lawas, basalte, kwartsiete, dolomiete en gneise kom algemeen voor.

Die swak-gesorteerde tilliet toon 'n growwe tekstuur terwyl swerfstene van een meter voorkom. Die swerfstene is hoekig tot halfhoekig terwyl sommige 'n tipiese skrykystervorm besit.

Waar die tilliet redelik vars is, het dit 'n blougrys kleur terwyl die verweerde variëteit groenbruin van kleur is. Potgieter (1973, p. 128) skryf hierdie kleurvariasies aan die hoeveelheid matriks teenwoordig toe. Naby die Oranjerivierbrug by Hopetown vertoon dit groenbruin van kleur, 'n verskynsel wat aan die groot hoeveelheid kalsiumkarbonaat wat in die matriks as kalsiet teenwoordig is, te wyte is. Mineralogies bestaan die matriks uit middel- tot fynkorrelrige rotsfragmente en rotsmeel. Die samestelling van die fragmente stem ooreen met dié van die swerfstene in die tilliet.

#### ROLBLOKSKALIE

Skalies waarin volop swerfstene van graniet, lawas en gneise voorkom, kom as plaatvormige afsettings in die tillietfase voor. (Fig. 10 )



Fig. 10. Swerfstene van Ventersdorpkwartsiet in rolblok=skalies (Oranjerivierbrug noord van Hopetown)

Groot gedeeltes van die skalies is met oppervlak-kalksteen bedek sodat die werklike dikte van die afsetting nie altyd bepaal kan word nie. By die Oranjerivierbrug naby Hopetown is 'n dikte van ses meter gemeet. 'n Duidelike graderende kontak is gevind.

In die omgewing van die Oranjerivierbrug is die skalies aansienlik growwer met volop fragmente van kwarts (kwartsiet), jaspis en veldspaat. Kalsiet kom algemeen as bindstof voor.

'n Goed ontwikkelde laminasie kom in die skalies voor. Die laminae wissel in dikte van 0,5-1cm. Waar swerfstene in die

skalies voorkom, is die laminasie rondom die swerfstene ver= steur.

#### KONGLOMERATIESE TILLIET EN KALKRYKE SANDSTEEN

In Fig. 11 word die opeenvolging van rolblokskalie, konglomeratiese tilliet / diamiktiet en kalkryke sand= steen in die omgewing van die Oranjerivierbrug gegee.

'n Kenmerk van die afsettings is die lensagtige geaardheid daarvan terwyl dit oor kort afstande in beide dikte, omvang en stratigrafiese posisie variëer.

Waar die sandstene in kontak met die onderliggende rolblok= skalies lê, is versakkingsstrukture teenwoordig. (Fig. 12 )

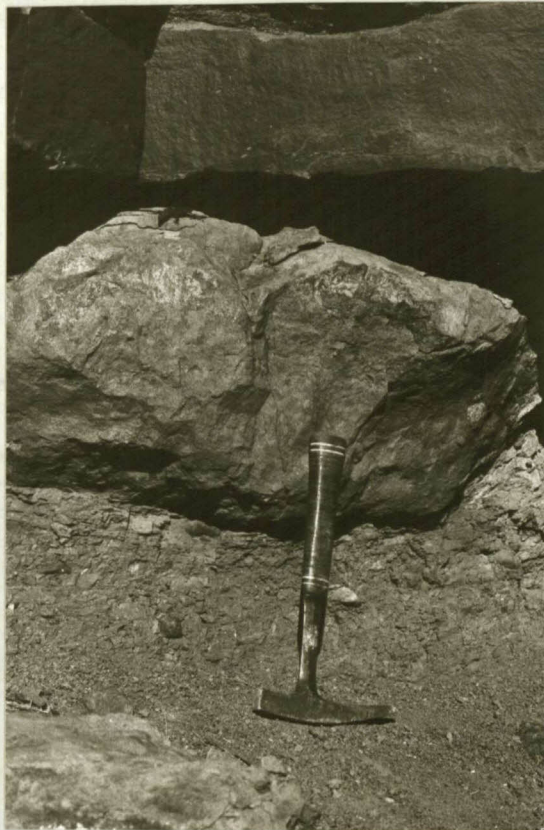


Fig. 12. Versakkingsstruktuur aan die basis van 'n kalkryke sandsteen in die Dwykaformasie (Oranjerivierbrug, Hopetown)

meter:  
9.  
8  
7  
6

NOORD

WES

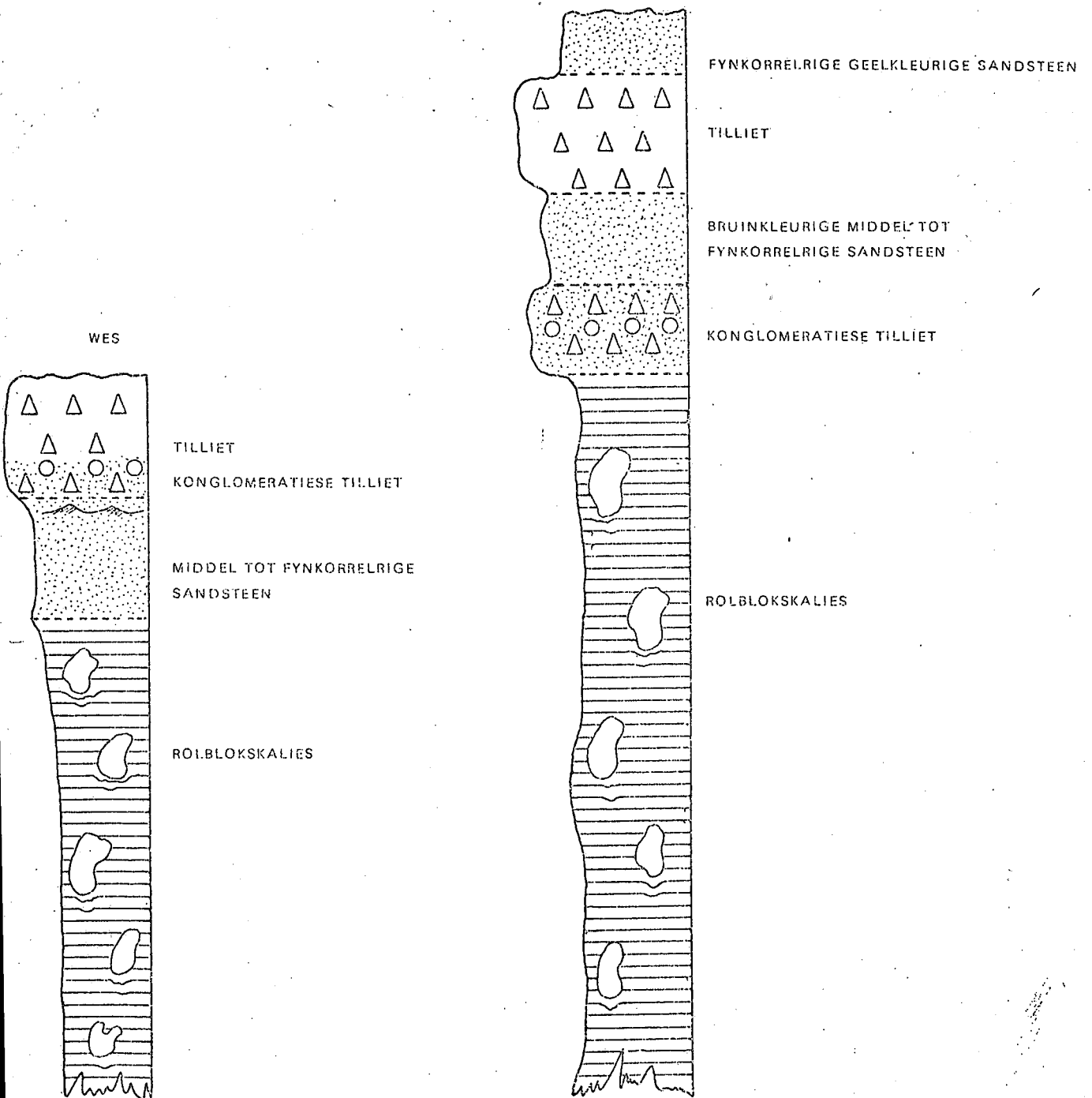


Fig. 11 . SAAMGESTELDE PROFIEL VAN DIE DWYKAFORMASIE BY DIE ORANJERIVIERBRUG ( HOPETOWN )

'n Skerp onegalige kontak is kenmerkend van die diamiktietrolblokskalie opeenvolging. Hoër op in die opeenvolging word die diamiktiet konkordant deur 'n tweede kalkryke sandsteen oorlê. 'n Derde soortgelyke sandsteen oorlê die boonste tilliethorison ook konkordant.

Die sandstene is ongesorteerd terwyl die korrels hoekig tot halfhoekig is. 'n Duidelike afname in korrelgrootte vanaf die onderste na die boonste sandsteen is gevind. 'n Swaar-mineraalanalise toon veral 'n hoë konsentrasie van granaat, sirkoon en apatiet. 'n Mikroskopiese ondersoek het getoon dat die sandstene hoofsaaklik uit kwarts en veldspaat in 'n baie fynkorrelrige kleiige matriks bestaan. As gevolg van die hoë persentasie kalsiet, wat algemeen as bindstof in die matriks voorkom, vertoon die sandstene vaalbruin van kleur waar dit verweer is. Vars monsters vertoon egter geel van kleur met uitsondering van die boonste sandsteen wat donker van kleur is.

Naby die opstal op Eagerton (ged. Ramah 211) kom drie sandsteenbande aan die bokant van die diamiktiet voor. 'n Kenmerkende growwer tekstuur maak dit onderskeibaar van eersgenoemde sandstene. 'n Afname in korrelgrootte van een millimeter vir die onderste sandsteen tot 0,25mm vir die boonste sandsteen is ook kenmerkend van die sandstene. 'n Dienooreenkomstige afname in die sortering is ook

mikroskopies waarneembaar. Aangesien die sandstene gedeeltelik deur oppervlak-afsettings bedek is, kan die dikte en stratigrafiese posisie met betrekking tot die onderliggende diamiktiet nie presies vasgestel word nie.

Die diamiktiet kom op twee stratigrafiese horisonne in die omgewing van die Oranjerivierbrug voor. Soos in die tilliet, word die diamiktiet uit 'n groot verskeidenheid rolstene van kwartsiet, jaspis, graniet en lawas opgebou.

(Fig. 13 )



Fig. 13(a). Diamiktiet/konglomeratiese tilliet in Dwyka-formasie (Oranjerivierbrug, Hopetown)

Die rolstene met 'n gemiddelde grootte van vyf sentimeter toon 'n mate van afronding terwyl sortering afwesig is. Die rolstene is staafvormig tot rond en die langasse toon 'n oriëntasie ewewydig aan die rigting van ysbeweging. (Wex-

ford 219).



Fig. 13(b). Georiënteerde rolstene in konglomeratiese tilliet

In die rigting van Wexford 219 kan 'n duidelike toename in die rolsteengrootte waargeneem word. Suid van die opstal op Eagerton (ged. Ramah 211) kom 'n soortgelyke diamiktiet as die by die Oranjerivierbrug voor. 'n Swak-ontwikkelde graderings-gelaagdheid kom soms voor.

#### WARWESKALIES

Die laaste tekens van glasiale werking kom op Lilydale 228 as 'n teken van warweskalie aan die bokant van 'n karbonaatryke konkresie-horison voor. (Fig. 14)

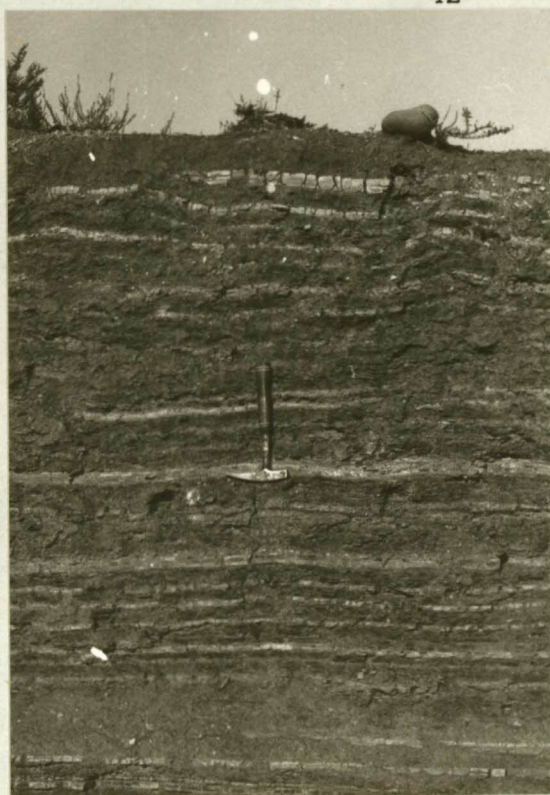


Fig. 14. Warweskalies op Lilydale 228

Die vorm van die afsettingsliggaam kan nie bepaal word nie deurdat dit grootliks met sand en oppervlakkalksteen bedek is. Die opeenvolging het 'n dikte van twee meter en bestaan uit afwisselende ligkleurige karbonaatrike lagies van drie sentimeter en donkerkleurige koolstofryke lagies van 10cm. Die skalies verskil van die ware glasiale warwe in dié sin dat geen korrelgrootte-verskille tussen die lig- en donkerkleurige lagies bestaan nie.

#### 6.4 ECCAGROEP

##### 6.4.1 PRINS ALBERTFORMASIE ("ETAGE BO DWYKASKALIES")

##### 6.4.1.1 LIGGING EN VERSPREIDING

Die formasie kan vir etlike kilometer as 'n aaneenlopende

plaat oor die hele noordelike deel van die gebied gevolg word.

#### 6.4.1.2 STRATIGRAFIE EN LITOGRAFIE

In Fig. 15 word 'n saamgestelde profiel van die formasie op Lilydale 228 en Devondale 212 gegee. 'n Donkerkleurige dun-gelamineerde skalie wat op Lilydale 228 aan die basis van die opeenvolging voorkom, gradeer na bo oor in 'n blougrys skalie. Kalksteenlense tesame met sekondêre gips kom algemeen in die blougrys skalies voor. Die kalksteenlense bereik diktes van tot een meter en is oor die algemeen fynkorrelrig van aard. Dit varieer in kleur van blougrys in 'n vars monster tot vaalbruin in die verweerde vorm. Keël-in-keëlstrukture met die keëlstrukture loodreg op die gelaagdheid kom sporadies op Lilydale 228 voor. Na die bokant gradeer die blougrys skalie in 'n olyfgroenskalie wat konkordant deur die Whitehillformasie oorlê word, oor. Op Donnybrook 212 word die blougrys skalie deur 'n donkerkleurige koolstofryke skalie met 'n dikte van 29m oorlê. In 'n vars monster is die kleur swart terwyl volop glimmers daarin voorkom. Na die bokant gradeer hierdie skalie in 'n drie-meter-dikke swartgroen skalie oor. Verskeie ysterryke horisonne wat snuifdoosverwering toon, kom in die skalies voor. Die opeenvolging op Donnybrook 212 bereik 'n dikte van ± 25m en die op Lilydale 228 'n dikte van 15m.

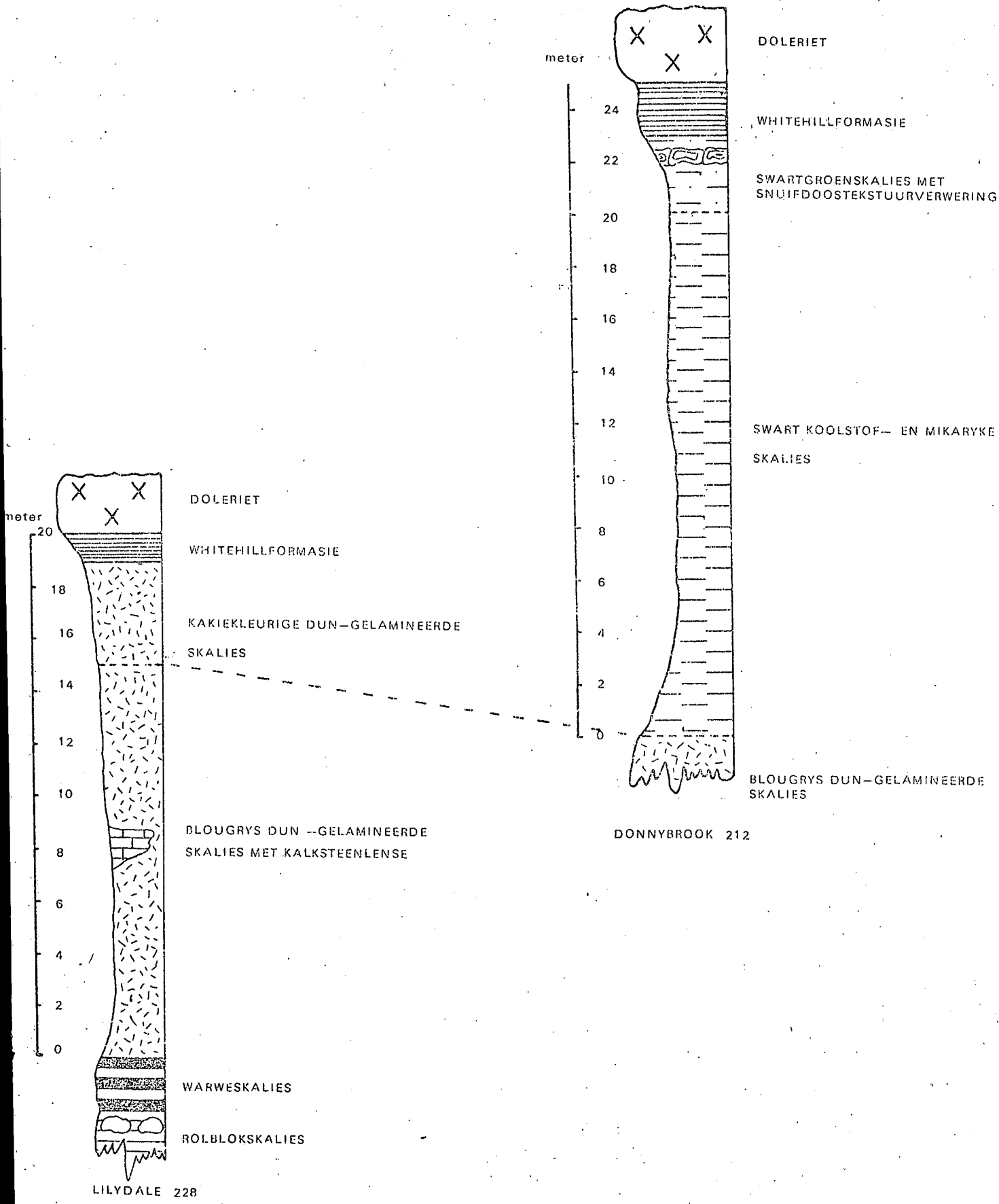


Fig. 15 .SAAMGESTELDE PROFIEL VAN DIE PRINS ALBERT-EN WHITEHILLFORMASIE IN GEKARTEERDE GEBIED.

'n Benaderde dikte van bykans 40m kan aan die Prins Albertformasie toegeken word.

Oor die hele dagsoonegebied van die formasie kom 'n kenmerkende spikkelsliksteen bo en onder die Whitehillformasie voor. Waar die formasie deur erosie verwyder is, kan hierdie spikkelslikstene as merker gebruik word. Op Elandsdraai 88 bereik dit 'n dikte van 1,5m bokant die Whitehillformasie. Die slikstene is fynkorrelrig en ligkleurig van aard terwyl volop groen spikkels algemeen daarin voorkom. 'n X-straal diffraksie-analise van die slikstene toon dat dit 'n groot persentasie chloriet wat andersins in klein hoeveelhede in die formasie voorkom, bevat. Die spikkeleffek word aan 'n chlorietkonsentrasie, wat die gevolg van die bakeffek van 'n dolerietplaat is, toegeskryf. Spoorfossiele kom algemeen in die spikkelslikstene voor.

#### 6.4.2 WHITEHILLFORMASIE ('Witband')

##### 6.4.2.1 LIGGING EN VERSPREIDING

Die Whitehillformasie is oor die hele noordelike deel van die gebied ontwikkel hoewel groot dele daarvan reeds deur erosie verwyder is. Die dikste opeenvolging van die formasie kom op Kildare 215, Leinster 222, The Horn

223, Lilydale 228, Norfolk 227, Doornbult 86, Elandsdraai 88, Hopetown-dorp gebied, Ramah 211, Devondale 209, Donnybrook. 212 EN Hartebeest Hoek 99 voor.

#### 6.4.2.2 STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE

Die Whitehillformasie kom as 'n dun, aaneenlopende kombersafsetting in die gebied voor. Kenmerkend van die formasie is dat dit met uitsondering van 'n paar lokaliteite, bv. op Devondale 219 en Doornbult 86, op dieselfde kontoer nl. 1 100m bo seespieël, voorkom. Die variasie kan aan verdikkings van dolerietplate in die Prins Albertformasie toegeskryf word. 'n Groot variasie in dikte is kenmerkend van die formasie. Groot dele van die formasie is deur resente erosie verwyder aangesien die alomteenwoordige dolerietplaat (Fig. 16) nie altyd op dieselfde horison in die formasie voorkom nie.



Fig. 16, Die kontak tussen die Whitehillformasie en oorsiggende dolerietplaat op Doornbult 86.

Op Devondale 209 bereik die Witband 'n dikte van 12m.

Die afwesigheid van sekere indeksfossiele dui daarop dat die formasie in hierdie lokaliteit nie volledig ontwikkel<sup>is</sup> nie.  
(p. 89)

Die formasie kan as 'n baie fynkorrelrige dun-gelamineerde koolstofryke skalie wat arm aan kalsiumkarbonaat is, gedefinieer word. Waar dit redelik vars is vertoon dit swartgrys terwyl die verweerde vorm wit van kleur is. Verskillende skakerings van pienk en roesbruin wat aan die teenwoordigheid van sekondêre ysteroksiedes toegeskryf word, kom algemeen voor. Riffelmerke met lae amplitudes kom op Devondale 209 in die formasie voor. Sekondêre gips is in dieselfde lokaliteit in die formasie gevind.

Op Devondale 209 is fragmente van Mesosaurus, en brachiopode en plantafdrukke gevind. Die skaaldier, Notocaris tapscotti is op Elandsdraai 88 gevind.

Fossielhoutfragmente wat uit die formasie afkomstig is, kom op Doornbult 86 voor.

Kleinskaalse plooië (Fig. 17) wat aan die uitsetting en inkringing van kleie toegeskryf kan word, kom op Abbotsdam (ged. Hartebeest. Hoek 99) in die formasie voor.



Fig. 17. Kleinskaalse plooiing in die Whitehillformasie  
(Hartebeest Hoek 99)

#### 6.4.3 TIERBERGFORMASIE ('Serie Eccca')

##### 6.4.3.1 LIGGING EN VERSPREIDING

Die basale Swartskalielid dagsoom in die sentrale gedeelte van die gebied tussen  $29^{\circ} 40'$  en  $30^{\circ} 15'$  suiderbreedte. Goed blootgestelde dagsome kom in die suide voor, terwyl die noordelike dagsome grootliks met oppervlak - kalksteen en sand bedek is. Die Tierbergformasie is tot die mees suidelike gedeelte van die area beperk.

#### 6.4.3.2 STRATIGRAFIE EN LITOLOGIE

Die Tierbergformasie kan op grond van litologiese verskille in vier lede, nl. 'n basale swartskalielid, 'n onderste sliksteen, 'n boonste grower sliksteen- en turbidietlid ingedeel word. In Fig. 18 word 'n gedetailleerde profiel deur die onderste sliksteen-, boonste sliksteen en turbidietlid van die Tierbergformasie op Swart Koppies 86 gegee. Hierdie drie lede van die Tierbergformasie (Fig. 19) bereik 'n dikte van 60m in genoemde lokaliteit. Ryan (1968, p.52) klassifiseer die Eccagroep in die gekarteerde gebied as die Sentrale Fasies met 'n dikte van plus-minus 400m. Volgens die nuwe indeling (Tabel 5) besit die Eccagroep 'n totale dikte van plus-minus 300m.

#### BASALE SWARTSKALIELID

Die groot uitgestrektheid van die area, waarin die lid dagsom, het die bepaling van die dikte aansienlik bemoeilik. Die benaderde dikte en helling van die lae kan met die driepunt-metode bepaal word. Die hoogte bo seespieël van die Whitehillformasie, wat 'n prominente merker in die gebied is, kan op sommige plekke akkuraat vasgestel word. Die gemiddelde helling vir die strekkingslyne van die formasie kan met behulp van dié metode bepaal word. Oor die hele dagsomgebied van die groep kom 'n golwende patroon in die lae voor.

Die mees noordelik dagsom van die onderste sliksteenlid kom op Langberg (ged. Roode Dam 28) op die 1 300m - kontoer voor. Volgens die konstruksie behoort die White

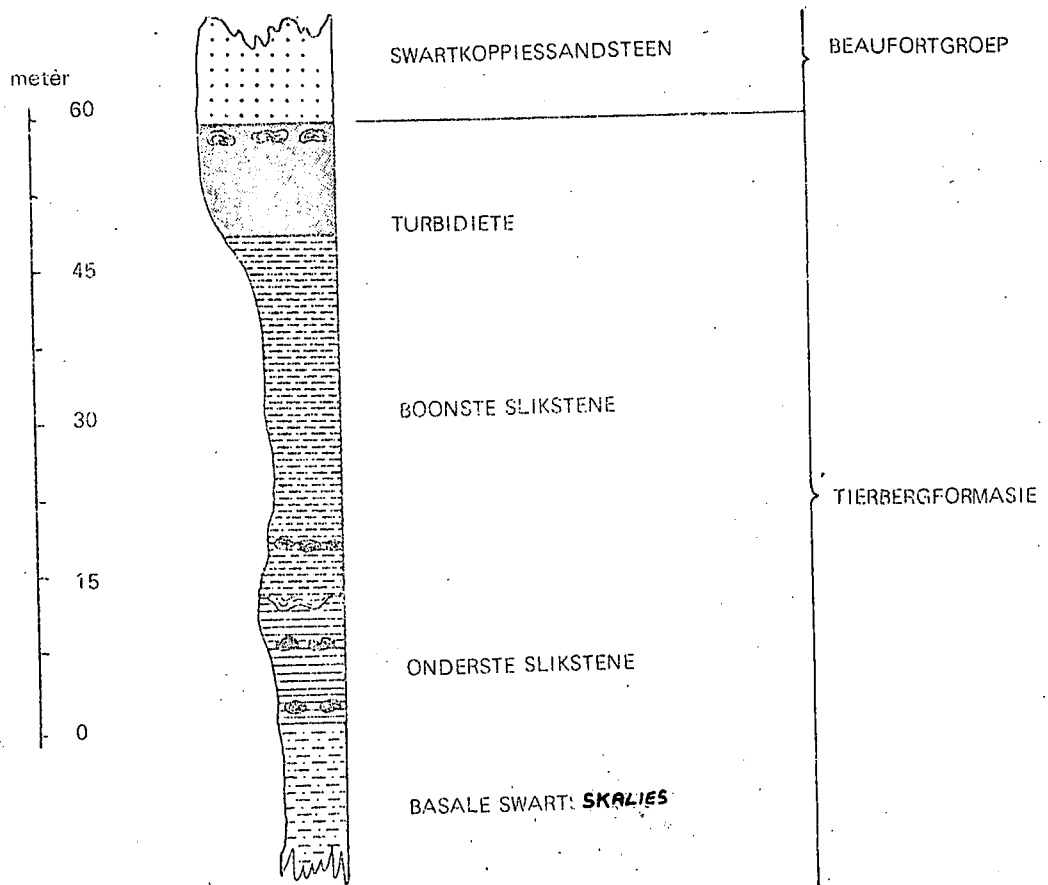
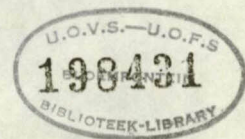


Fig. 18 . Profiel deur die Tierbergformasie op Swart Koppies 86.



Fig. 19 Tierbergformasie op Middelpunt (ged. Driefontein  
87)



hillformasie 200m laer as die onderste slikssteenlid in genoemde lokaliteit te lê. Die basale skalielid bereik dus 'n benaderde dikte van 200m in die area. Uit die konstruksie blyk dit verder dat die lae 'n gemiddelde helling van 'n half graad na die suidooste besit.

'n Belangrike fisiografiese verskynsel is die groot hoeveelheid panne wat min of meer parallel met die strekkingslyne van die Whitehillformasie op Klippies Pan 145, Pretorius Dam 94, Reynekes Pan 91, Bakoven Pan 147, Die Doorns 90 en Kareebosch Pan 94 ontwikkel het. Dit wil voorkom asof die panne hoofsaaklik in die onderste 30m van die Swartskalielid gekonsentreer is,

Op Elandsdraai 88 kom 'n dolerietplaat in die Whitehillformasie voor. Spikkelsliksstene waarin 'n spoor fossiele volop voorkom, lê direk op die plaat. Bokant die sliksstene kom lidiet wat in ander lokaliteite as swartgrys skalies teenwoordig is, voor. Die swartgrys skalies is dungelamineerd en gradeer na bo in 'n growwer tekstuur gryskleurige skalie, oor. Die swartskalies kom na aan die bokant van die opeenvolging voor en is hoofsaaklik tot die suidelike gedeeltes van die area beperk.

In die nabyheid van dolerietplate verander die swartgrys

skalies in kleur van grysgroen tot kakiekleurig. Spoorfossiele kon slegs in laasgenoemde geval in die skalies herken word.

Die basale gedeeltes van die swartgrys skalies verweer kenmerkend splinterig terwyl potloodverwering in die nabyheid van dolerietplate teenwoordig is. Hoër op in die opeenvolging verweer die skalies meer krummelrig. Die verwering is daarvoor verantwoordelik dat geen onverweerde vars dagsoom gevind kon word nie.

Verskeie konkresie-horisonne kom in die opeenvolging voor. Op Fluitjieskraal (ged. Roode Pan 150) kom ovaal tot skyfvormige karbonaatryke konkresies sowat 30m bokant die Whitehillformasie voor. Soortgelyke horisonne kom op Pretorius Dam 94, Renosterberg (ged. Blaawbosch Dam 103) (Fig. 20 ) en Aasvoëlkop (ged. Doorn Kuilen 2) voor.



Fig. 20. Konkresie-horison op Renosterberg (ged. Blaawbosch Dam 103.

Op Pretorius Dam 94 is keël-in-keëlstrukture op die konkresie ontwikkel. Die konkresies besit 'n massiewe kern terwyl die keël-in-keëlstrukture, met langasse wat na die kern van die konkresie wys, aan die buitekant daarvan ontwikkel het. (Fig. 21)



Fig. 21. Keël-in-keëlstrukture in die kalkryke konkresies (Pretorius Dam 94)

Die laminasie van die skalies is vir gemiddeld agt sentimeter rondom die konkresie versteur. Die mate van versteuring dui op die hoeveelheid materiaal wat deur die konkresie tydens die groeiperiode gebruik is. Die oorsprong van die strukture asook die toestande waaronder dit gevorm het word volledig deur Woodland (1964, p.288-300) beskryf.

Op Renosterberg (ged. Blaawbosch Dam 103) is spoorfossiele

op die buitekant van die konkresies gevind.

#### ONDERSTE SLIKSTEENLID

Die lid bereik 'n dikte van 15m en bestaan uit sliksiene met korrelgroottes van 0,01mm. 'n Goed-ontwikkelde laminasie tesame met riffelmerke kom in die sone voor. In vars monsters vertoon die sliksiene grys-groen van kleur terwyl 'n lig-grys kleur kenmerkend van die verweerde vorm is. Op Esels Fountain 110 verweer die sliksiene plaveisteenagtig. 'n Verskeidenheid van spoorfossiele kom op hierdie plaveistene voor. Skyfvormige karbonaatryke konkresies kom op verskillende hoogtes in die sliksiene voor.

#### BOONSTE SLIKSTEENLID

Die lid bestaan uit afwisselende sliksiene en skalies en bereik 'n dikte van 35m in genoemde lokaliteit. Die sliksiene het 'n gemiddelde korrelgrootte van 0,03mm het 'n hoër porieusheid as die onderliggende sone sodat die digter growwer sliksiene versakkingsstrukture (Fig. 22 ) in die onderliggende sliksiene vorm. Vars sowel as verweerde monsters vertoon ligter van kleur as die onderliggende sliksiene. Sortering is middelmatig tot goed terwyl die afronding van die korrels middelmatig is. Riffelmerke en riffelkruisgelaagtheid kom in die sliksiene voor. Skyfvormige karbonaatryke konkresies met kalsietge vulde radiale krake is in die sone gevind. Horisontale wurmsleepsels kom

op die riffelmerke voor.

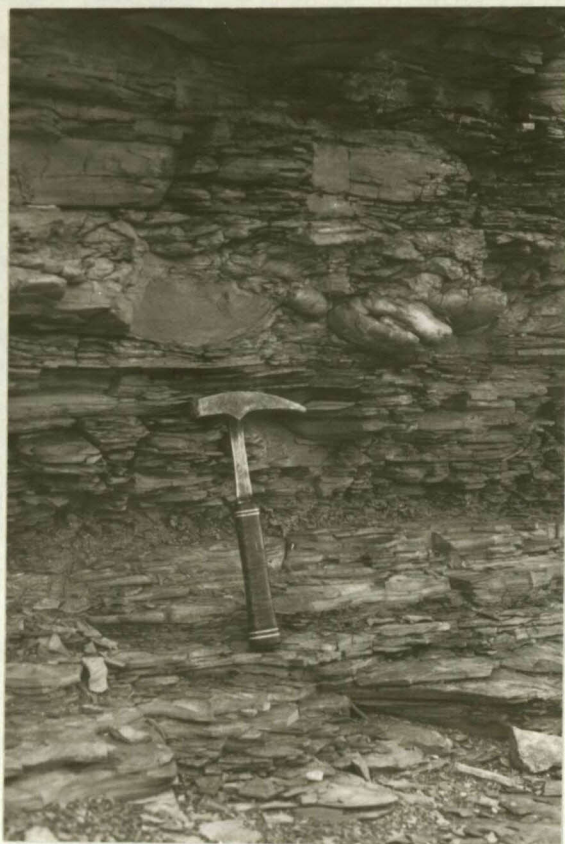


Fig. 22. Versakkingsstrukture aan die basis van die boonste sliksteenlid (Swart Koppies 86)

#### TURBIDIET

Die lid varieër in dikte van nege meter op Swart Koppies 86 tot ses meter op Zwagers Hoek 151. Sedimentêre strukture wat teenwoordig is, word volledig in Hoofstuk 7 beskryf.

Die sone oorlê die onderliggende slikstene konkordant terwyl versakkingsstrukture in sommige gevalle aan die basis van die sone voorkom. Kwarts en ondergeskikte

veldspaat kom algemeen in die sone voor. 'n Geleidelike toename in kwarts en 'n dienooreenkomstige afname in die kleifraksie is in die Ta - Tc - opeenvolging gevind.

Horisontale wurmsleepsels is op die riffelmerke in sommige turbidiete gevind.

## 6.5 BEAUFORTGROEP ('Serie Beaufort')

### 6.5.1 LIGGING EN VERSPREIDING

Die Beaufortgroep kom voor in die mees suidelike deel van die gebied op Esels Fountain 110, Bakoven Kraal 81, Swart Koppies 86, Karee Kloof 85, Olieven Fontein 109, Oosthuis Fountain 108, Pienaars Kloof 136 en Op Renosterberg 141.

### 6.5.2 STRATIGRADIE EN LITOLOGIE

Die Beaufortgroep kan op grond van litologiese verskille in twee verskillende formasies, nl. die Swartkoppiesandsteen- en die Spitskopformasie ingedeel word.

In Fig. 23 word vier gedetailleerde profiele van die groep op Esels Fountain 110, Swart Koppies 86, Middelpunt (ged. Driefontein 87) en Rustfontein (ged. Pienaars Kloof 136) gegee.

#### SWARTKOPPIESSANDSTEENFORMASIE

In die gebied kom die eerste Beaufortsandsteen (Fig. 24) direk bokant die Tierbergformasie in dolerietbedekte tafelinselberge voor. Die sandsteen, wat 'n prominente merker is, toon 'n konstante ontwikkeling oor die hele gebied. Die sandsteen is uniek wat betref stratigrafiese posisie en

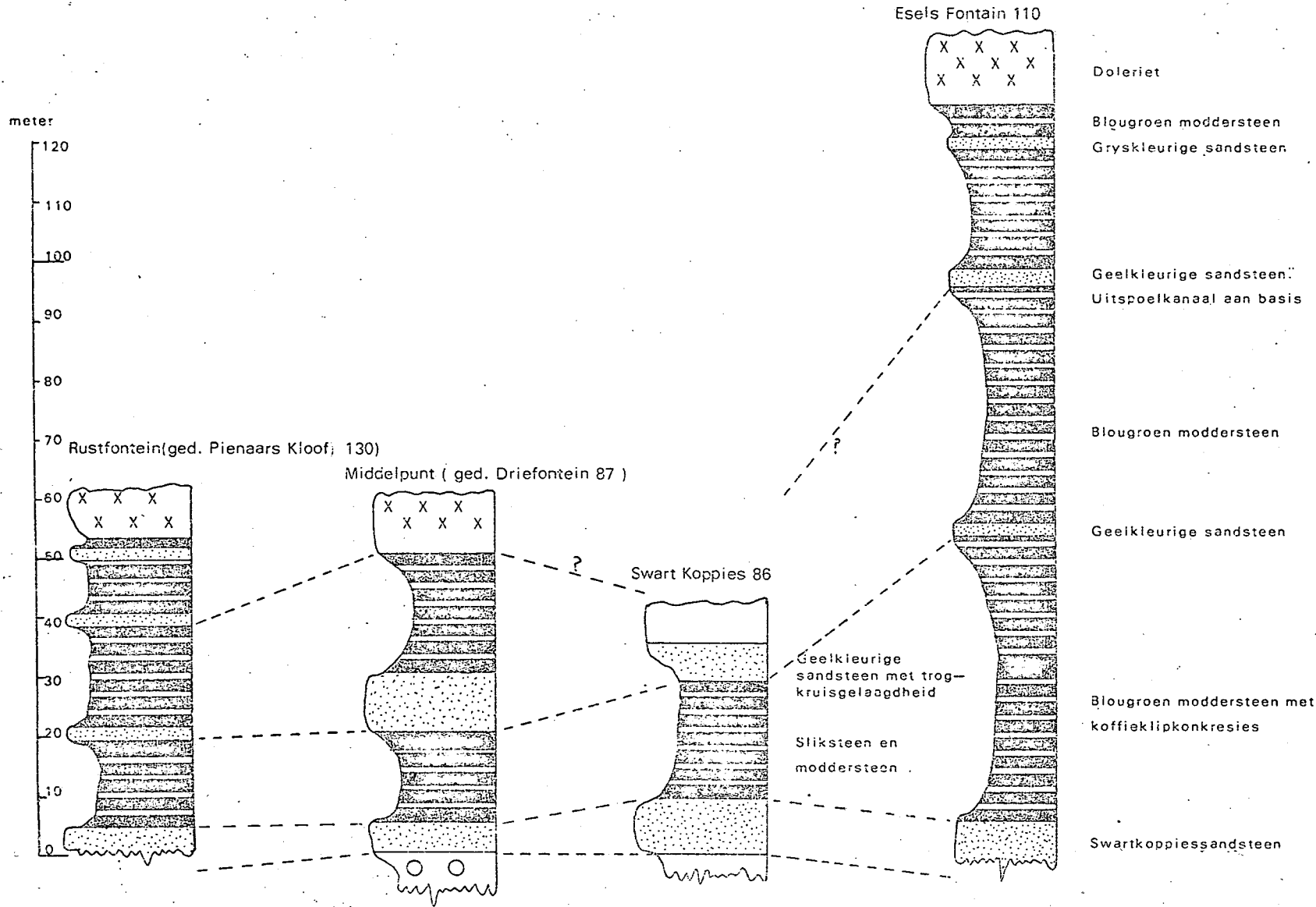


Fig. 23 . Saamgestelde profile van die Beaufortgroep in die gekarteerde gebied.

interne strukture. In die gebied kom die sandsteen meestal onderkant 'n prominente dolerietplaat in 'n krans in die omgewing van die 1 400m kontoer voor.



Fig. 24. Swartkopiessandsteen in vertikale krans op Renosterberg (Ged. Blaawbosch Dam 103)

'n Uiteraars goed-ontwikkelde horisontale gelaagdheid is in die sandsteen aanwesig. Hierdie sedimentêre struktuur is tydens die studie as identifikasie-kriterium gebruik om tussen die sandsteen en oorliggende sandstene te onderskei. 'n Detailstudie van die Swartkopiessandsteen het getoon dat swak-ontwikkelde kruisgelaagdheid en riffelmerke ook soms in die sandsteen voorkom.

Uit Fig. 23 blyk dit duidelik dat 'n groot variasie met betrekking tot die dikte van die sandsteen in die gebied

voorkom. 'n Skerp onegalige kontak kom algemeen tussen die sandsteen en onderliggende Tierbergformasie voor. Versakkingstrukture sowel as bal- en- kussingstrukture is aan die basis van die sandsteen ontwikkel. Geïsoleerde versakkingsballe, met 'n definitiewe oriëntasie, is ook in die boonste sliesteensone en turbidiet-sone van die Tierbergformasie gevind.

Die Swartkoppies-sandsteenlid is 'n kenmerkende fynkorrelrige sandsteen. In vars monsters besit dit 'n gryswit kleur terwyl die verweerde vorm meestal bruin-kleurig van aard is. Die afronding en sortering van die kwarts- en ondergeskikte veldspaatkorrels is swak. Die kwartskorrels doof vlekkerig uit terwyl geen sekondêre groei in die veldspaatkorrels gevind kan word nie. Geen voorkeuroriëntasie van genoemde korrels kon gevind word nie. 'n Oorheersende kleimatriks vorm naas die kwartskorrels die grootste volume van die gesteentes.

Bioturbasie (Fig. 25 ) is grootliks afwesig, hoewel vertikale wurmbuise tog aan die bokant van die sandsteen op Swart Koppies 86 voorkom.

## SPITSKOPFORMASIE

Die prominente Swartkoppies-sandsteenlid word in die hele suidelike gedeelte van die gebied deur verskeie opwaarts-fynerwordende siklusse oorleë. Elk van hierdie siklusse begin met 'n sandsteen aan die basis wat na die bokant deur afwisselende sliksien en moddersteenafsettings oorleë word.

Die sandstene besit 'n lensagtige geaardheid sodat 'n enkele sandsteen nie, soos in die geval van die Swartkoppies-sandsteen, oor die hele gebied gevolg kan word nie. Uit Fig. 23 blyk dit duidelik dat die sandstene nie konstante diktes in die genoemde lokaliteite besit nie.

Die sandstene is meestal middel- tot fynkorrelrig en stem in soverre dit kleur, samestelling, afronding en sortering betref, grootliks met die Swartkoppies-sandsteen ooreen. Die mees uitstaande kenmerk van die sandstene is egter die grootskaalse kruisgelaagde eenhede wat aan die basis daarvan ontwikkel is. Hierdie eienskap sowel as 'n kenmerkende erosie-kontak het die identifikasie van die sandstene in die veld aansienlik vergemaklik.

Hoewel spoorfossiele algemeen in die onderliggende en oorliggende gesteentes voorkom, kon geen fossiele in die sandstene gevind word nie.



Fig. 25. Wurmbuise in die Swartkoppiessandsteen (Swart Koppies 86)

In teenstelling met die sandsteen behou die individuele slijksteen- en moddersteenlagies 'n konstante dikte van gemiddeld 10cm elk. 'n Duidelike graderende - kontak vanaf die slijkstene na die modderstene kom voor.

Die slijkstene is fyn tot baie fynkorrelrig terwyl afronding en sortering van die korrels baie swak is. Die slijksteen besit 'n donkergrys kleur in vars monsters, terwyl die verweerde vorm algemeen liggrys van kleur is. Die korrels, meestal kwarts en veldspaat, kom in 'n oorheersende baie fynkorrelrige kleimatriks voor.

Primêre sedimentêre strukture soos riffelmerke en riffelkruisgelaagdheid kom volop in die slijksteen voor. In teenstelling met die volop spoorfossiele in die Tierbergformasie kom slegs 'n paar wurmsleepsels op sommige riffelmerke in die slijkstene gevind word.

Die blougroen modderstene aan die bokant van die slijkstene is oor die algemeen massief-gelaagd, hoewel 'n swak ontwikkelde gelaagdheid in sommige modderstene gevind is. Geen spoorfossiele kom egter in die modderstene voor nie.

'n Paar los fossielhoutfragmente is in sekere lokaliteite in die afsettings gevind. (Fig. 26)

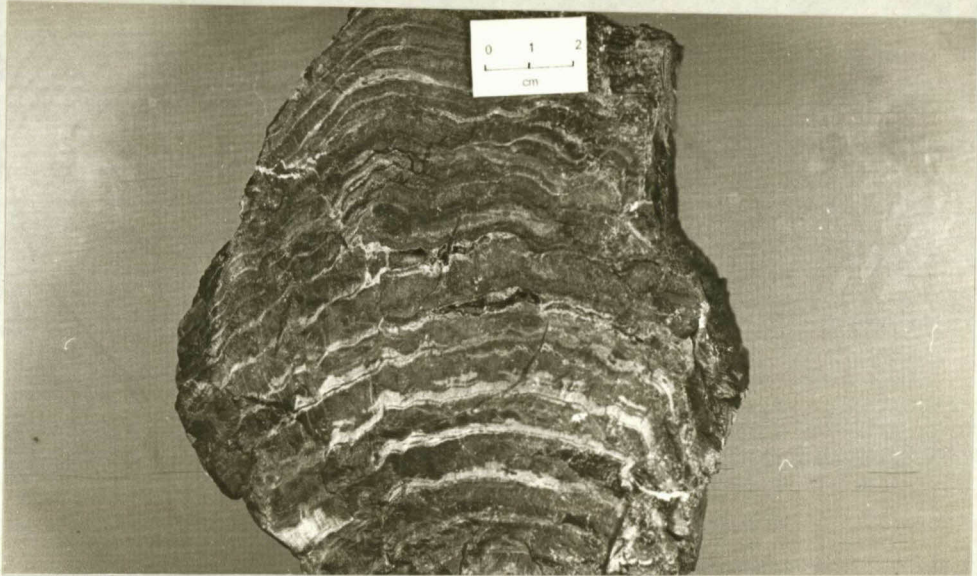


Fig. 26. Fossilhoutfragment uit die Beaufortgroep  
(Swart Koppies 86)

## 7. PRIMÊRE SEDIMENTÊRE STRUKTURE

## 7.1 VENTERSDORPGROEP

## 7.1.1 BASALE SEDIMENTÊRE FASE

Groot skaalse tafelvormige kruisgelaagdheid waarvan die voorkantlae 'n helling van 5-10° besit, kom in die middelste sedimentêre sone voor. Die kruisgelaagde eenhede besit diktes van tot twee meter terwyl die interne lagies gemiddeld vier sentimeter dik is. In die boonste basale sedimentêre sone besit die kruisgelaagde eenhede en interne lagies diktes van 70cm en een sentimeter onderskeidelik.

Trogvormige (Fig. 27 ) en visgraatstruktuurkruisgelaagdheid kom slegs aan die bokant van die boonste basale sedimentêre sone voor. Troë met dieptes van 20cm en breedtes van tot een meter is gevind.



Fig. 27. Trogkruisgelaagdheid in die protokwartsiete van die Ventersdorp groep (Hopetown-dorpsgebied)

Die visgraatstruktuureenhede is selde dikker as 30cm terwyl die voorkantlae in beide flanke, 'n helling van  $20^{\circ}$  weg van mekaar het. Die strukture vorm algemeen in getykanale waar volledige omkering in die stroomrigtings algemeen is.

#### 7.1.2 PIROKLASTIESE EN ANDESITIESE LAWAFASE

Primêre sedimentêre strukture in die fase is hoofsaaklik tot die veldspatiese sandsteen beperk. Kruisgelaagdheid is grootliks afwesig, terwyl riffelmerke (Fig. 28 ), modderkrake (Fig. 29 ) en vloeilinasies (Fig. 30 ) op Wicklow 218 en Zoetgat 84 gevind is.



Fig. 28(a) Riffelmerke in die veldspatiese sandsteen (Hoptown-dorpsgebied)

Die omvang van die riffelmerk-dagsoom op Wicklow 218 is van so 'n aard dat geen indekse vir die riffels bepaal



Fig. 29. Modderkrake in die veldspatiese sandsteen (Hope=  
town-dorpsgebied).



Fig. 30. Vloeilinesies in die veldspatiese sandsteen  
(Zoetgat 84).

kon word nie. Die riffels is simmetries en kan as golf=riffels geklassifiseer word. (Tanner, 1967, p. 97-98)

'n Goedblootgestelde dagsoom van interferensie-riffels kom op Zoetgat 84 in die sandsteen voor. Die tipe riffelmerke dui op 'n vlakwateromgewing waar strome óf deur die see=vloer óf deur die kustopografie gedeflekteer word. (Fig. 28 b)

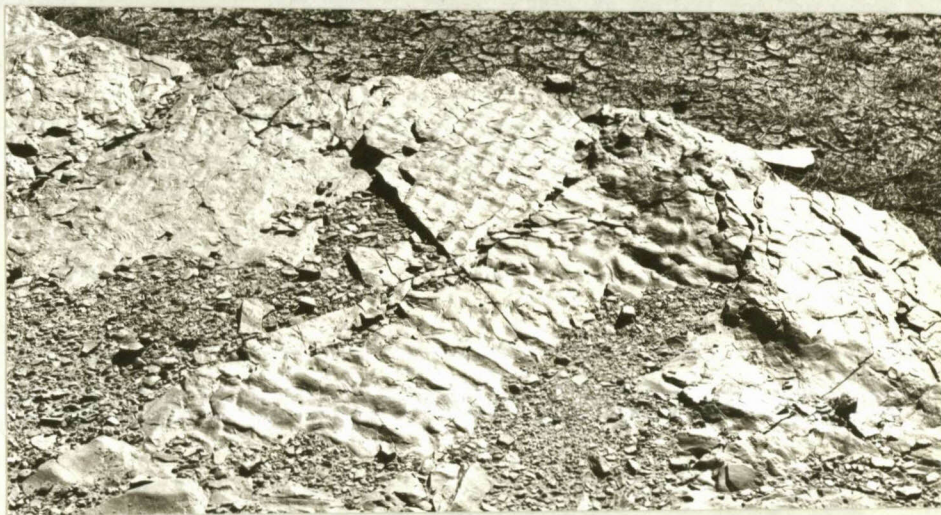


Fig. 28(b). Interferensie-riffels in die veldspatiese sandsteen (Hopetown-dorpsgebied)

## 7.2 KAROOSUPERGROEP

### 7.2.1 DWYKAFORMASIE

Primêre sedimentêre strukture wat in die formasie aanwesig

is, word in Tabel 7 uiteengesit.

Tabel 7. VERSPREIDING VAN SEDIMENTÊRE STRUKTURE IN DIE DWYKAFORMASIE.

GESTEENTETIPE	SEDIMENTÊRE STRUKTURE
Warweskalties	Dun sikliese laminasie
Kalkryke sandsteen	Riffelmerke
Konglomeratiese tilliet	Swak ontwikkelde gelaagdheid
Rolblokskalties	Dun laminasie
Basale en tussengelaagde tilliet	Swak ontwikkelde gelaagdheid

Riffels met 'n lae amplitude en lang golflengte kom in die kalkryke sandsteen voor. Slegs een stel riffels sonder enige interne strukture is gevind. Die kruine van die riffels is afgerond, 'n verskynsel wat aan resente verwerking of erosie tydens afsetting toegeskryf kan word. Die riffelindeks en riffel simmetrie-indeks kan as gevolg van bogenoemde nie bepaal word nie.

### 7.2.2 ECCAGROEP

#### 7.2.2.1 PRINS ALBERTFORMASIE ('Étage Bo-Dwykaskalties')

Die hele opeenvolging word deur 'n goed ontwikkelde laminasie gekenmerk. Die laminasie kan of aan afwisselende fyn

klastiese en nie-klastiese materiaal of : aan die verskil in die hoeveelheid organiese kolloïdale deeltjies in die onderskeie laminae toegeskryf word.

#### 7.2.2.2 WHITEHILLFORMASIE ('Witband')

Die baie prominente laminasie in die Whitehillformasie is daarvoor verantwoordelik dat die skalies tipies plaatvormig verweer. Golfriffels met 'n baie lae amplitude en groot golflengte is op Devondale 209 gevind. 'n Mate van interferensie kan in die riffels waargeneem word.

#### 7.2.2.3 TIERBERGFORMASIE

##### BASALE SWARTSKALIELID

Geen primêre sedimentêre strukture behalwe 'n goedontwikkelde laminasie kom in die swartgrys skalies voor nie.

##### ONDERSTE EN BOONSTE SLIKSTEENLID

Die konstante dikte, asook die voorkoms van primêre sedimentêre strukture in sekere horisonne is kenmerkend van die boonste gedeelte van die formasie. As 'n geheel gesien besit die sliksteen 'n prominente horisontaalgelaagde geaardheid wat aan alternatiewe sliksteen- en moddersteenbandjies van gemiddeld vyf sentimeter dik toegeskryf word. Tussengelaagd in die gelaagde eenheid kom verskeie riffel-

merke en riffelkruisgelaagde horisonne voor. Hierdie horisonne is konstant ontwikkel en kan oor die hele gebied deurgevolg word.

Die riffels (Fig. 31 ) toon skerp tot geronde kruine terwyl slegs 'n klein mate van bifurkasie in sommige lokaliteite gevind is.



Fig. 31. Riffelmerke in die boonste sliksteenlid (Middel-  
punt ged. Driefontein 87)

Die laterale migrasie van die riffels as gevolg van golf-  
aksie, is vir die kruislaminasie verantwoordelik. Intern  
vertoon die riffels twee stalle kruislaminasie. In lokali-  
teite waar oop dagsome van die riffelmerkhorisonne teen-  
woordig is, kan die riffel- (RI), riffelsimmetrie-

indeks (RSI) en reguitindeks (SI) van sommige riffels bepaal word. In Tabel 8 word die onderskeie parameters aangedui en verwerk.

(Tanner 1967, p. 89-104).

TABEL 8 . PARAMETERS VAN DIE RIFFELMERKE IN DIE SLIKSTONE VAN DIE TIERBERG --  
FORMASIE.

Riffelmerke	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\lambda$ in cm	7,5	8,5	5,8	6,0	7,3	6,4	7,5	8,2	8,5
$2A$ in cm	0,7	0,9	0,5	0,6	0,6	1,0	0,8	0,7	0,8
RI	1,7	9,3	11,6	10,0	12,1	6,4	9,3	11,5	10,6
$la$ in cm	3,9	4,5	3,1	3,0	3,9	2,9	3,8	4,1	4,5
$lb$ in cm	3,5	4,0	2,8	2,9	3,3	2,6	3,6	4,0	4,0
RSI	1,09	1,12	1,17	1,03	1,18	1,11	1,05	1,02	1,12
$ld$ in cm.	35,0	31,0	29,0	38,0	32,0				
$d$ in cm .	4,0	3,0	3,0	5,0	3,0				
SI	8,2	10,3	9,6	7,6	10,6				

## TURBIDIETSONE

In Tabel 9 word die onderskeie primêre strukture en litologiese kenmerke van 'n turbidietafsetting in 'n padsnit suid van Philipstown op die plaas Zwagers Hoek 151 gegee.

'n Dolerietplaat is daarvoor verantwoordelik dat die kontak tussen die afsetting en die onderliggende sliksiene nie blootgestel is nie. Die sone waarvan die boonste gedeelte deur resente erosie verwyder is, bereik 'n dikte van ses meter en bestaan uit 19 individuele turbidiete (Fig. 32).



Fig. 32. Turbidietafsetting in 'n padsnit suid van Philipstown.



Uit die tabel kan gesien word dat die volledige ideale Bouma-siklus in geen turbidiet ontwikkel is nie. Fig. 33 toon die Bouma-siklus soos dit in turbidiet No. 13 ontwikkel is. Riffelkruisgelaagde eenhede kom algemeen in die riffels voor terwyl vlamstrukture aan die basis van turbidiet No. 17 ontwikkel is.

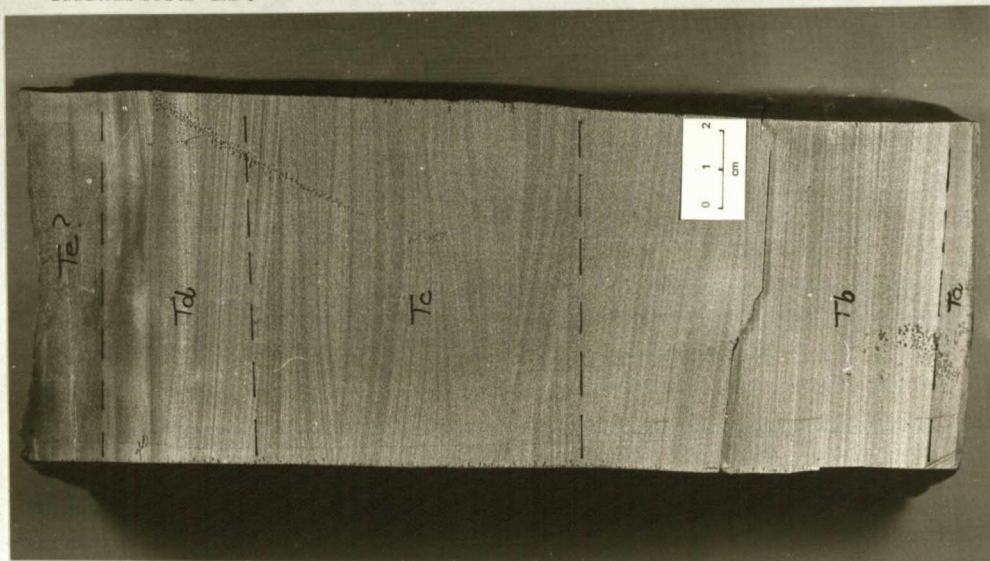


Fig. 33. Bouma-siklus in Turbidiet No. 13

### 7.2.3 BEAUFORTGROEP

#### SWARTKOPPIESSANDSTEENFORMASIE

In Tabel 10 word 'n samevatting van die verskillende sedi-

mentêre strukture soos dit in die sandsteen voorkom, gegee.

Tabel 10. PRIMÊRE SEDIMENTÊRE STRUKTURE IN DIE SWART=  
KOPPIESSANDSTEEN

Tipe struktuur	Beskrywing
Riffelmerke en riffelkruisgelaagdheid	Golfriffels en riffelkruisgelaagdheid kom aan die bo-kant van die sandsteen voor. Swak-blootgestelde dagsome het verhoed dat die onderskeie indekse van die riffels bepaal kan word.
Laehoek-kruisgelaagdheid	Baie laehoek-kruisgelaagdheid kom in die sentrale gedeeltes van die sandsteen voor. Die hoeke van die kruisgelaagde eenhede wissel tussen 7° en 9°. Die kruisgelaagde eenhede is selde dikker as 40cm terwyl die kruisgelaagde laminae gemiddeld vier sentimeter dik is.
Horisontale gelaagdheid	Die grootste gedeelte van die sandsteen is horisontaal gelaagd. Die gelaagde eenhede wissel in dikte vanaf 0,01 tot vyf sentimeter.

## SPITSKOPFORMASIE

Trogkruisgelaagdheid kom algemeen van die basis van die sandstene voor. Die trôe is gemiddeld 30cm diep terwyl die breedtes tussen 80 en 100cm varieër. Aan die basis van een van die sandstene op Esels Fountain 110, kom 'n asimmetriese uitspoelkanaal met 'n diepte van 50cm en breedte van drie meter voor. Skalieklaste kom algemeen in die basale gedeeltes van die trôe en in die uitspoelkanaal voor.

Die middelste gedeelte van die sandstene bestaan uit 'n horisontaalgelaagde eenheid waarvan die individuele lagies selde dikker as twee sentimeter is. Aan die bokant van sommige van die sandstene is riffelkruisgelaagdheid en riffelmerke ontwikkel. Aangesien die riffelmerke nie volledig in al die sandstene ontwikkel is nie, is geen indekse vir die riffels bepaal nie.

Die parameters wat vir die riffelmerke in die slikssteen-sones bepaal is word in Tabel 11 gegee.

Tabel 11. PARAMETERS VAN RIFFELMERKE IN SLIKSTENE  
VAN DIE SPITSKOPFORMASIE

Riffelmerke	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\lambda$ in cm	7,2	7,8	8,0	7,6	7,0	8,2	7,4	7,2	6,0
2 A in cm	0,9	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,9	0,7	0,5
RI	8,0	11,1	11,4	9,5	11,6	10,2	8,2	10,2	12,0

Die riffels is baie simmetries en besit 'n RSI van een. Volgens Tanner (1967, p. 97) kan dit as simmetriese golfriffels geklassifiseer word. Die riffels is baie reguit en geen bifurkasie kom voor nie.

## 8. PALEONTOLOGIE

## 8.1. KAROOSUPERGROEP

## 8.1.1 DWYKAFORMASIE

Horisontale gevlegde wurmsleepsels kom op die riffelmerke in die kalkryke sandsteen voor. (Fig. 34 )



Fig. 34, Wurmsleepsels op riffelmerke in 'n kalkryke sandsteen van die Dwykaformasie (Oranjerivierbrug, Hopetown)

Aangesien die voorkoms van die sleepsels baie beperk is, kon 'n studie van die morfologie en gedrag daarvan nie gedoen word nie.

## 8.1.2 ECCAGROEP

### 8.1.2.1 PRINS ALBERTFORMASIE

Hoewel vertebrate - en invertebrate - fossiele afwesig is, kom spoorfossiele algemeen in die boonste gedeelte van die opeenvolging voor. Ten einde hierdie fossiele te klassifiseer, is dit nodig om op die beginsels waarop die klassifikasiesistelsel berus, te let. Frey (1975, p. 16-18) wys daarop dat 'n sekere assosiasie van spoorfossiele slegs tot een spesifieke afsettings-omgewing beperk is. Hierdie assosiasie is nie tot 'n spesifieke geologiese ouderdom gebonde nie. Herhaling sal voorkom sodra toestande wat die voortbestaan van so 'n assosiasie begunstig, in 'n omgewing aanwesig is. Dit bring mee dat sekere assosiasies wêreldwyd in rotse van verskillende ouderdomme herken kan word. Op grond hiervan kan Frey ses ichnologiese fasies identifiseer. In Tabel 12 word 'n verkorte indeling van die fasies en die belangrikste spore wat deur die diere agtergelaat is en die omgewings waarin dit voorkom, gegee (Frey 1975, p. 16-17). Die mees uitstaande kenmerk van die klassifikasie is dat by die rekonstruksie van 'n afsettingsomgewing, die aanwesigheid van 'n assosiasie spoorfossiele, wat vir die identifisering van 'n ichnofasie gebruik word, belangriker is as die toevallige afwesigheid van 'n enkele individu wat normaalweg in die betrokke fasies voorkom.

ICHOFAASIES	TIPE SPORE	OMGEWING WAARIN DIE SPORE VOORKOM
SCOPYENIA	Vertebrate – spore, sleepsele en gange. Meestal mariene diere hoewel landelike diere wat in die water leef ook voorkom. Volop insek – en arthropode – spore. Sekere vorms van Planolites.	Kontinentale vloedvlakte.
GLOSSIFUNGITES	Vertikale silindriese en U – vormige gange. Gange en buise toon 'n positiewe relief. Sommige gange vorm a.g.v. die groei van die diere. Baie spesies byvoorbeeld die krappe verlaat die gange om voedsel te soek. Diere is meestal filtreerder – vreters.	Mariene – littorale sone, stabiele substrata in lae-energie – omgewing of in dele met 'n hoë-energie in halfgekonsolideerde sedimente.
SKOLITHOS	Vertikale silindriese of U – vormige woongange. Gange toon beide 'n positiewe en of negatiewe relief. Die diere is meestal filtreerder vreters.	Littorale en baie vlak sublittorale omgewings. Relatiewe hoë-energie omgewings byvoorbeeld strande en gety – deltas.
CRUZIANA	Volop loopgange. Kom op die laagvlakke of in die sedimente voor. U – vormige gange toon positiewe relief. Gange meestal horisontaal. Die diere was meestal aas –, en filtreerder – vreters. Sommige van die diere het ook as sedimentvreters geleef.	Vlak sublittorale omgewing onderkant die daaglikse golfbasis. (storm-golfbasis nie uitgesluit nie) tot stil wegstrandse lae-energie – omgewings. Verkieklik in omgewings met vinnige sedimentasie van slied- en modder – stene.
ZOOPLYCOS	Eenvoudige tot komplekse gange. Meestal weigange met ondergeskikte vlak vreetgange. Gange het 'n vlak helling en kom as plate en spirale voor. Diere was by uitstek sediment – vreters.	Sublittorale tot batiale, stil wegstrandse omgewing. Kom voor in onsuiver sande en sliedstene onderkant storm – golfbasis in dele wat vry van turbidietstrome is.
NEREITES	Komplekse loop – en vreetgange wat 'n hoogs effektiewe en 'n georganiseerde lewenspatroon impliseer. Gange kom op laagvlakke in die sedimente voor. Die diere was meestal sedimentvreters.	Batiaal tot abissiese -baie stil omgewing. Kom voor in modderstene wat in diepwater afgeset is. Modderstene kom soms tussengelaagd in turbidietafsettings voor.

TABEL 12 . UITEENSETTING VAN DIE VERSKILLENDE ICHNOFAASIES EN DIE OMGEWINGS WAARIN DIT VOORKOM.  
( AANGEPAS UIT FREY ( 1975 , p. 16 – 17 ) )

In die Prins Albertformasie kom spoorfossiele in 'n spikkelsliksteen onderkant die Whitehillformasie voor. 'n Soortgelyke sliksteen kom direk bokant die Whitehill=formasie in die Tierbergformasie voor. Aangesien hier= die slikstene identies wat betref samestelling en die spoorfossielinhoud is, sal die spoorfossiele saam be=spreek word.

Spoorfossiele kan op grond van morfologie, gedragspatrone of ekologie en die ichnologiese fasies waarin dit voor=kom, geklassifiseer word. Die spoorfossiele kom in die spikkelslikstene as onreëlmatige kronkelende plat gange voor. Die gange kom in die laagvlakke voor of sny met baie lae hoeke deur die laminasies. Geen vertikale gange is gevind nie. Dit varieer vanaf fyn haar=vorming draadjies tot gange met breedtes van een senti=meter. Geen variasie in die breedte van die gange kom in een sisteem voor nie. Vertakking van die gange kom algemeen voor. Geen reëlmatige patroon met betrekking tot vertakking is gevind nie. Op grond van genoemde morfologiese kenmerk word die spoorfossiele as Planolites (Fig. 35 ) geklassifiseer.

Die ekologiese klassifikasie berus op die beginsel dat sekere diere met dieselfde leefwyse dieselfde spoor sal agterlaat ongeag die vorm van die diere. Deur die be=studering van hierdie gedragspatrone kon vyf groepe onderskei word (Tabel 13 ).

GROEP	EIENSKAPPE
DOMICHNIA	Eenvoudige of U – vormige gange loodreg op die gelaagdheid. Permanente woonplekke van diere.
FODINICHNIA	Omvangryke gange en gangsteme. Toon goeie benutting van beskikbare ruimtes waar dit voorkom. Word deur sediment – vreters gevorm. Verteenwoordig woonplekke en of vreetgange.
PASCICHNIA	Kronkelende bande en gange wat mekaar nie in 'n laagvlak sny nie. Verteenwoordig weigange van sedimentvreters.
CUBICHNIA	Die afdrucke stem ooreen met die algemene vorm van die diere. Afdrucke kom meestal parallel met mekaar voor. Verteenwoordig die rusplekke van die diere.
REPICHNIA	Vertakte en onvertakte kronkelende gange. Verteenwoordig looppange van die diere.

TABEL 13. KLASSIFIKASIE VAN SPOORFOSSIELE VOLGENS GEDRAGSPATRONE. (Frey, 1975, p )

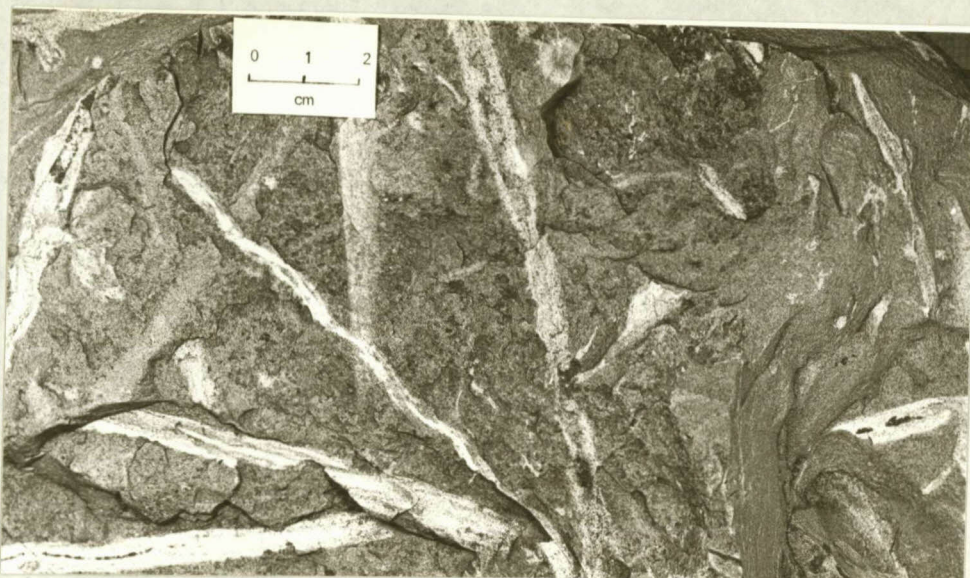


Fig. 35. Planolites in die spikkelslikstene bokant die Whitehillformasie (Ramah 211).

Die hoë konsentrasie van die gange dui op die maksimum benutting van beskikbare voedsel in die omgewing. Die golwende vertakte geaardheid van die gange is kenmerkend van 'n gespesialiseerde tipe van eetwyse. Die gange is deur sedimentvreters veroorsaak en kan op grond van genoemde klassifikasie (Tabel 13) as vreetgange of Fodinichnia geklassifiseer word.

Die geaardheid van die spore asook die tipe gesteente waarin dit voorkom stem ooreen met die Nereites-fasies (Tabel 12).

Die afdruk van 'n plantfossiel wat op Elandsdraai 88 in 'n

boorkern op 'n diepte van 110m gevind is, is deur F. B. Parkinson aan die Suid-Afrikaanse Museum in Kaapstad geskenk. Hierdie monster (S.A. Museum No. 1099) is in 1907 volledig beskryf (Seward, 1907, p. 484-486). Die lycopode is as Lepidodendron australe geïdentifiseer. Op grond van inligting wat deur A.L. du Toit verskaf is, meld Seward dat die afdruk uit die BO-Dwykaskalies (Prins Albertformasie) afkomstig is.

In 1969 publiseer Plumstead (1969, Plaat v11, Fig. 5) 'n foto van die monster en beskryf dit as Leptophloeum australe. Volgens haar (1969, p. 34) is die monster uit die 'skalies bokant die tilliet' afkomstig.

Die donker koolstof- en mikaryke skalies van die monster waarin die afdruk voorkom, stem wel met die wat in die boonste gedeelte van die Prins Albertformasie voorkom, ooreen.

Die konkresie-horison in die omgewing van Douglas waarin verskillende vertebrate, invertebrate en plantfossiele (McLachlan en Anderson, 1973, p.41) voorkom, is nie in die gebied teenwoordig nie. 'n Konkresie-horison kom onderkant die warweskalies voor, maar geen fossiele kon daarin gevind word nie.

## 8.1.2.2 WHITEHILLFORMASIE

In Fig. 36 word 'n gedetailleerde profiel van die form= masie soos dit in 'n uitgraving langs die pad tussen Witputstasie en Luckhoff op Devondale 209 voorkom, gegee. In genoemde lokaliteit lê die formasie op gryskleurige skalies terwyl dit deur swartgroen skalies en 'n doleriet= plaat oorlê word.

Verskeie fragmente van Mesosaurus, (Fig. 37) wat as afdrucke in die skalies teenwoordig is, is gevind.

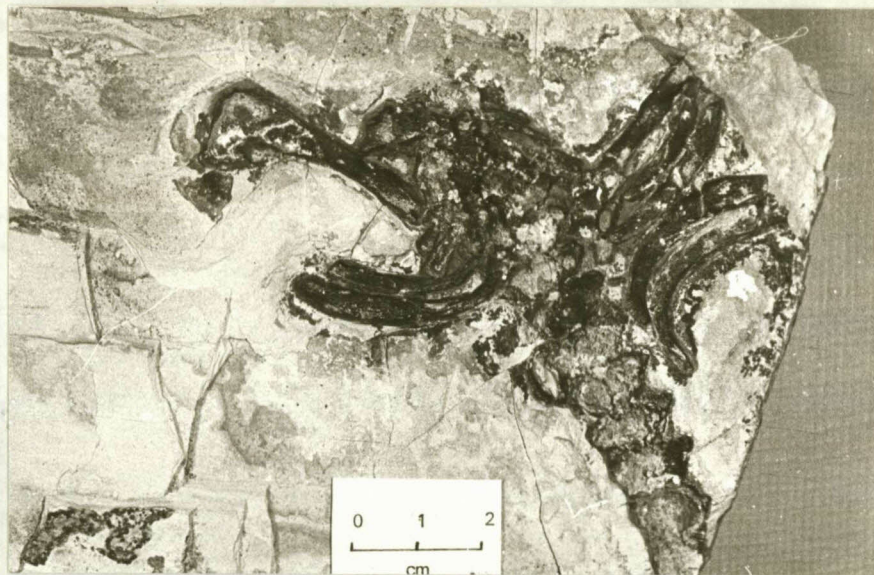


Fig. 37. Mesosaurus-afdruck in die Whitehillformasie op Devondale 209.

Die feit dat geen volledige afdruck gevind is nie, dui

daarop dat die reptiele na dood deur ontbinding in fragmente opgebreek is. Hierdie fragmente het as afdrucke in die skalies bewaar gebly. Volgens B.W. Oelofsen (Soölogiese Instituut, Universiteit van Stellenbosch) wat tans die paleo-ekologie van die formasie bestudeer, is 'minstens 5' individue teenwoordig (persoonlike mededeling), met uitsondering van een afdruck wat in die Departement Geologie bewaar word, is die res in die besit van Oelofsen.

Die teenwoordigheid van sekondêre ysteroksiedes wat op die laagvlakke in die skalies teenwoordig is, verleen aan die sone waarin die Mesosaurus gevind is, 'n kenmerkende rooi kleur.

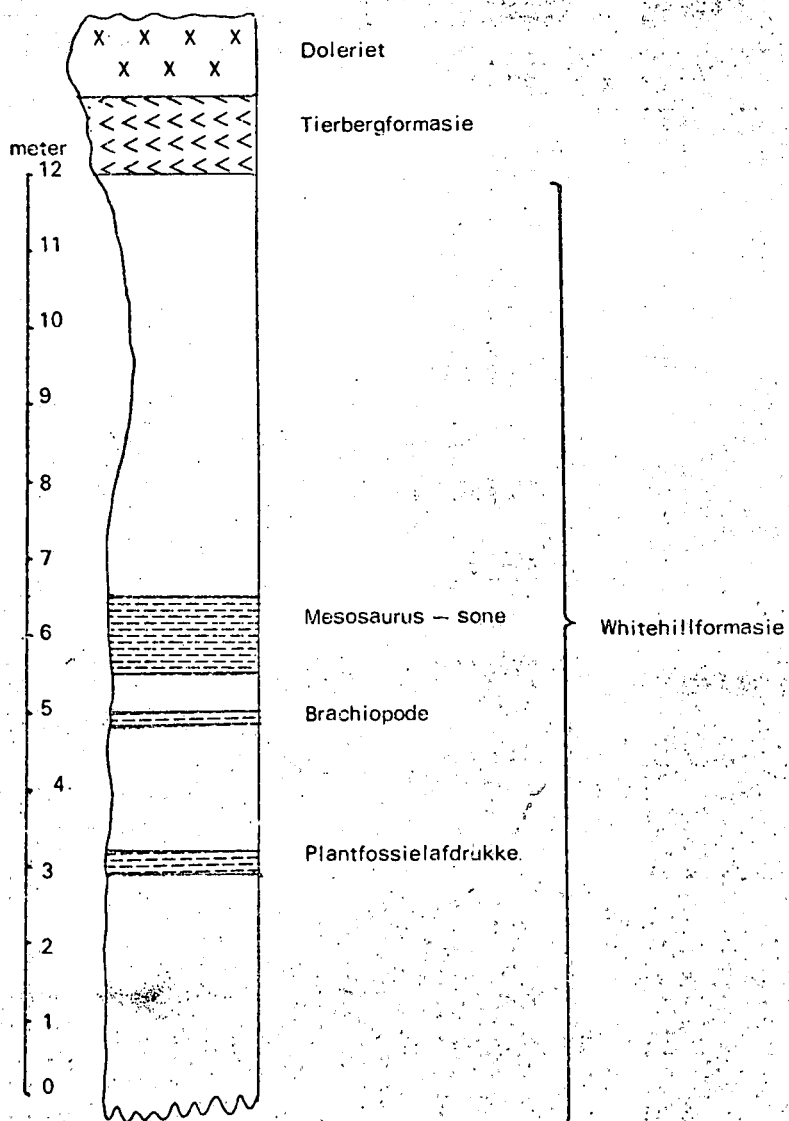


Fig. 36 . Profiel deur die Whitehillformasie op Devonale 209 om die voorkoms van fossiele aan te dui.

'n Byna volledige afdruk van die Mesosaurus is op Ramah 211 deur C. Roux tydens die uitgraving van sy huis se fondamente gevind. Die afdruk is tans nog in sy besit. Twee blaarafdrucke is ook in die uitgraving op Devondale 209 gevind.



Fig. 38. Plantaafdrukke in die Whitehillformasie op Devondale 209.

Net buite die uitgraving word die Whitehillformasie direk deur die Tierbergformasie gevolg. Die afwesigheid van die skaaldier Notocaris tapscotti dui daarop dat die formasie nie volledig ontwikkel is nie. Noord van die gebied waar dié formasie wel volledig is, kom die skaaldier in 'n dun sone plus-minus een meter vanaf die bokant voor.

Die benaming Notocaris tapscotti (ook genoem Anthropalaemon en Pygaspis ginsburgi) word deur McLachlan en Anderson (1975, Tabel 3) as die erkende naam vir die skaaldier aanvaar. (Fig. 39)

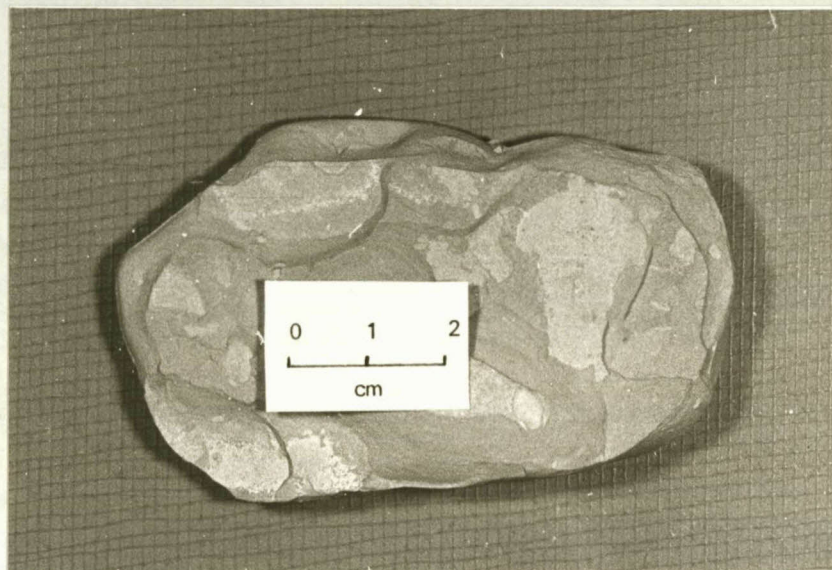


Fig. 39. Notocaris tapscotti - afdruk in die Whitehill-formasie op Elandsdraai 88.

Kensley (1975, p. 26) het dit bevestig en gee 'n volledige beskrywing van die skaaldier. Haughton (1919) beskryf die voorkoms van die skaaldier in die omgewing van die Oranjerivierstasie. Die afdrukke is in boorkerne gevind, maar die presiese lokaliteit van die boorgate word nie aangegee nie.

Op Elandsdraai 88 is die Notocaris tapscotti in 'n uitgraving oos van die opstal gevind. Slegs een afdruk kon gevind word. Volgens Oelofsen (persoonlike mededeling) kom die afdruk nie uit die sone een meter vanaf die bokant van die formasie nie, maar uit 'n laer stratigrafiese posisie.

Slegs een brachiopode-afdruk en twee blaar-afdrukke is op Devondale 209 gevind. 'n Enkele fossielhoutfragment is op Doornbult 86 in die formasie gevind.

## 8.1.2.3 TIERBERGFORMASIE

## BASALE SWARTSKALIELID

Spoorfossiele kom op verskeie horisonne in die skalies en op sommige konkresies voor. Die segregasie van  $\text{CaCO}_3$  tydens die vroeë stadium van diagenese in die karbonaatryke konkresies was direk vir die behoud van die spoorfossiele op die konkresies verantwoordelik (Frey, 1975, p.56).

Reeds in 1907 het Du Toit ( p. 181 ) die naam Fucoids aan spoorfossiele in die skalies gegee. Die spoorfossiele kom as reëlmatige plantagtige vertakte gange in die gebakte skalies voor. Die gange is meestal rond met deursnee van vyf millimeter. Beide horisontale, skuinshellende en vertikale gange is gevind. Hierdie gange sny mekaar nie in dieselfde laagvlak nie. In 'n bepaalde sisteem bly die deursnee van die gange konstant. Onreëlmatige vertakking van die gange is algemeen. Geen goeie driedimensionele beeld van so 'n sisteem is gevind nie.

Die morfologiese kenmerke van die gange stem ooreen met dié van Chondrites (Fig. 40 )

Die Chondrites is sedimentvreters sodat die gange tipiese Fodinichnia of vreetgange verteenwoordig (Tabel 13 ),



Fig. 40. Chondrites in die basale Swartskalieliid van die Tierbergformasie.

Ichnologies behoort die spoorfossiele tot die Nereitesfasies (Tabel 12 ).

#### ONDERSTE EN BOONSTE SLIKSTEENLEDE

Horisontale wurmsleepsels kom algemeen in die onderste en boonste slikstene en op sommige riffelmerke in die slikstene voor. Die spore in beide sliksteensones is kronkelend en kom as lang sleepsels op die laagvlakke en in die troggedeeltes van die riffelmerke voor.

Die sleepsels vertoon halfmaanvorming in 'n dwarsnit.

Dit besit 'n gemiddelde deursnee van twee millimeter en is nooit dieper as een millimeter nie.

'n Kenmerk van die sleepsels is dat die strukture baie meer eenvoudig is as bv. die Chondrites- en Planolitesstrukture. Die sleepsels wat deur sedimentvreters veroorsaak is kom meestal yl en wydverspreid voor. Ekologies word die spore as Fodinichnia geklassifiseer (Tabel 13).

Die fynkorrelrige geaardheid van die sliksiene asook die morfologiese en ekologiese kenmerke van die sleepsels stem ooreen met die Zoophycos-fasies.

Aan die bokant van die boonste sliksiensteensone kom vertikale en skuinshellende buise algemeen in die growwer lae voor. Die buise toon 'n kenmerkende positiewe reliëf. Die dikte van die buise varieër vanaf een millimeter vir die skuinshellende buise tot vyf millimeter vir die vertikale buise. Die vertikale buise is selde langer as 10mm. Geen korrelgrootte verskil kan tussen die inhoud van die buise en die omliggende gesteentes gevind word nie.

Kenmerkend van die buise is dat dit algemeen in groot hoeveelhede in die boonste sliksien voorkom. Die diere was meestal aas- en filtreerders hoewel sommige ook sedimentvreters was. Die skuinshel-

lende buise verteenwoordig Fodinichnia terwyl die vertikale buise die woonplekke of Domichnia van die filtreerder- en aasvreters verteenwoordig.

Hierdie spoorfossiele- is kenmerkend van die Cruziana ichnofasies.

#### TURBIDIETLID

Op Zwagers Hoek 151 is vertikale, horisontale en skuinshellende buise in 'n baie growwe sliestein onderkant die turbidietzone gevind. Die buise toon 'n positiewe reliëf, terwyl dit selde langer as vyf sentimeter is en varieër in deursnee van 0,5 tot 1cm. Geen vertakking in die buise is gevind nie. Die inhoud van die buise stem verder met die samestelling van die omliggende growwe sliestein ooreen.

Die buise is deur filtreerder-, aas- en sedimentvretende diere veroorsaak. Die buise verteenwoordig dus Domichnia, of woonplekke, en Fodinichnia of die vreetgange van die diere.

Die tipe buise asook die growwer sedimente waarin dit voorkom, stem ooreen met die Skolithos-fasies.

Vanaf die onderste sliksteensone tot by die growwe sliksteen in die boonste sliksteensone is 'n duidelike toename in die kompleksheid van spore waarneembaar. Die sleepfels in eersgenoemde geval is meestal horisontaal en dunner as die meer komplekse vertikale en skuins-hellende buise van die oorliggende boonste sone. Genoemde kenmerke asook 'n geleidelike toename in korrelgrootte vanaf die onderste- na die boonste sliksteensone verteenwoordig 'n geleidelike oorgang vanaf 'n onderliggende Zoophycos-fasies na 'n Cruziana-fasies tot 'n Skolithos-fasies in die boonste growwe sliksteensone.

Die afwesigheid van die tweelobbige trilobietspore (ibid., p. 43) in die Cruziana- en Skolithos-fasies dui daarop dat die omgewing waarin die fasies voorkom, nie 'n normale mariene-omgewing was nie.

Anderson (1975, p. 249-251) beskryf die voorkoms van koningkrapspore op Gradley en Vendutiekop in die Fauresmith-distrik asook op Goeie Hoop noord van Violsdrif in S.W.A. Die afdrukke bestaan uit twee rye spore aan weerskante van 'n reguit sentrale sleepsel. Hierdie afdrukke is in eersgenoemde twee lokaliteite in die plaveistene van die Eccagroep in die nabyheid van die eerste Beaufortsandstene gevind.

Op Esels Fountain 110 kom verskeie tipe sleepsels op die plaveistene in die onderste slikssteensone voor. In genoemde lokaliteit kom die sleepsels sowat 40m onderkant die Swartkopiessandsteen voor. Die sleepsels bestaan uit enkel reguit tot geboë sleepsels terwyl ewydige sleepsels ook gevind is.

Die tipe plaveistene stem met betrekking tot stratigrafiese posisie en litologiese kenmerke ooreen met dié wat Anderson (ibid., p. 249-251) op Gradley en Vendutiekop gevind het (Looock, persoonlike mededeling). Geen duidelike herkenbare koningkrapsore kon in die plaveistene in genoemde lokaliteit gevind word nie.

Die voorkoms van die sleepsels op die fynkorrelrige sliksstene dui op die Cruziana-ichnofasies (Tabel 12).

### 8.1.3 BEAUFORTGROEP

#### SWARTKOPPIESSANDSTEENFORMASIE

Vertikale, horisontale en skuinshellende onvertakte buise kom algemeen in die fyner gedeeltes van die sandsteen op Swart Koppies 86 voor. Die buise met 'n positiewe reliëf besit 'n gemiddelde deursnee van vier millimeter terwyl dit in lengte vanaf 8 tot 13cm.

variëer. Die inhoud van die buise stem verder ooreen met die samestelling van omliggende sandsteen.

Die vertikale buise is deur filtreerdervreters veroorsaak en verteenwoordig Domichnia of die woonplekke terwyl die horisontale buise Fodinichnia of die vreetgange van die diere verteenwoordig.

Die tipe strukture asook die aansienlik growwer sandsteen waarin dit voorkom is kenmerkend van die Skolithos-fasies.

#### SPITSKOPFORMASIE

Op Swart Koppies 86 kom wurmsleepsels in die trôë van sommige riffels in die slikstene voor. Die sleepsels vertoon kronkelend terwyl sommige mekaar in dieselfde vlak sny. Sleepsels met 'n halfmaanvormige negatiewe reliëf kom algemeen voor. Die sleepsels is selde breër as een millimeter terwyl die diepte meestal vlakker as 0,5 mm is.

Die diere was meestal sediment-, aas- en filtreerder-vreters. Op grond van die gedragpatrone van die diere kan die sleepsels as loopgange of Repichnia en woonplekke of Domichnia geklassifiseer word.

Ichnologies behoort die sleëpsels as Cruziana-fasies geklassifiseer te word.

Dit is algemeen dat die Ecca geen vertebrate-fossiele bevat nie, terwyl die Beaufortgroep bekend is vir die groot hoeveelheid amfibiër- en reptiel-fossiele wat daar in voorkom.

Volgens die 1:1000 000 Geologiese kaart van die R.S.A. (1970) dagsom die Beaufortgroep suidoos van 'n denkbeeldige lyn wat Luckhoff en De Aar verbind. Kitching (1972, voublad) wys egter in sy verspreidingskaart van fossielsones dat die Cistecephalus-sone verder suidoos van 'n lyn wat Philippolis en Victoria-Wes verbind, voorkom. Aangesien die gebied gedeeltelik tussen hierdie twee dagsome lê kom daar volgens Kitching (1972, voublad) geen fossiele in die area voor nie.

'n Detailondersoek van die Beaufortlae het slegs 'n enkele baie klein reptielbeenfragment opgelewer. Hierdie been is sowat 90m bokant die Swartkoppiessandsteen op Esels Fountain 110 gevind. Die skrywer stem voorts met Kitching (1972, voublad) saam, dat reptielfossiele skaars of afwesig in die onderste Beaufortlae is.

Brokstukke van fossielhout is op Beaufortdagsome op die plase Swart Koppies 86, Drie Fontein 87, en Pienaars Kloof 136 gevind.

## 9. AFSETTINGSTOESTANDE

### 9.1 VENTERSDORPGROEP

#### 9.1.1 ALGEMEEN

Die beperkte voorkoms van die groep tesame met die swak-blootgestelde dagsome het die sintese van die afsettingstoestande aansienlik bemoeilik. Na die weste en noordweste is die afsettingstoestande van die groep, waarvan die voorsetting in die gebied voorkom, volledig deur Potgieter (1973, p. 179-199) beskryf. Slegs 'n baie kort samevatting van Potgieter se bevindings en inligting wat uit die gekarteerde gebied verkry is, word hiernaas gegee.

#### 9.1.2 BASALE SEDIMENTÊRE FASE

Die hoë mate van volwassenheid van die sedimente tesame met die lae-hoek-kruisgelaagdheid en trogkruisgelaagdheid dui op afsetting in 'n strand-omgewing. Visgraatstruktuurkruisgelaagdheid en die groot verskil in die aanvoerrigtings (Fig. 41) aksentueer die teenwoordigheid van getystrome.

Die onvolwasse geaardheid van die veldspatiese sandsteen, die teenwoordigheid van riffelmerke en die voorkoms

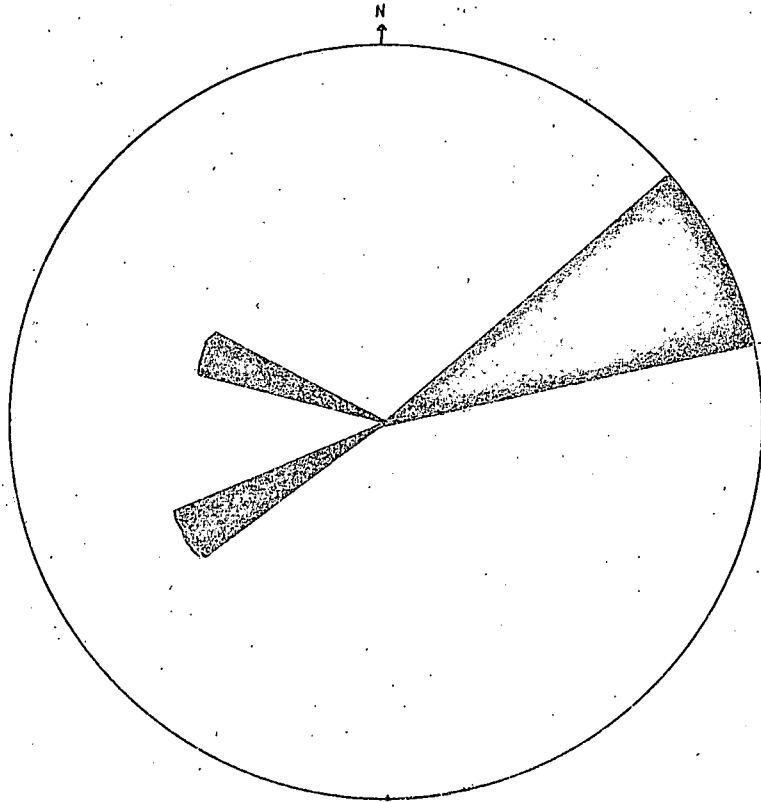


Fig. 41 Roosdiagram van die paleostroomrigtings van die basale sedimentêre fase

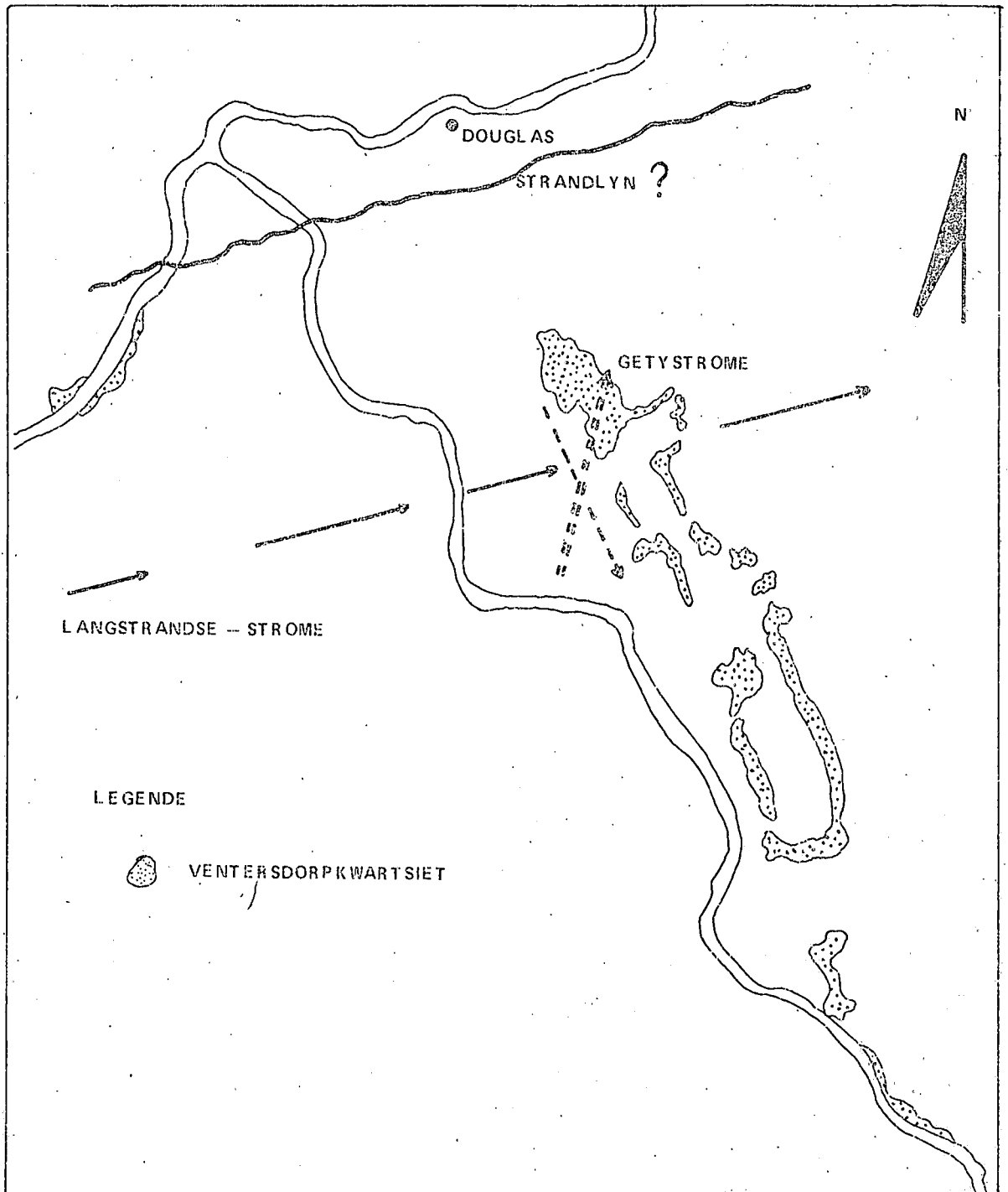


Fig. 42 . Oriëntasie van die strandlyn gedurende die afsetting van die basale sedimentêre fase  
 . ( Aangepas uit Potgieter, 1973 ).

van modderkrake in die sandsteen dui op die afsetting in 'n getyvlakte - omgewing wat periodiek met water bedek was.

Deur die evaluering van alle beskikbare inligting was dit moontlik om die strandlyn tydens afsetting van sedimentêre sone te definieer. In Fig. 42 (Potgieter 1973, p. 185) word die strandlyn tesame met die moontlike stroomrigtings aangedui. Uit die figuur blyk dit dat die voorgestelde strandlyn 'n ONO-oriëntasie gehad het met land na die noordweste en see na die suidooste daarvan. Die interpretasie van die rigtingduidende strukture dui op 'n algemene stroomrigting na die noorde en noordooste met 'n ondergeskikte komponent na die suide.

### 9.1.3 PIROKLASTIESE FASE

Die voorkoms van die onvolwasse sedimente aan die bokant van die basale sedimentêre sone dui op 'n verandering in die brongebied en omgewing van afsetting. Hierdie vinnige verandering kan aan 'n toename in onstabieliteit en tektoniese aktiwiteite op 'n stabiele plat omgewing toegeskryf word.

Die tussengelaagde vulkaniese breksie in die lawas dui op ontploffings wat met vulkanisme gepaard gegaan het. (Fig. 43)



Fig. 43. Vulkaniese breksie by die ou Oranjerivierbrug  
(Vaal Koppies 85)

Die voorkoms van kussinglawas tesame met versakkingsstrukture aan die basis van die tufagtige gesteentes dui daarop dat afsetting van die gesteentes ook onderwater plaasgevind het.

#### 9.1.4 ANDESITIESE LAWAFASE

Volgens Winter (1965, p. 122) kan die lawas op grond van hul horisontale geaardheid, en groot afstande waaroor dit voorkom, as tipiese platolawas geklassifiseer word.

Die verskillende lawaplate wat na die weste van die gebied gevind is, verteenwoordig elk 'n see van gesmelte materiaal. Die voorkoms van porfiritiese en fynkorrelrige lawas is 'n direkte funksie van die snelhede van die alternatiewe lawa-uitvloeiing.

Die grootskaalse afwesigheid van kussinglawas en tussen-gelaagde sedimentêre gesteentes in die sone, asook die waarneembare vloei dui op 'n 'stil' tipe van vulkanisme.

Samevattend kan genoem word dat die verskillende sonas in die groep 'n aanduiding van 'n sekere tektoniese omgewing verteenwoordig. Die volwasse sedimente van die sedimentêre sone verteenwoordig 'n skiervlak-afsetting van 'n tektoniese siklus, terwyl die piroklastiese en vulkaniese sone op 'n afsetting in 'n subomgewing in 'n geosinklien voorstel.

## 9.2 KAROOSUPERGROEP

### 9.2.1 INLEIDING

Ten einde die afsettingsomgewing van die verskillende formasies van die supergroep sistematies en sinvol uiteen te sit is alle gegewens wat uit die veldondersoek en laboratoriumwerk gespruit het in Tabel 14 saamgevat.

Uit dié Tabel blyk dit dat dieselfde strukture in meer as een omgewing gevind kan word. Die beskikbare sedimentêre modelle is egter van so 'n aard dat dit slegs 'n regionale beeld van 'n gegewe omgewing gee.

Aangesien die eienskappe van 'n sekere omgewing deur 'n groot aantal faktore beheer word, skyn dit onmoontlik te wees om 'n sedimentêre model waarin voorsiening vir alle beherende faktore vir so 'n omgewing gemaak is, saam te stel. Die gebrek aan sulke modelle bring mee dat sekere gegewens in die tabel mekaar oëskynlik weerspreek.

By die opstel van die Tabel is daar van die publikasies van Allen (1970), McLachlan en Anderson (1973), Blatt, Middleton en Murray (1972), Conybeare en Crook (1968), Frey (1975), Krumbein en Sloss (1963), Reineck en Singh (1973), Rigby en Hamblin (1972) en Selley (1970) gebruik gemaak. Ten einde die Tabel duidelik en verstaan ---





baar te maak en om herhaling van verwysings te voorkom is die verskillende outeurs nie in die Tabel aangehaal nie.

In die opstelling van die tabel is alle gegewens saam beskou en met bekende modelle vergelyk. Hierdie sintese en die daaruitvloeiende afleidings is die akkuraatste wat in hierdie stadium moontlik is.

### 9.2.2 DWYKAFORMASIE

Tydens 'n periode van bykans 1 800 miljoen jaar waarvan geen oorblywende geologiese rekord in die gebied gestaan nie, is groot volumes van die voor-Karoo-gesteentes weggeërodeer. Met die aanvang van die Karboonperiode het kouer vogtiger toestande ingetree sodat verskillende ysplate tydens die vergletseringperiode aktief was. In Fig. 44 word die verskillende ysplate gegee.

Volgens Du Toit (1921, p. 197) was die Griekwalandplaat die aktiefste gletser in die gebied. Crowell en Frakes (1972, p. 2904-2905) wys egter daarop dat daar slegs drie ysplate tydens die vergletseringperiode was. (Fig. 44). Die Griekwalandplaat van Du Toit (ibid. p. 197) verteenwoordig 'n lob van die Transvaalplaat wat moontlik as gevolg van topografiese verskynsels in 'n noordwestelike rigting gedefekteer is.

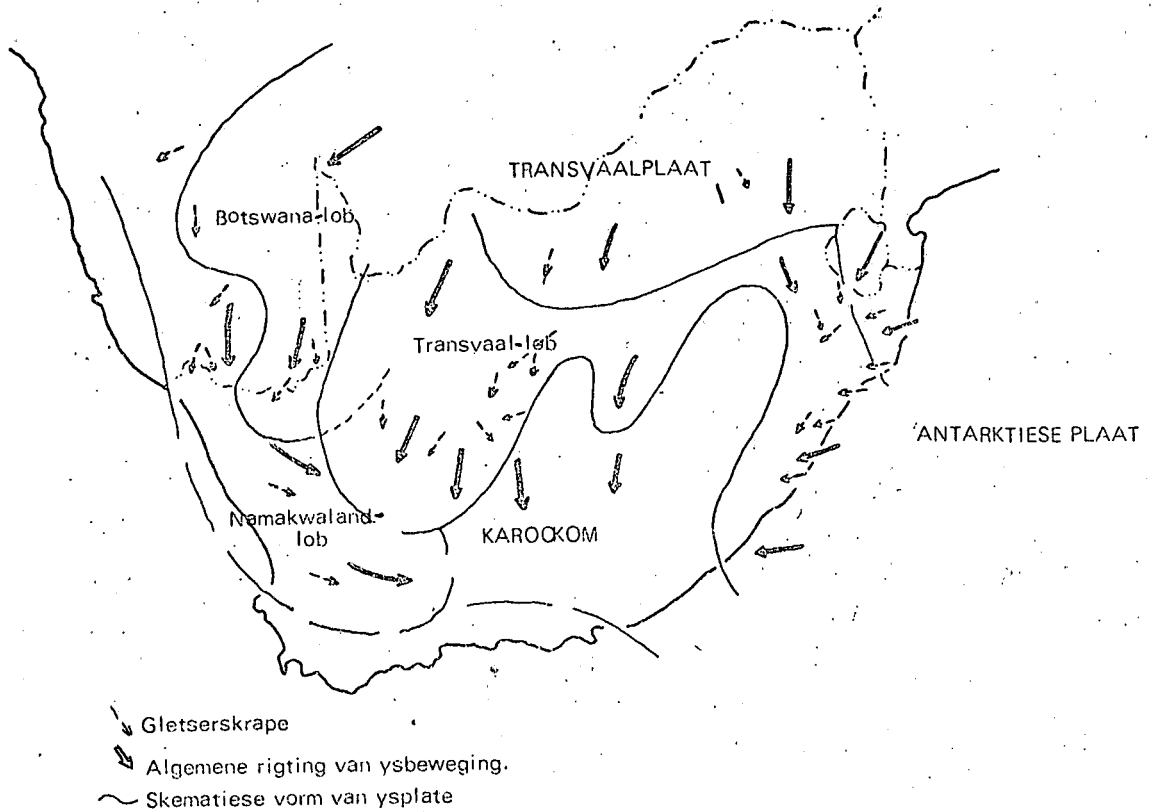


Fig. 44. Verskillende ysplate oor S.A tydens die Karboon-  
 vergletsering (Aangepas uit Crowell en Frakes, 1972).

In Fig. 9 word 'n dagsoomkaart van die Dwykaformasie met die verskillende rigtingduidende strukture van die tilliet daarop gegee. Uit die figuur blyk dit dat die aanvoerrigting van die tilliet hoofsaaklik uit die noorde en noordweste was. Stratten (1968a, p. 153) wys daarop dat 'n middelmatige tot sterk positiewe tektoniese gebied tydens die vergletseringperiode oor 'n breë front in Transvaal en Griekwaland-Wes teenwoordig was. Die voorkoms van rooigraniet, wat volgens Du Toit (1906, p. 114) uit die Bosveldstollingskompleks afkomstig is, tesame met die verskillende granietgneisse beklemtoon 'n brongebied in die noorde, terwyl die volop Ventersdorpsedimente en lawas in die tilliet op 'n tweede positiewe tektoniese area in die Griekwalandwes-omgewing dui. Volgens Stratten (1968, p. 153) was laasgenoemde brongebied ondergeskik aan die hoofbrongebied in die Transvaalse hooglande.

Volgens Carey en Ahmad (1961, p. 869) kan twee tipes gletsers, nl. 'n droëbasis- en 'n natbasis-gletser onderskei word. In eersgenoemde geval is die basis van die gletser benede vriespunt. Afsetting uit 'n droë-basis gletser sal slegs plaasvind wanneer so 'n ysmassa in 'n see of meer in beweeg. Verdunning van die ys vind plaas sodat 'n ysfront vorm. In 'n latere stadium sal die front begin opbreek om sediment-oorbelaaide ysberge te vorm. Daarteenoor is die natbasis-gletser se basis by vriespunt.

Die formasie bestaan uit 'n basale ongesorteerde tilliet met oorliggende rolblokskalies. Tussengelaagd in die skalies kom lense van diamiktiet en sandstene voor. Die geaardheid van die tilliet (Fig. 45 ) dui op vinnige afsetting uit 'n droëbasis-gletser.

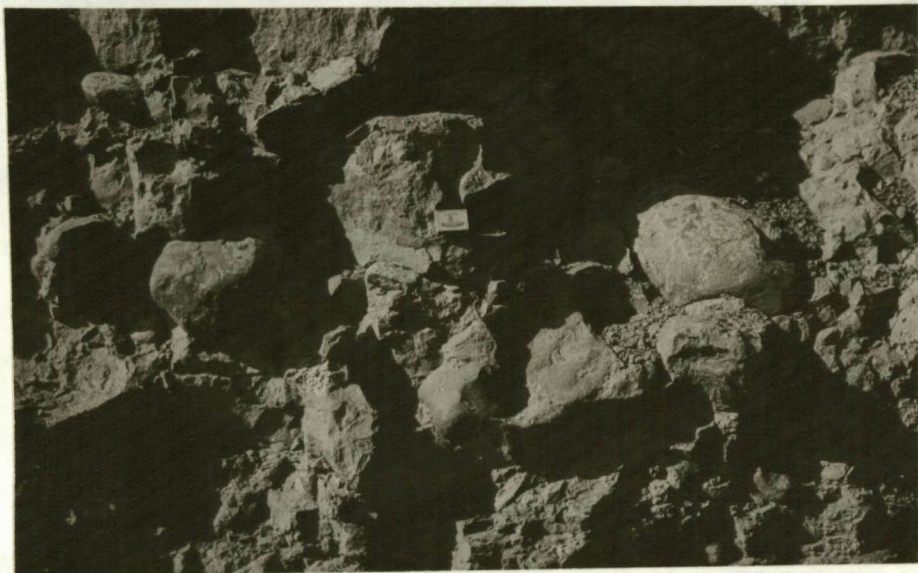


Fig. 45. Tillietdagsoom by Oranjerivierbrug (Hopetown)

Namate die ys begin dryf het, het ysberge gevorm. Die groot hoeveelhede puin, wat tydens die smelting van so 'n ysberg vrygestel word, het in die onderliggende ongekonsolideerde sedimente versamel. Hierdie tipe afsetting is tiperend van die rolblokskalie-afsettings in die gebied. Die voorkoms van rolblokskalies kan egter nie as 'n diepte-indikator gebruik word aangesien rolblokke op enige diepte vanaf 'n littorale-tot abissiese.

omgewing kan voorkom.

Tydens die terugtrekking van die gletsers het fluvioglasiale strome ontstaan. Die mate van afronding en sortering in die diamiktiet asook die riffelmerke op die kalkryke sandsteen dui op die aanwesigheid van genoemde strome. Met die intree van warmer toestande kan nat- en droëbasis-gletsers mekaar afwissel sodat die fluvioglasiale afsettings ook as natbasis-gletserafsettings beskou kan word.

Die teenwoordigheid van 'n tipe warweskalies dui op die finale terugtrekking van die ysfront. Pettijohn (1957, p. 163) wys daarop dat die teenwoordigheid van warweskalies op 'n vars wateromgewing dui, aangesien die flokkulasie van kleie in water met 'n hoë soutgehalte, die vorming van warwes verhoed.

### 9.2.3 ECCAGROEP

#### 9.2.3.1 PRINS ALBERTFORMASIE

Die baie dun-gelamineerde geaardheid van die skalies dui op afsetting in 'n stil diepwateromgewing. Die donker kleur van die skalies word deels aan reduserende toestande in die water en deels aan die hoë persentasie koolstof wat in die skalies voorkom, toegeskryf.

Koue toestande in die water was vir die groot hoeveelheid opgeloste  $\text{CaCO}_3$  verantwoordelik terwyl 'n latere styging in temperatuur aanleiding tot presipitasie van die  $\text{CaCO}_3$  met die vorming van kalksteenlense gegee het.

Die algemene voorkoms van fossielhoutfragmente is 'n aanduiding van flora op land tydens die afsetting van die skalies.

Vertebrate en invertebrate fossiele wat noord van die gebied gevind is, dui op mariene-toestande in die afsettingsomgewing (McLachlan en Anderson, 1973, p.41).

Die assosiasie van spoorfossiele (Planolites) en die baie fynkorrelrige dun-gelamineerde spikkelsliksteen dui op die Nereites-ichno-fasies. Uit Fig. 46 (Frey, p. 150) en (Tabel 12) blyk dit dat die fasies tot 'n batiale en abissiese mariene-omgewing beperk is.

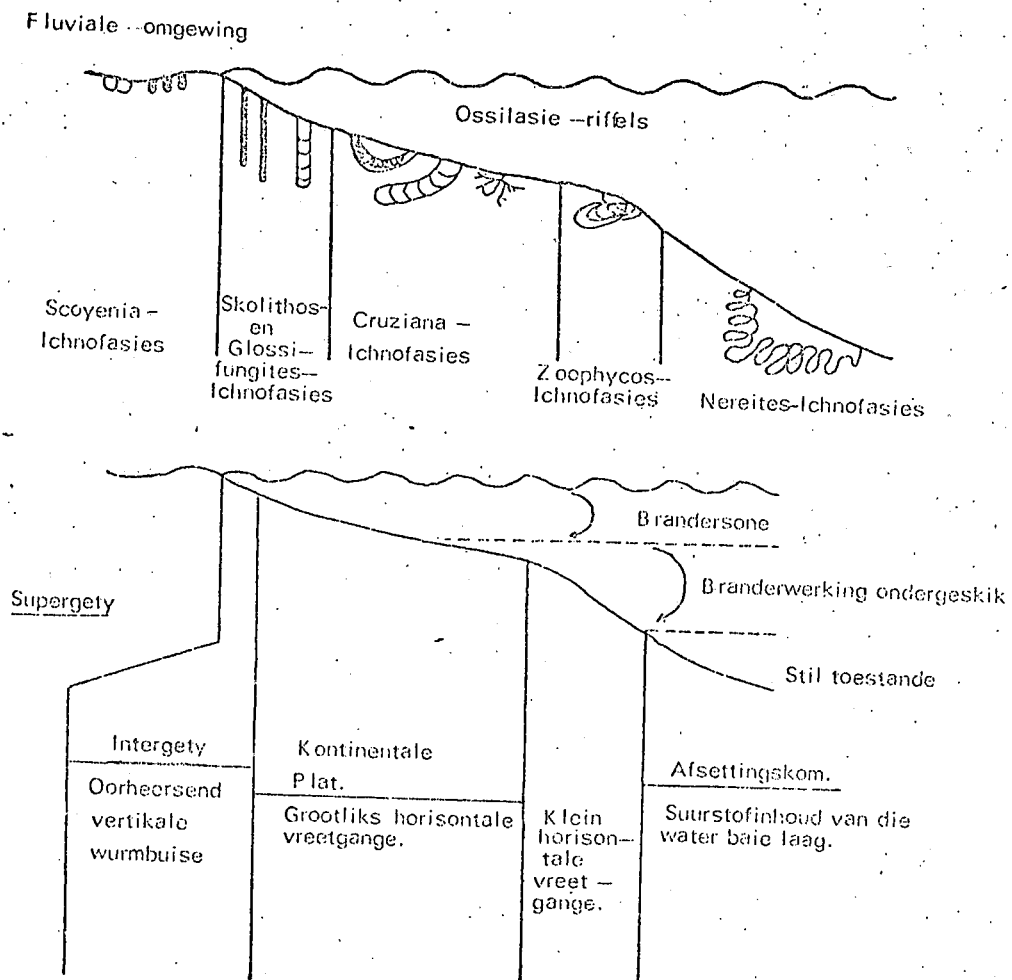


Fig. 46. Voorstelling van die verskillende ichno-fasies en die omgewings waarin dit voorkom.

Ten einde die afsettingstoestande en omgewing van afsetting vir die Prins Albertformasie te definieër is alle beskikbare inligting volgens die metode van Hecker (1965, p. 86-89) verwerk. Volgens die metode word alle waarnemings sistematies in een kolom uiteengesit, terwyl 'n syferwaarde aan elke item in die kolom toegeken word. In 'n verdere kolom word grondige afleidings wat uit die verskillende waarnemings spruit gemaak. Aan elk van die items in die kolom word 'n letterwaarde bv. A, B, C, ..... ens. toegeken. Die toekenning van letter- en syferwaardes bring mee dat daar 'n kruisverwysing na elke item in die verskillende kolomme is, sodat 'n sinvolle korrelasie tussen die twee kolomme gedoen kan word.

In Tabel 15 word die afsettingstoestande en omgewing van afsetting vir die Prins Albertformasie met behulp van genoemde metode bepaal.

Tabel 15. Bepaling van die afsettingstoestande en die afsettingsomgewing van die Prins Albertformasie.

#### WAARNEMINGS

#### I LITOLOGIESE KENMERKE

- 1) Swart- tot donkergryskleurige skalies (D)
- 2) Skalies ryk aan koolstof (D)
- 3) Skalies besit 'n baie fyn tekstuur (C,I,K)
- 4) Hoë persentasie kleiminerale in skalies (C)
- 5) Kalkryke konkresies volop (A,D) ,
- 6) Voorkoms van kalksteenlense (F)

#### II GEOCHEMIESE KENMERKE

- 7) Voorkoms van glauberietkristalle (G,J)
- 8) Voorkoms van piriet (D)

#### III PRIMÊRE SEDIMENTÊRE STRUKTURE

- 9) Goed-ontwikkelde laminasie (C,K)
- 10) Dun-gelamineerd (C,K)
- 11) Riffelmerke afwesig (C,K)

#### IV PALEONTOLOGIESE KENMERKE

- 12) Fossieloorblyfsels redelik skaars (D)
- 13) Goeie kans op bewaring van fossiele (D)
- 14) Redelike goed-bewaarde fossiele (D)
- 15) Voorkoms van die vis Namaichthys schroederi (I,J)

- 16) Voorkoms van Cephalopode, pelecypode en brachiopode (I,J)
- 17) Voorkoms van spiraalvormige koproliet (haaie) (I,J)
- 18) Voorkoms van Planolites (G,H,I,J,K)
- 19) Slegs ingespoelde plante (A,E,I,L)
- 20) Voorkoms van die Lycopode Leptophloeum australe (L)
- 21) Plantfossiele kom verspreid voor (B,E,L)

#### V STRATIGRAFIESE KENMERKE

- 22) Kombersafsetting (I)
- 23) Kom oor groot geologiese area voor (I)
- 24) Konstante dikte (D)
- 25) Afwesigheid van versakkingsstrukture (D)

#### AFLEIDINGS

##### I KLIMAAT

- A Koel met soms warmer toestande (5,19)
- B Winde was vir die verspreiding van plantmateriaal verantwoordelik (21)

##### II AFSETTINGSTOESTANDE

- C Stil stabiele toestande sonder stroming (3,4,9,10,11)
- D Stagnante reduserende bodemtoestande (1,2,5,8,12,13,14,24,25)

- E Toestande nie baie gunstig vir lewe nie (19,21)
- F Water ryk aan opgeloste  $\text{CaCO}_3$  (6)
- G Soms baie lae t<sup>m</sup>perature in water (7,18)
- H Bodemtoestande geskik vir sedimentvreters (18)

### III AFSETTINGSONGIEWING

- I Uitgestrekte meer of see (15,16,17,18,19,22,23)
- J Afsetting vind plaas in 'n mariene-omgewing  
(7,15,17,18)
- K Sedimente is in 'n batiale tot abissiese-omgewing  
afgeset (3,9,10,18)
- L Nabyliggende kontinent bedek met plante (19,20,21)

## 9.2.3.2 WHITEHILLFORMASIE

Die ontwikkeling van 'n digtheidstratifikasie in moderne see en mere gee aanleiding tot die ontstaan van suurstoftekorte in sommige dele van die water (Degens 1976, p. 22-26). In so 'n geval sal die water 'n duidelike gelaagde geaardheid, met reduserende toestande aan die basis en aerobiese-toestande in die boonste water, besit. Indien so 'n stratifikasie in water ontstaan sal die sedimente, wat daarin voorkom 'n direkte weerspieëling van die toestande waaronder dit afgeset is, wees. 'n Vergelyking van hedendaagse sedimentasie in beide gelaagde en ongelaaagde water toon dat oerseë sedert die Kambrium aan meer as een periode van stratifikasie onderhewig was.

Die groot hoeveelheid suurstof in moderne oseane hou direk met die huidige klimaatstoestande verband. Indien 'n stratifikasie in water aanwesig sou wees kan 'n klimaatverandering tot 'n vermenging tussen gelaagde sones aanleiding gee. In afgeslote landelike see egter is die gelaagde sones baie stabiel sodat slegs 'n opwaartse en afwaartse beweging van die kontak tussen die sones voorkom. Onder sulke toestande sal molekulêre suurstof volop in die boonste gedeelte van die water voorkom. Namate die digtheidsgrens genader word verdwyn die molekulêre suurstof en word dit deur  $H_2S$  vervang. Hierdie verskynsel bring mee dat normale lewe slegs in die boonste suurstofryke sone sal voorkom.

Degens (1976, p. 25) wys verder daarop dat daar 'n groot ooreenkoms tussen die sedimente van die Swartsee en die van vroeëne mariene-omgewings bestaan. In Fig. 48 word die veranderinge in die eienskappe van sedimente in gelaagde water wat aan 'n verskuiwing van die kontak tussen die gelaagde sones onderhewig was, gegee.

In moderne oseane word sand en klei tans in die vlakker gedeeltes afgeset. [Fig. 47(a)]. Sodra stratifikasie in die water ontwikkel sal karbonaat in die vlak gedeeltes, terwyl donkerkleurige fynkorrelrige modder in die dieper gedeeltes afgeset word [Fig. 47(b)].

Indien 'n verlaging van die kontak tussen die sones voorkom, sal opgeloste chemiese bestanddele in die vlakker gedeeltes afgeset word terwyl karbonaat in die laer dele sal presipiteer [Fig. 47(c)]. 'n Styging van die kontak sal veroorsaak dat anaerobiese toestande ook in die vlakker gedeeltes sal voorkom [Fig. 47(d)].

Met die aanvang van die afsetting van die Dwykaformasie het afsetting in 'n geslote *omgewing* soortgelyk aan Fig. 47(a) plaasgevind. Die dun-gelamineerde geaardheid van die Prins Albertformasie, die donker kleur en volop koolstof daarin, tesame met pirietkristalle wat algemeen voorkom, dui op afsetting in gelaagde water soortgelyk aan Fig. 47(b). Die tussengelaagde karbo-

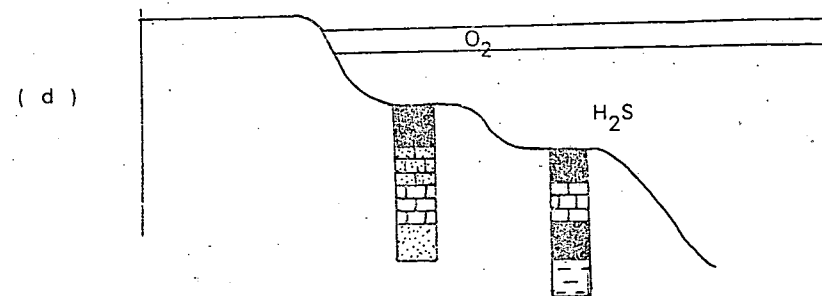
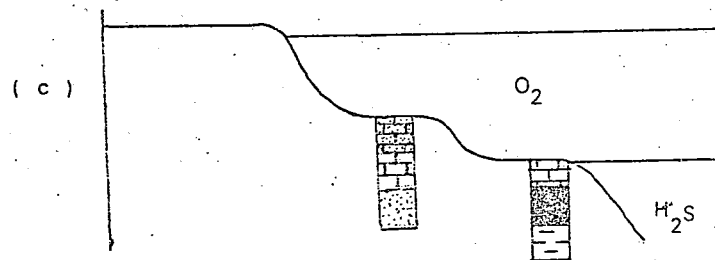
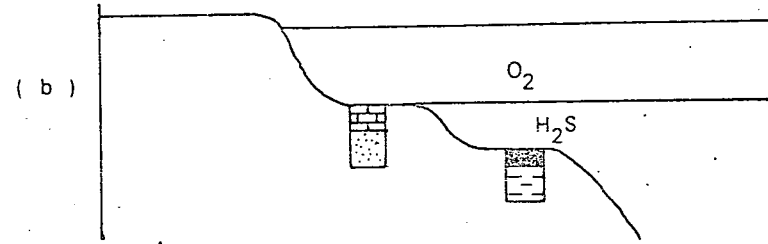
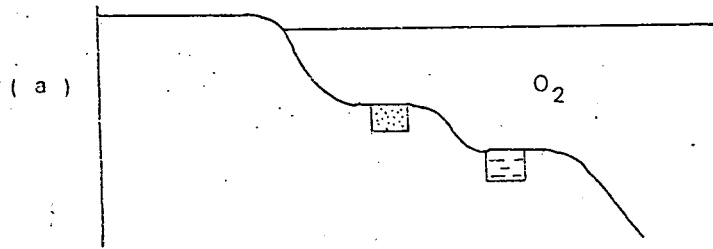


Fig. 47. Verandering in sedimentasie met die verskuiwing van die kontak tussen gelaagde water.

( Aangepas uit Degens, 1976. )

naatlagies wat in die skalies voorkom kan ook op 'n moontlike verlaging van die kontak tussen die suurstof- en  $H_2S$ -sones dui, Fig. 47 (c) terwyl 'n verdere verhoging van die kontak Fig. 47 (d) aanleiding tot die afsetting van sedimente onder anaërobiese toestande soortgelyk aan dié van die Whitehillformasie sal gee.

Die afwesigheid van bodemlewende organismes en die teenwoordigheid van afdrukke van die skaaldier Notocaris tapscotti, die vryswemmende reptiel Mesosaurus en die vis Palaeoniscus capensis in die Whitehillformasie dui daarop dat bodemtoestande nie gunstig vir 'n normale mariene lewe tydens afsetting van die formasie was nie. Die dungelamineerde geaardheid van die skalies, die hoë persentasie koolstof in die samestelling daarvan tesame met volop pirietvoorkomste, dui op afsetting onder sterk reduserende toestande soos in Fig. 47(d) aangetoon word.

Die Whitehillformasie wat tussengelaagd in die spikkelslikstene, waarin spoorfossiele (Planolites) volop teenwoordig is, voorkom, dui op afsetting in 'n batiale tot abissiese omgewing. Die afdrukke van Mesosaurus, Notocaris tapscotti en die vis Palaeoniscus capensis is egter geensins 'n indikator van die soutgehalte van die water nie. Die enigste konkrete bewys wat daarop dui dat mariene toestande tydens afsetting geheers het, is die voorkoms van die brachiopode-afdruk.

Die beskikbare litologiese- en paleontologiese kenmerke tesame met die verskillende primêre strukture kon met behulp van Hecker se metode (Tabel 16) in die bepaling van die omgewingstoestand en afsettingomgewing van die Whitehillformasie gebruik word.

Tabel 16. Bepaling van afsettingstoestand en omgewing van afsetting van die Whitehillformasie.

#### WAARNEMINGS

##### I LITOLOGIESE KENMERKE

- 1) Swart tot donkergrys skabies (D)
- 2) Skalie ryk aan koolstof (D)
- 3) Skalie besit n baie fyn tekstuur (C,H)
- 4) Hoë persentasie kleiminerale in skalie (C)

##### II GEOCHEMIESE KENMERKE

- 5) Voorkoms van piriet (D)
- 6) Voorkoms van gips (K)
- 7) Halietskristalafdrukke (H)

##### III PRIMÊRE SEDIMENTÊRE STRUKTURE

- 8) Goedontwikkelde laminasie (C,H)
- 9) Dun-gelamineerd (C,H)
- 10) Lae-amplitude riffels skaars (C)

## IV. PALEONTOLOGIESE KENMERKE

- 11) Min spesies (A,D,E)
- 12) Baie individue van die spesies (A,D,E)
- 13) Fossieloorblyfsels redelik skaars (E)
- 14) Goeie kans op bewaring van fossiele (C)
- 15) Goedbewaarde heel fossiele. (I)
- 16) Mesosaurus (D,F,G,H)
- 17) Notocaris tapscotti (D,F,G,H,J)
- 18) en die vis Palaeoniscus capensis (D,F,G,H,J)
- 19) Konsentrasie van Notocaris tapscotti in 'n laag een meter vanaf die bokant van die formasie (D)
- 20) Voorkoms van brachiopode-afdrukke (G,H,I,J)
- 21) Slegs ingespoelde plante (A,L)
- 22) Plantfossiele kom verspreid voor (B,L)
- 23) Landelike plante kom in skalies voor (A,L)

## V. STRATIGAFIESE KENMERKE

- 24) Kombersafsetting (H)
- 25) Kom oor groot geologiese area voor (H)
- 26) Konstante dikte (H)
- 27) Geen fasiesveranderings waarneembaar (H)
- 28) Kom tussengelaagd in diepwater-sedimente met Nereites-ichnofasies voor (H)
- 29) Formasie verdun en verdwyn na die ooste (K,L)

## AFLEIDINGS

## I KLIMAAT

- A Koel tot koue klimaat (11,12,21,23)
- B Winde was vir die verspreiding van plantemateriaal verantwoordelik (22)

C

## II AFSETTINGSTOESTANDE

- C Stil toestande sonder stroming (3,4,8,9,10,15)
- D Stagnant-reduserende bodemtoestande (1,2,5,11,12,16,17,18,19)
- E Toestande nie gunstig vir lewe nie (11,12,13)
- F Laat-Karboon-tot vroeë Perm-ouderdom vir die formasie (16,17,18)
- G Afwesigheid van aasvreters (16,17,18,20)

## III AFSETTINGSOMGEWING

- H Uitgestrekte meer of see (3,7,8,9,16,17,18,20,24,25,26,27,28)
- I Mariene-toestande heers in omgewing (15,20)
- J Brakwater kenmerkend van omgewing (17,18,20)
- K See of meer word vlakker na die ooste en gaan oor in fluviale toestande (6,29)
- L Volop plante in naby-geleë land (21,22,23,29)

### 9.2.3.3 TIERBERGFORMASIE EN BEAUFORTGROEP

Die kontak tussen die oorspronklike Serië Eccä en Beaufort was altyd nog 'n groot geskilpunt. Visser en Looek (1974, p. 371) gee 'n kort beskrywing van die verskillende kontakte wat al in die verlede gebruik is en gaan verder deur die Beaufort-Eccakontak in die noorde van die Karookom in die Luckhoff-distrik in detail te beskryf.

In 'n vertikale profiel (Fig. 18 + 23) kan 'n geleidelike oorgang vanaf dun-gelamineerde swart skalies tot middel- tot fynkorrelrige sandsteen waargeneem word. Met inagneming van alle beskikbare data dui die opeenvolging op 'n gradasie vanaf 'n diepmariene-omgewing na 'n fluviale-omgewing, met 'n delta-omgewing wat die oorgangsfase verteenwoordig.

Volgens definisie is 'n delta 'n aaneengeskakelde afsetting van beide oppervlak- en onderwaterafsettings, wat hoofsaaklik deur riviere in 'n see of meer gevorm het. Uit hierdie definisie volg dit dat alle prosesse benewens die rivierprosesse wat die sediment herwerk, ook deel van die delta is, mits dit nie die sedimente vanaf die delta wegvoer nie.

(Selley, 1970, p.75 ).

Op grond van dié definisie behoort die kontak aan die basis van die onderste sliesteelid in die Tierberg-

formasie geneem te word. Hierdie kontak is slegs van akademiese belang aangesien dit nie 'n karteerbare eenheid vorm nie.

Visser en Looek (1974, p. 372) neem die kontak by die verskyning van die versakkingsballe onderkant die Swartkoppiessandsteenlid. Hierdie kontak is gegrond op die eerste prominente verandering wat in die litologie van die opeenvolging gevind kon word.

Tydens die veldondersoek is van 'n soortgelyke litologiese verandering in die vasstelling van die kontak gebruik gemaak. Aangesien hierdie versakkingsballe nie oral teenwoordig is nie, is die kontak aan die basis van die Swartkoppiessandsteenlid geneem. Hierdie sandsteen met sy kenmerkende eienskappe (reeds bespreek) vorm 'n karteerbare eenheid wat in die gekarteerde gebied sowel as in 'n noordelike en suidwestelike rigting deurgevolg kan word.

Volgens Selley (1970, p. 74-91) is daar veral twee kriteria wat in die identifikasie van vroeëre deltas gebruik kan word, nl.

1. dik klastiese opeenvolging,
2. herhaalde na bo grower-wordende siklusse in so 'n klastiese opeenvolging.

Elk van hierdie siklusse begin met 'n mariene-fase aan die basis en eiendig met 'n growwe fluviale fase aan die bokant.

Die opeenvolging vanaf die Tierbergformasie tot aan die bokant van Swartkopiessandsteen verteenwoordig so 'n na bo growwerwordende siklus. Aan die basis van die opeenvolging kom die basale Swartskalieslid voor.

Die dun-gelamineerde geaardheid van die skalies, die afwesigheid van primêre sedimentêre strukture wat kenmerkend van vlakwater-sedimente is, en die voorkoms van Planolites en Chondrites dui op afsetting in 'n stil reduserende baktoriale tot abissiese en mariene-omgewing. In Fig. 48 word die aanvoerrigting van die skalies aangetoon.

Die teenwoordigheid van 'n goeie gelaagdheid, en simmetriese golfrieffels dui op 'n verflakking van die afsettingsomgewing met die aanvang van die onderste sliksteenlid. Op grond van die reeds genoemde spoorfossiele wat op 'n Zoophycos-ichnofasies dui, het afsetting van die onderste sliksteensone in 'n sublitorale wegstrandse omgewing onderkant die golfbasis plaasgevind. Hierdie omgewing waarin die slikstene gevorm het, tesame met die verskillende eienskappe daarvan, stem ooreen met 'n prodelta-omgewing.

Die Cruziana- en Skolithos-ichnofasies wat in die boonste slikstene voorkom verteenwoordig 'n verdere verflakking van die afsettingsomgewing. Die kenmerkende sedimentêre strukture, tesame met 'n toename in korrelgrootte stem ooreen met 'n deltavoorkantlae-afsetting in 'n relatiewe vlak sublitorale tot litorale omgewing.

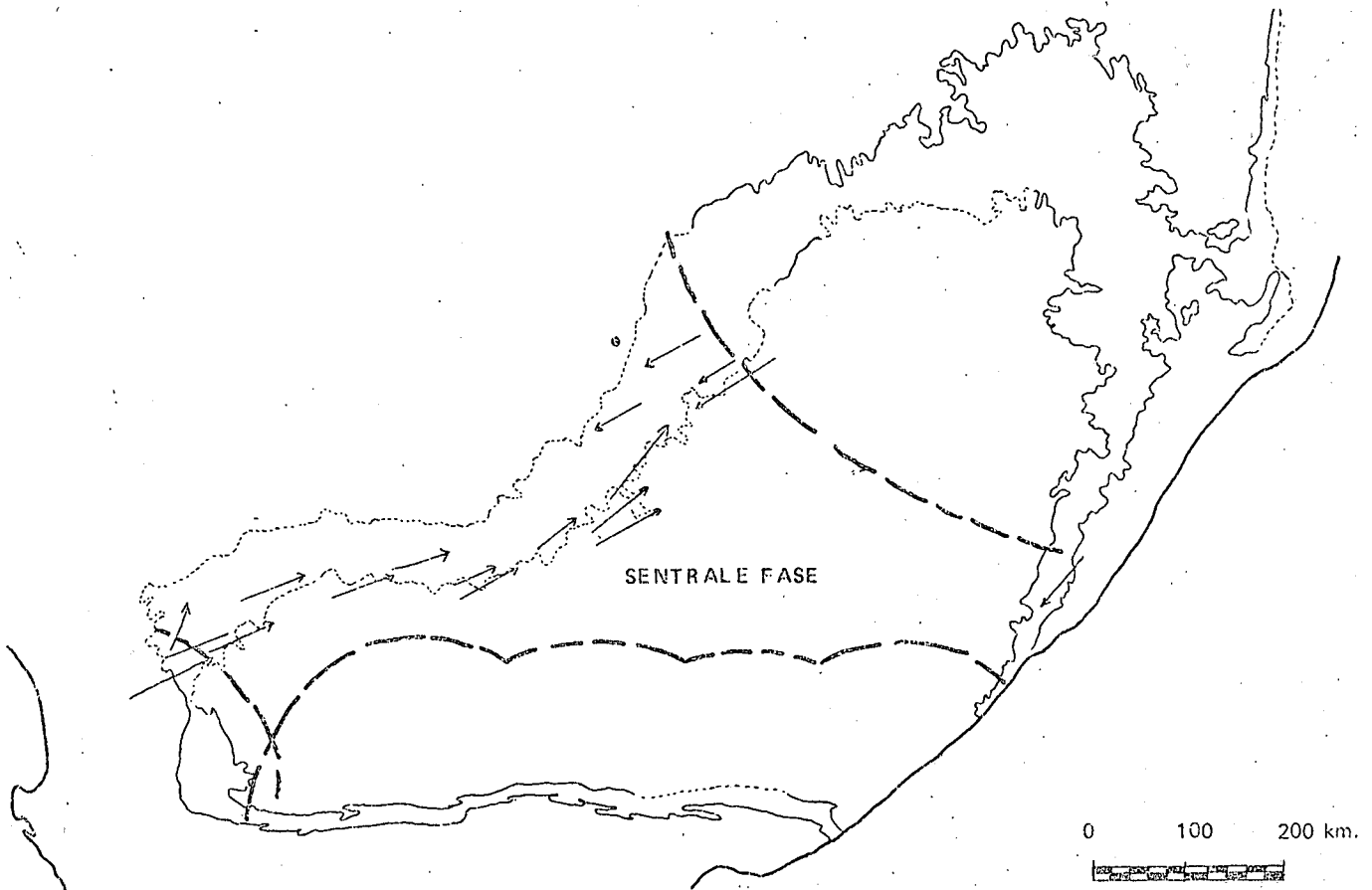


Fig. 48 . Paleostroomkaart van die basale swartskalie lid van die Tierbergformasie. (Ryan, 1967.)

In die gebied kom die turbidietlid algemeen in die delta-voorkantlae voor. Tydens die uitbouing van 'n delta sal gevind word dat die sedimente aan die deltavoorkant nie op 'n stabiele helling afgeset word nie. Tydens 'n periode van vinnige toevoer in sedimente kan die sedimente langs die voorkantlae afgly om 'n klein troebelstroom te vorm.

In Tabel 17 word die verskil tussen naby- en verliggende turbidiete gegee. Met inagneming van dié tabel en Tabel 9 kan die turbidiete in die voorkantlae as verliggende turbidiete geklassifiseer word.

Elk van die onderskeie afdelings in die Bouma-siklus het by 'n spesifieke vloei-omgewing gevorm. In Fig. 49 word die vloei-omgewing vir elke lid van die siklus gegee.

Die Swartkoppiesandsteenlid wat 'n aansienlike growwergaardheid as die onderliggende sliksiene besit, verteenwoordig 'n toename in die verskaffing van growwer materiaal aan die delta. Hierdie horisontaal-gelaagde sandsteen is deur 'n traksiestroom in die deltatop-omgewing afgeset. Die spoorfossiele dui op die Skolithos-ichnofasies en verteenwoordig 'n afsetting in 'n littorale en baie vlak sublittorale, hoë-energie omgewing.

Namate meer growwer materiaal aangevoer is, (Swartkoppiesandsteen) het die helling aan die deltavoorkant meer stabiel geraak sodat sikliese afsettings soos bv. die sand-

NABYLIGGENDE	VERLIGGENDE
Lae baie dik	Lae dun
Lae besit growwe tekstuur	Lae besit fyn tekstuur.
Individuele sandstene amalgameer om dik lae te vorm	Individuele sandstene amalgameer nie.
Lae nie almal ewe dik nie	Lae parallel en reelmatig gelaagd.
Volop skraapmerke op laagvlakke aan basis	Skraapmerke afwesig.
Sand modder verhouding is hoog.	Sand modder verhouding is laag.
Graderingsgelaagdheid afwesig.	Graderingsgelaagdheid goed ontwikkel.
Volop Ta - Te - eenhede	Volledige Ta - Te - eenhede skaars.
Laminasie en riffelmerke skaars	Laminasie en riffelmerke volop.

TABEL 17 . VERSKILLE TUSSEN NABYLIGGENDE EN VERLIGGENDE TURBIDIETE. (Walker, 1969.)

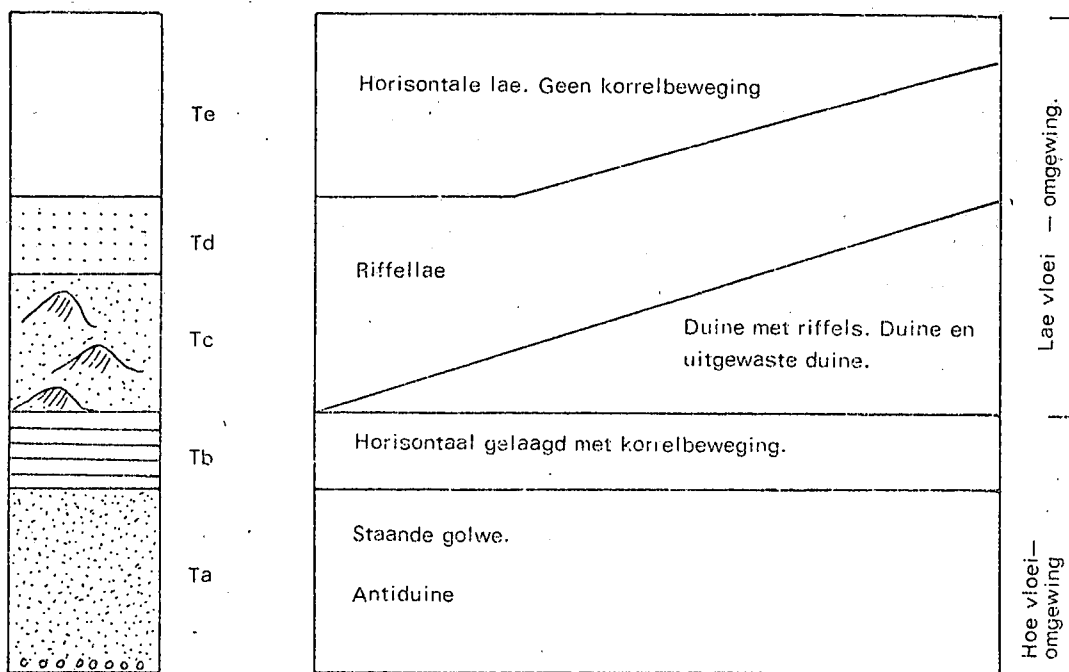


Fig . 49 . Verskillende vloeï — omgewings waaronder die lede van die Bouma — siklus gevorm het. (Walker, 1969.)

steen- en moddersteen-afsettings van die Spitskopformasie kon vorm.

Die Spitskopformasie verteenwoordig die finale verandering in die omgewing van afsetting. Hierdie fluviale-afsettings het in 'n omgewing wat deur meanderende strome, uitgestrekte vloedvlaktes en hoefystermere gekenmerk is, gevorm.

'n Kenmerk van die Spitskopformasie is die teenwoordigheid van beide eerste- en tweede-orde-siklusse. Geen een van die siklusse toon egter 'n volledige ontwikkeling in die gebied nie. Op Esels Fountain 110 kom 'n horison van kalk-ryke konkresies ('koffieklippe') in die modderstene aan die bokant van so 'n eerste-orde-siklus voor. Aangesien hierdie konkresies die einde van 'n eerste-orde-siklus aandui, blyk dit dat die siklus in genoemde lokaliteit volledig ontwikkel is.

In die samestelling van Fig. 50 is alle waarnemings wat uit die studie gespruit het gebruik om 'n voorstelling van die omgewings waaronder die Tierbergformasie en Beaufort-<sup>gevorm</sup>groep het, te maak.

Die verskillende rigtingduidende strukture wat gemeet kon word, word op 'n dagsoomkaart van die Tierbergformasie en

Beaufortgroep in Fig. 51 gegee. Hieruit kan 'n duidelike aanvoerrigting vanuit die suidweste gesien word. Die vlekkerige uitdowing van die kwartskorrels in die verskil-

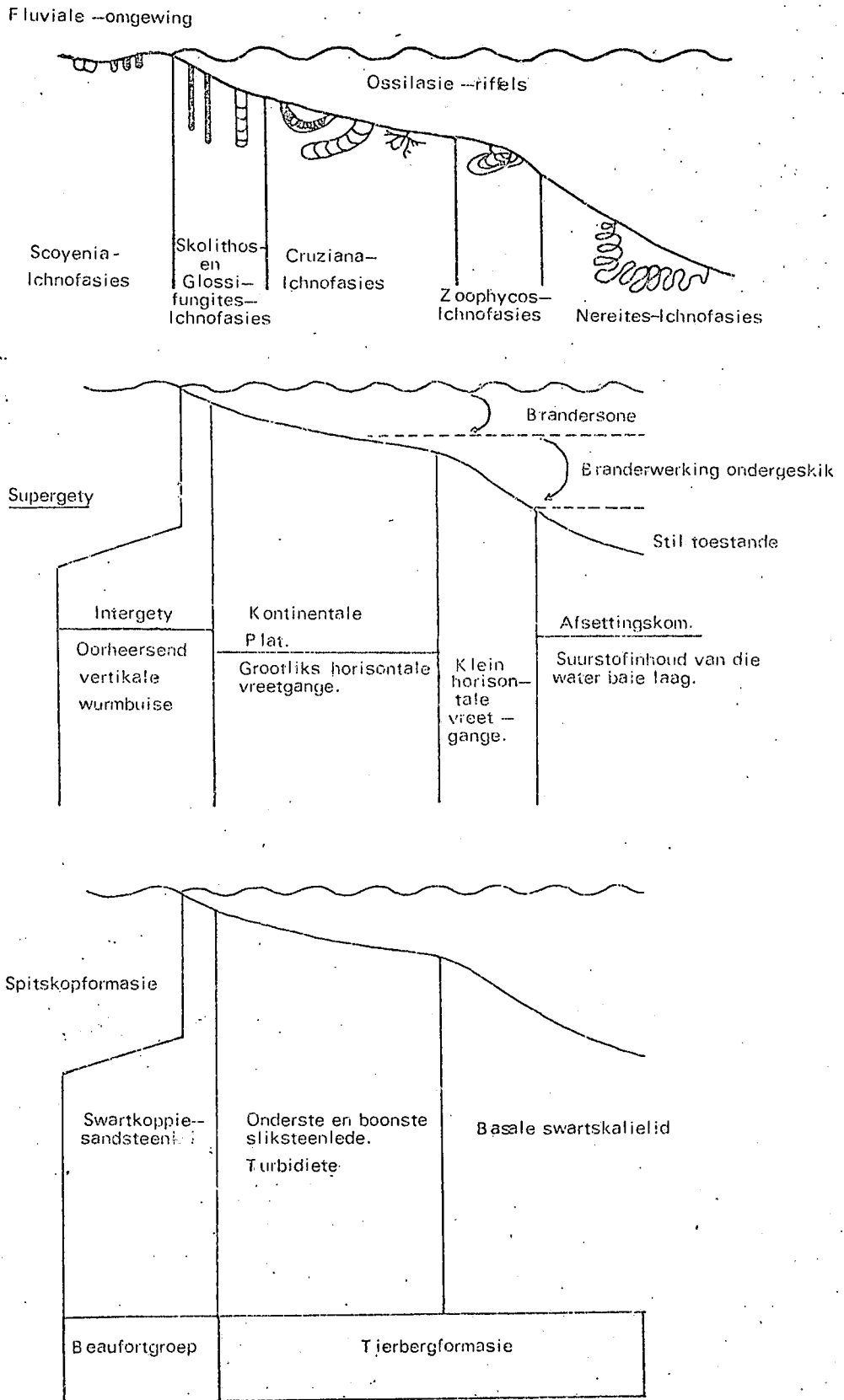
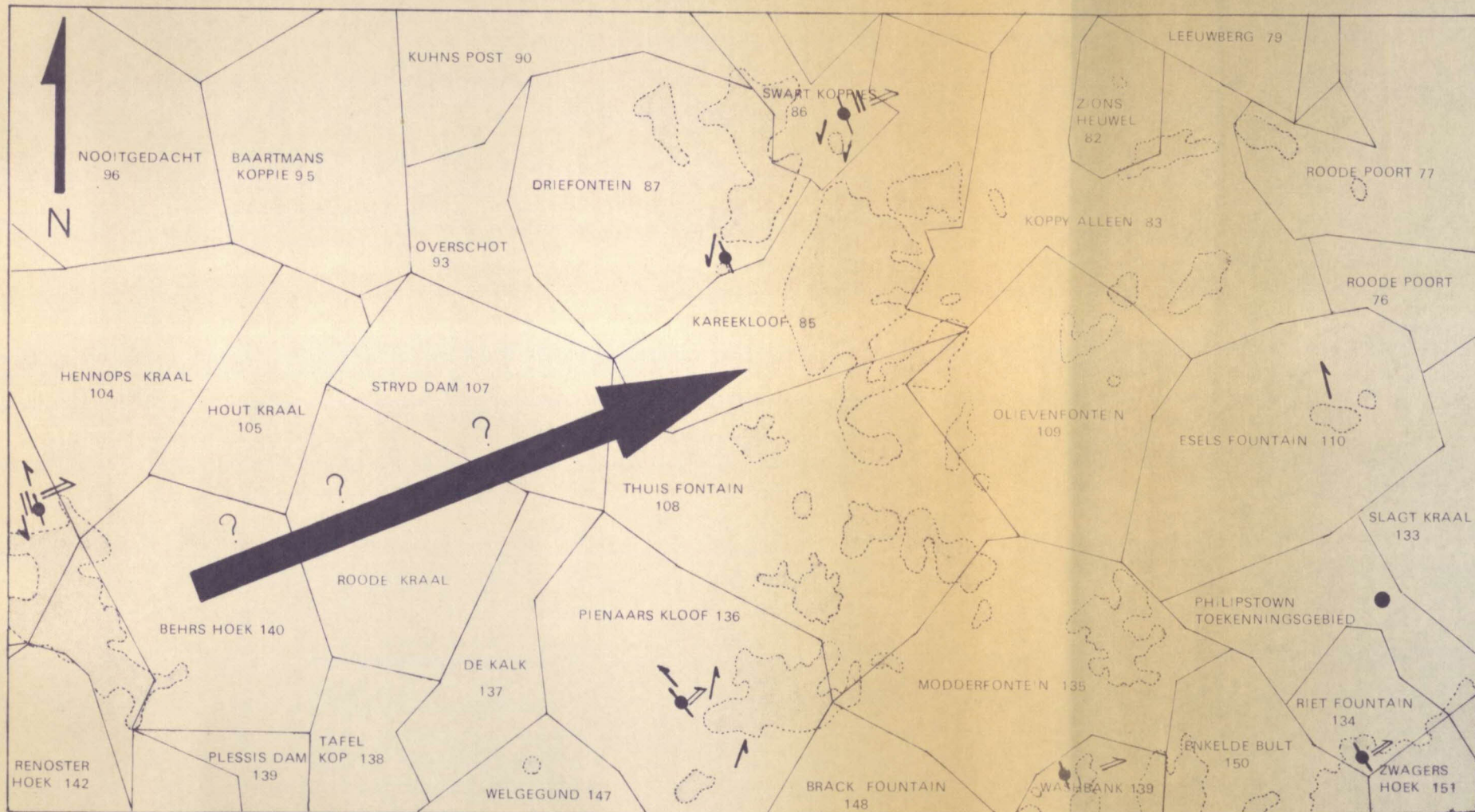


Fig. 50. . Voorstelling van die verskillende Ichnofasies en die omgewings waarin dit voorkom, tesame met 'n interpretasie van die omgewings waaronder die Tjerbergformasie en die Beaufortgroep afgeset is.



- LEGENDE
- ⇒ RIFFELKRUISGELAAGDHEID
  - == VERSAKKINGSBALLE
  - KRUISGELAAGDHEID
  - ORIËNTASIE VAN RIFFELMERKE
  - ➔ BENADERDE AANVOERRIGTING

Fig. 51. Paleostroomkaart van die boonste Tierbergformasie en Beaufortgroep.

lende sandstene dui daarop dat die brongebied uit metamorfe gesteentes bestaan het. Die groot variasie in die kruisgelaagdheid word aan die meanderende geaardheid van die strome toegeskryf.

## 10. GEOLOGIESE GESKIEDENIS

Die geologiese geskiedenis van die verskillende formasies strek oor 'n periode van bykans 2 600 miljoen jaar. Hierdie tydperk is gekenmerk deur groot verskille in klimaat, toestande en omgewings waaronder die sedimente versamel het.

Die enkele granietdagsoom wat gevind is vorm deel van 'n groep graniete wat noordwaarts tot in die omgewing van Schweizer Reneke voorkom. Hierdie graniete kom noord van die Doornbergverskuiwing voor en het 'n ouderdom van plus-minus 2 600 miljoen jaar. Hierdie granietindringings vorm die vloer waarop al die jonger sedimente en lawas rus en het waarskynlik ook gedeeltelik as brongebied vir die jonger sedimente gedien.

Na die indringing van die graniete het 'n periode van plus-minus 300 miljoen jaar verloop voordat die sedimente van die Ventersdorpgroep op 'n stabiele stoep in 'n vlak see afgeset is. Tydens die afsetting van die sedimente het die strandlyn 'n ONO-orïentasie gehad met die land na die noorde en die see na die suide. Na die afsetting van die sedimente het die gebied tektonies aktief geraak sodat verplooiing en verskuiwings algemeen voorgekom het. Tydens hierdie periode van deformatsie is geskikte strukture geskep waarlangs groot volumes lawa in die vorm van platolawa-uitvloeiings plaasgevind het.

Na die uitvloeiing van die lawas en die afsetting van die Transvaalsupergroep, het bykans 1 800 miljoen jaar waarvan geen geologiese rekord beskikbaar is nie, verloop. Groot-skaalse denudasie was moontlik tydens hierdie periode aan die orde van die dag, sodat groot dele van die Transvaalsupergroep, wat moontlik ook in die gebied ontwikkel was, weggeërodeer is. Met die aanvang van die laat-Karboonperiode het die klimaat aansienlik kouer geword sodat Gondwanaland aan vergletsering onderworpe was. Tydens hierdie periode is die Dwykaformasie in 'n mariene omgewing en op land afgeset. Met die intree van warmer toestande het deglasiëering plaasgevind sodat die hele land oorstrom is. Herwerking van die tilliet tydens deglasiëering het gedeeltelik tot die afsetting van die Prins Albertformasie in 'n uitgestrekte mariene omgewing aanleiding gegee. Die gaardheid van die afsetting tesame met verskyning van die eerste visse en bodemlewende organismes dui op afsetting in 'n diep-mariene omgewing.

Met die aanvang van die Karboonperiode het 'n duidelike sonering van die water in die uitgestrekte mariene omgewing plaasgevind. Unieke stabiele toestande het in genoemde omgewing geheers sodat die koolstofryke Whitehillformasie as 'n kombinasie van afsetting oor 'n geweldige groot area in die dieper dele van die meer of see afgeset is. Afsetting van uiters fyn klastiese materiaal in 'n batiale tot abissiese omgewing is 'n aanduiding dat die Tierbergformasie baie ver weg van 'n kontinentale omgewing afgeset is. Die geleidelike toe-

name in korrelgrootte van onder na bo in die Tierbergformasie is 'n aanduiding van 'n progressiewe vervlakking van die afsettingsomgewing. Met die aanvang van die afsetting van die Beaufortgroep was toestande in die afsettingomgewing reeds so vlak dat deltas met 'n prominente strandlyn gevorm het. Meanderende riviere vanuit 'n suidwestelike rigting was grootliks vir die aanvoer van die sedimente van die Spitskopformasie verantwoordelik. Landwaarts het hierdie deltas geleidelik in suiwer kontinentale fluviële afsettings oorgegaan. Die fossielrekord van die latere Beaufortsedimente dui daarop dat die reptiele en amfibiërs by uitstek 'n landelike habitat gehad het. Dit wil voorkom asof die Beaufortgroep tog volledig in die gebied ontwikkel was. Of die Stormberggroep egter in die area ontwikkel was blyk onseker te wees.

Na die konsolidasie van die sedimente van die Karoosupergroep het na-Karoodoleriete, in die vorm van plate en gange tydens die Trias-Juraperiode, in die Karoosupergroep ingedring.

Teen die einde van die Juraperiode het die oerkontinent, Gondwanaland, opgebreek. Sedertdien is die sentrale gedeelte van Suidelike Afrika aan 'n lang tydperk van erosie, wat nog steeds aan die gang is, blootgestel. Kleinskaalse afsettings het langs riviere plaasgevind, maar is van minder belang.

## 11. TERSIËRE TOT RESENTE AFSETTINGS

### 11.1 ALGEMEEN

Die grootste gedeelte van die Karoosupergroep word deur oppervlak-afsettings wat in ouderdom van Tersiër tot Resent variëer, bedek. Aangesien die meeste prosesse wat vir die vorming van die oppervlak-afsettings verantwoordelik was tans nog aktief is, kan geen definitiewe stratigrafiese opeenvolging gegee word nie. 'n Kort litologiese beskrywing van elk sal egter gegee word.

### 11.2 RIVIERTERRASGRUIS

'n Prominente rivier terras is in die Hopetown-dorpgebied op Zoutpansdrift 246 en Die Doorns 90 gevind (Fig. 52).



Fig. 52. Rivierterrasgruis in die omgewing van Hopetown

Na die weste van die gebied kon Potgieter (1973, p. 138) vyf van hierdie terrasse identifiseer. In die gebied self kon slegs een terras wat 30-50m bokant die huidige riviervlak lê, gevind word.

In die omgewing van die nuwe Oranjerivierbrug kan die geaardheid van die gruis en die vloer waarop dit afgeset is goed waargeneem word. Goed afgeronde rolstene van andesitiese lawas, basalte, kwartsiete, jaspis en agate is in die terrasgruis gevind. In genoemde lokaliteit rus die terrasgruis direk op die Dwykaformasie. Die groot ooreenkoms tussen die rolstene van die gruis en die swerfstene in die tilliet is opvallend. Hierdie ooreenkoms het die gedagte laat ontstaan dat die gruis moontlik herwerkte tilliet verteenwoordig.

Geen definitiewe dikte vir die gruis kon bepaal word nie. In die Hopetown-dorpsgebied bereik die gruis 'n dikte van plus-minus vyf meter terwyl 'n dikte van twee meter op Die Doorns 90 gemeet is. In laasgenoemde lokaliteit is die gruis in 'n uitgraving langs die teerpad na Orania gevind. Die vloer waarop die gruis afgeset is, is nie blootgestel nie, sodat die gemete dikte nie die ware dikte verteenwoordig nie.

Gruise van die 30-50m-terras kan tot drie kilometer vanaf die huidige loop van die Oranjeriver gevind word. Op Wicklow 218 word die terras tans nog vir alluviale diamante gedelf.

### 11.3 OPPERVLAKKALKSTEEN

#### 11.3.1 KALKREET

Netterburg (1969b, p. 117-121) beskryf die kenmerke van vier kalkreet-tipes in Suid-Afrika. Slegs drie van die tipes naamlik knolkalksteen, verkalkte gruiise en hardepankalkreet kon herken word.

In die gebied kom kalkreet algemeen op die Dwyka-, Prins Albert-, Whitehill- en Tierbergformasie voor. Potgieter (1973, p. 146) en McLaren (1974, p. 121) wys daarop dat kalkreet selde of ooit op die Ventersdorpgroep voorkom.

### 11.4 ALLUVIUM

Alluvium word algemeen aan die binnekant van meanders langs die oevers van die Oranjerivier gevind. Die alluvium bestaan uit vrugbare sand- en slikgrond wat deur

die rivier as suspensievrag vervoer en tydens vloed=periodes afgeset is.

Graderings tussen sand en slik kan in die afsettings waargeneem word. Hierdie verskynsel word aan 'n periodieke verandering in die stroomsterkte van die rivier toegeskryf.

#### 11.5 PUIN

In die noordelike en suidelike gedeeltes van die gebied kom grootskaalse puinbedekkings langs die hellings van die meeste koppe voor. Dolerietplate wat algemeen in die kruingedeeltes van die koppe voorkom, is daarvoor verantwoordelik dat die skalie- en sandsteendagsome langs die hellings meestal geheel en al met puin bedek is.

Rotspuin kom algemeen in die dagsoomgebiede van <sup>die</sup> Dwyka=formasie voor. Swerfstene wat vanuit die tilliet en rolblokskalies afkomstig is, kom as spoelpuin in sommige ~~sy-~~lope van die Oranjerivier voor.

## 12. INTRUSIEWE GESTEENTES

## 12.1 NA-KAROODOLERIET

Dolerietindringings toon 'n maksimum ontwikkeling langs die Oranjerivier in die noorde van die gebied en in die Philipstown-omgewing in die suide. Die indringings is hoofsaaklik tot plate beperk terwyl enkele kringgange ook gevind is. Dolerietgange daarenteen, kon slegs op lugfoto's geïdentifiseer word aangesien dit weens verkalking nie aan die oppervlak blootgestel is nie.

Kenmerkend van die plaatindringings is dat dit min of meer op dieselfde stratigrafiese hoogte in die Whitehill- en Tierbergformasie ingedring het. In eersgenoemde geval kom die plate meestal  $\pm$  50m bokant die Dwykaformasie in die Whitehillformasie voor. Die horisontale plate in die noorde van die gebied word as relikte van 'n aaneenlopende, golwende plaat beskou (Du Toit, 1906, p. 122).

'n Prominente kringgang ('komstruktuur') kom op Nooitgedagt 159 in die basale swartskalies van die Tierbergformasie voor. Die struktuur waarvan die doleriet 'n helling van  $\pm$  15° na binne besit, beslaan 'n oppervlakte van bykans 80 Km<sup>2</sup>.

Slegs een prominente gang kom oos van die opstal op Wolwekuil (ged. Wolwe Kuilen 42) in die basale swart:

skalies van die Tierbergformasie voor. Die gang, met 'n benaderde noord-suid-oriëntasie, bereik 'n dikte van 50m. In 'n noordelike en suidelike rigting verdwyn dit egter onder resente oppervlakbedekkings.

'n Kenmerk van die dolerietindringings is die redelike groot variasie in die graad van kontak-metamorfose wat met die indringings gepaard gegaan het.

In die Whitehillformasie is die metamorfose as 'n geringe bakeffek in die skalies waarneembaar. Aan beide kante van die gang op Wolwekuil (ged. Wolwe Kuilen 42) is die skalies van die Tierbergformasie deur kontak-metamorfose verander na lidiet. Die omvang van die bakeffek kan vir bykans 100m aan weerskante van die gang waargeneem word. (Sien voublad No. 1). Die turbidietafsettings op Swart Koppies 86 en Zwagers Hoek 151 is moontlik gemaak deur die bakeffek van 'n nabyliggende dolerietplaat. Geen noemenswaardige bakeffek kan in die sand- en modderstene van die Beaufortgroep waargeneem word nie.

Dolerietdagsome wat aan verwering blootgestel is, vertoon 'n kenmerkende rooi- of okerbruin kleur. In sommige gevalle is die rotsblokke met 'n dun goed-gepoleerde donkerkleurige lagie woestynverniss bedek.

## 12.1.1 PETROGRAFIE

Vir 'n volledige klassifikasie en mineralogiese beskrywing van die dolerietindringings kan die werk van McLaren (1974, p. 165-203) geraadpleeg word. Samevattend kan genoem word dat die doleriet basies uit plagioklaas (labradoriet) ortopirokseen (enstatiet) en klinopirokseen (pigeoniet) bestaan.

## 13. STRUKTUUR

Die prominente antiklien in die Ventersdorpgroep is reeds deur Du Toit (1906, p. 101 en 1907, p. 171) en Potgieter (1973, p. 157-160) beskryf. Die mees prominente oostelike antiklien kan vanaf net noord van Hoptown tot by Campbell oor 'n afstand van 90 km gevolg word (Potgieter, 1973, p.157). Noord van die gebied kom 'n prominente foliasie tesame met verskuiwings wat in die flanke van die antiklien ontwikkel het, in die basale sedimentêre fase en die gesteentes van die Transvaal-supergroep voor.

In die dagsoomarea van die basale sedimentêre fase van die Ventersdorpgroep in die gebied besit die lae 'n konstante helling van gemiddeld  $10^{\circ}$  na die noordooste. In geen lokaliteit kan 'n helling na die suidweste wat op die teenwoordigheid van die antiklien dui, gevind word nie. In die gebied self word die kwartsiete van die sedimentêre fase grootliks deur struktuurlose andesitiese lawas van die Ventersdorpgroep en sedimente van die Dwyka- en Prins Albertformasie bedek. Hierdie bedekking deur jonger lawas en sedimente is grootliks daarvoor verantwoordelik dat beide flanke van die struktuur nie blootgestel is nie, indien dit aanwesig is.

Die afwesigheid van enige tektoniese deformatsiestrukture in die sedimente van die Karoosupergroep dui daarop dat die

gebied tektonies onaktief tydens die afsetting van die supergroep was. Oor die hele gebied kan 'n golwende effek in die lae van veral die Prins Albert- en basale gedeeltes van die Tierbergformasie waargeneem word. Hierdie effek word deels aan die ongelyke vloer waarop die lae afgeset is en deels aan die golwende geaardheid van onderliggende dolerietplate toegeskryf.

#### LINEÊRE STRUKTURE

Lineêre strukture wat in die gebied voorkom, is hoofsaaklik beperk tot bedekte dolerietgange, verlengde panne en nate wat in sommige dolerietplate gemeet kan word. Die strekkingsrigting en omvang van die strukture is met behulp van lugfoto-interpretasie bepaal en die resultate is op 'n roosdiagram met intervalle van  $15^{\circ}$  uitgestip. Die oriëntasie van genoemde lineêre strukture word in Fig. 53 uiteengesit.

Uit Fig. 53 blyk dit dat die lineamente in die Karoo-supergroep 'n twee-komponent-sisteem definieer waarvan die een komponent 'n noord-suid oriëntasie en die tweede komponent 'n noordoos-suidwes-oriëntasie besit. Die oriëntasie van die lineamente word deur Greeff (1968, p. 109-110) aan 'n prominente noord-suid rigting wat vir 'n lang periode in die aardkors aanwesig is, toegeskryf. As gevolg van die langdurige spanning in die kors het prominente breuksones ontstaan wat óf deur kimberliete óf deur Karoodoleriete opgevul is. Aangesien die oriëntasie

van kimberliete en Karoodoleriete van plek tot plek verskil, wil dit voorkom asof lokale toestande in die kors ook 'n groot invloed op die oriëntasie van hierdie breuksone gehad het. Die geringe mate van ooreenstemming tussen die oriëntasie van lineêre strukture in die gebied met die algemene skuifskurpatroon van Afrika volgens Moody (Greeff, 1968, Fig. 7) kan aan hierdie variasie in die toestande in kors toegeskryf word. Hoewel die oriëntasie van die lineamente nie met dié van Moody (ibid., Fig. 7) ooreenstem nie, vergelyk dit goed met dié wat Greeff (1968, p. 34, Tabel 3) vir 'n gebied ten noorde van die gekarteerde gebied bepaal het.

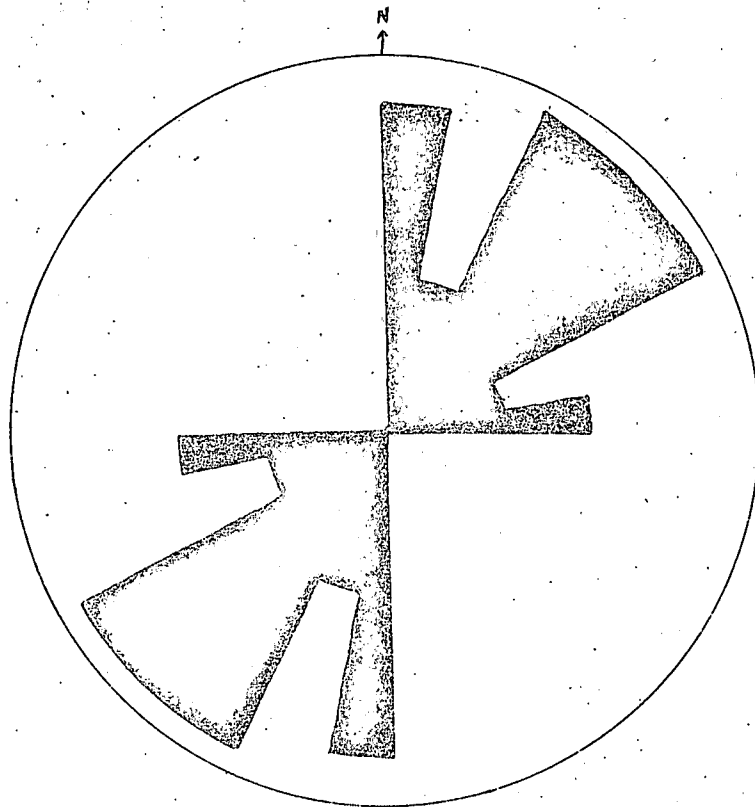


Fig. 53. Roosdiagram om die orientasie van verskillende rigtinggeleidende strukture in die Karoosupergroep aan te dui .

## 14. ARGEOLOGIE

Klipwerktuie en rotsgravures uit die laat-Steentydperk is in verskillende lokaliteite naby fonteine en panne in die gebied gevind. Die grootste versameling van klipwerktuie is op Ramah 211 deur **mnr.** C. Roux gevind. In Fig. 54 kan die onderskeie werktuie gesien word. Die vonds bestaan grootliks uit kant- en endskrapers terwyl deurboorde klippe en krale van volstruiseierdoppe ook gevind is.



Fig. 54. Klipwerktuie wat op Ramah 211 gevind is.

'n Falliese simbool wat uit Ventersdorpkwartsiet gemaak is, is op Birbury 213 gevind.

Benewens die lys lokaliteite wat Van Riet Lowe (1956, p. 45) vir rotsgravures in die gebied aangegee het, is verdere gravures ook op Birbury 213, Geluk (ged. Ramah 211), Ramah 211, Olievenfontein 109, en op Nooitgedagt 159 gevind. Die gravures op Birbury 213 bestaan uit geometriese patrone, meestal sirkels met radiale strale, mensfigure, elande, renosters, hiënas, volstruise en ongeïdentifiseerde boksoorte. In Fig. 55 word 'n gravure getoon.



Fig. 55. Rotsgravure op Ramah 211

Op Geluk (ged. Ramah 211) is verskeie 'Boesman'-grafte gevind. Met die oorstromings in 1974 is sommige van die

grafte oopgespoel. Die skelette wat gevind is, was in 'n hurkende posisie met hul gesigte na die ooste gekeer. Die onbeskadigde grafte word deur 'n hoop opgestapelde los klippe verteenwoordig. 'n Paar sirkelvormige vloere, wat moontlik 'n 'werf' van die mense verteenwoordig, is op Birbury 213 naby die plek waar die falliese simbool opgetel is, gevind.

## 15. EKONOMIESE GEOLOGIE

### 15.1 DIAMANTE

Die spoeldiamante wat in die Oranjeriviergruise bokant Hopetown gevind is, is volgens Wagner (1971, p. 273) vanaf Jagersfontein en Koffiefontein wat oos van die gebied geleë is, afkomstig. Slegs een delwery is op Wicklow 218 in produksie. Die diamante wat gevind is kom hoofsaaklik in die 30-50m-terras aan die basis van ou uitspoelkanale voor.

Die diamantdraende gruiise is van geskiedkundige belang, omdat die eerste diamant in S.A. in 1867 op De Kalk, wes van die gekarteerde gebied in dié gruiise gevind is.

### 15.2 SOUT

Uit 'n ekonomiese oogpunt gesien, is sout die vernaamste ontginbare mineraal in die gebied. Soutpanne kom verspreid in die Prins Albertformasie voor. In die Tierbergformasie is panne hoofsaaklik tot 'n sone in die formasie beperk (p. 52). In bykans elke pan word sout ontgin. Die Wanda- en Rooipan is tans die twee met die hoogste produksie.

Interne dreinerings na die panne, tesame met lae reënval en hoë temperature veroorsaak dat die panne natuurlike konsentrasiepunte vir soutvorming verteenwoordig.

### 15.3 BASALE SEDIMENTÊRE FASE VAN DIE VENTERSDORPGROEP

Die proto- en ortokwartsiete van die Ventersdorpgroep is tydens die oprigting van die ou Oranjeriverbrug as boumateriaal gebruik.

### 15.4 DOLERIET

Doleriet in die verweerde vorm word by uitstek vir padbou- doeleindes gebruik. Die onbeperkte voorkoms van doleriet en die feit dat vars doleriet 'n belangrike bestanddeel in die aanbou van teerblaaië speel kan daartoe bydra dat die doleriet in die toekoms op groot skaal vir die aanbou van nuwe teerpaaie ontgin sal word.

## 15.5 BOUSAND

Waar die Oranjerivier deur die Basale sedimentêre fase van die Ventersdorpgroep sny, kom sand wat vir boudoel-eindes geskik is, voor.

## 15.6 GRONDWATER

Ondergrondse water kom redelik volop in beide die Ventersdorpgroep en Karoosupergroep voor. Met uitsondering van die Dwyka- en Prins Albertformasie is die water in die ander formasies beide vir huishoudelike en boerderydoeleindes geskik. In genoemde twee formasies bevat die water 'n hoë persentasie opgeloste soute wat dit op plekke ongeskik vir huishoudelike gebruik en veesuiping maak. Die hoë soutkonsentrasie van die water word direk aan die afsettingsgeskiedenis van die twee formasies gekoppel. Die samestelling van die tilliet dui daarop dat gletsers oor 'n groot verskeidenheid van gesteentetipes moes beweeg het en 'n verskeidenheid minerale in die tilliet tot gevolg het. Tydens die afsetting van die Dwykaformasie is 'n groot volume water in die sedimente as ingeslote of konnate water vasgevang. Sommige waters wat tans in die formasie gevind word, verteenwoordig dus fossielwater. Op plekke is die lae permeabiliteit van die tilliet daarvoor verantwoordelik dat resente syferwater ten volle met die groot verskeidenheid minerale in die tilliet kan reageer om sodoende 'n verdere hoeveelheid soute tot die water by te voeg.

Latere herwerking van die tilliet het gedeeltelik tot die afsetting van die Prins Albertformasie in 'n mariene-omgewing aanleiding gegee sodat die ondergrondse water van beide formasies dieselfde kenmerke besit.

Die meeste boorgate in die Karoosupergroep is langs dolerietgange of ander lineêre strukture geboor hoewel verskeie gate wat 'n redelike lewering gee, ook weg van enige lineêre struktuur geboor is.

Op De Bron (ged. Vaal Koppies 85) word water met opgeloste swawelwaterstof daarin uit 'n boorgat met 'n hoë lewering naby die opstal gepomp. Die waterdraer in hierdie geval is 'n noordwes-suidoos-georiënteerde verkalkte dolerietgang. Aangesien hierdie bron 'n konstante hoë lewering oor 'n lang tydperk het, bestaan die moontlikheid dat dit in diepte met 'n verskuiwingsone in die Ventersdorp-lawas verbind is.

#### 15.7 BRANDSTOF

Die betreklike hoë persentasie koolstof wat in sommige lae van die Prins Albertformasie aanwesig is, was daarvoor verantwoordelik dat die skalies aan die begin van die eeu vir steenkool ontgin is. Op Leinster 222 is so 'n 'myn' waar koolstofryke skalie gemyn is. Die soektog na steenkool in die skalies is aangewakker deur die teorie van Dunn (1886)

oor die moontlike voorkoms van steenkool in die skalies. Die boorgate op Elandsdraai 88 verteenwoordig prospek=teergate wat, in die soektog na steenkool, in die skalies van die Prins Albertformasie geboor is.

Die Whitehillformasie wat verreweg die hoogste persentasie koolstof van al die lae in die gebied bevat, kon moontlik in die onveranderde en onverweerde vorm geskik gewees het vir ontginning as olieskalie, mits dit ekonomies geregverdig sou wees. Die alomteenwoordige dolerietplaat wat in of naby die formasie ingedring het, is egter daarvoor verantwoordelik dat die skalies by alle lokaliteite aan kontakmetamorfose onderworpe was. Hierdie kontakmetamorfose was daarvoor verantwoordelik dat vlugtige organiese bestanddele dele afgestook is sodat die skalies ekonomies van geen waarde vir brandstofdoeleindes is nie.

## DANKBETUIGINGS

Die skrywer wens hiermee sy opregte dank uit te spreek teenoor Mnr. J.C. Loock wat as studieleier en opbouwende kritikus tydens die studie opgetree het. Die skrywer wil ook die Geologiese Opname van Suid-Afrika wat die studie moontlik gemaak het, bedank. Ook 'n woord van dank aan alle lede van die Geologiese departement van die Universiteit van die Oranje-Vrystaat vir hulp en opbouwende kritiek.

Baie dank is ook aan die tikster, wat op kort kennisgewing met die tikwerk behulpsaam was, verskuldig.

Die skrywer wil ook sy moeder en skoonouers vir finansiële hulp en morele ondersteuning bedank.

'n Besondere woord van dank gaan aan Sneeky vir al die hulp, opofferings en steun tydens die studie.

## BIBLIOGRAFIE

- ACOCKS, J.P.H. (1975). Veld types of South Africa:  
Mem. bot. Surv. S.Afr., 40, 128p.
- ANDERSON, A.M. (1975). Limulid trackways in the Late  
Palaeozoic Ecca sediments and their palaeoen=  
vironmental significance: S.Afr. J. Sci.,  
71, 249-251.
- ALLEN, J.R.L. (1970). Physical processes of sedimenta=  
tion: George Allen and Unwin, Ltd., London, 248p.
- BLATT, H., MIDDLETON, G. en MURRAY, R. (1972). Origin  
of sedimentary rocks: Prentice-Hall, Inc., New  
Jersey, 634p.
- BOUMA, A.H. en BROUWER, A. (1964). Turbidites:  
Developments in sedimentology, 3: Elsevier, 264p.
- CAREY, S.W. en AHMAD, N. (1961). Glacial marine sedimen=  
tation: Proc, 1st int. Symp. Arctic Geol., Publ.  
87 Dept. Geol. Univ. Tasmania, 865-893.
- CONYBEARE, C.E. B. en CROOK, K.A.W. (1968). Manual of  
sedimentary structures: Bull. Austr. Bur.  
Miner. Resour., 102, 327p.

CORSTORPHINE, G.S., (1904). The history of stratigraphic investigation in South Africa: Rep. S.Afr. Ass. Adv. Sc., 145-181.

CROWELL, J.C. en FRAKES, L.A. (1972). Late Paleozoic Glaciation: Part V, Karoo Basin, South Africa: Bull. geol. Soc. Amer., 83, 2887-2912.

DAVIS, S.N. en DE WIEST, J.M. (1966). Hydrogeology; John Wiley and Sons, Inc., New York, 463p.

DE BRUIYN, H. (1971). 'n Geologiese studie van die panne in die westelike Oranje-Vrystaat: Ongepubl. M.Sc.-verhand., Univ. O.V.S., 120 p.

DEER, W.A., HOWIE, R.A. en ZUSSMAN, J. (1962). Rock-forming minerals, Vol. 4: Longmans, Green and Co. Ltd., 435p.

DEGENS, E.T. (1976). Stratified waters as a key to the past: Nature, 263 (5572). 22-26.

DEPARTEMENT VAN BEPLANNING (1969). Die bevolking en maatskaplike aspekte van Noord-Kaapland: Noord-Kaapstreekstudie, 6, 139 p.

DEPARTEMENT VAN MYNWESE (1959). Die delfstowwe van die Unie van Suid-Afrika: Geol. Opn. S.Afr., Staatsdrukker, Pretoria, 635 p.

————— (1970). Geologiese Kaart van die Republiek van Suid-Afrika en die Koninkryke van Lesotho en Swaziland: Publ. geol. Opn. S.Afr.

DUFF, P.M.D., HALLAM, A. en WALTON, E.K. (1967). Cyclic sedimentation: Developments in sedimentology, 10: Elsevier, 280 p.

DUNN, E.J. (1886). Report on a supposed extensive deposit of coal underlying the central districts of the Colony: Parliamentary Report G. 8- ' 86, C.G.H.

DU TOIT, A.L. (1906). Geological survey of the eastern portion of Griqualand West: Annu. Rep. geol. Comm. C.G.H., 11, 87-176.

————— (1907). Geological survey of portions of Hope Town, Britstown, Prieska and Hay: Annu. Rep. geol. Comm. C.G.H., 12, 159-192.

————— (1909). Geological map of the Colony of the Cape of Good Hope, Sheet XXXIII (Britstown). Geol. Comm. C.G.H.

————— (1920). The Karroo dolerites of South Africa: A study in hypabyssal injection: Trans. geol. Soc. S.Afr., 23, 1-42.

- \_\_\_\_\_ (1921). The Carboniferous glaciation of South Africa: Trans. geol. Soc. S.Afr., 24, 188-227.
- \_\_\_\_\_ (1928). The origin of the Dwyka conglomerate: Geol. Mag. Lond., 65, 240 p.
- \_\_\_\_\_ (1930). A brief review of the Dwyka glaciation of South Africa: C.R., 15th Int. geol. Congr., 2, 90-102.
- \_\_\_\_\_ (1954). The geology of South Africa: Oliver and Boyd, Edinburgh, 611 p.
- EICHER, D.L. (1968). Geologic time: Prentice-Hall Inc., New Jersey. 149p.
- EMSLIE, D.P. (1972). The geology of an area around Sodium, Britstown District, Northern Cape: Ongepubl. M.Sc.-verhand., Univ. O.V.S., 99 p.
- FABRE, J. (1967). Un arthropode nouveau des 'Upper Dwyka shales' Pygaspis ginsburgi, nov. sp; Annls Paleont. (Invert.), t, LIII, 2., 121-141.
- FREY, R.W. (1975). The study of trace fossils: Springer-verlag, Berlin, 562 p.

- FRIEDMAN, G.M. (1962). On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones: *J. Geol.*, 70, 737-753.
- FUCHTBAUER, H. (1974). *Sediments and sedimentary rocks*: John Wiley and Sons, Inc., New York, 464 p.
- GREEFF, G.J. (1968). *Fracture systems and the kimberlite intrusions of Griqualand West*: Ongepubl. M.Sc.-verhand., Univ. Stellenbosch, 124 p.
- GREEN, A.H. (1888). A contribution to geology and physical geography of the Cape Colony: *Quart. J. geol. Soc. Lond.*, 44, 239-270.
- HAUGHTON, S.H. (1919). A review of the reptilian fauna of the Karroo System of South Africa: *Trans. geol. Soc. S.Afr.*, 22. 1-25.
- HECKER, R.F. (1957). *Introduction to Paleocology*: Elsevier, Inc., New York, 166 p.
- JOHNSON, M.R. (1966). *The stratigraphy of the Cape and Karroo Systems in the Eastern Cape Province*: Ongepubl. M.Sc.-verhand., Univ. Rhodes, 76 p.

- JOUBERT, C.W. (1973). Die geologie van gebied tussen Boshoff en Barkly-Wes: Ongepubl. M.Sc.-verhand., Univ. O.V.S., 123 p.
- KENSLEY, B. (1975). Taxonomic status of the pygocephalomorphic crustacea from the Dwyka 'White Band' (Permo-Carboniferous) of South Africa: Annals of the South African Museum., 67, (3), 25-33.
- KERR, P.F. (1959). Optical Mineralogy: McGraw-Hill, New York, 442 p.
- KING, L.C. (1962). The morphology of the earth: Oliver and Boyd, Edinburgh, 699 p.
- (1963). South African scenery: A textbook of geomorphology: Oliver and Boyd, Edinburgh, 308 p.
- KITCHING, J.W. (1972). On the distribution of the Karroo vertebrata with special reference to certain general and the bearing of this distribution on the zoning of the Beaufort beds: Ongepubl. M.Sc.-verhand, Univ. Wits., 256 p.
- KRUMBEIN, W.C. en SLOSS, L.L. (1963). Stratigraphy and sedimentation: W.H. Freeman and Co., San Francisco, 660 p.

LAPORTE, L.F. (1968). Ancient environments Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 115 p.

McLACHLAN, I.R. en ANDERSON, A. (1973). A review of the evidence for marine conditions in Southern Africa during Dwyka times: *Palaeont. afr.*, 15, 37-64.

McALESTER, A.L. (1968). *The history of life*; Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 151 p.

McLAREN, C.H. (1974). Die geologie van 'n gebied suid van Plooyburg, Noord-Kaapland: Ongepubl. M.Sc.-verhand. Univ. O.V.S., 257 p.

MASKE, S. (1957). A critical review of superimposed and antecedent rivers in Southern Africa: *Annals Univ. Stell.*, 33, A, (1), 3-22.

MOORE, R.C.ed.(1962). *Treatise on invertebrate paleontology*; Part. W. *Miscellanea, Soc. Amer.* 259 p.

NETTERBERG, F. (1967). Some roadmaking properties of South-African calcretes: *Proc. 4th. reg. Conf. Afr. Soil Mech. Found. Eng.*, Cape Town, 77-81.

- \_\_\_\_\_ (1969 a). Ages of calcretes in Southern Africa: S.Afr. archaeol. Bull., 24 (3/4), 88-92.
- \_\_\_\_\_ (1969 b). The interpretation of some basic calcrete types: S.Afr. archaeol. Bull., 24 (3/4), 117-121.
- PETTIJOHN, F.J. (1948). Sedimentary rocks: Harper and Brother, New York, 526 p.
- PETTIJOHN, F.J., POTTER, P.E. en SIEVER, R. (1972). Sand and sandstone: Springer-Verlag, Berlin, 618 p.
- PLUMSTEAD, E.P. (1969). Three Thousand million years of plant life in Africa: Du Toit memor. Lect. Annex. Trans. geol. Soc. S.Afr. LXXII, 72 p.
- POTGIETER, C.D. (1973). Die geologie van 'n gebied suid van Douglas, Noord-Kaapland: Ongepubl. M.Sc.-verhand., Univ. O.V.S., 235 p.
- POTGIETER, G.J.A. (1974). The geology of an area, south of Kimberley: Ongepubl. M.Sc.-verhand., Univ. O.V.S., 91 p.

POTTER, F.J. en PETTIJOHN, P.E. (1963). Paleocurrents and basin analysis: Springer-Verlag, Berlin, 296 p.

REINECK, H.E. en SINGH, I. B. (1973). Depositional sedimentary environments: Springer-Verlag, Berlin, 439 p.

RIGBY, J.K and HAMBLEN, W.K. (1972). Recognition of ancient sedimentary environments; Soc. Econ. Paleont. and Miner., Spec. publ., 16, 340 p.

ROGERS, A.W. en DU TOIT, A.L. (1908). Report on the geology of parts of Prieska, Hay, Britstown, Carnarvon and Victoria West: Annu. rep. geol. Comm. C.G.H., 13, 9-109.

RYAN, P.J. (1967). Stratigraphy of the Eccá Series and Lowermost Beaufort beds (Permian) in the Great Karroo basin of South Africa: Ongepubl. Ph.D.-thesis, Univ. Wits., 210 p.

————— (1968), Some conclusions drawn from a basinal analysis of the Eccá Series in the Karroo basin: Palaeont. afr., 11. 133-134.

SCHWARZ, E.H. (1928), The Dwyka conglomerate: Geol. Mag., 45, 244-246.

- SELLEY, R.C. (1970). Ancient sedimentary environments:  
Chapman and Hall, Ltd., London, 237 p.
- Seward, (1907), *Notes on fossil plants from S.A. Geol. Mag.*  
NS, Dec. V, 4: 481-487.
- STRATTEN, T. (1968). The Dwyka glaciation and its relationship to the pre-Karoo surface: Ongepubl.  
Ph.D.-thesis, Univ. Wits., 196 p.
- (1968 a). Some main conclusions drawn from a basinal analysis of the Dwyka Series in the Karroo Basin: *Palaeont. afr.*, 11, 127-131.
- TANNER, W.F. (1967). Ripple mark indices and their uses: *Sedimentology*, 9, 89-104.
- TRUSWELL, J.F. (1970). An introduction to the historical geology of South Africa: Purnell, Cape Town, 167 p..
- VAN NIEKERK, C.B. en BURGER, A.J. (1968). The uranium-lead isotopic dating of South African acid lawas: *Bull. Volcanol.*, 32 (3), 481-498.
- VAN RIET LOWE, C. (1956). Die verspreiding van voorhistoriese rotsgravures en -skilderye in Suid-Afrika:  
Dept. v. Onderwys, Kuns en Wetenskap, Arg. reeks No. VII, 58 p.

VISSER, J.N.J., GLOBLER, N.J., JOUBERT, C.W., POTGIETER, C.D., POTGIETER, G.J.A. en McLAREN, C.H. The Ventersdorp Group between Taung and Britstown, Northern Cape Province: Ann. geol. Surv. S.Afr. (terperse).

VISSER, J.N.J en LOOCK, J.C. (1974). The nature of the Eccca-Beaufort transition in the western and central Orange Free State: Trans. geol. Soc. S.Afr., 77, 371-372.

WALKER, F. en POLDERVAART, A. (1949). Karro dolerites of the Union of South Africa: Bull. geol. Soc. Amer., 60, 591-706.

WALKER, R.G. (1969). Turbidite sedimentary structures and their relationship to proximal and distal depositional environments; J. sed. Petrol, 37, 25-41.

WEER BURO, DEPARTEMENT VAN VERVOER, (1972). Klimaat van Suid-Afrika; 10, 116 p.

WINTER, H. DE LA R. (1965). The stratigraphy of the Ventersdorp System in the Bothaville District and adjoining areas: Ongepubl. Ph.D.-thesis, Univ. Wits., 130 p.

WOODLAND, B.G. (1964). The nature and origin of cone-in-cone structures. *Fieldiana (Geology)*, 13, (4). 185-305.

WYLEY, A., (1859). Notes of a journey in two directions across the Colony made in the years 1857-8, with a view to determine the character and order of the various geological formations: Appendix to Parliamentary Report G. 8-59, C.G.H.

