

1991 024 622 01 01



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

UOVS - BIBLIOTEEK



199102462201220100013

DIE GEOHIDROLOGIE IN DIE OPVANGGEBIED
VAN DIE MOLOPORIVIER IN DIE
NOORDELIKE KALAHARI

deur

PETRUS JURGENS SMIT

1977

Promotor: Professor N.J. Grobler

Verhandeling voorgelê ter vervulling van die vereistes vir die graad Ph.D. in die Fakulteit van Natuurwetenskappe aan die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.

VOLUME I

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

I N H O U D

	<u>Bladsy</u>
1. INLEIDING	1
1.1 Histories	1
1.2 Belangrikheid van grondwater	2
1.3 Bestaande verslae en publikasies oor grondwater in die gebied	3
1.4 Doel van die studie	7
1.5 Omvang van veldondersoeke	8
1.6 Erkennings	9
2. FISIOGRAFIE	11
2.1 Ligging, dreinerings en topografie	11
2.2 Afloop	15
2.3 Geomorfologie	19
2.4 Verbindingsroetes	20
2.5 Klimaat	21
2.6 Reënval	23
2.7 Temperatuur	24
2.8 Verdamping	25
2.9 Ekologie	25
3. GEOLOGIE	
3.1 Algemeen	32
3.2 Formasie Kraaipan	33
3.3 Ou Graniet	34
3.4 Formasie Soetlief	34
3.5 Formasie Allanridge	35
3.6 Formasie Vryburg	35
3.7 Formasie Schmidtdrif	35
3.8 Formasie Ghaapplate	35
3.9 Formasie Asbesberge	36
3.10 Formasie Gamagara	37
3.11 Formasie Makganyene	37
3.12 Formasie Ongeluk	37
3.13 Formasie Voëlwater	38

4.2.3	Formasie Soetlief	66
4.2.4	Formasie Allanridge	66
4.2.5	Formasie Vryburg	67
4.2.6	Formasie Schmidtsdrif	68
4.2.7	Formasie Ghaapplato	68
4.2.7.1	Aantal boorgate	68
4.2.7.2	Diepte en lewering van boorgate	69
4.2.7.3	Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte	71
4.2.7.4	Boortempo	72
4.2.7.5	Voorkoms van grondwater	72
4.2.7.6	Metodes van boorplekaanwysing	74
4.2.8	Formasie Asbesberge	77
4.2.8.1	Aantal boorgate	77
4.2.8.2	Diepte en lewering van boorgate	77
4.2.8.3	Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte	78
4.2.8.4	Boortempo	80
4.2.8.5	Voorkoms van grondwater	80
4.2.9	Formasie Gamagara	83
4.2.10	Formasie Makganyene	83
4.2.10.1	Aantal boorgate	83
4.2.10.2	Diepte en lewering van boorgate	83
4.2.10.3	Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte	84
4.2.10.4	Voorkoms van grondwater	84
4.2.11	Formasie Ongeluk	85
4.2.11.1	Aantal boorgate	85
4.2.11.2	Diepte en lewering van boorgate	85
4.2.11.3	Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte	87
4.2.11.4	Boortempo	88
4.2.11.5	Voorkoms van grondwater	88
4.2.12	Formasie Voëlwater	89
4.2.13	Groep Olifantshoek	90

4.2.13.1	Aantal boorgate	90
4.2.13.2	Diepte en lewering van boorgate	90
4.2.13.3	Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte	92
4.2.13.4	Boortempo	93
4.2.13.5	Voorkoms van grondwater	93
4.2.14	Formasie Dwyka	93
4.2.14.1	Aantal boorgate	93
4.2.14.2	Diepte en lewering van boorgate	94
4.2.14.3	Boortempo	94
4.2.14.4	Voorkoms van grondwater	94
4.2.15	Formasie Kalahari	95
4.2.15.1	Aantal boorgate	95
4.2.15.2	Diepte en lewering van boorgate	95
4.2.15.3	Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte	97
4.2.15.4	Boortempo	98
4.2.15.5	Voorkoms van grondwater	98
5.	GRONDWATERVLAK	99
5.1	Diepte van grondwatervlak	99
5.2	Fonteine	100
5.2.1	Verspreiding	100
5.2.2	Geologiese verband	110
5.2.3	Vloei	111
5.2.4	Verspreiding tussen fonteinvloei en reënval	112
5.2.5	Grondwaterverliese by fonteine	115
5.3	Grondwatervlaksommeling	117
5.3.1	Watervlaksommeling in boorgate in dagsoomgebiede	117
5.3.2	Watervlaksommeling in boorgate met die watervlak in die onderliggende formasies onder verskillende diktes van Kalaharilae	122
5.3.3	Watervlaksommeling in boorgate met die watervlak in Kalaharilae	125

5.4	Regionale grondwaterindeling	128
5.4.1	Hoogtekontoere van grondwatervlak	128
5.4.2	Kompartementering van gebied in grondwater-eenhede	128
5.4.3	Grondwaterbeweging	129
6.	TEMPERATUUR VAN GRONDWATER	131
7.	KWALITEIT VAN GRONDWATER	132
7.1	Algemeen	132
7.1.1	Beskikbare gegewens	132
7.1.2	Akkuraatheid van bepalings van totale opgeloste stowwe in grondwatermonsters	132
7.1.3	Akkuraatheid van chemiese ontledings	132
7.1.4	Totale opgeloste stowwe in grondwater in die algemeen	133
7.2	Kwaliteit van grondwater in Formasie Kraaipan	134
7.3	Kwaliteit van grondwater in graniet	137
7.3.1	Data beskikbaar	137
7.3.2	Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.-konsentrasies en geohidrologie	137
7.3.3	Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater en dikte van bedekking	140
7.3.4	Chemiese karakter van grondwater	140
7.3.4.1	Grondwatertipes	141
7.3.4.2	Persentasie ione in grondwater	141
7.3.4.3	Ioonverhoudings	143
7.3.4.4	Klassifikasie volgens Piperdiagram	144
7.3.4.5	Klassifikasie volgens Bond	144
7.3.4.6	Chemiese kenmerke van tipiese graniet-water	146
7.4	Kwaliteit van grondwater in Formasie Soetlief	147
7.5	Kwaliteit van grondwater in Formasie Allanridge	147
7.6	Kwaliteit van grondwater in Formasie Vryburg	147
7.7	Kwaliteit van grondwater in Formasie Schmidtsdrif	147
7.8	Kwaliteit van grondwater in Formasie Ghaapplato	148
7.8.1	Data beskikbaar	148

7.8.2	Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.- konsentrasies en geohidrologie	148
7.8.3	Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater en dikte van bedekking	150
7.8.4	Chemiese karakter van grondwater	150
7.8.4.1	Grondwatertipes	150
7.8.4.2	Persentasie ione in grondwater	152
7.8.4.3	Ioonverhoudings	153
7.8.4.4	Klassifikasie volgens Piperdiagram	154
7.8.4.5	Klassifikasie volgens Bond	154
7.8.4.6	Chemiese kenmerke van tipiese grond- water in die dolomiet van die Formasie Ghaapplato	155
7.9	Kwaliteit van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge	156
7.9.1	Data beskikbaar	156
7.9.2	Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.- konsentrasies en geohidrologie	156
7.9.3	Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater en dikte van bedekking	158
7.9.4	Chemiese karakter van grondwater	158
7.9.4.1	Grondwatertipes	159
7.9.4.2	Persentasie ione in grondwater	159
7.9.4.3	Ioonverhoudings	159
7.9.4.4	Klassifikasie volgens Piperdiagram	161
7.9.4.5	Klassifikasie volgens Bond	162
7.9.4.6	Chemiese kenmerke van tipiese grondwater in die jaspiliet van die Formasie Asbesberge	162
7.10	Kwaliteit van grondwater in Formasie Gamagara	163
7.10.1	Data beskikbaar	163
7.10.2	Chemiese karakter van grondwater	165
7.10.2.1	Klassifikasie volgens Bond	166
7.10.2.2	Kenmerkende chemiese eienskappe	166
7.11	Kwaliteit van grondwater in Formasie Makganyene	166
7.11.1	Data beskikbaar	166
7.11.2	Chemiese karakter van grondwater	167
7.11.2.1	Klassifikasie volgens Piperdiagram	169
7.11.2.2	Klassifikasie volgens Bond	169
7.11.2.3	Chemiese kenmerke	169

7.12	Kwaliteit van grondwater in Formasie Ongeluk	170
7.12.1	Data beskikbaar	170
7.12.2	Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.- konsentrasies en geohidrologie	170
7.12.3	Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater en dikte van bedekking	172
7.12.4	Chemiese karakter van grondwater	172
7.12.4.1	Grondwatertipes	173
7.12.4.2	Persentasie ione in grondwater	175
7.12.4.3	Ioonverhoudings	176
7.12.4.4	Klassifikasie volgens Piperdiagram	176
7.12.4.5	Klassifikasie volgens Bond	177
7.12.4.6	Chemiese kenmerke van tipiese grond- water in lawa van die Formasie Ongeluk	178
7.13	Kwaliteit van grondwater in Formasie Lucknow	180
7.13.1	Data beskikbaar	180
7.13.2	Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.- konsentrasies en geohidrologie	180
7.13.3	Chemiese karakter van grondwater	182
7.13.3.1	Ioonkonsentrasies en verhoudings in grondwater en klassifikasie volgens Piperdiagram	182
7.13.2.2	Klassifikasie volgens Bond	187
7.14	Kwaliteit van grondwater in Formasie Hartley	189
7.14.1	Data beskikbaar	189
7.14.2	Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.- konsentrasies en geohidrologie	189
7.14.3	Chemiese karakter van grondwater	189
7.15	Kwaliteit van grondwater in Formasie Matsap	191
7.15.1	Data beskikbaar	191
7.15.2	Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.- konsentrasies en geohidrologie	191
7.15.3	Chemiese karakter van grondwater	193
7.15.3.1	Grondwatertipes	193
7.15.3.2	Persentasie ione in grondwater	193
7.15.3.3	Ioonverhoudings	194
7.15.3.4	Klassifikasie volgens Piperdiagram	194
7.15.3.5	Klassifikasie volgens Bond	194

7.16	Kwaliteit van grondwater in Formasie Dwyka	195
7.16.1	Data beskikbaar	195
7.16.2	Konsentrasie van totale opgeloste stowwe in grondwater	195
7.16.3	Chemiese karakter van grondwater	195
7.16.3.1	Klassifikasie volgens Bond	198
7.16.3.2	Kenmerke van tipiese water en oorsprong	198
7.17	Samevatting oor die kwaliteit van grondwater in die verskillende Formasies oer as die Kalaharilae	199
7.18	Kwaliteit van grondwater in Formasie Kalahari	201
7.18.1	In Oostelike Gamogaragebied	201
7.18.1.1	Data beskikbaar	201
7.18.1.2	Chemiese karakter van grondwater	201
7.18.1.3	Klassifikasie volgens Bond	203
7.18.1.4	Chemiese kenmerke en oorsprong van water	204
7.18.2	In westelike Gamogaragebied	205
7.18.3	Langs Gamogararivier	208
7.18.3.1	Data beskikbaar	208
7.18.3.2	Chemiese karakter van grondwater	208
7.18.3.3	Klassifikasie volgens Bond	211
7.18.4	In Berylgebied	211
7.18.5	Langs Kurumanrivier	214
7.18.6	Langs Moshawengrivier	217
7.18.6.1	Gegewens beskikbaar en indeling	217
7.18.6.2	Chemiese karakter van grondwater	217
7.18.6.3	Klassifikasie volgens Bond	220
7.18.6.4	Oorsprong van water	221
7.18.7	In Aansluitgebied	222
7.18.8	In Cullinangebied	225
7.18.8.1	Data beskikbaar	225
7.18.8.2	Chemiese karakter van grondwater	225
7.18.9	In Vorstershoopgebied	227
7.18.9.1	Data beskikbaar	227
7.18.9.2	Chemiese karakter van grondwater	229

7.18.10	In gebied langs Moloporivier	230
7.18.10.1	Data beskikbaar	230
7.18.10.2	Chemiese karakter van grondwater	230
7.18.10.3	Klassifikasie volgens Bond	232
7.18.11	In Mannerheimgebied	233
7.18.11.1	Data beskikbaar	233
7.18.11.2	Chemiese karakter van grondwater	233
7.18.11.3	Klassifikasie volgens Bond	235
7.18.12	In Terra Firmagebied	236
7.18.12.1	Data beskikbaar	236
7.18.12.2	Chemiese karakter van grondwater	236
7.18.12.3	Klassifikasie volgens Bond	238
7.18.13	In Vergeleëgebied	238
7.18.13.1	Data beskikbaar	238
7.18.13.2	Chemiese karakter van grondwater	238
7.18.13.3	Klassifikasie volgens Bond	240
7.18.14	In Morokwengebied	241
7.18.14.1	Data beskikbaar	241
7.18.14.2	Chemiese karakter van grondwater	241
7.18.14.3	Klassifikasie volgens Bond	243
7.18.14.4	Oorsprong van water	243
7.18.15	In Heuningvleigebied	244
7.18.15.1	Data beskikbaar	244
7.18.15.2	Chemiese karakter van grondwater	244
7.18.15.3	Klassifikasie volgens Bond	246
7.18.16	In Kgokgolegebied	247
7.18.16.1	Data beskikbaar	247
7.18.16.2	Chemiese karakter van grondwater	247
7.18.16.3	Klassifikasie volgens Bond	247
7.18.16.4	Oorsprong van die water	249
7.18.17	In gebied noord van Moshawengrivier	250
7.18.17.1	Data beskikbaar	250
7.18.17.2	Chemiese karakter van grondwater	250
7.18.17.3	Klassifikasie volgens Bond	252
7.18.17.4	Oorsprong van water	252

7.18.18	In Tsinenggebied	252
7.18.18.1	Data beskikbaar	252
7.18.18.2	Chemiese karakter van grondwater	252
7.18.18.3	Klassifikasie volgens Bond	253
7.18.18.4	Oorsprong van water	254
7.19	Samevatting oor die kwaliteit van grondwater in die Formasie Kalahari in die verskillende gebiede	255
8.	GRONDWATERAANVULLING	258
8.1	Aspekte van grondwateraanvulling	258
8.1.1	Algemeen	258
8.1.2	Infiltrasie	261
8.1.3	Invloed van die Kalaharilae op grondwateraanvulling	262
8.1.4	Diepte van watervlak as aanduiding van grondwateraanvulling	262
8.1.4.1	Verhouding tussen diepte van grondwatervlak en dikte van Kalaharilae	262
8.1.5	Vlak grondwatervlak in Kalaharilae as aanduiding van aanvulling	263
8.1.6	Aanvulling aangedui deur kwaliteit van grondwater	264
8.1.7	Aanvulling volgens skommeling in grondwatervlak	265
8.1.8	Omlýning van gebiede waar aanvulling plaasvind	265
8.2	Grondwateraanvulling in verhouding tot reënval	266
8.2.1	Aanvulling in Moloporivier	266
8.2.1.1	Vloei van rivier gedurende 1973/74-seisoen	266
8.2.1.2	Berekening van totale volume van vloed en insyfering uit rivier	267
8.2.1.3	Herhaling van vloede	268
8.2.1.4	Vloedvolumes uitgedruk as persentasie van reënval in opvanggebied	269
8.2.1.5	Berekening van aanvulling	269
8.2.2	Aanvulling in Moshawengrivier	271
8.2.3	Aanvulling op dolomiet van die Ghaapplate	273
8.2.4	Aanvulling bereken volgens Thornthwaite - metode	277

8.2.4.1	Grondvogbehoefte van toepassing in dagsoomgebiede	285
8.2.4.2	Persentasie aanvulling in dagsoomgebiede volgens watersurplusse	285
8.2.5	Aanvulling in gebiede waar Kalaharilae voorkom	286
8.3	Kwantitatiewe berekening van grondwateraanvulling in die verskillende grondwatereenhede	288
8.3.1	Aanvulling as persentasie van reënval gebruik by berekening van jaarlikse grondwateraanvulling	288
8.3.2	Oppervlakte van gebiede waar aanvulling plaasvind	289
8.3.3	Volumes reënwater wat jaarliks tot die grondwater gevoeg word	289
9.	GRONDWATERVERBRUIK EN -VERLIESE	
9.1	Algemene basis van berekening	290
9.1.1	Basis vir berekening van plattelandse verbruik	291
9.1.1.1	Waterverbruik deur diere	291
9.1.1.2	Waterverbruik deur mense	291
9.1.1.3	Waterverbruik deur besproeiing uit boorgate	292
9.1.1.4	Verdamping uit plaasreservoirs	292
9.1.2	Basis vir berekening van waterverbruik by individuele lokaliteite	293
9.1.2.1	Waterverbruik by myne, spoorwegstasies en dorpe	293
9.1.2.2	Verliese by fonteine en oë	294
9.2	Grondwaterverliese in distrikte in Molopogebied	295
9.2.1	Grondwaterverliese in distrik Postmasburg	295
9.2.1.1	Waterverbruik op platteland	295
9.2.1.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	296
9.2.2	Grondwaterverliese in distrik Kuruman	297
9.2.2.1	Waterverliese op platteland	297
9.2.2.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	298
9.2.3	Grondwaterverliese in noordelike deel van distrik Vryburg (noord van Ganyesa)	300
9.2.3.1	Waterverliese op platteland	300
9.2.3.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	301

9.2.4	Grondwaterverliese in suidelike deel van distrik Vryburg (suid van Ganyesa)	301
9.2.4.1	Waterverliese op platteland	302
9.2.4.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	302
9.2.5	Grondwaterverliese in westelike deel van distrik Mafeking	303
9.2.5.1	Waterverliese op platteland	303
9.2.5.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	304
9.2.6	Grondwaterverliese in die oostelike deel van distrik Mafeking	304
9.2.6.1	Waterverliese op platteland	304
9.2.6.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	304
9.2.7	Grondwaterverliese in die distrik Lichtenburg	304
9.2.7.1	Waterverliese op platteland	304
9.2.7.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	306
9.2.8	Grondwaterverliese in die distrik Marico	306
9.2.8.1	Waterverliese op platteland	307
9.2.8.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	308
9.3	Grondwaterverliese in Tuisland in Molopogebied	309
9.3.1	Grondwaterverliese in Gathlosereservaat	309
9.3.1.1	Waterverliese op platteland	309
9.3.1.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	310
9.3.2	Grondwaterverliese in Thlapinggebied	310
9.3.2.1	Waterverliese op platteland	310
9.3.2.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	311
9.3.3	Grondwaterverliese in Thlarogebied	312
9.3.3.1	Waterverliese op platteland	312
9.3.3.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	313
9.3.4	Grondwaterverliese in Borolonggebied	314
9.3.4.1	Waterverliese op platteland.	314
9.3.4.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	315
9.3.5	Grondwaterverliese in Tswanagebied	315
9.3.5.1	Waterverliese op platteland	315
9.3.5.2	Waterverliese by individuele lokaliteite	316
9.4	Grondwaterverliese in die verskillende grondwater-eenhede in die Molopogebied	318

10.	GRONDWATERBALANS	330
10.1	Algemeen	330
10.2	Vergelyking tussen waterwinste en waterverliese in die verskillende grondwatereenhede	331
11.	EVALUASIE VAN GRONDWATERPOTENSIAAL	334
11.1	Benuttingspotensiaal van grondwater	334
11.2	Toekomstige waterverbruik	334
12.	GEVOLGTREKKINGS	338
12.1	Grondwaterverdeling	338
12.2	Beskikbare grondwater	338
12.3	Grondwateraanvulling	338
12.4	Grondwaterverliese	338
12.5	Grondwaterkwaliteit	339
12.6	Grondwatertemperatuur	339
12.7	Grondwaterbeweging	339
12.8	Stoorkapasiteit	340
12.9	Grondwatervlak	340
12.10	Voorkoms van grondwater	340
12.11	Grondwaterbenutting	341
13.	AANBEVELINGS	342
13.1	Evaluasie van grondwaterpotensiaal	342
13.2	Voorkoms van grondwater	342
13.3	Benutting van grondwater	343
	SAMEVATTING	344
	LITERATUURVERWYSINGS	347

LYS VAN TABELLE

Bladsy

Tabel 1.-	Geologiese indeling	32
Tabel 2.-	Suksesvolle boorgate (lewering meer as 0,45m ³ /h) in die verskillende Formasies	56
Tabel 3.-	Lewering van boorgate in graniet op verskillende dieptes van die watervlak	62
Tabel 4.-	Lewering van boorgate in graniet op verskillende dieptes onder die watervlak	63
Tabel 5.-	Lewering van boorgate in dolomiet van die Formasie Ghaapplato op verskillende dieptes van die watervlak	70
Tabel 6.-	Lewering van boorgate in dolomiet van die Formasie Ghaapplato op verskillende dieptes onder die watervlak	71
Tabel 7.-	Lewering van boorgate in jaspiliet van die Formasie Asbesberge by verskillende dieptes van die watervlak	78
Tabel 8.-	Lewering van boorgate in jaspiliet van die Formasie Asbesberge by verskillende dieptes onder die watervlak	79
Tabel 9.-	Lewering van boorgate in lawa van die Formasie Ongeluk op verskillende dieptes van die watervlak	86
Tabel 10.-	Lewering van boorgate in lawa van die Formasie Ongeluk op verskillende dieptes onder die watervlak	87
Tabel 11.-	Lewering van boorgate in kwartsiet van die Groep Olifantshoek op verskillende dieptes van die watervlak	91
Tabel 12.-	Lewering van boorgate in kwartsiet van die Groep Olifantshoek op verskillende dieptes onder die watervlak	92
Tabel 13.-	Lewering van boorgate in Kalaharilae op verskillende dieptes van die watervlak	96
Tabel 14.-	Lewering van boorgate in Kalaharilae op verskillende dieptes onder die watervlak	97
Tabel 15.-	Fonteine in die opvanggebied van die Moloporivier	101
Tabel 16.-	Natuurlike grondwaterverliese by fonteine	116
Tabel 17.-	Benaderde stoorkapasiteit van formasies by verskillende dieptes van die watervlak	121
Tabel 18.-	Chemiese ontledings van grondwater in die Formasie Kraaipan	136
Tabel 19.-	Chemiese ontledings van grondwater in graniet	138
Tabel 20.-	Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet in bepaalde gebiede	137

	<u>Bladsy</u>
Tabel 21.- Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in graniet voorkom	142
Tabel 22.- Ioonverhoudings in grondwater in graniet	143
Tabel 23.- Klassifikasie van grondwater in graniet volgens Bond	145
Tabel 24.- Chemiese samestelling van grondwater wat tipies van graniet is	146
Tabel 25.- Chemiese ontledings van grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato	149
Tabel 26.- Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato in bepaalde gebiede	148
Tabel 27.- Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in dolomiet van die Formasie Ghaapplato voorkom	151
Tabel 28.- Ioonverhoudings in grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato	153
Tabel 29.- Klassifikasie van grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato, volgens Bond	154
Tabel 30.- Chemiese samestelling van grondwater wat tipies is van dolomiet van die Formasie Ghaapplato	155
Tabel 31.- Chemiese ontledings van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge	157
Tabel 32.- Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge in bepaalde gebiede	156
Tabel 33.- Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in jaspiliet van die Formasie Asbesberge voorkom	160
Tabel 34.- Ioonverhoudings in grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge	161
Tabel 35.- Klassifikasie van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge volgens Bond	162
Tabel 36.- Chemiese samestelling van grondwater wat tipies is van jaspiliet van die Formasie Asbesberge	163
Tabel 37.- Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Gamagara	164
Tabel 38.- Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Makganyene	168
Tabel 39.- Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Ongeluk	171
Tabel 40.- Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk	172

Tabel 41.-	Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in lawa van die Formasie Ongeluk voorkom	174
Tabel 42.-	Ioonverhoudings in grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk	176
Tabel 43.-	Klassifikasie van grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk	177
Tabel 44.-	Chemiese samestelling van grondwater wat tipies is van lawa van die Formasie Ongeluk	178
Tabel 45.-	Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Lucknow	181
Tabel 46.-	Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in Formasie Lucknow in bepaalde gebiede	180
Tabel 47.-	Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in Formasie Lucknow voorkom	183
Tabel 48.-	Ioonpersentasies in grondwatertipes wat in die Formasie Lucknow voorkom	184
Tabel 49.-	Ioonverhoudings in grondwatertipes wat in die Formasie Lucknow voorkom	185
Tabel 50.-	Klassifikasie van grondwater in Formasie Lucknow volgens Bond	188
Tabel 51.-	Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Hartley	190
Tabel 52.-	Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Matsap	192
Tabel 53.-	Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Dwyka	196
Tabel 54.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Oostelike Gamogaragebied	202
Tabel 55.-	Ioonpersentasies in grondwater in Kalaharilae in Oostelike Gamogaragebied	201
Tabel 56.-	Ioonverhoudings in grondwater in Kalaharilae in Oostelike Gamogaragebied	203
Tabel 57.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in westelike Gamogaragebied	206
Tabel 58.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae langs Gamogararivier	209
Tabel 59.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Berylgebied	212
Tabel 60.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae langs Kurumanrivier	215
Tabel 61.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae langs Moshawengrivier	218

Tabel 62.-	Ioonpersentasies in grondwater in Kalaharilae langs Moshawengrivier	219
Tabel 63.-	Ioonverhoudings in grondwater in Kalaharilae langs Moshawengrivier	220
Tabel 64.-	Klassifikasie van grondwater in Kalaharilae langs Moshawengrivier volgens Bond	220
Tabel 65.-	Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Kalahari in Aansluitgebied	223
Tabel 66.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Cullinangebied	226
Tabel 67.-	Ioonpersentasies in grondwater in Kalaharilae in Cullinangebied	225
Tabel 68.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Vorstershoopgebied	228
Tabel 69.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae langs Moloporivier	231
Tabel 70.-	Ioonpersentasies in grondwater in Kalaharilae in gebied langs Moloporivier	230
Tabel 71.-	Klassifikasie van grondwater in Kalaharilae langs Moloporivier, volgens Bond	232
Tabel 72.-	Chemiese ontledings van grondwater in die Kalaharilae in die Mannerheimgebied	234
Tabel 73.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Terra Firmagebied	237
Tabel 74.-	Chemiese ontledings van grondwater in die Kalaharilae in die Vergeleëgebied	239
Tabel 75.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Morokwengebied	242
Tabel 76.-	Klassifikasie van grondwater in Kalaharilae in Morokwengebied, volgens Bond	243
Tabel 77.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Heuningvleigebied	245
Tabel 78.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Kgokgolegebied	248
Tabel 79.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in gebied noord van Moshawengrivier	251
Tabel 80.-	Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Tsingengebied	253
Tabel 81.-	Vloedvolumes van Moloporivier in verhouding tot reënval in opvanggebied	270

Tabel 82.-	Vloedvolumes van Moshawengrivier volgens reënval in opvanggebied	272
Tabel 83.-	Watersurplus by Kuruman, bereken volgens die potensiële evapotranspirasie en reënval	280
Tabel 84.-	Watersurplus by Bothithong, bereken volgens die potensiële evapotranspirasie en reënval	281
Tabel 85.-	Watersurplus by Mafeking, bereken volgens die potensiële evapotranspirasie en reënval	282
Tabel 86.-	Watersurplus by Lichtenburg, bereken volgens die potensiële evapotranspirasie en reënval	283
Tabel 87.-	Watersurplus by Tsabong, bereken volgens die potensiële evapotranspirasie en reënval	284
Tabel 88.-	Reënval en persentasie aanvulling van toepassing op die verskillende grondwatereenhede	288
Tabel 89.-	Oppervlakte m.b.t. grondwateraanvulling in grondwatereenhede	289
Tabel 90.-	Jaarlikse gemiddelde grondwateraanvulling uit die Molopo- en Moshawengrivier tydens vloede	289
Tabel 91.-	Totale grondwateraanvulling in die verskillende grondwatereenhede	290
Tabel 92.-	Grondwaterverliese in Mafeking-grondwatereenheid	319
Tabel 93.-	Grondwaterverliese in Piet Plessis-grondwatereenheid	320
Tabel 94.-	Grondwaterverliese in Blok B-grondwatereenheid	321
Tabel 95.-	Grondwaterverliese in Pioneer-grondwatereenheid	322
Tabel 96.-	Grondwaterverliese in Ghaaplatto-grondwatereenheid	323
Tabel 97.-	Grondwaterverliese in Molopo-grondwatereenheid	324
Tabel 98.-	Grondwaterverliese in Pomfret-grondwatereenheid	325
Tabel 99.-	Grondwaterverliese in Gamogara-grondwatereenheid	326
Tabel 100.-	Grondwaterverliese in die verskillende grondwatereenhede in Molopogebied	327
Tabel 101.-	Grondwaterbalans in die verskillende grondwatereenhede in die Molopogebied	333
Tabel 102.-	Toekomstige grondwaterverbruik in Molopogebied	337
Tabel 103.-	Name en nommers van plase waarna in die teks verwys word	352

LYS VAN FIGURE (KYK VOLUME 2)

- Fig. 1.- Sleutelkaart: geohidrologiese veldopnames
- Fig. 2.- Plase
- Fig. 3.- Topografie
- Fig. 4.- Distrikte en Tuislandgebiede
- Fig. 5.- Fisiografie
- Fig. 6.- Verbindingsroetes
- Fig. 7.- Gemiddelde maandelikse reënval (Weerburo, WB 29)
- Fig. 8.- Kumulatiewe afwykingskurwes vir reënvaldistrikte 17 en 19 (WB 23)
- Fig. 9.- Reënval: kumulatiewe afwykingskurwes by reënvalstasies
Mafeking 508/261 en Khosis 357/413
- Fig. 10.- Maandelikse temperatuur (Weerburo, WB 19)
- Fig. 11.- Geologie
- Fig. 12.- Geologiese sleutelkaart
- Fig. 13.- Intrusies
- Fig. 14.- Boorgatkontrole vir geologie
- Fig. 15.- Dikte van Formasie Kalahari
- Fig. 16.- Profiele A,B,C,D,E deur Kalaharikom in westelike area
- Fig. 17.- Profiele F,G,H,I,J,K deur Kalaharikom in die westelike area
en Blok B
- Fig. 18.- Voor-Kalahari geologie
- Fig. 19.- Voor-Kalahari topografie
- Fig. 20.- Voor-Kalahari dreinasie
- Fig. 21.- Geologiese profiele 1,2 en 3
- Fig. 22.- Myne en mineraalvoorkomste
- Fig. 23.- Geohidrologie
- Fig. 24.- Formasie Kraaipan: boorgatstatistieke
- Fig. 25.- Graniet; boorgatstatistieke
- Fig. 26.- Dolomiet van Formasie Ghaapplato: Boorgatstatistieke
- Fig. 27.- Invloed van gange op grondwatervlak in dolomiet van Formasie
Ghaapplato

- Fig. 28.- Jaspiliet van Formasie Asbesberge: boorgatstatistieke
- Fig. 29.- Tilliet van Formasie Makganyene: boorgatstatistieke
- Fig. 30.- Lawa van die Formasie Ongeluk: boorgatstatistieke
- Fig. 31.- Kwartsiet van Formasies Matsap en Lucknow van die Olifantshoek-groep: boorgatstatistieke
- Fig. 32.- Tilliet en skalie van Formasie Dwyka: boorgatstatistieke
- Fig. 33.- Formasie Kalahari: boorgatstatistieke
- Fig. 34.- Paleosloep gevul met Kalaharilae, Poortjie, Distrik Kuruman
- Fig. 35.- Diepte van grondwatervlak
- Fig. 36.- Boorgate vir watervlakkontoere
- Fig. 37.- Geohidrologiese profiele L.M.N.O en P
- Fig. 38.- Fonteine, 1973
- Fig. 39.- Vloei van oë Kuruman, Manyeding B en Groot Koning
- Fig. 40.- Vloei van oë Grootfontein en Mallepoo
- Fig. 41.- Fonteine en gange op dolomiet oos van Mafeking
- Fig. 42.- Lichtenburg reënvalstasie (472/279): kumulatiewe afwykingskurwe
- Fig. 43.- Watervlakmetings
- Fig. 44.- Watervlakskommeling in dagsoomgebiede van dolomiet
- Fig. 45.- Watervlakskommeling in dagsoomgebiede van lawe en jaspiliet
- Fig. 46.- Verhouding tussen watervlak en reënval in dagsoomgebiede
- Fig. 47.- Maandelikse kumulatiewe afwyking van die reënval vir 'n gemiddelde seisoen by Kuruman.
- Fig. 48.- Grondwateraanvulling as 'n persentasie van die jaarlikse reënval
- Fig. 49.- Watervlakskommeling in formasies onder bedekking van Kalaharilae
- Fig. 50.- Watervlakskommeling in formasies onder bedekking van Kalaharilae
- Fig. 51.- Watervlak in formasies onder Kalaharilae: verhouding tussen reënval, watervlak en bedekking.
- Fig. 52.- Watervlakskommeling in Formasie Kalahari.
- Fig. 53.- Watervlakskommeling in Formasie Kalahari
- Fig. 54.- Grondwaterhoogte
- Fig. 55.- Grondwaterindeling
- Fig. 56.- Temperatuur van grondwater
- Fig. 57.- Grondwatertemperature in die belangrikste formasies
- Fig. 58.- Akkuraatheid van omsetting van geleidingsvermoë van water na opgeloste stowwe.

- Fig. 59.- Akkuraatheid van chemiese ontledings
- Fig. 60.- Totale opgeloste stowwe in grondwater (in mg/l)
- Fig. 61.- Kwaliteit van grondwater met betrekking tot die geologie.
- Fig. 62.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kraaipan
- Fig. 63.- Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet en dikte van bedekking.
- Fig. 64.- Mediaanwaardes vir totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet.
- Fig. 65.- Ioonpersentasies in verhouding tot totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet
- Fig. 66.- Ioonverhoudings met betrekking tot totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet.
- Fig. 67.- Chemiese samestelling van grondwater in graniet
- Fig. 68.- Tipiese variasie van die chemiese samestelling van grondwater in graniet.
- Fig. 69.- Mediaanwaardes vir totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato.
- Fig. 70.- Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato en dikte van bedekking.
- Fig. 71.- Ioonpersentasies in verhouding tot totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van Formasie Ghaapplato.
- Fig. 72.- Ioonverhoudings met betrekking tot totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato.
- Fig. 73.- Chemiese samestelling van grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato.
- Fig. 74.- Tipiese variasie van die chemiese samestelling van grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato.
- Fig. 75.- Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge en dikte van bedekking.
- Fig. 76.- Ioonpersentasies in verhouding tot totale opgeloste stowwe in grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge.
- Fig. 77.- Chemiese samestelling van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge.
- Fig. 78.- Tipiese variasie van die chemiese samestelling van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge.

- Fig. 79.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Gamagara.
- Fig. 80.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Makganyene.
- Fig. 81.- Mediaanwaardes vir totale opgeloste stowwe in grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk.
- Fig. 82.- Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk en dikte van bedekking.
- Fig. 83.- Ioonpersentasies in verhouding tot totale opgeloste stowwe in grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk.
- Fig. 84.- Chemiese samestelling van grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk.
- Fig. 85.- Tipiese variasie van die chemiese samestelling van grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk.
- Fig. 86.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Lucknow.
- Fig. 87.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Hartley.
- Fig. 88.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Matsap.
- Fig. 89.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Dwyka.
- Fig. 90.- Samevatting van grondwatertipes in gesteentes oer as die Kalaharilae.
- Fig. 91.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Oostelike Gamogagebied.
- Fig. 92.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Westelike Gamogagebied.
- Fig. 93.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Gamogararivier.
- Fig. 94.- Verandering in chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Gamogararivier.
- Fig. 95.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Berylgebied
- Fig. 96.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Kurumanrivier.
- Fig. 97.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Moshawengrivier.
- Fig. 98.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Aansluitgebied.
- Fig. 99.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Cullinangebied.

- Fig. 100.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Vorstershoopgebied.
- Fig. 101.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Moloporivier.
- Fig. 102.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Mannerheimgebied.
- Fig. 103.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Terra Firmagebied.
- Fig. 104.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Vergeleëgebied.
- Fig. 105.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Morokwengebied.
- Fig. 106.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Heuningvleigebied.
- Fig. 107.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Kgokgolegebied.
- Fig. 108.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in gebied noord van Moshawengrivier.
- Fig. 109.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Tsinenggebied.
- Fig. 110.- Samevatting van grondwatertipes in Formasie Kalahari.
- Fig. 111.- Verhouding tussen dikte van Kalaharilae op graniet en diepte van grondwatervlak.
- Fig. 112.- Aanvullingsgebiede.
- Fig. 113.- Grondwatereenheid op dolomiet van Ghaapplate, Kuruman.
- Fig. 114.- Gemiddelde maandelikse reënval en potensiele evapotranspirasie by 'n aantal weerstasies in die gebied.
- Fig. 115.- Grafiese voorstelling van berekening van watersurplus by Kuruman vir 'n grondvogbehoefte van 100 mm.
- Fig. 116.- Watersurplusse as persentasie van gemiddelde jaarlikse seisoensreëns in verskillende plekke.
- Fig. 117.- Grondwateraanvulling as persentasie van gemiddelde jaarlikse reënval.
- Fig. 118.- Grondwaterverbruik in Molopogebied.

LYS VAN FOTOS

Bladsy

Foto 1.-	Korannaberg: los koppe wat noordwaarts onder die sand verdwyn	13
Foto 2.-	Korannaberg: sandvlaktes tussen die los koppe	13
Foto 3.-	Kurumanrivier by Tsineng	14
Foto 4.-	Moshawengrivier by Severn	14
Foto 5.-	Kurumanrivier in vloed, Vanzylsrus, 4 Maart 1974	17
Foto 6.-	Moloporivier, Kirstonia, Maart 1974	17
Foto 7.-	Moloporivier, Blackheath, Maart 1974: vloei $109 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$	18
Foto 8.-	Moshawengrivier in vloed, Battle Mount, 17 Maart 1974	18
Foto 9.-	Grasvlaktes op die Ghaapplate met bome op dolerietgange, s.g. "are".	27
Foto 10.-	Olienbome (<i>Olea africana</i>) op kalkkreetvlaktes suidoos van Kuruman	27
Foto 11.-	Swarthaakbome (<i>Acacia detinens</i>) op kalkkreetvlakte in Morokwenreservaat	28
Foto 12.-	Kameeldoringbome (<i>Acacia giraffae</i>) langs Moloporivier, Kirstonia	28
Foto 13.-	Geelhoutbome (<i>Combretum erythrophyllum</i>) in Kalahari noord van Piet Plessis	29
Foto 14.-	Landskap in noordelike Kalahari naby Kirstonia	29
Foto 15.-	Landskap in Blok B oos van Heuningvlei	30
Foto 16.-	Versamelvoëls in kameeldoringboom, Korannaberg	30
Foto 17.-	Grasvlaktes noordoos van Heuningvlei	31
Foto 18.-	Landskap langs Moloporivier naby Kirstonia	31
Foto 19.-	Kalkkreet in walle van Kurumanrivier	44
Foto 20.-	Rooi kalkryke klei onder kalkkreet in Kurumanrivier	44
Foto 21.-	Simbool van die Kalahari (Poval, Borolonggebied)	58
Foto 22.-	Tipiese toneel by windpomp naby Heuningvlei (Perth, Thlarogebied)	58
Foto 23.-	"Donkiepomp" in aksie tydens windstilte naby Heuningvlei (Perth, Thlarogebied)	59
Foto 24.-	Toets van boorgat in dolomiet by Mothibistad noord van Kuruman wat m.b.v. elektriese weerstandswerk aangewys is: lewering groter as $60 \text{ m}^3/\text{h}$	76

Foto 25.- Toets van boorgat in verskuiwing in jaspiliet op Hove by Heuningvlei: lewering meer as $12 \text{ m}^3/\text{h}$	82
Foto 26.- Fontein by Heuningvlei (nr. 25, Fig. 38), 1967	107
Foto 27.- Fontein by Konki in Morokwenreservaat (nr. 13, Fig. 38), 1974	107
Foto 28.- Fontein by Kunk in Morokwenreservaat (nr. 22, Fig. 38) 1974	108
Foto 29.- Fonteine by Bothetheletse en Skietmekaar (nr. 51 en 52, Fig. 38) vloei oor die Kuruman-Vryburgpad, 1974	108
Foto 30.- Kurumanoog (nr. 74, Fig. 38), 1965	109
Foto 31.- Tweede-oog (nr. 72, Fig. 38), 1963	109

DIE GEOHIDROLOGIE IN DIE OPVANGGEBIED VAN DIE MOLOPORIVIER IN DIE NOORDELIKE KALAHARI

1. INLEIDING

1.1 Histories

In 1958 het die Geologiese Opname 'n streekskantoor oopgemaak in Kuruman, in ooreenstemming met die destydse beleid van desentralisasie. Skrywer is in 1961 na die kantoor oorgeplaas en was daar werksaam tot aan die einde van 1973.

Die aktiwiteite van die personeel was hoofsaaklik, uit die aard van die omstandighede, toegespits op ekonomiese geologie, kartering en die aanwys van boorplekke vir water. Die aanwys van boorplekke het altyd 'n hoë prioriteit geniet en die belangrikheid van grondwater in die gebied is gaandeweg al meer en meer beklemtoon. Gedurende 1958 tot 1973 is byvoorbeeld 287 boorplekke op plase in die gebied om Kuruman en verder noord aangewys. Waardevolle geohidrologiese data is uit hierdie ondersoeke verkry.

Die gebied waar die grootste probleme ondervind is met die ontwikkeling van grondwater was in die myngebiede in die omgewing van Kuruman en in die sandbedekte Kalahari verder noord, binne die opvanggebied van die Moloporivier en die meeste werk is gevolglik in hierdie gebied gedoen.

In 1966/67 is 'n streekstudie onder die leiding van 'n Hulpkomitee van die Beplanningsadviesraad van die Eerste Minister gemaak om 'n streeksplan op te stel vir Noord-Kaapland op aandrang van die Streeksontwikkelingsvereniging van die Noord-Kaapland en aangrensende gebiede. Die Komitee het etlike verslae uitgebring waarvan een wat in 1969 vrygestel is, oor die grondwatersituasie gehandel het. Bogenoemde verslag het die leemtes wat daar bestaan het met betrekking tot die beskikbaarheid van basiese gegewens oor grondwater in die betrokke gebied beklemtoon. Die opvanggebied van die Moloporivier het deel uitgemaak (50 persent) van die gebied wat in die verslag behandel is. Skrywer het die Geologiese Opname op die Hulpkomitee verteenwoordig.

Na ongeveer 1970 het die Geologiese Opname op 'n geordende manier daadwerklik aandag gegee aan die insameling van veldgegevens in die opvanggebied van die Moloporivier. Die westelike grens van die opvanggebied is geneem by 'n lyn noordwaarts van die Korannaberge. Die opnames wat deur personeel van die Geologiese Opname, onder beheer van die skrywer uitgevoer is, is in 1973 afgehandel. (kyk Fig. 1)

In 1969 is 'n waterbeplanningskomitee deur die Minister van Waterwese in die lewe geroep om ondersoek in te stel na die watersituasie in Wes-Transvaal en die Mafeking-Postmasburggebied. Laasgenoemde gebied verwys na die opvanggebied van die Moloporivier.

In 1972 is 'n voorlopige verslag deur die skrywer (Smit, 1972) saamgestel vir die Waterbeplanningskomitee oor die grondwater in die opvanggebied van die Moloporivier, wat beskou kan word as 'n eerste poging oor 'n kwantitatiewe evaluasie van die grondwaterpotensiaal in die betrokke opvanggebied.

In 1975 is die verslag van die Waterbeplanningskomitee vrygestel waarin onder andere die grondwatersituasie in die opvanggebied van die Moloporivier bespreek is.

Hierdie huidige evaluasie berus op alle veldgegevens wat ingesamel is tot aan die einde van 1973 tesame met gegewens uit beperkte opvolgwerk wat sedert 1973 in die gebied gedoen is.

1.2 Die belangrikheid van grondwater

Ongeveer 75 persent van die oppervlakte van die gebied is bedek met sand en kalkreot. Daar is geen standhoudende riviere of spruite nie. Die vernaamste riviere nl. die Moshaweng, Matlhwaring, Setlagoli, Gamogara, Kuruman en Molopo vloei net periodiek oor kort afstande.

Oë* en standhoudende fonteine kom gewoonlik net voor in dolomietgebiede. Die oë het in die algemeen lae lewerings waarvan die sterkstes gebruik word vir lokale kleinskaalse besproeiing.

In dagsoomgebiede is daar gewoonlik klein gronddamme wat vir kort tye na reëns water hou. Twee van die grootste damme is in die Moloporivier by Mabule en Blackheath.

* 'n Oog is die algemene gebruiksterm vir 'n fontein wat vloei.

Die totale waterverliese in die gebied is $52 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar waarvan alles uit grondwaterbronne afkomstig is. Fonteine en oë lewer gesamentlik omtrent 30 persent terwyl die res (70 persent) gelewer word deur nagenoeg 6 125 boorgate en putte. Daar is in werklikheid een bruikbare boorgat of put vir elke $9,5 \text{ km}^2$ in die gebied.

Dit is duidelik dat grondwater 'n baie belangrike rol speel in die bestaan en toekomstige ontwikkeling van die gebied as geheel. Dit moet ook in gedagte gehou word dat 'n groot deel van die Tuisland Bophuthatswana wat aan die einde van 1977 onafhanklik word in die gebied geleë is en dat ontwikkeling hier moontlik vinniger gaan plaasvind as in die omliggende Blanke gebiede. In die verslag van die Waterbeplanningskomitee vir Wes-Transvaal en die Mafeking-Postmasburg-gebied word byv. 'n groei van net 1,7 persent in die Blanke gebiede en 6,07 persent in die Tuislandgebiede voorspel.

Mynbou het sedert 1960 baie uitgebrei, vernaamlik in die suidwestelike deel van die gebied, en die uitbreiding sal moontlik voortduur. In 'n verslag van die Hulpkomitee van die Beplanningsadviesraad van die Eerste Minister oor "die huidige en toekomstige waterverbruik ten opsigte van Plaaslike Besture, Kragstasies, Myne, Nywerhede en Spoorweë in die Republiek" wat in 1967 vrygestel is in verband met 'n Noord-Kaapland-Streekstudie word die toename in die waterverbruik geraam op 3,4 persent per jaar. Die myne se waterverbruik het in 1973 ongeveer 8 persent van die totale waterverbruik in die gebied uitgemaak.

Alle faktore in ag geneem het dit noodsaaklik geword het om in die lig van alle beskikbare gegewens die grondwatersituasie meer krities as ooit tevore te beskou en die grondwaterpotensiaal so goed as wat moontlik is te evalueer met die oog op toekomstige uitbreidings, ontwikkeling en beplanning in die gebied.

1.3 Bestaande verslae en publikasies oor grondwater in die gebied.

Sedert 1958 toe die Geologiese Opname die streekskantoor te Kuruman geopen het, het talle departementele verslae, uitgesonderd roetineverslae oor boorplekaanwysings, verskyn wat oor grondwaterondersoeke in die gebied handel.

Benewens hierdie is verslae van die twee genoemde departementele komitees uitgebring wat oor sekere grondwateraspekte gehandel het. Die enigste gepubliseerde grondwatergegewens wat betrekking het op die gebied is bevat in Memorie 34 van 1937 en Memorie 41 van 1947 van die Geologiese Opname en 'n publikasie deur J.F. Enslin.

'n Inventaris van die belangrikste verslae en publikasies word hieronder aangegee.

1.3.1 Departementele verslae van die Geologiese Opname

- 1.3.1.1 Verslag oor ondergrondse water in die gebied ten noorde van Severn, distr. Kuruman: deur S.B. de Villiers, 1958, Nr. Gh 1038.
- 1.3.1.2 Grondwateropname by die asbesmyn op Whitebank C.O.K.U. 3.64 en Asbes GR 4. 1937: deur S.B. de Villiers, 1959, Nr. Gh 1096.
- 1.3.1.3 Opname van die fontein in die dolomiet op die Kaapplato deur S.B. de Villiers, 1959: Nr. Gh 1062.
- 1.3.1.4 Dolomitiese oë in gebied Kuruman: deur S.B. de Villiers, 1961, Nr. Gh 1147.
- 1.3.1.5 Boorplekaanwysings op die Trustplase Hull, Leinster, Abbey, Mars en Tweed geleë aan die noordekant van die Mashovingrivier noordwes van Severn: deur P.J. Smit, 1962, Nr. Gh 1185.
- 1.3.1.6 Grondwaterontwikkeling in die gebied tussen die Kurumanrivier en die Pepanileegte wes van die Rooiberge en die Heuningvleirante: deur J.F. Enslin, 1962, Nr. Gh 1420.
- 1.3.1.7 Geohidrologiese ondersoek: Ditlaradints en omgewing, distrik Vryburg: deur P.J. Smit, 1962, Nr. Gh 1188.
- 1.3.1.8 Selection of borehole sites on Trust farms of the Makuba Range on the Heuningvlei Area, District Vryburg: deur P.J. Smit, 1963, Nr. Gh 1195.
- 1.3.1.9 Pomptoets: bg. 88820 (G 14078) op Trustplaas Hove, distrik Vryburg: deur P.J. Smit, 1964, Nr. Gh 1243.
- 1.3.1.10 Water in Blok B: boordery langs Pepanileegte by Ewbank deur Dept. Waterwese: deur P.J. Smit, 1964, Nr. Gh 1236.

- 1.3.1.11 Geohidrologiese ondersoek rakende die plase Kingswood, Makala, Sandown en Shotover, distrik Vryburg: deur P.J. Smit, 1964, Nr. Gh 1224.
- 1.3.1.12 Die Oog Klein Koning in die ou Konoreservaat, distrik Kuruman: deur P.J. Smit, 1965, Nr. Gh 1296.
- 1.3.1.13 Aanwys van eksperimentele boorgate, Blok B, distrik Vryburg: deur P.J. Smit, 1965, Nr. Gh 1304.
- 1.3.1.14 Report on groundwater conditions on Spring Valley near Rooigrond for Municipality of Mafeking with recommendations for further field tests: deur B.N. Temperley en J.R. Vegter, 1965, Nr. Gh 1281.
- 1.3.1.15 Verslag oor navorsing op waterdraende eienskappe van Ongeluktilliet noord van Tsineng: deur P.J. Smit, 1966, Nr. Gh 1377.
- 1.3.1.16 Reivilo, distrik Vryburg, hidrologiese ondersoek: deur P.J. Smit, 1966, Nr. Gh 1357.
- 1.3.1.17 Vorderingsverslag oor toetsboordery insake ondergrondse water in Trustgebied Blok B, distrik Vryburg: deur P.J. Smit, 1967, Nr. Gh 1362.
- 1.3.1.18 Geohidrologie van Trustarea, Blok B, distrik Vryburg: deur P.J. Smit, 1967, Nr. Gh 1378.
- 1.3.1.19 Verslag oor toetsboordery in omgewing van Heuningvlei i.s. waterverskaffing aan noodweidingsgebied in Trustarea wes van Makubarante, distrik Vryburg: deur P.J. Smit, 1967, Nr. Gh 1361.
- 1.3.1.20 Geohidrologie in dolomietgebied S.O. van Kuruman met spesiale verwysing na aanvulling: deur P.J. Smit, 1970, Nr. Gh. 1537.
- 1.3.1.21 Grondwatertoestande in omgewing van Sishenmyn, distrik Postmasburg: deur P.J. Smit, 1970, Nr. Gh 1523.
- 1.3.1.22 Geohidrologiese en geofisiese ondersoek in gebied Severn-Bromley langs Mashowingrivier, distrik Kuruman: deur P.J. Smit, 1970, Nr. Gh 1517.
- 1.3.1.23 Grondwater vir huishoudelike gebruik, Mothibistad, distrik Kuruman: deur P.J. Smit, 1971, Nr. Gh 1578.
- 1.3.1.24 Voorlopige berekenings op pomptoetsgegevens van Poortjie: deur W.K. Boëhmer, 1971, Nr. Gh 1593.

- 1.3.1.25 Waterbeplanningsstreek; dolomitiese grondwaterbron, Wes-Transvaal: deur J.F. Enslin, 1971, Nr. Gh. 1757.
- 1.3.1.26 Grondwatertoestande in omgewing van Wesselsmyn, distrik Kuruman: deur P.J. Smit, 1972, Nr. Gh 1725.
- 1.3.1.27 Wes-Transvaal en Noord-Kaap Waterbeplanningsstreek, geologie, fonteine en myne in opvanggebied; deur T.S. Kok, 1972, Nr. Gh 1758.
- 1.3.1.28 Grondwater in die Moloporivier - opvanggebied: deur P.J. Smit, 1972, Nr. Gh 1790.
- 1.3.1.29 Grondwaterontwikkeling op Polfontein 4710 en De Hoop 5110, distrik Lichtenburg: deur M.J. Steyn, 1973, Nr. Gh 1870.
- 1.3.1.30 Hydrogeology of the vicinity of the farm Pomfret, Vryburg District: deur L. Gombar, 1973, Nr. Gh 2910.
- 1.3.1.31 The underground flow on farm Poortjie, Kuruman District: deur L. Gombar, 1973, Nr. Gh 1973.
- 1.3.1.32 Moloporivier; watervlakmetings in opvanggebied: deur P.J. Smit, 1974, Nr. Gh 1896.
- 1.3.1.33 Preliminary survey of groundwater resources in the vicinity of Mafeking with special reference to Montshina Bantu Township: deur C.D.M. Campbell, 1974, Nr. Gh 1898.
- 1.3.1.34 Groundwater recharge on the dolomite of the Ghaap Plateau near Kuruman in the Northern Cape: deur P.J. Smit, 1975, Nr. Gh 2829.

1.3.2 Komiteeverslae

- 1.3.2.1 Die fisiografie, klimaat, waterbronne, verkeer en toeristepotensiaal van Noord-Kaapland: deur 'n Hulpkomitee van die Beplanningsadviesraad van die Eerste Minister, 1969, vol. VII, Noord-Kaapland-Streekstudie.
- 1.3.2.2 Vraag na en aanbod van water in die Wes-Transvaal en Postmasburg-Mafekinggebied tot die jaartal 2000: deur die Waterbeplanningskomitee vir Wes-Transvaal van die Minister van Waterwese, 1975.

1.3.2.3 Die huidige en toekomstige waterverbruik ten opsigte van Plaaslike Besture, Kragstasies, Myne, Nywerhede en Spoorweë in die Republiek: deur 'n Hulpkomitee van die Beplanningsadviesraad van die Eerste Minister, 1967, Vol. V, Noord-Kaapland-Streekstudie.

1.3.3 Publikasies

Die volgende publikasies behandel grondwater in die betrokke gebied baie algemeen.

1.3.3.1 'n Geochemiese opname van die grondwatervoorrade van die Unie van Suid-Afrika: deur C.W. Bond, 1947, Memorie Nr. 41, Geol. Opname.

1.3.3.2 The waterbearing properties of the more important geological formations in the Union of South Africa: deur H.F. Frommurze, 1937, Memorie Nr. 34, Geol. Survey.

1.3.3.3 Grondwater in rivierbeddings in Suid-Afrika: deur J.F. Enslin 1971, S.A. Journal of Science, Vol. 67 (3).

1.4 Doel van Studie

Die doel van die studie is hoofsaaklik om die voorkoms en potensiaal van grondwater in die opvanggebied van die Moloporivier te bepaal. Om hierdie doel te bereik is die volgende aspekte wat in die gedrang kom ondersoek.

1.4.1 Algemene geologie: verspreiding en litologie van die verskillende geologiese formasies wat in die gebied dagsoom en wat onder die sandbedekking voorkom.

1.4.2 Waterdraende formasies in die dele wat met sand bedek is.

1.4.3 Die voorkoms van grondwater in die verskillende geologiese formasies.

1.4.4 Statistiese ontleding van resultate van waterboorgate in die verskillende formasies.

- 1.4.5 Grondwaterbeweging en kompartementering.
- 1.4.6 Grondwateraanvulling.
- 1.4.7 Gedrag van die grondwatervlak.
- 1.4.8 Grondwatertemperature.
- 1.4.9 Chemie van grondwater en geologiese verwantskap.
- 1.4.10 Kwaliteit van grondwater met betrekking tot bruikbaarheid.
- 1.4.11 Grondwaterverbruik en grondwaterverliese.
- 1.4.12 Evaluasie van grondwaterpotensiaal.
- 1.4.13 Probleemgebiede.
- 1.4.14 Toekomstige grondwaterontwikkeling en benutting.

1.5 Omvang van veldondersoeke

Baie gegewens is oor die jare 1958-1970 versamel tydens roetine-ondersoeke vir boorplekaanwysings en ander spesiale ondersoeke na die voorkoms van grondwater in sekere areas. Die meeste van die beplande veldopnames is egter in 1970 gedoen deur personeel van die Kurumankantoor van die Geologiese Opname. Die persone wat die veldwerk gedoen het en die betrokke areas word **op Figuur 1** aangegee.

Die veldondersoeke het die volgende behels.

- 1.5.1 Alle boorgate is opgespoor en die lokaliteite op kaart geplaas. Staatsboorgate is gekontroleer met bestaande boorgatstate van die Departement van Waterwese en geohidrologiese data van privaatboorgate is waar moontlik van die eienaar verkry.
- 1.5.2 Bekhoogtes van boorgate is met behulp van barometers relatief tot bakens en kolhoogtes bepaal.
- 1.5.3 Die temperatuur van boorgatwater is waar moontlik gemeet.
- 1.5.4 Watermonsters is waar moontlik geneem in putte, boorgate en fonteine vir die bepaling van geleidingsvermoë (vir totale opgeloste stowwe) en vir chemiese ontledings.
- 1.5.5 Opnames van waterverbruik deur mynmaatskappye, spoorwegstasies en dorpe.
- 1.5.6 Periodieke meting van watervlakke in sekere gekose boorgate.

- 1.5.7 Opnames van fonteine en meet van vloei waar moontlik.
- 1.5.8 Volgens onderlinge reëling is boorsels van staatsgate in die gebied deur Boorinspekteurs van die Departement van Waterwese aan die Geologiese Opname te Kuruman gestuur. Die boorsels van 718 boorgate in die betrokke gebied is op hierdie manier ondersoek.
- 1.5.9 Volledige geohidrologiese gegewens is op spesiale datakaarte saamgevat vir elke individuele plaas. Hierdie gegewens is beskikbaar by die Geohidrologiese Afdeling van die Departement van Waterwese. Die plaasindeling word aangegee op Figuur 2.

1.6 Erkennings

Waardering en dank word jeens die volgende persone en instansies getuig.

Die Direkteur van die Geologiese Opname vir toestemming om die gegewens vir die doel van nagraadse studies te gebruik.

Amptenare van die Departement van Bantoeadministrasie en -ontwikkeling se kantore by Ganyese, Mafeking en Kuruman vir die verskaffing van statistiese gegewens oor veegetalle en bevolking in Tuislandgebiede en gegewens oor boorgate.

Verskillende mynmaatskappye in die gebied vir hulle bereidwilligheid om gegewens oor waterverbruik te verskaf en toestemming om die kerns en boorsels van sekere prospekteerboorgate te besigtig.

Boorinspekteurs en Boormanne van die Waterboorafdeling van die Departement van Waterwese vir boorsels wat vir jare aan die Geologiese Opname, Kuruman gestuur is vir geologiese ondersoek. Hierdie gegewens het 'n baie groot bydrae gelewer tot 'n kennis van die geologie onder die sandbedekking.

Die boere vir hulle vriendelikheid en hulpvaardigheid teenoor myself en ander lede van die Geologiese Opname tydens die veldwerk.

Kollegas van die Kurumankantoor gedurende die jare 1961-1973 wat almal een of ander tyd te doen gehad het met grondwater, hetsy boorplekaanwysings, watervlakmetings of boorgatopnames.

Personeel van die Tekenkantoor van die Geologiese Opname wat in hulle vry tyd gehelp het met die finalisering van die teksfigure.

Laaste maar nie die minste nie, my vrou wat dikwels vir lang tye die ongerief van komplewe moes verduur sowel as by tye humeurigheid van my kant tydens die opskryf van die werk.

2. FISIOGRAFIE

2.1 Ligging, dreinering en topografie

Die gebied is 'n deel van die opvanggebied van die Moloporivier en strek vanaf die hoogliggende gebied oos van Mafeking, weswaarts, tot regoor die Korannaberg. (kyk Fig. 3). Dit sluit dele van die distrikte Marico, Lichtenburg, Mafeking, Postmasburg, Kuruman en Vryburg sowel as groot dele van die Tuisland Bophuthatswana in. (kyk Fig. 4).

Die waterskeiding is op 'n hoogte van ongeveer 1 490 m oos van Mafeking, ongeveer op 1430 m NW van Vryburg en op 1 490 m suidoos van Kuruman. In die Kurumanberge en in die Langberge styg dit tot 1 800 m of meer. Verder noord in die Korannaberg daal die waterskeiding na 1 220 m. Die laagste punt in die Moloporivier is ongeveer op 980 m langs die wesgrens van die gebied. Die gradiënt van die Moloporivier oor die afstand van ongeveer 400 km in die gebied is 0,8 m/km.

Suidoos van die Molopo-opvanggebied is die dreinasië na die Dros Hartsrivier en suidwes daarvan is dit na die Matsaploop wat beide sytakke van die dreinasiëstelsel van die Oranjerivier is.

Die totale oppervlakte is 58 153 km² waarvan die Tuisland Bophuthatswana 19 983 km² of 34 persent, beslaan.

Daar is geen standhoudende riviere of spruite nie. Die belangrikste sylope van die Moloporivier is die Ramatlabamaspruit, die Setlagolerivier en die Khudunkwe-, Disipi-, Ganyesa-, Phepani-, Tlakgameng- en Matlapinglaagtes.

Die ander belangrike dreinasië is die van die Kurumanrivier met sytakke die Kgokgolelaagte, en die Moshaweng-, Matlhwarung- en die Gamogarrivier. Die Kurumanrivier sluit verder wes, buite die betrokke gebied, by die Moloporivier aan.

Die noordelike en oostelike dele van die gebied is baie plat. Rantjies word egter aangetref in die bolope van die Moshawengrivier in die omgewing van Bothithong (8 I).* (* Verwysing op betrokke kaart). Die Kurumanberge wat 'n baie prominente reeks heuwels in die suide vorm word al minder prominent noordwaarts en verdwyn as enkele los koppies in die gebied oos van Pomfret (16 I).

Die Gamogarrant (2 F) strek noordwaarts tot sover as Sishen waar dit onder die sand verdwyn.

Die Langberge wat 'n hoogte van oor die 3 000 m bereik in die omgewing van Olifantshoek, word noordwaarts al minder prominent. In die omgewing van Dedebe in die Korannaberg vorm die reeks nog net lae verspreide koppe wat verder noord van Sonstraal onder die sand verdwyn.

Panne word gewoonlik aangetref op die waterskeiding langs die suidoostelike grens asook op die dolomiet noordwes van Morokweng (14 I) en langs 'n noordoos strook in die Kalahari noordoos van Vorstershoop (15 E).

2.2 Afloop

Die Kurumanrivier vloei periodiek as gevolg van vloedwater van die Matlhwaring- en Moshawengriviere. Die Matlhwaringrivier vloei omtrent elke jaar vir kort afstande maar vloedwater bereik die aansluiting met die Moshawengrivier (15 B) moontlik net elke 20 jaar. Die Matlhwaring het as gevolg van gereelde vloede en etlike fonteine, standhoudende poele water in sy bolope gehad voor 1964. Gedurende hierdie periode is hengellisensies deur die lokale Bantoesake-kommissaris te Kuruman uitgereik aan persone om in die rivier te gaan visvang! As gevolg van die swak reënjare na 1964 het die rivier minder gereeld geloop en het die poele en fonteine heeltemal opgedroog teen 1973.

Die vloedwater van die Moshawengrivier bereik Severn omtrent alom die derde jaar en het dit tussen 1960 en 1974 reeds 5 keer gebeur. Dit bereik die aansluiting by die Kurumanrivier omtrent elke 6-7 jaar en het dit tussen 1960 en 1974 net twee keer gebeur. Dit het beide kere tot by Vanzylsrus gevloei hoewel dit in 1974 tot in die Molopo gevloei het. Beide die Matlhwaring en Moshaweng se vloede hang af van die intensiteit en frekwensie van individuele buie in die opvanggebiede. Die Kurumanrivier bokant Tsineng vloei nooit, nogtans het dit wel in 1974 gebeur toe die reënval die hoogste in menseheugenis was (gemeet by Kuruman).

Die Gamogarrivier het in die afgelope 20 jaar of meer net in 1974 tot by die samevloeiing van die Kurumanrivier gevloei. Die reënval in die opvanggebied was in die betrokke jaar meer as 2 keer bokant die gemiddeld en ook die hoogste sedert 1917 (gemeet by Khosis). Die rivier vloei egter oor kort afstande, soos ander riviere indien 100 mm of meer lokaal in die rivier uitsak.

Die Moloporivier (Smit, 1974) vloei ongeveer elke 2 de jaar tot by Blackheath (16 L) as gevolg van swaar reëns in die opvanggebied van die Moloporivier self by Mafeking, of in die van die Ramatlabamaspruit of die Selagolerivier. Die vloedwater bereik Kirstonia ongeveer elke 3 jaar en Watersend (17 C) elke 5 jaar. Die water het sover vasgestel kon word net in 1870 en 1967 tot by Idaho (15 C) geloop.

Die Khudunkwe-, Ganyesa-, Phepani- en Kgokgolelaagtes vloei nooit aangesien hulle almal in sandbedekte dele ontspring en eintlik fossiellope verteenwoordig. Die riviere of spruite wat gereeld of met tussenposes afkom ontspring almal in gebiede waar die gesteentes redelik goed blootgelê is.

Dit is vasgestel (Smit, 1974) dat die jare wanneer die Moloporivier afkom, saamval met jare van bo-gemiddelde reënval in die opvanggebiede. Die gemiddelde afloop van die Moloporivier bereken as 'n gemiddelde jaarlikse syfer is ongeveer $11 \times 10^6 \text{ m}^3$. Die totale volume wat oor 'n betrokke seisoen vloei beloop ongeveer 1,5 persent van wat die reënval van die seisoen bokant die langtermyn gemiddeld is. Hierdie orde van afloop sal moontlik ook geldig wees vir die Matlhwaring- en Moshawengriviere wat die Kurumanrivier voed en wat saam baie kleiner opvanggebiede het as die Bo-Moloporivier.

Die afloop wat by tye plaasvind verteenwoordig in elk geval net lokale afloop aangesien dit verder af in die rivierbedding wegsak en nooit die betrokke opvanggebied verlaat nie.

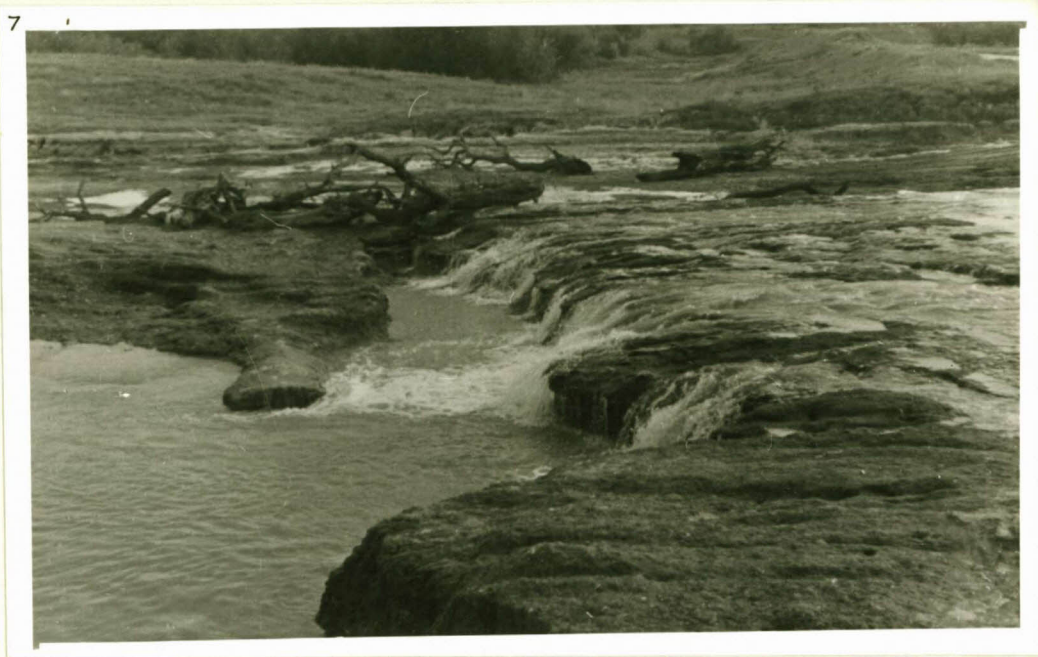


Foto 7. - Moloporivier, Blackheath, Maart 1974:
vloei $109 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$

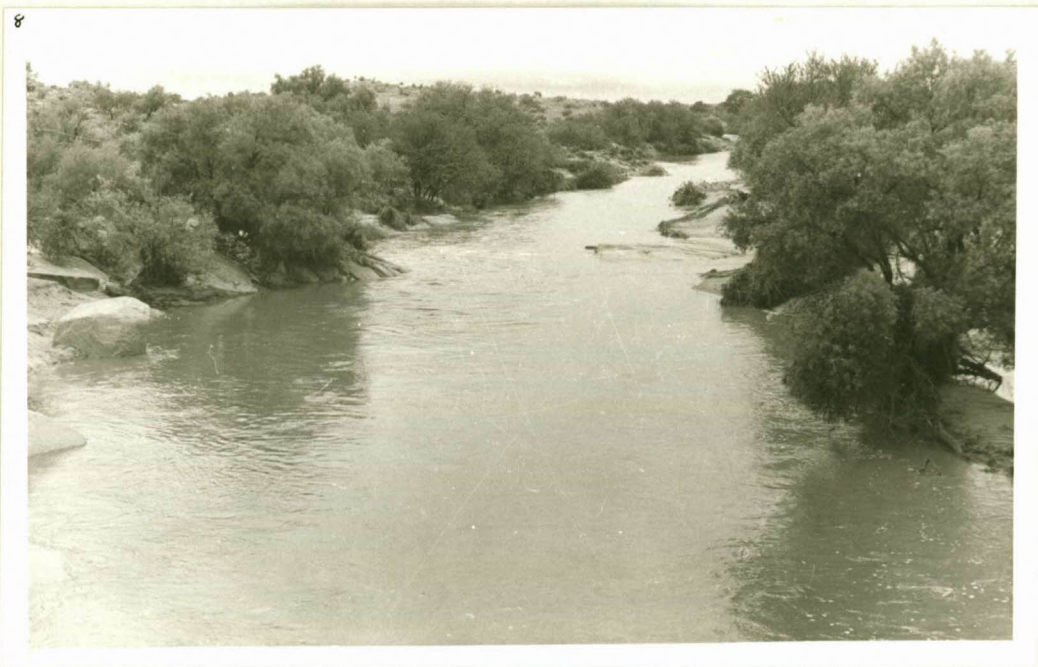


Foto 8. - Moshawengrivier in vloed, Battle Mount, 17 Maart 1974.

2.3 Geomorfologie

Die gebied kan in vier geomorfologiese streke verdeel word soos aangedui op Figuur 5. (Hulpkomitee, 1969, Fig. 3, pp. 9) (Van Eeden, 1972).

Die hoogliggende gebied langs die suidoostelike waterskeiding tussen Mafeking en Lykso vorm deel van die Hoëveld op 'n hoogte van tussen 1 220 en 1 460 m bo seevlak.

Die dolomietgebied tussen Kuruman, Lykso en Tsineng is deel van die Ghaapplate wat geleidelik noordwaarts daal vanaf 1 490 m tot 1 160 m.

Die gebied tussen die Korannaberg, Langberge en Kurumanberge waar die geplooides geologiese formasies dagsom vorm die Griekwaplooiestreek.

Die orige sandbedekte dele verder noord vorm die welbekende Kalahari wat 75 persent van die betrokke opvanggebied beslaan.

Hierdie gebied is baie plat maar daal in werklikheid vanaf ongeveer 1 190 m stadig na die vlak van die Moloporivier en Kurumanrivier op 980 m in die weste. Die enigste onderbreking in die algemene gelyk sandwêreld is die heuwelagtige voortsetting van die Kurumanheuwels noord van Tsineng (Rooiberge), verby Heuningvlei (Makhubungrante) en verder noord in die omgewing van Pomfret. Die dolomietgebied noord-wes van Morokweng (14 I) vorm 'n relatiewe hoë kalkkreetplate op 'n hoogte van ongeveer 1 160 m.

Die huidige topografie wat gevorm word deur die gesteentes ouer as die Kalahariformasie is moontlik baie na dieselfde landoppervlak as voor of tydens die afsetting van die Karoo-opeenvolging. Die heuwels se vorm in die omgewing van Kuruman is byvoorbeeld tipies van gletsjererosie (Smit, 1975) en verteenwoordig feitlik "roches moutonnées" op grootskaal (Truter et al, 1938). Tekens van gletsjerwerking is ook sigbaar op die heuwels om Sishen. Die gebied was wel bedek met Karoosedimente soos blyk uit verspreide voorkomste van Dwykaskalie wat by Kuruman, Tsineng, Matchel (9 D) en in die gebied oos van Heuningvlei raakgeboor is onder die Kalahariformasie. Die berge was moontlik nie bedek nie en in die laer dele is die Dwykasedimente weggevoer tot op die voor-Karoolak. Hierdie vlak het

m.a.w. sedert voor-Karootye nie veel verander nie, selfs nie eers tydens die Afrikasiklus of later nie. Die ou topografie weg van die berge is vandag bedek deur die Kalahariformasie van Tersiere tot Resente ouderdom.

Die bekende riviere soos die Kuruman en die Molopo se lope is deur die kalkreet onder die eoliese sand gekerf en is dus jonger as die kalkreet. Die feit dat die riviere hulle lope oopgehou het tydens die verspreiding van die waaisand bewys dat hulle ook jonger as die sand is.

2.4 Verbindingsroetes (Fig. 6)

Die enigste spoorverbindings in die gebied is die hoofspoorlyn na die noorde deur Mafeking, 'n verbinding tussen Mafeking en Zeerust en tussen Hotazel en Kimberley in die suide.

Teerpaale kruis die gebied tussen Vryburg en Upington deur Kuruman, Sishen en Olifantshoek, asook vanaf Vryburg noordwaarts deur Mafeking. Teerpaale verbind ook Mafeking met Zeerust en Lichtenburg, en Kuruman en Sishen met Kimberley. Die pad tussen Vryburg en Tosca in die noorde is vir 'n gedeelte geteer.

Die hele gebied is egter goed deurkruis met gruispaaie wat deur die Padmotorvervoerdienste van die Spoorweë gebruik word om die hele gebied te bedien. Talle ander grondpaaie verskaf verdere verbindingsroetes.

2.5 Klimaat

Schulze (1947 bl. 32) het aangedui dat die klimaat volgens die klassifikasie van Köppen (Schulze, 1947, plate 1) wat temperatuur en reënval as basis gebruik aried is, maar volgens die klassifikasie van Thornthwaite wat plantegroei as 'n faktor inbring is dit semi-aried. (Schulze, 1947, plate II). Thornthwaite se klassifikasie (Thornthwaite, 1948) berus op die formule.

$$\begin{aligned} I_m &= \frac{100 - 60d}{n} \text{ waar} \\ n &= \text{waterbehoefte} \\ s &= \text{watersurplus} \\ d &= \text{watertekort} \\ \text{en } I_m &= \text{vogindeks.} \end{aligned}$$

Die waardes van I_m het dan die volgende indeling met betrekking tot klimaat.

0	tot	-20	=	Droog - subvogtig (grasland)
-20	tot	-40	=	Semi - aried (steppe)
-40	tot	-60	=	Aried (woestyn).

Berekening van die verskillende parameters volgens die metode van Thornthwaite vir etlike van die plekke waar langtermyn meteorologiese waarnemings bestaan het die volgende waardes gegee :

Kuruman,	I_m	=	-28	=	semi-aried
Lichtenburg,	I_m	=	-13	=	Droog-subvogtig.
Mafeking,	I_m	=	-23	=	Semi-aried
Tsabong,	I_m	=	-43	=	Aried

Hiervolgens is die Hoëveld en Ghaaplatto en Kalahari semi-aried, asook moontlik die Griekwaploostreek.

Ander formules om die klimaat te bepaal is volgens Martonne en Knoche en Borzakor (Cabrera, 1955).

Martonne se formule vir die berekening van 'n klimaatindeks is

$I = \frac{\text{Jaarlikse reënval}}{\text{die gemiddelde temperatuur in } ^\circ\text{C} + 10}$, met die volgende klimaatsindeling:

$I = 0 - 5 =$ Woestyn (aried)

$I = 5 - 10 =$ Semi-woestyn (semi-aried)

$I = 10 - 20 =$ Steppe, waar droëlandboerdery moontlik is.

Volgens hierdie formule is die volgende klimaatsindeling geldig.

Tsabong, $I = 10 =$ Semi-woestyn

Postmasburg, $I = 11 =$ Steppe

Kuruman, $I = 15 =$ Steppe

Lichtenburg, $I = 14 =$ Steppe

Dikgatlhong, $I = 15 =$ Steppe

Mafeking, $I = 19 =$ Steppe.

Hiervolgens is die Hoëveld, Ghaapplato en Griekwaplooiestreek steppegebied en die Kalahari 'n semi-woestyn.

Knoche en Borzakor (Cabrera, 1955) se formule is

$$I = \frac{P}{T} \times N \quad \text{waar}$$

$I =$ Klimaatsindeks

$P =$ Maandelikse reënval

$T =$ Gemiddelde temperatuur

$N =$ Aantal reëndae

Die klimaatindeling is as volg:

$I = 0 - 0,5 =$ Baie aried

$I = 0,6 - 1,0 =$ Erg aried

$I = 1,1 - 1,5 =$ Gewoon aried

$I = 1,6 - 2,0 =$ Matig aried

$I = 2,1 - 3,0 =$ Droog - subvogtig.

Volgens hierdie formule is die volgende indeling geldig:

Tsabong, $I = 1,1 =$ Gewoon aried

Postmasburg, $I = 1,1 =$ Gewoon aried

Dikgatlhong, $I = 1,9 =$ Matig aried

Kuruman, $I = 2,1 =$ Droog tot subvogtig

Lichtenburg, $I = 6,0 =$ Droog tot subvogtig

Mafeking, $I = 3,4 =$ Droog tot subvogtig

Hiervolgens is die Hoëveld en die Ghaapplate droog-subvogtig en die orige dele aried tot semi-ariëd.

Blair (Cabrera, 1955) klassifiseer klimaat op die basis van die jaarlikse reënval met die volgende indeling.

0	-	250 mm	=	Ariëd
250	-	500 mm	=	Semi-ariëd
500	-	1000 mm	=	Subvogtig.

Uit die verskillende klassifikasies en formules kan die klimaat moontlik die beste opgesom word deur te sê dat die Hoëveldgebied oos van Mafeking met 'n reënval meer as 500 mm per jaar moontlik 'n sub-vogtige klimaat het en as steppe - of graslandgebied geklassifiseer kan word. Die Hoëveld en Ghaapplategebied met 'n reënval van meer as 400 mm per jaar (Kyk Fig. 5) het 'n semi-ariëde klimaat en vorm hoofsaaklik steppegebied. In hierdie gebied word droëlandboerdery beoefen. Die Griekwaplooiestreek, deel van die Ghaapplate en die Kalahari het ook 'n semi-ariëde klimaat maar geen droëlandboerdery is in hierdie deel moontlik nie.

2.6 Reënval

Die reënval neem geleidelik af in 'n westelike rigting (Waterwese, 1965) (Kyk Fig. 5) vanaf meer as 500 mm in die ooste tot minder as 300 mm per jaar in die weste.

Die reënval gedurende die somermaande (Weerburo, 1965) met 'n maksimum gedurende die maande Desember, Januarie, Februarie en Maart soos geïllustreer deur die reënval by 'n paar van die belangrikste meetstasies in die gebied (Kyk Fig. 7). Na Maart neem die reënval oral baie vinnig af. Junie, Julie, Augustus en September is gewoonlik droë maande met 'n reënval van selde meer as 10 mm.

Die reënval wissel tussen ± 50 mm per maand in die noordooste (Mafekinggebied), ± 37 mm in die suide (Kurumangebied) en 23 mm in die noordweste (Vanzylsrusgebied).

Die reënval by individuele plekke is uiters veranderlik en om 'n beter idee van die reënval in 'n gebied te kry het die Weerburo die Streeksreënval oor die hele land bereken op die basis van reënval-distrikte (Weerburo, 1960). Reënvaldistrikte 17 en 19 het betrekking op die Molopogebied, nl. distrik 19 op die westelike deel en distrik 17 op die oostelike deel. Hierdie reënvalsyfers kan derhalwe gebruik

word om die reënvalpatroon in die gebied te ontleed.

Die kumulatiewe verskil tussen die jaarlikse reënval en die langtermyn-gemiddeld is 'n goeie metode om die variasies in die reënvalpatroon te illustreer. Genoemde gegewens met toevoegings vir volledigheid is op hierdie manier verwerk en geplot as kumulatiewe afwykingskurwes (KA - kurwes) vir die twee distrikte oor die tydperk 1906 - 1965 (Kyk Fig. 8).

Daar is duidelik 'n sikliese patroon in die reënval oor die jare. Eerstens is daar 'n 50 - jaar siklus (48 - 52 jaar), 'n 17-jaar siklus (13-20 jaar) en 'n 6-jaar siklus (4-10 jaar). Aangesien die kurwes gekonstrueer is op die basis van 'n jaarlikse reënval sal die normale jaarlikse siklus te wyte aan die seisoene nie sigbaar wees nie. Die maksimum van die 50-jaar siklus was blykbaar in die jare 1910 - 1920 en 1960 - 1970.

Temperley (1973) het die gegewens vir al die reënvaldistrikte in die Republiek op hierdie metode ontleed en het soortgelyke siklusse herken, nl. van ± 50 , ± 20 en ± 5 jaar.

Die kumulatiewe afwykingskurwes vir Mafeking- en Khosisreënvalstasies is ook saamgestel vir vergelyking met die distrikskurwes en om terselfdertyd die reënval na 1965 in te sluit. (Kyk Fig. 9). Hierdie kurwes dui ook die verskillende siklusse aan. Die maksimum van die 50-jaar siklus was moontlik tussen 1965 en 1975. Die goeie reëns sedert 1974 vorm deel van 'n 17-jaar siklus wat moontlik nog tot 1980 - 1981 kan duur.

2.7 Temperatuur

Die gebied het tipiese kontinentale temperatuursveranderinge, nl. warm dae, koel nagte en groot seisoensvariasies soos gesien kan word aan die maandelikse temperatuurvariasies (Weerburo, 1954), by 'n aantal van die weerstasies (Kyk Fig. 10 en Fig. 5).

Die warmste maande is Desember, Januarie en Februarie en die koelste maande is Junie en Julie. Die Hoëveld- en Ghaapplatogebied is effe koeler as die res van die gebied. Die maksimum en minimum vir somertemperature by Mafeking, Kuruman en Olifantshoek varieer ongeveer tussen 17° en 32° . In die res van die gebied (by Tsabong en Dikgatlong) is die variasie tussen 19° en 34° . Die wintertemperature by Mafeking, Kuruman en Olifantshoek varieer soortgelyk tussen $18-20^{\circ}$ en $0-2^{\circ}$ maar tussen $22-24^{\circ}$ en $1-2^{\circ}$ by Dikgatlong en Tsabong (14A).

2.8 Verdamping

Die verdamping wissel tussen meer as 2 000 mm in die ooste tot ongeveer 2 400 mm in die weste. (Kyk Fig. 5). (Besproeiing, 1948).

2.9 Ekologie

Die Hoëveld en die Ghaapplate (kyk Fig. 5) is redelike plat wêreld bestaande uit oop grasvlaktes met konsentrasies van bome en struik soos Soetdoring (*Acacia karroo*), Rosyntjiebos (*Gervia flava*), Vaalbos (*Tarchonanthus camphoratus*) en Trassiebos (*Acacia hebaklava*) in die leegtes en as bosstrepe op dolerietgange of "are".

Witgatboom (*Boschia albitrunca*) kom algemeen voor in die Kalahari, vernameelik waar kalkkreet vlak onder die sand aangetref word.

Olien (*Olea africana*) word hoofsaaklik aangetref op die kalkkreet langs die waterskeiding S.O. van Kuruman.

Swarthaak (*Acacia detinens*), Haak-en-Steek (*Acacia spirocarpiodes*) en Wildegranaat (*Rhigozum oboratum*) kom algemeen voor teen die puinhange aan die voet van die Kurumanberge, Rooirante, Makhubungrante en in die Pomfretgebied. Swarthaak is ook baie volop op die dolomiet noordwes van Morokweng en noord van Sishen, vernameelik waar kalkkreet aanwesig is. Vaalbos is ook baie lief om op die puinagtige chertgrond van die Ghaapplate en Gathlose sowel as op die vlak sandgrond op die lawa wes van Kuruman te groei. Karee (*Rhus lancea*) is volop op die dolomiet suidoos van Kuruman en oos van Mafeking.

Kameeldoorn (*Acacia giraffae*) wat feitlik die karakter van die Kalahari verteenwoordig kom vry oral in die gebied voor en verkies gewoonlik goedgedreineerde grond.

Geelhout (*Combretum erythrophyllum*) kom algemeen voor in die noordelike Kalahari maar word in die suide gewoonlik op kolle baie los sand aangetref.

Die Kalahari is gewoonlik dig bebos met Kameeldoorn, Soetdoring, Swarthaak, Haak-en-Steek, Blinkblaar (*Zisiphus mukrunata*), Rosyntjiebos, Geelhout, Trassiebos, en Driedoring (*Rhigozum trichetomum*). Driedoring is veral lief om in of aan die kante van fossielpanne in die noordwestelike deel van die Kalahari te groei.

Gedurende droogtetye word Driedoring, Haak-en-Steek, Swarthaak, en Witgat gebruik as voer vir vee, deur die takke deur 'n hamermeul te plaas. Versamelvoëlneeste word soms ook vir hierdie doel gebruik,

Witgatbome word soms net omgedruk sodat die vee die groen takke kan bykom.

Dele van die Kalahari bestaan net uit grasvlaktes met relatief min bome soos in die gebied tussen die Phepanileegte en die Kgokgoleleegte ten ooste van Heuningvlei.

Enkele fossielduine kom in die Korannaberg voor en in die heel westelike deel van die gebied. Die duine is gewoonlik begroei met Langbeenboesmangras (*Stipagrostis ciliata*) en Duineriet (*Elegea juncea*) en is altyd noordwes georiënteerd.

Grondboontjies, mielies en sorghum word plek-plek bebou in die Kalahari wes van die 400mm reënvalkontoer (kyk Fig. 5). Op die Hoëveld oos van Mafeking word op groot skaal met mielies geboer, vernaamlik op die dolomiet noordwes van Lichtenburg waar ook soms intensief besproei word uit fonteine en boorgate.

Bersproeiing in die hele gebied gebruik omtrent 24 persent van die totale waterverbruik teenoor 57 persent vir veeboerdery. Veeboerdery verskaf statisties 90 persent van die inkomstes (Landbou-Tegniese Dienste, 1966).

Veeboerdery word alreeds so intensief beoefen dat die digtheid van die veegetalle 6,5 grootvee-eenhede (G.V.E.) per hektaar bedra. Volgens die Department van Landbou-Tegniese Dienste (1966, bl. 65) word die drakrag van natuurlike weiding gereken as 8 ha/G.V.E. in die oostelike dele, 10 ha/G.V.E. in die middelste dele en 12 ha/G.V.E. in die westelike dele. (Vir hierdie doel is 1 ha geneem as ongeveer 1 morg.). Die volle potensiaal van die natuurlike weiding word m.a.w. alreeds benut en daar is nie meer ruimte vir uitbreiding van die veepopulasie op natuurlike weiding nie.



Foto 9. - Grasvlaktes op die Ghaapplato met bome op dolerietgange, s.g. "are".



Foto 10. - Olienbome (*Olea africana*) op kalkreetvlaktes suidoos van Kuruman.



Foto 11. - Swarthaakbome (*Acacia detinens*) op kalkreetvlakte in Morokwenreservaat.



Foto 12. - Kameeldoringbome (*Acacia giraffae*) langs Moloporivier, Kirstonia.

13



Foto 13. - Geelhoutbome (*Combretum erythrophyllum*) in Kalahari noord van Piet Plessis.

14



Foto 14. - Landskap in noordelike Kalahari naby Kirstonia.



Foto 15. - Landskap in Blok B oos van Heuningvlei.

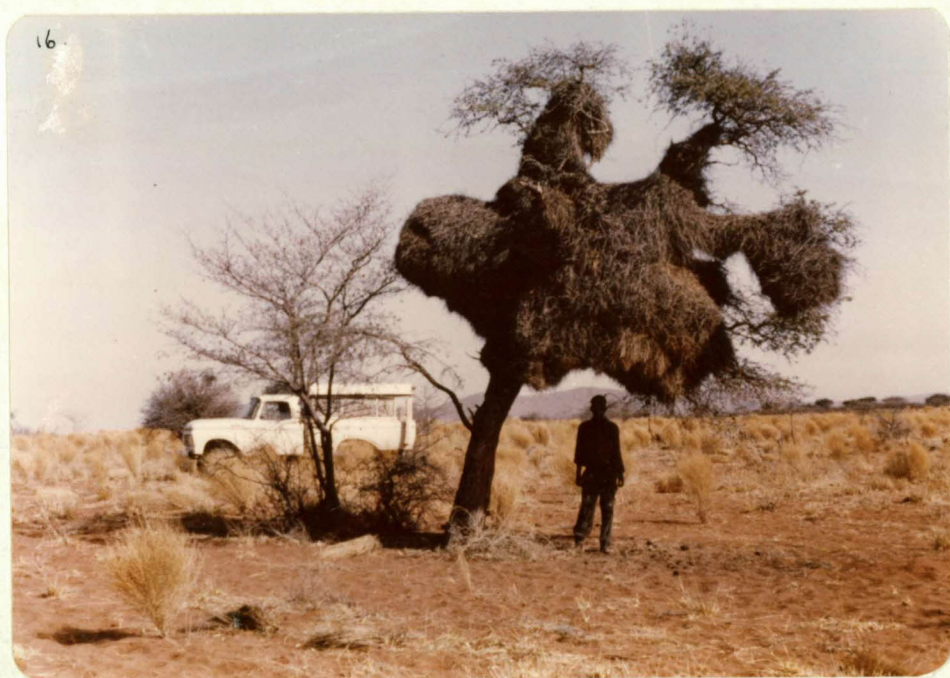


Foto 16. - Versamelvoëlnes in kameeldoringboom, Korannaberg.



Foto 17. - Grasvlaktes noordoos van Heuningvlei.



Foto 18. - Landskap langs Moloporivier naby Kirstonia.

3. GEOLOGIE

3.1 Algemeen

Die geologie word op Figuur 11 aangedui. Dagsome beslaan naastenby 25 persent van die oppervlakte van die gebied terwyl die res bedek is met sand, kalkkreet en puin.

Dagsome word hoofsaaklik aangetref in die hoër liggende gebiede van die noordoostelike dele, al langs die suidoostelike waterskeiding en in die suidwestelike dele wat taamlik bergagtig is. Die geologiese formasies word in die onderstaande tabel (Tabel 1) aangegee.

Tabel 1.- Geologiese indeling

Litologie	Litostratigrafiese indeling		Tyd
	Formasie	Groepindeling	
Alluvium, terrasafsettings en puin	-	-	Resent
Eoliese sand	Kalahari	-	Resent
Sandsteen, klei, gruis, kalkkreet en silkkreet	Kalahari	-	Tersiër
Skalie, moddersteen en tilliet	Dwyka	Supergroep Karoo	Karboon
Kwartsiet	Matsap	Groep	Mogolium
Lawa, tuf en kwartsiet	Hartley	Olifantshoek	Vaalium
Skalie, kwartsiet, dolomiet en lawa (Gebande jaspis)†, lawa, chert, jaspiliet en dolomiet	Lucknow		
Lawa en rooi jaspis	Ongeluk	Groep	
Tilliet, grint, grouwakke, jaspiliet, dolomiet en sliestein	Makganyene	Postmasburg	
Kwartsiet, skalie en konglomeraat (Jaspiliet en massiewe tot dikgebande jaspis)'	Gamagara		
Dolomiet, chert en kalksteen	Asbesberge	Groep Griekwastad	
Dolomiet, skalie en sandsteen	Ghaapplato*	Groep Campbell	
Kwartsiet, konglomeraat, skalie en arkoos	Schmidtsdrif		
Lawa	Vryburg		
Skalie, lawa en porfiere	Allanridge	Supergroep Ventersdorp	
Graniet	Soetlief		Randium
Jaspiliet, lawa, skis, kwartsiet en dolomiet	-	-	Swazium
	Kraaipan	-	

* Subgroep Malmani in gebied Lichtenburg.

† Hierdie gesteente word in die res van die teks gerieflikheidshalwe na verwys as jaspiliet.

Die Formasie Dwyka is net op een plek in die gebied blootgelê, nl. in 'n groef suidoos van Kuruman waar die moddersteen gebruik is vir die maak van bakstene. In die res van die gebied is dit net bekend in boorgate.

Die Kalaharilae onder die waaisand is net in die walle van riviere sigbaar en dan is dit net die boonste lae soos die kalkreet en soms die sandsteen en klei. Die dieper lae is net uit boorgate bekend.

Die geologie soos aangedui op Figuur 11 is 'n veralgemening van bestaande geologiese kartering. Die oorsprong van die geologiese gegewens waarop die kaart gebaseer is word in Figuur 12 aangedui.

Duidelike lineasies, algemeen in die dagsoomgebiede, is so talryk dat dit nie op Figuur 11 aangedui is nie. Die meeste van die lineasies verteenwoordig moontlik dolerietgange en in enkele gevalle ander basiese gange.

3.2 Formasie Kraaipan

Die Formasie kom hoofsaaklik voor in die noordooste van die gebied in drie noordstrekkende sones, wat dagsoom by Phitshane (16 Q) en Kraaipan (13 R), Mosita (13 P) en Madiba (14 S). Klein dagsome kom ook voor op die plaas Melrose (9 G) op die Moshawengrivier. Hierdie is die oudste gesteentes in die gebied en die Du Graniet is daarin intrusief (Truter, 1939)(Malherbe 1973). Die voorkomstes verteenwoordig oorblyfsels wat in die graniet vasgevang is. By Phitshane bestaan die gesteentes hoofsaaklik uit magnetiet-, hematiet-, en kwartsskis asook chert, jaspiliet en diabaas (Smit, 1963). By Madiba is die gesteentes hoofsaaklik uit magnetietkwartsiet, serisietskis, kwartsskis en chlorietskis. In die Kraaipangebied is dit hoofsaaklik jaspiliet, mikaskis, serisietskis, kwarts-chlorietskis, dolomiet, chert en lawa (Malherbe, 1973). Op Melrose is dit filliet, amfiboliet en jaspiliet. Die hele opeenvolging is ongeveer 1 100 m dik in die Kraaipangebied.

Filliet en veranderde lawa is ook raakgeboor in Blok B oos van Heuningvlei.

3.3 Ou Graniet

Dagsome is baie skaars. Die beste blootleggings is langs die Moshawengrivier in die omgewing van Battle Mount (8 I) en langs die Ramatlabamaspruit (Hall and Humphrey 1910) noord van Mafeking. Verspreide dagsome kom voor in die bolope van die Kgokgoleleegte en die sytakke van die Moloporivier in die gebied tussen Ganyesa en Mafeking. Enkele dagsome kom in die omgewing van Morokweng voor (14 J).

Die graniet is gewoonlik middelkorrelrig, wit, gryserig, rooierig of groenerig van kleur en bestaan gewoonlik uit kwarts, mikroklien en muskoviet. (Hall and Humphrey, 1910). Klein dagsome van 'n plagioklaasryke biotietgneis kom naby Madibogo voor en is ook in 'n paar boorgate aangetref. Lineêre strukture wat moontlik dolerietintrusies verteenwoordig kom voor maar is nie baie algemeen nie.

3.4 Formasie Soetlief

Die gesteentes dagsoom in die gebied noord van Mafeking, op die waterskeiding noordwes van Vryburg (11 N) en in die gebied suidoos van Battle Mount. In die gebied noord van Mafeking is die gesteente oorwegend kwartsporfier, suurlawa, tuuwe en vulkaniese breksies (Hall and Humphrey, 1910). Noordwes van Vryburg bestaan dit hoofsaaklik uit konglomeraat, arkoos, tuuwe, kwartsporfier en andesitiese lawa (de Wet, 1953). Suidoos van Battle Mount kom net enkele porfiritiese gange voor. Die formasie is jonger as die Ou Graniet en die Formasie Kraaipan.

3.5 Formasie Allanridge

In die suide dagsoom die gesteentes oos van Bothithong langs die Moshawengrivier (8 K). Die beste blootleggings is in die noord-oostelike deel van die gebied, noord van Stella. Die gesteente is oral 'n andesitiese, amandelsteenlawa. By Mafeking kom donkergroen, massiewe konglomeraat en grint aan die basis voor (Du Toit, 1939), wat moontlik 'n korrelaat van die Formasie Bothaville is.

In die Kraaipan - Moreetsanegebied kom saam met die lawa ook agglomeraat, tuuwe en kwartsiet voor (Malherbe, 1973). Die formasie is jonger as die Formasie Soetlief.

3.6 Formasie Vryburg

Dagsome kom net in drie lokaliteite voor, nl. in die noordoostelike gebied met 'n noord-suid strekking, in die suide by Bothithong met 'n oos-wes strekking en in die noorde naby Morokweng (14 I). Die gesteentes is oorwegend kwartsiet en skalie met ondergeskikte konglomeraat en arkoos. In die omgewing van Bothithong bestaan dit hoofsaaklik net uit kwartsiet en is ongeveer 150 m dik, terwyl dit noord van Morokweng ook net uit kwartsiet bestaan, maar net omtrent 5 m dik is. In die Mafekinggebied bestaan dit uit skalie en kwartsiet, saam ongeveer 60 m dik. (Hall and Humphrey, 1910). Die formasie lê diskordant op die ouer formasies.

3.7 Formasie Schmidtsdrif

Die formasie volg konkordant op die Formasie Vryburg en dagsoom by Lykso en verder wes, en noord van Morokweng. Die lae vorm die oorgangssone tussen die oorliggende Formasie Ghaapplato en die onderliggende Formasie Vryburg. Die gesteentes kom nie voor aan die top van die Formasie Vryburg in die Lichtenburggebied nie. In die omgewing van Bothithong bestaan die lae uit dolomiet, skalie, chert, sandsteen en plaveisteen met 'n totale dikte van omtrent 150 m. In die gebied noord van Morokweng is die formasie net tussen 3 en 10 m dik en bestaan dit uit dolomiet, sandsteen, chert en plaveisteen.

3.8 Formasie Ghaapplato

Die Formasie Ghaapplato wat hoofsaaklik uit dolomiet bestaan, dagsoom in drie gebiede, nl. in die suide op die Ghaapplato, in die noorde in die Morokwenreservaat (14H) en in die gebied suidoos van Sishen (2F). In die gebied noord van Lichtenburg is die dolomiet deel van die Subgroep Malmani en word beskou as die ekwivalent van die Formasie Ghaapplato.

In die Mafekinggebied bestaan die formasie uit grys kristallyne dolomiet, effens gemetamorfoseer en met relatief min chert in die basale deel (Hall and Humprey, 1910). Die dolomiet in die Morokwen-reservaat is ook taamlik chertvry in die basale deel. In die boonste deel is egter relatief baie chert en kalksteen kom aan die top voor. Die dikte is ongeveer 1 460 m.

In die gebied suidoos van Sishen is die dolomiet ook kristallyn in plekke en bevat dit chert; skalie en kalksteen.

Op die Ghaapplato is die basale deel van die formasie fyn-kristallyn en taamlik arm aan chert. Hierop volg 'n dun (1 m) gebande jaspilietlaag wat gevolg word deur 'n grofkristallyn dolomiet met min chert. Hoër op word hierdie sone meer chertryk met dik kalksteenlense en dun skalielae. Die totale dikte is tussen 900 en 1 600 m.

Die formasie volg konkordant op die Formasie Schmidtsdrif.

In al die verskillende gebiede is lineêre strukture wat moontlik almal dolerietgange verteenwoordig baie algemeen. Meeste van die lineêre strukture wat duidelik op lugfoto's uitwys is in werklikheid kalkrûe waarop Kameeldoorn- en Soetdoornbome by voorkeur groei. Hierdie strukture is bekend as "are". Doleriet dagsoom selde, maar word oral waar 'n boorgat reg op die rug geplaas word, wel raakgeboor.

3.9 Formasie Asbesberge

Die gesteentes is uitsluitlik massiewe en gebande jaspiliet met 'n totale dikte van ongeveer 340 m in die Kurumanomgewing, maar ongeveer 480 m in die omgewing van Heuningvlei in die noorde.

Die gesteentes vorm 'n baie prominente reeks heuwels, in die suide bekend as die Kurumanberge.

Noord van Tsineng is dit bekend as die Rooiberge wat in die omgewing van die Moshawengrivier onder die sand verdwyn. Verder noord, noord van die Kgokgolelaagte (11 D), is dit weer goed blootgelê as 'n reeks rante bekend as die Makhubungrante, wat verder noord weer onder die sand verdwyn. Nog verder noord in die omgewing van Pomfret dagsoom die gesteentes as enkele los koppies wat ooswaarts heeltemal onder die sand verdwyn.

Die helling van die gesteentes is wes in die suide maar noord en noordwes in die noorde. Talle lineêre strukture, wat volgens enkele boorgate dolerietgange is, sny deur die gesteentes. Blokverskuiwings is algemeen in die Kurumanomgewing.

Die formasie volg konkordant op die Formasie Ghaapplato en is belangrik weens die asbes wat in die jaspiliet voorkom en wat op groot skaal gemyn word.

3.10 Formasie Gamaqara

Die gesteentes het 'n beperkte verspreiding maar die formasie is belangrik weens die ekonomiese ysterertsafsettings wat daarin voorkom. Die gesteentes is hoofsaaklik kwartsiet, skalie en konglomeraat en word aangetref langs die Gamagararant en Klipheuwelrante suid en suidoos van Sishen, waar die dikte varieer tussen 70 en 290 m. Die formasie lê met 'n erosie-diskordansie op die ouer formasies.

3.11 Formasie Makqanyene

Die formasie lê met 'n regionale diskordansie op die ouer gesteentes. Die dikte is nooit meer as 70 m nie en die gesteentes is hoofsaaklik jaspiliet, grouwakke, tilliet, sandsteen, skalie, grint en dolomiet.

Dagsome is as gevolg van die relatiewe klein dikte en die feit dat die gesteentes maklik verweer, baie skaars.

Die formasie lê gewoonlik aan die voet van die weerstandbiedende Formasie Asbesberge en is gevolglik oral met bergpuin bedek.

Dagsome van die formasie word verspreid aangetref vanaf die Dimotensinklien (3 F) in die suide, al aan die westekant van die heuwels gevorm deur die Formasie Asbesberge, tot sover as die Kgokgolelaagte (12 D) noordoos van Severn. Geen dagsome is verder noord bekend nie maar die formasie is wel in boorgate raakgeboor op die plaas Exeter (13 D) wes van die Makhubungrante, op die plaas Frylinck (16 G) wes van Pomfret en ook op die plaas Duncan (16 H) noordoos van Pomfret (Smit, 1967).

3.12 Formasie Ongeluk

Dagsome kom hoofsaaklik voor in die gebied wes en suidwes van Sishen (2 D), in die Dimotensinklien (3 F) oos van Sishen en verder noord al aan die westekant van die Kurumanberge sover as Tsieneng in die Kurumanrivier. Verder noord is dagsome net bekend by Severn (11 D) langs die Moshawengrivier en 'n paar kilometer verder noord op die plaas Rockley (12 D).

Die gesteentes is uitsluitlik andesitiese lawa wat plek-plek amandeldraend is, en wat enkele lensagtige liggame bevat van chert en rooi jaspis (Truter et al, 1938). Dit lê met 'n regionale diskordansie op die ouer gesteentes. In die Dimotensinklien lê dit direk op die Formasie Makganyene maar in die omgewing van Sishen lê dit gewoonlik direk op die Formasie Gamagara.

Interpretasie van gravitasiewaarnemings toon dat die dikte van die formasie ongeveer 1 600 m in die Heuningvleigebied is (Smit, 1974a), maar omtrent 1 200 m in die Pomfretgebied (Smit, 1974b). Lineêre strukture is taamlik algemeen, vernaamlik in die gebied suidwes van Sishen.

3.13 Formasie Voelwater

Die formasie volg kondordant op die lawa van die Formasie Ongeluk en bestaan uit gebande rooi jaspis, lawa, dolomiet, bruin jaspis, chert, kalksteen, dolomiet, jaspiliet en mangaanlae. Dagsome kom in 'n beperkte gebied voor nl. in 'n nou noord-suidstreckende sone oos van Olifantshoek. Verder noord is die enigste dagsome by Black Rock (8 D) en in die Korannaberg (7 B) op die plase Nelskop, Groenwater en Bloukrans waar dit intensief geplooi en verskuif is (Smit, 1965). Die formasie is natuurlik ook sigbaar in die oop groewe op Mamatwan (6 D), Adams (6 D), Smartt (7 D), Devon (7 D) en Hotazel (7 D) waar mangaan gemyn word.

In die dagsoomgebied is die totale dikte ongeveer 226 m maar verder noord is dit tot 460 m volgens boorgatgegevens. Aan die basis is gewoonlik jaspiliet of rooi jaspis met tussengelaagde mangaanerts met dolomiet en chert hoër op.

Die formasie is belangrik weens die mangaan wat daarmee geassosieer is.

Die formasie is verder noord net bekend uit boorgate wat vir water geboor is op die plase Gravenhage en Avontuur (9 D) suidoos van die Skimmel Koppies oos van Aansluit op die Kurumanrivier, en op Leinster (12 C) noordwes van Severn.

3.14 Formasie Lucknow

Die meeste dagsome kom voor in 'n nou streek ten ooste van Olifantshoek. Dit bestaan hoofsaaklik uit skalie en tussengelaagde sandsteen, konglomeraat en lawa in die onderste deel en kwartsiet met lense van dolomiet in die boonste deel. Die formasie volg diskordant op die Formasie Voëlwater en het 'n totale dikte van tussen 1560 en 1970 m. In die gebied om Black Rock (8D) lê die formasie met 'n basale konglomeraat direk op die Formasie Ongeluk.

Enkele dagsome van skalie en kwartsiet kom voor in die Korannaberg op die plase Klipbak, Droëkloof en Mooihoek (Smit, 1965). Op Klipbak is dolomiet tussengelaagd in die kwartsiet. Verder noord is daar dagsome van wit kwartsiet op Skimmel Koppies (10 C) oos van Aansluit en op Idaho (16 C) en Koedoesdraai (18 D) in die Moloporivier.

3.15 Formasie Hartley

Die gesteentes is hoofsaaklik amandelsteenlawa, tuwwe, agglomeraat en tussengelaagde kwartsiet en 'n basale konglomeraat op plekke. Die formasie volg konkordant op die Formasie Lucknow en het 'n totale dikte van ongeveer 760 m. Die gesteentes is geplooi en dagsome kom net voor op die plase Hartley, Neylon en Olifantshoek. Die formasie is moontlik net tot die omgewing van Olifantshoek beperk aangesien dit nie in die Korannaberg op die Formasie Lucknow aanwesig is nie.

3.16 Formasie Matsap

Die gesteentes is uitsluitlik perserige, bruin en grys kwartsiet met rolsteenlagies. Die kwartsiet vertoon plek-plek kruisgelaagdheid. Die gesteentes is erg geplooi en soms oorgeplooi vanaf die weste met noord-suid plooiase. Die formasie volg konkordant op die Formasie Hartley en is ongeveer 4 000 m dik. Die gesteentes is blootgelê in die Langberge en Korannaberg maar is nie verder noord bekend nie.

3.17 Formasie Dwyka

Die formasie is net in een plek in die gebied blootgelê nl. suidoos van Kuruman in 'n groef waar dit deur wegsakking in die dolomiet bewaar gebly het. Die formasie kom egter oral onder die Formasie Kalahari voor in die gebied wes van die reeks rante wat gevorm word

deur die jaspiliet van die Formasie Asbesberge (Smit, 1974a en 1974b).

3.18 Intrusies

Gangvormige intrusies kom algemeen voor in die gebied (Kyk Fig. 13) maar dagsom selde. Die liggame is op lugfoto's sigbaar as lineêre strukture wat in die veld gewoonlik geassosieer is met strepe bome en bosse. Die strukture is net sigbaar waar die bedekking van jonger afsettings dunner as ongeveer 15 m is (kyk Fig. 13).

Waar dagsome op die dolomiet gevind is, is dit oral van doleriet. In die graniet in die omgewing van Battle Mount (9 I) is ook net dagsome van doleriet gevind. In boorgate in die graniet langs die Phepanilaagte (12 I) noordwes van Ganyesa is soms amfibolitiese gange raakgeboor. Op die Ongeluklawa wes van die Kurumanberge is in enkele gevalle op gangvormige strukture geboor wat 'n noritiese gesteente blyk te wees. (Aarpan en MacMac). Die groot gang wat noordwes-suidoos deur Sishen sny (4 D) is ook van noritiese samestelling. Hierdie gange is moontlik met die Ongeluklawa geassosieer.

Basiese gange kom voor in die Formasie Lucknow oos van Olifantshoek. Hierdie gange is gewoonlik baie dun en is moontlik geassosieer met die lawa in die Formasie Lucknow of die Formasie Hartley. In die Korannaberg op die plaas Klipbak is van hierdie gange wat duidelik nie deur die oorliggende Formasie Matsap sny nie.

In die grootste deel van die gebied is die lineêre strukture heel moontlik in die meeste gevalle dolerietgange.

Die digste konsentrasie van gange word aangetref op die dolomiet van die Formasie Ghaaplato en die Subgroep Malmani en op die jaspiliet van die Formasie Asbesberge. (kyk Figure 11 en 13). Gange is minder algemeen op die graniet en ander gesteentes in die noordoostelike deel van die gebied en feitlik afwesig in die geplooië gesteentes van die Formasies Lucknow, Hartley en Matsap in die westelike deel.

Die algemene rigting van die gange is WSW - ONO in die noordelike en oordoostelike gebied, ongeveer noord van 'n lyn tussen Severn (11 D) en Battle Mount (9 I). Suid van hierdie lyn is die algemene rigting egter gemiddeld SSW - NNO. In hierdie gebied, nl. wes en suidwes van Kuruman is ook baie gange wat OSO - WNW strek. Sommige van die SSW - NNO gange swaai geleidelik in 'n NNW - rigting.

Plaatvormige intrusies is seldsaam. Enkeles is bekend in die jaspiliet van die Formasie Asbesberge in die Makhubungrante by Heuningvlei en in die Kurumanberge suid van Tsieneng. Plaatvormige intrusies is ook bekend in die Matsapkwartsiet van die Korannaberg en in die skalie van die Formasie Dwyka noordwes van Severn (Smit, 1972, Fig. 1).

3.19 Formasie Kalahari

In die loop van die jare 1960 tot 1973 het die Departement van Waterwese die boorstof van 718 boorgate wat in die gebied vir water geboor is na die Geologiese Opname te Kuruman gestuur waar dit deur die skrywer en ander personeel nagegaan is, hoofsaaklik met betrekking tot die litologie van die Kalaharilae en die identifikasie van die onderliggende formasies. Alle ander boorgate van die Departement van Waterwese in die gebied is daarna volgens die nuwe gegewens gekorreleer. Behalwe die 718 boorgate waarvan die boorstof nagegaan is, het 'n verdere 1382 boorgate se gegewens beskikbaar geword wat waardevolle data verskaf het oor die dikte en litologie van die Kalaharilae asook oor die ouer geologiese formasies onder die Kalaharilae. Die verspreiding van al hierdie boorgate (kyk Figuur 14) was sodanig dat dit moontlik was om 'n kaart saam te stel van die dikte van die formasie Kalahari (kyk Figuur 15).

Die Formasie Kalahari bestaan uit windgewaaide sand van Resente ouderdom en kalkreet, silkrete, kleierige kalkryke sandsteen, kalkryke, gruiserige klei en kleierige gruis van Tersiere ouderdom.

Ongeveer 75 persent van die oppervlakte is bedek met eoliese sand wat volgens boorgaterekords selde meer as 20 m dik is. Duine word net in die heel westelike deel van die gebied, noordoos van Vanzylsrus aangetref (Smit, 1974a) en is goed begroei en gevestig.

Onder die sand kom sandsteen met 'n maksimale dikte van 80 m, wydverspreid voor wat gewoonlik geheel of gedeeltelik verkalk en soms

verkiesel is. Die kalkreest is gewoonlik oral in die walle van die riviere blootgelê. Die onverkalkte sandsteen en onderliggende klei is selde blootgelê. Die sandsteen is fynkorrelrig en kalkryk en dagsome kom voor in die Moshawengrivier wes van Severn (11C), in die Kurumanrivier suidoos van Aansluit (8C), in die Rêpanilaagte by Vorstershoop (16E) en in die Moloporivier suidwes van Vorstershoop (15C). Die kalkreest dagsom in groot gebiede in die Morokwenreservaat (14H), in die gebied suid van Mafeking (14U), op die Ghaapplato suidoos vanaf Tsineng en noord en suid van Sishen (kyk Figuur 11).

Silkreest is sigbaar in die walle van die Moshawengrivier oos van Melrose (9H), in die Rêpanileegte wes van Vorstershoop en in die Moloporivier net suid van Arizona (Smit, 1974b). Silkreest is ook bekend in padgroewe suid van Piet Plessis en by Kgokgole in die Kgokgolelaagte.

Onder die sandsteen kom rooi, kalkryke klei voor wat volgens boorgate tot 100 m dik kan wees. Die klei bevat gewoonlik fyn gruiserige materiaal, fyner as 2 mm. Die klei is selde blootgelê maar kom wel voor in die walle van die Moshawengrivier op Clapham (9G) en in die Kurumanrivier wes van Tsineng.

Volgens boorgatgegevens volg onder die laag rooi, kalkryke klei 'n sone kleierige gruis met gruislae. Hierdie sone is tot 100 m dik en vorm die basale sone van die Formasie Kalaharilae.

Die Formasie Kalahari bereik sy grootste dikte (kyk Figuur 15) in die gebied wes van die heuwels gevorm deur die jaspiliet van die Formasie Asbesberge, vanaf Kirstonia in die noorde, suidweswaarts tot by Aansluit (10A). In hierdie gebied is dit meer as 180 m dik. Waar die Kalaharilae die dikste is, word daar gewoonlik nie deur die formasie geboor nie (kyk Fig. 14).

Die ander gebied waar die Formasie Kalahari ook dikker as 180 m is, is in Blok B net oos van Heuningvlei. Die gebied strek suidwaarts tot suidoos van Severn en dan weswaarts in die rigting van Aansluit. Ook hier is dit soms nie moontlik om deur die formasie te boor nie.

'n Derde gebied waar die formasie diktes tot meer as 150 m bereik, is in 'n strook vanaf Aansluit suidwaarts tot by Sishen. In hierdie gebied word waterboorgate dikwels nie deur die formasie geboor nie (kyk Fig. 14).

⁂ Vierde gebied waar die Kalaharilae relatief groot diktes bereik is langs die Moloporivier in die gebied tussen Vergeleë (16 K) en Logaging (15 O) waar dit tot 120 m dik is.

Die gebiede waar die maksimale diktes aangetref word, verteenwoordig afsettings in ou riviervalleie. Die litologie en verspreiding van die formasie in die valleie word in Profiele A tot K op Figure 16 en 17 geïllustreer.

Die onreëlmatigheid van die verkalking en verkieseling van die sandsteensone is opvallend. Die sandsteen is soms oor die totale dikte verkalk. Verkalking word soms in die klei (profiel D, Fig. 16) en soms onder die basale gruis aangetref (profiel F, Fig. 17). Sandsteenskeie kom soms in die klei en soms in die basale gruiserige lae voor (profiel J, Fig. 17).

Die gruiserige materiaal wat in die rooi klei onder die sandsteen aanwesig is bestaan gewoonlik uit materiaal wat sy oorsprong nie v^{er} van die betrokke lokaliteit af het nie. In die basale sone kom soms taamlike skoon gruislae voor van materiaal wat verder aangevoer is as die materiaal in die meer kleiige lae. In die onderste sone op profiel D, Fig. 16 het byvoorbeeld dun lagies gruis van granitiese oorsprong voorgekom tussen die gewone kleiige gruislae met gruis materiaal van jaspiliet. Hierdie profiel is loodreg oor die vallei suidoos van Severn. Volgens die rigting van die Vallei (kyk Fig. 15) het dit die granietgebied verder noordoos dreineer en moes die granietmateriaal vanaf daardie gebied tydens uitermatige groot vloede aangevoer gewees het, terwyl meer lokale afloop die jaspilietmateriaal vanaf die onmiddellike omgewing aangevoer het.



Foto 19. - Kalkkreet in walle van Kurumanrivier.



Foto 20. - Rooi kalkryke klei onder kalkkreet in Kurumanrivier.

3.20 Voor-Kalaharigeologie

Op grond van die boorgatgegevens wat versamel is was dit moontlik om 'n kaart te maak van die geologiese formasies onder die Kalaharilae (kyk Figuur 18). Die volgende afleidings kan uit die boorgatgegevens gemaak word.

Die Ou Graniet in die gebied oos van Heuningvlei bevat etlike oorblyfsels van die Formasie Kraaipan bestaande uit veranderde lawa en filliet.

Die Formasie Vryburg knyp uit noordoos van Morokweng en boorgate by Ventersrus (14 K) is deur dolomiet direk in graniet geboor.

Die Formasie Asbesberge het 'n baie wyer verspreiding in die Heuningvlei- en Pomfretgebiede as wat die dagsome aandui.

Die Formasie Gamaqara het 'n lokale verspreiding in die gebied om Sishen. Dit hel by Sishen en verder suid, weswaarts onder die Ongeluklawa en Makganyenetilliet in.

Die Formasie Makganyene is wel raakgeboor op 'n plaas noordoos van Pomfret maar dit is nie bekend hoe ver ooswaarts dit nog aanwesig is nie.

Lawa van die Formasie Ongeluk word oral aan die noordekant van die heuwels by Pomfret onder die Kalaharilae raakgeboor. Dit is ook langs die Moloporivier suidoos van Kirstonia (16 I) raakgeboor en op Good Hope (18 H) noordwes van Kirstonia. In die omgewing van Kirstonia word boorgate nie deur die Kalaharilae geboor nie en dit is nie bekend of lawa onderliggend is of nie. Die vermoede is dat dit wel aanwesig is, soos aangedui op Figuur 18.

Die Formasie Voelwater is uit boorgate bekend in die gebied suidoos van Black Rock (7 D), by Gravenhage en Avontuur (9 C) noord van Black Rock en op Leinster (12 C) noordwes van Severn. Nieteenstaande die erosie voor die afsetting van die Formasie Lucknow en voor die afsetting van die Formasie Dwyka en weer voor die afsetting van die Formasie Kalahari, is dit nie onmoontlik dat daar wel enkele oorblyfsels van die gesteentes onder die jonger formasies voorkom nie. Hierdie moontlikheid sal egter deur geofisiese werk en diep boordery ondersoek moet word. Indien dit voorkom, is dit nie noodwendig mangaandraend nie.

Die Formasie Lucknow het 'n taamlike wyse verspreiding in die suide tot sover noord as Skimmel Koppies (10 C) en in die verre noorde, suid langs die Moloporivier (14, 18 - B.G.). Die gesteentes is hoofsaaklik kwartsiet en skalie met dun lawalae. Lawa is tussengelaagd in skalie aangetref in die gebied om Gravenhage (9 C) en om Watersend (17 D) noordwes van Vorstershoop.

Die Formasie Harley is suidoos van Winton raakgeboor (58) en is blykbaar nie verder noord ontwikkel nie.

Die Formasie Matsap kom oral voor in die gebied noordwes van die Korannaberge.

Die Formasie Dwyka kom in 'n baie groot gebied voor onder die Kalaharilae en bestaan hoofsaaklik uit tilliet, blou skalie en grintlae (Smit, 1975). Die dikte is nie bekend nie maar kan moontlik 'n maksimum van 800 - 1 000 m wees. In die noordelike gebied is daar op die plaas Bristol (12 B) 610 m geboor sonder om deur die formasie te gaan. In die suide is die formasie volgens 'n boorgat op Epsom 833 m dik.

Enkele voorkomste is ook raakgeboor by Tsineng (8 E), verder noord op Helena (9 E) en oos van Heuningvlei in Blok B. Op die plaas Pepani (12 I) lê die skalie blykbaar in 'n halfsirkelvormige kom op die graniet tot 'n diepte van 330 m

3.21 Paleomorfologie

Die hoogte bo seevlak van die vloer waarop die Formasie Kalahari afgeset is word op Figuur 19 aangegee. Hierdie topografie dui op 'n voor-Kalaharidreinasie wat heelwat van die huidige verskil (kyk Figuur 20).

Die ou dreineringsvalleie van die Moloporivier en Kurumanrivier (kyk profiele A,B,C,E,F,G op Figure 16 en 17) het albei ontwikkel op die sagte gesteentes van die Formasie Dwyka. Die ou vallei van die Moloporivier het suid van die huidige gelê in die gebied wes van Kirstonia, maar in die gebied oos van Kirstonia het dit noord van die huidige gelê, nl. in Botswana. Die paleodreinasie in hierdie gebied is oral noordwaarts en word dit omtrent loodreg deur die huidige loop van die Moloporivier gesny (kyk Fig. 20).

Aangesien die paleodreinasie in die suidelike gebied taamlik beperk was, nl. tussen die Langberge en die Kurumanberge, verskil dit nie baie van die huidige dreinasie van die Gamogara- en Kurumanriviere nie.

'n Ou dreinasie wat as die oerdreinasie van die Moshawengrivier beskou kan word (kyk profiele D,H,I,J,K op Figure 16 en 17), het die gebied om Blok B dreineer in 'n suidelike rigting tot by Severn en daarna in 'n westelike rigting. Die huidige lope van die Kgokgolelaagte en Moshawengrivier is ongeveer loodreg op die ou lope.

Die ou valleie is gedurende Tersiere tye geheel en al opgevul met kleilige en gruiserige materiaal wat deur periodieke vloede afgevoer is vanaf die nabygeleë hoogliggende erosiegebiede.

Opvulling het tot so 'n mate plaasgevind dat die ou dreinasie feitlik geblokkeer is, en dat die vloede noodwendig hulle lope moes verander. Die sentrale loop van die ou Moloporivier word aangedui deur 'n reeks panne vanaf Kirstonia in die noorde tot by Vorstershoop verder suid (kyk Figuur 2).

Nadat die ou valleie met sedimente geblokkeer is en vloede minder geword het en ook minder intensief, het verkalking oor groot gebiede plaasgevind. Woestyntoestande het begin intree en fyn sande is deur winde vanuit 'n noordoostelike rigting oor die hele gebied versprei. Die riviere het nog met tye afgekom en sande is deur die strome oor die gebied versprei. Nuwe lope is mettertyd deur die sand en deur die kalkreet gesny. Die reënval het later gedurende Resente tye moontlik afgeneem maar die klimaat het gunstiger geword en 'n plante-groei het ontwikkel soos dit vandag bekend is.

3.22 Struktuur

Die voor-Karoogesteentes hel in die algemeen teen 'n lae hoek weg van die sentrale granietgebied in die noordoostelike deel van die opvanggebied, en die formasies is almal afgeset onder die gemeenskaplike kontrole en invloed van die granietgebied as 'n sentrale paleohoog (kyk Figure 11, 18 en 21).

Na die afsetting van die Formasie Asbesberge is die westelike gebied onderwerp aan plooiing. Tydens hierdie tydperk het wye, vlak plooië gevorm met suidoostelike asse, soos die Maremane-antiklien en die Dimotensinklien (kyk Fig. 11 en Profiel 3, Fig. 21) wat gevolg is deur 'n tydperk van intensiewe erosie in die westelike gebied. Die daaropvolgende formasies is almal in die bestaande komstrukture afgeset.

Na die afsetting van die Formasie Matsap is die westelike kom weer onderwerp aan druk vanaf die weste. Hierdie kragte het intensiewe plooiing in die weste (Langberge en Korannaberg) veroorsaak (kyk Profiele 2 en 3, Figuur 21) asook op die bestaande antiklinale strukture van voor-Gamagara ouderdom, soos byvoorbeeld langs die Maremane-antiklien en in die Kurumangebied ten ooste van die Dimotensinklien.

'n Tydperk van erosie het weer ingetree. 'n Vallei het al langs die basale skalielae van die Formasie Lucknow gevorm. Hierdie vallei het die kom gevorm waarin die tilliet en skalie van die daaropvolgende Dwykaformasie in neergelê is.

Spanninge het later in die gebied tussen die graniet-hoog en die aangrensende diep komstruktuur ontstaan wat gelei het tot die indringing van dolerietgange, en die ontstaan van verskuiwings in die tussengebied.

Tydens die tydperk van erosie wat hierna gevolg het, is die sagte Dwykasedimente weer uit die ou hoërliggende valleie verwyder en het 'n nuwe dreinasiestelsel feitlik op die oue ontwikkel soos aangedui op Figuur 20 en wat later gedurende Tersiere tye, met die Kalaharilae opgevolg is.

3.23 Ekonomiese geologie

Die belangrikste faktor in die toekomstige ontwikkeling van die gebied is baie nou verbonde aan die ontwikkeling van die mineralepotensiaal. Mynbou is baie belangrik in die suidwestelike gebied en die waterverbruik deur myne in die distrikte Postmasburg en Kuruman het in 1973, 24 persent van die totale waterverbruik van die twee distrikte uitgemaak. As in ag geneem word dat die myne almal in die suidelike helftes van die distrikte lê (kyk Figure 22 en 4) is die waterverbruik deur die myne nader aan 60 persent van die totale verbruik in die gebied waarin hulle geleë is. Uitbreiding in die mynbou en die grondwaterpotensiaal sal ongetwyfeld baie nou verbonde wees in die toekoms.

Die belangrikste minerale in die gebied is ongetwyfeld yster, mangaan, asbes en kalksteen. Die mineraalpotensiaal word kortliks saamgevat.

3.23.1 Yster

Yster kom voor in die ysterformasie in die onderste deel van die Formasie Asbesberge wat strek vanaf die suidelike grens van die gebied tot in Botswana in die noorde (kyk Fig. 18). Die ysterinhoud in hierdie primêre ysterhoudende gesteente is betreklik laag (+ 35 persent) en sal nie in die nabye toekoms benut word nie.

Die hematietiskis en ander ysterryke gesteentes van die Formasie Kraaipan is ewe-eens 'n potensiële bron vir yster. Die ysterformasies kom oor 'n baie groot gebied voor (kyk Fig. 18) maar is nog nie ontgin nie.

Die belangrikste ertsafsettings kom egter voor in die basale deel van die Formasie Gamagara en in die jaspiliet van die Formasie Asbesberge waar lg. die vloer vorm by Sishen, in die Klipheuwelrante en die Gamagararant suid van Sishen. Hoë gehalte ystererts (hematiet) word deur YSKOR op Sishen en Lyleveld op groot skaal gemyn. Die hoë-gradse ystererts van Sishenmyn is gevorm deur vervanging van die Gamagaraskalies en -konglomeraat en die silika van die primêre ysterformasie, deur yster, d.w.s. 'n sekondêre verrykingsproses. Die formasie hel weswaarts onder die formasies Ongeluk en Makganyene in en die gebied suidwes en suid van Sishen hou 'n enorme potensiaal in. Dit is ook nog nooit ondersoek of die formasie nie dalk aanwesig is onder die Ongeluklawa en Makganyenetiliet in die Dimotensinklienne.

3.23.2 Mangaan

Die volgende belangrike mineraal is mangaan wat in die gebied suid en suidoos van Sishen en in die Kalahari noord van Sishen voorkom. In die suide (Postmasburgveld) kom dit in die Klipheuwelrante of oostelike streek en in die Gamagararant of westelike strook voor.

In die westelike strook is dit geassosieer met die basale skaliese van die Formasie Gamagara waar lg. direk op dolomiet lê en sekondêr verryk is. In die oostelike strook is dit geassosieer met chertbreksies wat op die dolomiet lê (de Villiers, 1960) en ook sekondêr verryk is. In 1973 is mangaan in die gebied suid van Sishen net by Lohatla en Bishop gemyn.

In die gebied noord van Sishen (Kalahariveld) kom mangaan as singenetiese afsettings voor (de Villiers, 1971) in gebande jaspiliet in die basale deel van die Formasie Voelwater. Die belangrikste myne in hierdie gebied is op Mamatwan, Adams, Devon, Langdon, Hotazel, Black Rock, Wessels en Nchwaning (kyk Fig. 22).

Die gebied noord van Sishen hou 'n enorme potensiaal in en mangaan is reeds sover noord as Avontuur en Gravenhage (9 D) onder die Formasies Kalahari en Lucknow raakgeboor. Die hele gebied tot teen Botswana se grens kan moontlik as 'n potensieële mangaandraende gebied beskou word en talle maatskappye is reeds besig met prospektering in die gebied.

2.23.3 Asbes

Blouasbes of krokidoliet kom voor in die Formasie Asbesberge vanaf die grens van die gebied in die suide tot by Pomfret en dit sal heelwaarskynlik die geval wees tot teen Botswana se grens omdat die asbedraende formasie tot ten minste daar nog teenwoordig is (kyk Fig. 18). Die asbes kom gewoonlik voor in die jaspiliet net onder die kontak met die daaropvolgende massiewe tot gebande jaspis. Die meeste van die ekonomiese afsettings is opgespoor in die gebied suid van Tsineng (8 E), maar daar is ook myne verder noord soos op Jebolo (10 D), Bute (14 E) en Pomfret (15 H). In 1969 was daargenoeg ertsreserwes bewys vir ongeveer 30 jaar (Hulpkomitee, 1969a). Daar is ongetwyfeld nog 'n groot potensiaal vir asbes in die gebied.

2.23.4 Kalksteen

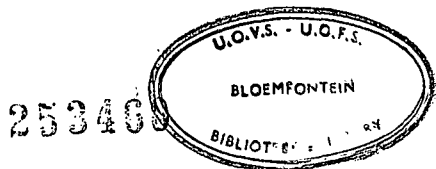
Baie goeie primêre kalksteenafsettings kom voor in die boonste deel van die Formasie Ghaaplato. As gevolg van die sandbedekking dagsoom dit net in die gebied suid van Tsineng en by Pomfret. Die kalksteen is van goeie kwaliteit en is tot 30 m dik in plekke. Dit is alreeds noord van Kuruman deur maatskappye geprospekteer. Die potensiaal van hierdie bron is enorm.

Sekondêre kalksteen (kranskalkafsettings) kom voor op die dolomiet by Slurry (16 U) oos van Mafeking waar dit gemyn word vir die vervaardiging van sement. Ekonomiese afsettings van oppervlakkalksteen is ook reeds met prospektering bewys by Lothlakane (14 T) suid van Mafeking (Smit, 1963).

Kalkreet kom oral in die Kalahari voor maar is gewoonlik baie silikaryk aangesien dit in die meeste gevalle 'n verkieselde, fyn, kalkryke sandsteen verteenwoordig. Die kalkreet op die dolomiet in die Morokwenreservaat (13 H) kan in sommige plekke met die by Slurry vergelyk word en dit mag plek-plek van ekonomiese kwaliteit wees.

2.23.5 Sout (NaCl)

Sout is in 1973 op klein skaal ontgin in Heuningvleipan en ook in Tswaingpan by Morokweng (13 I).



2.23.5 Ander delfstowwe

Klei wat geskik is vir bakstene is skaars in die gebied. Kleie van die Formasie Kalahari mag geskik wees maar dagsome is skaars. Bekende voorkomste is op die plaas Clapham (9H) in die Moshawengrivier wes van Battle Mount (Smit, 1974a).

Goud is bekend in die skiste van die Formasie Kraaipan en is jare gelede gemyn by Madiba (14S) suid van Mafeking.

Diamante kom voor in alluviale gruiise suid van Mafeking langs die Molapophirispruit (Smit, 1963). Deel van die gruiise is 45 jaar gelede reeds gewerk, maar volgens ou prospekteerders is daar nog diamantdraende gruiise onder die sand langs die spruit aanwesig. Diamante is blykbaar ook gevind in gruiise langs die Moloporivier tot sover as Ditshukudung omtrent 15 km oos van Tshidilamolomo (15N) (Smit, 1963).

Kieselgoer kom in etlike fossiellope voor as dun lae. Die materiaal is nooit suiwer nie en kan eerder as diatomeëkalksteen beskryf word. Kent (1948) meld voorkomste op die plase Stonehenge (12L) en Distin (12L) in die Tlaskgamenglaagte, in panne op Mositlani en Kolokolani (14I) noordoos van Marokweng, op die plase Pan, Elsmere, Goold en Devon (7D) in die Witleegte suid van Hotazel, op Laxey (10F) op die Moshawengrivier, by Tsineng (8D), Gamolilo (8D) en op die plase Krapp (2D) en Mostert (2D) in die gebied suid van Sishen.

4. GEOHIDROLOGIE

4.1 Algemeen

Du Toit (1927) het die Kalahari, waarvan die Molopogebied deel is, beskryf as "flat and generally waterless with occasional pans and a mantle of brick-red or greyish sand". Dit was natuurlik so voordat daar op groot skaal oral boorgate gesink is om water te ontwikkel. Die gebrek aan water en die ontwikkeling van ondergrondse waterbronne was van die vroegste tye af 'n probleem, en as in gedagte gehou word dat 75 persent van die oppervlakte in die Molopogebied bedek is met sand, is dit nie moeilik om te beseef dat die ontwikkeling van water deur middel van boorgate nie 'n maklike taak is nie. Met die groot mynbouontwikkelings wat vandag in die suide van die gebied plaasvind, is water soveel te meer van kardinale belang en moet daar deeglik na die voorkoms en potensiaal van die grondwater gekyk word.

In die vroegste tye het ontwikkeling natuurlikerwys in die nabyheid van bestaande fonteine plaasgevind soos byvoorbeeld Mafeking, Kuruman, Bathlaros, Tsineng, Bothithong en Heuningvlei. Later is putte gegrawe, soms tot dieptes van tot 50 m, waarvan sommige vandag nog in gebruik is. Dit is eers later, na ongeveer 1900, dat die boormasjien die gebied oop gemaak het vir ontwikkeling. Sedertdien is daar letterlik duisende boorgate geboor, die meeste op aanwysings van "stokkiewysers" - wat te verstane is, aangesien dit gewoonlik die enigste uitweg was en skynbaar suksesvolle resultate gelewer het.

Die windpomp kan met reg as die simbool van die gebied beskou word. Windpompe van verskillende grootte, kragkoppe, handpompe en binnebrandenjins dra almal hulle deel by tot die verskaffing van water vir normale voortbestaan. Water word soms oor afstande van 20 km aangelê

en so diep as 250 m uit die boorgate gepomp. Nêrens in die hele land word water seker meer waardeer as in hierdie gebied nie, en nêrens lewer boordery meer probleme as hier nie.

4.1.1 Digtheid van boorgate

In die gebied van ongeveer 49 469 km² wat met veldopnames gedek is (kyk Fig. 1) is 7 280 boorgate opgespoor. Daar is ongetwyfeld baie meer gate geboor aangesien 'n nuwe eienaar dikwels geen kennis dra van droë gate wat oor die jare op 'n plaas geboor is deur vorige eienaars nie. In totaal het 47 persent van die boorgate meer as 0,45 m³/h gelewer, wat beskou word as 'n suksesvolle boorgat. Uit die totale aantal suksesvolle boorgate het 7 persent opgedroog en was 2 persent van die boorgate se water van te swak kwaliteit om gebruik te word. Daar was 3 692 boorgate in gebruik. Volgens die landbousensus nr. 34 (Buro vir Statistiek, 1960) was daar in 1960 in die hele opvanggebied van die Moloporivier van 58 153 km² (bereken op 'n proporsionele basis) 6 125 boorgate en putte in gebruik. Hierdie boorgate is feitlik uitsluitlik gebruik vir die waterbehoefte van plattelandse gebiede, nl. vir huishoudelike gebruik en veeboordery. Hierdie verbruik word bereken op $29,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$, wat ongeveer 4778 m³/j per boorgat is of ongeveer 503 m³/km²/jaar.

Die 7 280 boorgate, wat opgespoor is en waarvan 47 persent suksesvol was, is as volg versprei met betrekking tot die verskillende geologiese formasies.

Formasie Kalaharilae	=	1 364	boorgate
Formasie Dwyka	=	134	"
Formasie Matsap, Hartley en Lucknow van die Groep Olifantshoek	=	575	"
Formasie Ongeluk	=	853	"
Formasie Makganyene	"	27	"
Formasie Asbesberge	=	432	"
Formasie Ghaapplato	=	767	"
Formasie Kraaipan	"	103	"
Du Graniet	=	3 025	"

Die geologiese formasies is nie almal ewe belangrik met betrekking tot die grondwater van die gebied nie aangesien party 'n baie beperkte verspreiding het soos by. die Formasies Soetlief, Vryburg, Schmidtsdrif, Gamagara, Voëlwater en Hartley.

4.1.2 Ontleding van boorgatgegevens

Frommurze (1937) het die waterdraende eienskappe van die verskillende formasies in die land hoofsaaklik bespreek volgens 'n statistiese ontleding van die boorresultate. Van Wyk (1963) se benadering vir gesteentes in Natal was om die persentasie suksesse (lewerings meer as $0,45 \text{ m}^3/\text{h}$) te vergelyk met die posisie van die boorgate met betrekking tot struktuur en fisiese eienskappe van die formasies, soos o.a. elektriese weerstand. Die voorkoms van grondwater in die lawa van die Sisteeme Ventersdorp en Dominiumrif in Wes-Transvaal (Formasies Soetlief en Allanridge) is deur de Villiers (1961) ook bespreek deur 'n vergelyking van die persentasie suksesse en lewering met die elektriese weerstand van die formasies.

Door die jare 1958 tot 1973 is 287 boorplekke geofisies en geologies deur personeel van die Geologiese Opname, Kuruman, in die opvanggebied van die Moloporivier aangewys. Van die 171 wat geboor is was 57 persent suksesvol. Die gemiddelde persentasie sukses vir die 7 280 boorgate wat op ander maniere aangewys was is 47 persent. Die gegewens wat uit die aanwysings voortgespruit het is nie voldoende om die voorkoms van grondwater met betrekking tot die struktuur en fisiese eienskappe van die verskillende formasies in die gebied behoorlik te evalueer nie. In die onderstaande Tabel 2 is 'n veralgemeende samevatting van die algemene suksesse wat in die verskillende Formasies behaal word.

Tabel 2 - Suksesvolle boorgate (lewering meer as 0,45 m³/h) in die verskillende Formasies.

Formasie	Sukses behaal deur wetenskaplike aanwysing		Sukses behaal sonder wetenskaplike aanwysing	
	Aantal boorgate	Persentasie sukses	Aantal boorgate	Persentasie sukses
Kalahari	20	40	1364	39
Dwyka	2	Geen suksesse	134	17
Matsap en Lucknow	5	100	575	63
Ongeluk	62	50	853	34
Makganyene	6	100	25	80
Asbesberge	27	56	432	50
Ghaapplato	27	67	767	73
Graniet	18	67	3025	42
Kraaipan	4	75	103	70
	171	57	7280	47

Daar is beter suksesse behaal waar boorgate op wetenskaplike metodes aangewys is as waardit op ander maniere aangewys is. Dit moet ook in aanmerking geneem word dat die aanwysings gewoonlik op

"moeilike" plase gedoen is waar die suksesse wat normaalweg behaal word moontlik laer as die gemiddeld is.

Aangesien die gebied vir die grootste deel met sand bedek is, is dit nie moontlik om bloot uit waarnemings vanaf die oppervlak die geologiese toestande by ander boorgate te bepaal nie. Die feit dat daar wel 'n groot aantal boorgate bestaan waarvan die geohidrologiese gegewens beskikbaar is, maak 'n statistiese ontleding van die boorresultate wat 'n aanduiding is van die waterdraende eienskappe van die verskillende formasies, 'n moontlikheid. Die gegewens wat beskikbaar is, is hoofsaaklik boorgaterekords van die Departement van Waterwese en die Departement van Bantoe-administrasie en -Ontwikkeling, asook gegewens van privaatgate wat tydens die veldopnames van die plaaseienaars verkry is.

4.1.3 Geohidrologiese kaart

Die verspreiding van die waterdraende formasies op die vlak van die grondwatertafel word in Figuur 23 aangegee. Elke geologiese formasie sal voorts individueel bespreek word.



Foto 21. - Simbool van die Kalahari (Poval, Borolongebied)



Foto 22. - Tipiese toneel by windpomp naby Heuningvlei
(Perth, Thlarogebied)



Foto 23. - "Donkiepomp" in aksie tydens windstilte naby
Heuningvlei (Perth, Thlarogebied)

4.2 Waterdraende eienskappe van die geologiese formasies

4.2.1 Formasie Kraaipan

'n Totaal van 103 boorgate wat in die formasie Kraaipan geboor is, is opgespoor. Die gebied waar water in die formasie aangetref word is op Figuur 23 aangetoon.

4.2.1.1 Diepte en lewering van boorgate

Die diepte van boorgate wissel tussen 30 - 120 m (16 persent) en 180-240 m (27 persent) soos aangedui op Figuur 24.1. Die vlakker dieptes word aangetref in die oostelike gebied en die groter dieptes in die westelike gebied in Blok B, oos van Heuningvlei. Die boorgate is in 82 persent van die gevalle tot vlakker as 90 m onder die watervlak geboor (kyk Figuur 24.2). Ongeveer 70 persent van die boorgate is suksesvol (kyk Figuur 24.3) met maksimumlewering van 18,2 m³/h. Net 3 persent van die boorgate lewer egter meer as 11,4 m³/h.

4.2.1.2 Voorkoms van grondwater

Die formasie kom voor as oorblyfsels in die intrusiewe Ou Graniet wat vasgevang is tydens die indringing van die graniet. In die lig van die invloed van metamorfose en struktuur op die gesteentes kan 'n goeie genaetheid, hoë sekondêre poreusheid en moontlik redelike goeie verwerking in die gesteentes verwag word. Hierdie eienskappe word moontlik weerspieël in die redelike hoë lewering en hoë persentasie suksesvolle boorgate (70 persent) wat aangetref word. Volgens de Villiers (1961) is die soortlike elektriese weerstand van verweerde kwartsiet en skis in Wes-Transvaal ongeveer 10 000 ohm. cm maar hy het nie genoeg gegewens gehad om lewering meer bepaald met die elektriese weerstand van die formasie in verband te bring nie.

Net 4 boorplekke is met behulp van die elektriese weerstandsmetode in filliet aangewys, waarvan drie suksesvol was. In al die suksesvolle boorgate was die soortelike elektriese weerstand van die verweerde filliet ongeveer 5 000 ohm. cm.

4.2.2 Ou Graniet

4.2.2.1 Aantal boorgate

In totaal is 3 025 boorgate opgespoor waarvan 42 persent suksesvol was. Sover as wat dit vasgestel kon word het 6 persent van die suksesvolle boorgate opgedroog en was die water van 1 persent van die suksesvolle boorgate ongeskik vir gebruik. Daar is 1 362 boorgate in gebruik in die gebiede waar veldopnames gemaak is.

4.2.2.2 Dieptes en lewering van boorgate

Die gebied waar die grondwatervlak in Ou Graniet is word in Figuur 23 omlin.

Die meeste van die boorgate (60 persent) is dieper as 90 m en 1 persent is dieper as 240 m. (kyk Figuur 25.1). Daar is 3 boorgate bekend wat selfs dieper as 300 m is. Die groot dieptes van die boorgate is te wyte aan die algemene diep watervlak in die westelike dele van die granietgebied waar die meeste gate geboor word (kyk Figuur 14).

Op Figuur 25.2 word die diepte van die boorgate gegee relatief tot die grondwatervlak en word gevind dat daar tot 150 m onder die watervlak geboor word, hoewel 70 persent van die boorgate vlakker as 60 m onder die watervlak geboor is.

Die lewering van boorgate is 'n maksimum van ongeveer 15,9 m³/h (kyk Figuur 25.3), hoewel net 8 persent meer as 4,6 m³/h lewer. Volgens hierdie ontleding is 42 persent van die boorgate suksesvol (lewer meer as 0,45 m³/h).

Aan die westelike en noordelike kant van die granietgebied waar die grondwatervlak in die Formasie Kalahari geleë is (kyk Fig. 23), is die Kalaharilae dikwels kleierig en word daar soms tot in die onderliggende graniet geboor vir water. Die sukses in hierdie gebiede waar die grondwatervlak in die Kalaharilae is wat op die graniet lê, is bereken as 48 persent (kyk Figuur 25.4) teenoor die 42 persent waar die grondwatervlak in die graniet is.

In plaas van die geohidrologiese gegewens van die granietgebied in geheel te beskou moet daar eerder gekyk word na die lewerings en persentasie suksesse in bepaalde gebiede. Bepaalde gebiede word vervolgens geïdentifiseer as gebiede waar die dieptes van die grondwatervlak verskil. Die persentasie suksesvolle boorgate op die verskillende dieptes van die grondwatervlak is op Figuur 25.5 uitgestip en die lewerings is op onderstaande Tabel 3 aangegee.

Tabel 3 - Lewering van boorgate in graniet op verskillende dieptes van die watervlak.

Lewering in m ³ /h	Dieptes van die watervlak				
	0-30m	30-60m	60-90m	90-120m	120-150m
0-0,45	34 [*]	53	68	74	82
0,45-2,3	30	28	19	17	14
2,3-4,6	16	10	9	6	3
4,6-9,1	10	6	3	3	1
9,1-13,6	7	2	1	-	-
13,6-18,2	3	1	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	301	604	352	315	210

*. Persentasie boorgate.

Daar is dus 'n duidelike afname in die persentasie suksesvolle boorgate met 'n toename in die diepte van die grondwatervlak. Waar die grondwatervlak vlakker as 30 m is, is die persentasie suksesvolle boorgate 66, maar op 'n diepte van die watervlak van 120 - 150 m is dit net 18 persent. Die lewerings is in die algemeen ook laer by groter dieptes van die watervlak. Volgens Tabel 3 lewer 20 persent van die boorgate by 'n Watervlakdiepte van 0-30m meer as 4,6 m³/h terwyl net 1 persent op 'n watervlakdiepte van 120-150 m meer as 4,6 m³/h lewer.

4.2.2.3 Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte

Aangesien die grondwatervlak van plek tot plek en van boorgat tot boorgat verskil, sal die waterdraende eienskappe van die gesteente beter gereflekteer word uit die statistiese ontledings van die suksesse en die lewerings wat behaal word relatief tot die grondwatervlak. Die sukses wat behaal word in die verskillende dieptesones onder die watervlak, m.a.w. die persentasie boorgate waar daar in die betrokke sone meer as 0,45 m³/h getref is, word op Figuur 25.6 aangegee. Die lewerings op die betrokke dieptesones onder die grondwatervlak is in Tabel 4 saamgevat.

Tabel 4 - Lewering van boorgate in graniet op verskillende dieptes onder die watervlak.

Lewering in m ³ /h	Dieptes onder die watervlak					
	0-15m	15-30m	30-60m	60-90m	90-120m	120-210m
0-0,45	78*	91	88	94	92	100
0,45-2,3	12	5	7	5	5	0
2,3-4,6	6	2	2	1	2	-
4,6-9,1	3	1	2	-	1	-
9,1-13,6	1	1	1	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	1680	1557	1147	533	168	44

* Persentasie boorgate.

In die sone 0-15m onder die watervlak is 22 persent van die boorgate suksesvol. Lewerings is so hoog as $13,6 \text{ m}^3/\text{h}$, en net 10 persent lewer meer as $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$. Op groter dieptes nl. op 90-120m onder die watervlak is net 8 persent van die boorgate suksesvol. Die hoogste lewering hier is $9,1 \text{ m}^3/\text{h}$ en net 3 persent lewer meer as $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$. Die suksesse word persentasiegewys al minder by toenemende dieptesones onder die grondwatervlak.

Volgens die suksesse wat bereken is met betrekking tot die verskillende dieptesones onder die watervlak is die kumulatiewe sukses wat behaal kan word met diepte onder die watervlak geplot op Figuur 25.7. Hiervolgens word die maksimumsukses nl. 47 persent behaal op 'n diepte van 180 m onder die watervlak.

Volgens die distribusie van die suksesvolle boorgate met diepte (kyk Figuur 25.8) het 80 persent van die suksesvolle boorgate reeds water gegee op 'n diepte van 60 m onder die watervlak en kan dit moontlik beskou word as 'n praktiese boordiepte.

4.2.2.4 Boortempo

Dit neem gemiddeld 28 dae per boorgat. Die boortempo verander van ongeveer 2m/dag vir dieptes van 30 m tot 3,5m/dag vir dieptes van 240 m (kyk Figuur 25.9). Die vlakker boorgate is waar die watervlak vlak is en waar boordery in verweerde rots plaasvind met die gevolg dat boordery bemoeilik word. By groter dieptes is gewoonlik ook dikker Kalaharilae aanwesig en 'n dieper watervlak en ook minder intensiewe verwering, met die gevolg dat boorwerk met minder probleme te doen het.

4.2.2.5 Voorkoms van grondwater

Grondwater kom voor in verweerde en genate graniet, soms langs die kontakte van intrusiewe diabaas- en/of dolerietgange of in die gang self. Die verweringskomme se omvang is nie bekend nie. Die hidrouliese verbinding tussen die verskillende verweringskomme kan verwag word om baie swak te wees soos afgelei kan word uit die feit dat die kwaliteit van die grondwater in nabygeleë boorgate soms baie verskil.

Net omtrent 40 persent van alle boorgate toon verwering tot onderkant die watervlak nl. tot 'n maksimale diepte van 60 m (kyk Figuur 25.10). Sewentig persent van alle boorgate is tot hierdie diepte geboor en 80 persent van die suksesvolle boorgate het reeds op hierdie diepte hulle water gegee. Dit lyk derhalwe asof die meeste van die suksesse behaal word in verweerde graniet wat verdere rede is dat die hidrouliese verbinding tussen die verweringskomme swak is.

Volgens de Villiers (1961) is verwering in die Q₁ Graniet van Wes-Transvaal gewoonlik net tot 'n diepte van 60 m, terwyl dit in die Molopogebied tot 60 m onder die watervlak is. Die hoogste persentasie suksesse word volgens de Villiers (1961) behaal in verweerde graniet met 'n soortelike elektriese weerstand van tussen 5 000 en 10 000 ohm. cm, met 'n daling in die suksesse by hoër soortelike weerstande.

In die Molopogebied is in totaal 16 boorplekke gekies op grond van die elektriese weerstandsmetode en 2 langs gange. Die sukses waar die verweerde graniet 'n soortelike weerstand van tussen 3 000 en 10 000 ohm. cm gehad het was 88 persent maar tussen 10 000 en 18 000 ohm. cm was dit net 33 persent. Een van die boorgate wat langs 'n gang gekies is het die gang geraak en was onsuksesvol terwyl die ander een wel suksesvol was. Die sukses wat behaal is met behulp van

geofisiese metodes vir die aanwysing van boorplekke was 67 persent teenoor die gemiddelde sukses van 42 persent wat ander aanwysingsmetodes gee. De Villiers (1961) het ook gevind dat sukses behaal word deur net langs 'n gang te boor of tot op die kontak tussen die gang en die graniet, en hy is van mening dat die sukses wat met geofisiese metodes behaal kan word op graniet omtrent 79 persent is teenoor die normale 48 persent op ander metodes.

Die algemene sukses op die graniet in die Molopogebied is swak, nl. 42 persent. Waar die watervlak dieper as 60 m is, is die persentasie sukses nog swakker. Daar is dus groot moontlikhede vir navorsing op die verskillende metodes en tegnieke van boorplekaanwysing op die Ou Graniet in die opvanggebied van die Moloporivier. Aangesien die suksesse so laag en die boorgate so diep is kan metodes om die lewering van boorgate te verbeter met vrug in die gebied ondersoek word.

4.2.3 Formasie Soetlief

As gevolg van die beperkte gebied waar water in die Formasie Soetlief voorkom (kyk Figuur 23) is die boorgatgewens nie ontleed nie. Die formasie bestaan grootliks uit suurlawa en kwartsporfier. Volgens de Villiers (1961) wat soortgelyke gesteentes van die Sisteem Dominiumrif in Wes-Transvaal beskryf is die suksesse in die kwartsporfier 44 persent en kom die grondwater in verweringskomme voor. Die hoogste sukses (80 persent) word blykbaar aangetref waar die soortelike weerstand van die verweerde gesteente tussen 2 000 en 15 000 ohm. cm is. Water word getref tot 7m onderkant die basis van die verweerde sone soos geïnterpreteer van elektriese dieptematings volgens die empiriese metode.

4.2.4 Formasie Allanridge

Geen veldopnames is in gebiede wat deur hierdie formasie beslaan word gedoen nie en boorgatgewens is ook nie statisties verwerk nie. Die voorkoms van grondwater in hierdie formasie is deur de Villiers (1961) breedvoerig bespreek onder die Sisteem Ventersdorp

in Suidwes-Transvaal en behoort van toepassing te wees op die Formasie Allanridge in die boonste deel van die Supergroep Ventersdorp in die omgewing van Mafeking, noord van Stella en oos van Bothithong (8 K). Sedimente is heeltemal ondergeskik en die formasie bestaan hoofsaaklik uit andesitiese lawa.

Volgens de Villiers (1961) word ondergrondse water in die lawa hoofsaaklik gekry in verweringskomme en -sloepe. Die beste plek om te boor is in die sentrale deel van die verweringskom soos bepaal volgens elektriese weerstandswerk. Die hoogste lewerings kom voor in verweringskomme waar die basis van die verweerde sone 'n helling van tussen 5 en 20 grade het. Die soortelike weerstand is baie belangrik want volgens hom is die persentasie sukses in die verweerde formasie ongeveer 80 persent as die soortelike weerstand tussen 2 000 en 5 000 ohm. cm is. Die hoogste lewering (3,6-4,6 m³/h) word aangetref in verweerde materiaal met 'n soortelike weerstand van tussen 3 000 en 5 000 ohm. cm. Die meeste boorgate gee water in die sone vanaf ongeveer 7 m bokant die basis van die verweerde sone tot ongeveer 13 m onderkant (de Villiers, 1961, Fig. 9).

Die persentasie sukses wat behaal word met boordery waar wetenskaplike metodes nie gebruik word by die keuse van die boorplekke nie is ongeveer 50 persent, terwyl dit ongeveer 70 persent is indien geofisiese metodes gebruik word om die plekke te kies (de Villiers, 1961, Tabel 2).

4.2.5 Formasie Vryburg

Die Formasie Vryburg het 'n baie beperkte verspreiding in die gebied en is eintlik nie belangrik as 'n waterdraer nie. Daar is net enkele boorgate in die formasie.

Die formasie bestaan omtrent uitsluitlik uit kwartsiet wat taamlik ondeurlatend moet wees aangesien daar etlike fonteine in die omgewing van Bothithong is (B J) wat op die boonste kontak met die oorliggende dolomiet van die Formasie Ghaapplato ontspring. Die formasie vorm in die omgewing van Bothithong 'n eskarp, met die meeste boorgate bo-op die eskarp op die oorliggende dolomiet, of onder die eskarp op die Ou Graniet.

In een boorgat op die plaas Bendell (8H) wes van Bothithong is ongeveer $4 \text{ m}^3/\text{h}$ getref in die basale konglomeraat.

4.2.6 Formasie Schmidtsdrif

Die formasie word net aangetref in die omgewing van Lykso op die Ghaapplato (kyk Fig. 23). Dit word vinnig dunner verder wes en noord en is dit nie van belang in grondwater nie. Die gebied waar dit taamlik wydverspreid voorkom is grootliks in die Thlapinggebied van Baphuthatswana (kyk Fig. 4), in die bolope van die Moshawengrivier, waar wloep fonteine gevind word en die nodigheid van boorgate feitlik uitgeskakel is.

Aangesien die formasie grootliks uit dolomiet bestaan sal dit, wat die waterdraende eienskappe en voorkoms van grondwater daarin betref, met die dolomiet van die Formasie Ghaapplato vergelyk kan word.

4.2.7 Formasie Ghaapplato

4.2.7.1 Aantal boorgate

In die gebied waar veldopnames gemaak is, is 767 boorgate opgespoor waarvan 70 persent suksesvol was. Vier persent van die suksesvolle boorgate het opgedroog. Daar is geen boorgate in die dolomiet bekend waarvan die kwaliteit so swak was dat dit nie gebruik kon word nie. Tydens die opnames was daar ten minste 517 boorgate in gebruik.

4.2.7.2 Diepte en lewering van boorgate

Die gebied waar water in die dolomiet van die Formasie Ghaapplato (en Subgroep Malmani) voorkom is op Figuur 23 aangedui.

Die meeste (78 persent) van die boorgate is tussen 30 en 120 m diep. Net 17 persent is dieper en net 5 persent is vlakker (kyk Figuur 26.1). Net 1 persent is tussen 180 en 240 m diep. Die relatiewe groot dieptes van die boorgate is deels te wyte aan die diep watervlakke in sekere dele.

As die diepte van die boorgate ontleed word in verhouding tot die diepte van die grondwatervlak (kyk Fig. 26.2) word gevind dat die boorgate tot 150 m onder die grondwatervlak geboor word. Die meeste, nl. 66 persent is egter vlakker as 60 m onder die watervlak.

Die lewering van boorgate is soms baie hoog, soveel as 22,7 m³/h; maar net 3 persent is hoër as 18,2 m³/h en 30 persent is hoër as 4,6 m³/h, in teenstelling met 8 persent wat meer as 4,6 m³/h lewer in graniet. Die persentasie suksesvolle boorgate is hoog nl. 73 persent (kyk Fig. 26.3).

Aan die kante van die dolomietgebiede waar die watervlak in die oorliggende Kalaharilae is, is laasgenoemde soms kleierig en is dit nodig om tot in die onderliggende dolomiet te boor vir water. (Kyk Fig. 23). In hierdie gebiede is die suksesse minder en is die lewerings ook laer (kyk Fig. 26.4). Die persentasie sukses wat onder hierdie omstandighede in die dolomiet behaal word is net 57 persent teenoor 73 persent waar die watervlak in die dolomiet gelêë is. Net 3 persent van die boorgate lewer meer as 11,4 m³/h terwyl dit 7 persent in die ander geval is.

Daar is 'n afname in die sukses wat behaal word in boorgate by die verskillende dieptes van die grondwatervlak. In gebiede waar die watervlak vlakker as 30 m is, is 78 persent van die boorgate suksesvol terwyl net 30 persent suksesvol is waar die watervlak tussen 120-150 m diep is (kyk Fig. 26.5). Tussen 'n diepte van die watervlak van minder as 30 m tot 90 m is die afname net 10 persent maar waar die watervlak op groter dieptes aangetref word (90m - 150m) daal dit met 38 persent. Die lewerings by die verskillende dieptes van die watervlak word in onderstaande Tabel 5 saamgevat.

Tabel 5. - Lewering van boorgate in dolomiet van die Formasie Ghaapplate op verskillende dieptes van die watervlak.

Lewering in m ³ /h	Dieptes van die watervlak				
	0-30m	30-60m	60-90m	90-120m	120-150m
0-0,45	22 [*]	30	32	50	70
0,45-2,3	25	28	27	29	12
2,3-4,6	15	19	22	14	12
4,6-9,1	22	15	11	7	6
9,1-13,6	9	8	8	-	-
13,6-18,2	4	-	-	-	-
18,2-22,7	3	-	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	340	169	63	14	17

* Persentasie.

Die lewerings is omtrent dieselfde op dieptes van 0-30m, 30-60m en 60-90m van die watervlak, maar net soos die persentasie suksesse neem die lewerings ook vinnig af op groter dieptes van die watervlak. Op dieptes van die grondwatervlak, vlakker as 90 m lewer gemiddeld 47 persent van die boorgate meer as 2,3 m³/h terwyl op watervlakdieptes van meer as 90 m net 20 persent meer as 2,3 m³/h lewer.

4.2.7.3 Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte.

Die sukses wat behaal word op die verskillende dieptes onder die watervlak is op Figuur 26.6 uitgestip. Die leweringswat in boorgate in die verskillende dieptesones onder die watervlak getref word is in onderstaande Tabel 6 saamgevat.

Tabel 6 - Lewering van boorgate in dolomiet van die Formasie Ghaapplatō op verskillende dieptes onder die watervlak.

Lewering in m ³ /h	Dieptes onder die watervlak				
	0-15m	15-30m	30-60m	60-90m	90-120m
0-0,45	70*	85	71	75	84
0,45-2,3	10	6	10	10	6
2,3-4,6	7	3	7	4	2
4,6-9,1	7	3	7	8	6
9,1-13,6	3	2	3	2	2
13,6-18,2	2	1	1	1	-
18,2-22,7	1	-	1	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	554	500	390	189	52

* Persentasie.

In die boorgate wat deur die sones 0-15m, 15-30m, 30-60m en 60-90m onder die grondwatervlak geboor is, is in 30, 15, 29 en 25 persent van die boorgate in die betrokke dieptesone meer as 0,45 m³/h water getref. Water is nie dieper as 90-120 m onder die watervlak getref nie en in hierdie sone is die suksesse effe laer (16 persent) as op kleiner dieptes onder die watervlak. Tot op 'n diepte van 90 m onder die watervlak is die lewering in die verskillende sones (0-15m, 15-30m, 30-60m en 60-90m) volgens Tabel 6 nie baie verskillend nie, en lewer gemiddeld 11 persent meer as 4,6 m³/h teenoor 8 persent op 'n groter diepte (90-120m) onder die watervlak.

Die kumulatiewe sukses wat behaal kan word met diepte onder die grondwatervlak, gebaseer op die persentasie sukses op die verskillende dieptesones, is bereken as 78 persent (kyk Fig. 26.7) op 'n diepte van 180 m onder die grondwatervlak.

Veertig persent van die suksesvolle boorgate het op 'n diepte kleiner as 15 m onder die watervlak water gegee, en 72 persent op 'n diepte kleiner as 60 m (kyk Fig. 26.8). Hierdie diepte onder die watervlak kan beskou word as 'n praktiese boordiepte.

4.2.7.4 Boortempo

Dit neem gemiddeld 28 dae per boorgat. Die boortempo uitgedruk in m/dag varieer tussen ongeveer 2m/d vir boorgate 30 m diep, 3,5 m/d vir boorgate 120 m diep en 2 m/d vir boorgate 210 m diep (kyk Fig. 26.9).

4.2.7.5 Voorkoms van grondwater

Volgens boorgatstate wat ontleed is, word verwering in die dolomiet hoofsaaklik aangetref tot 'n diepte van 60 m onder die watervlak (kyk Fig. 26.10), hoewel net 30 persent van die boorgate verwering getoon het. Dit lyk tog of verwering in dolomiet, soos gesien in die boorkern, wel 'n invloed op die voorkoms van grondwater het, siende dat 72 persent van die suksesvolle boorgate in hierdie sone water lewer (kyk Fig. 26.8). Uit 'n ekonomiese oogpunt beskou is dit moontlik nie geregverdig om dieper as 60 m onder die grondwatervlak te boor nie.

Grondwater kom in die dolomiet hoofsaaklik voor in oop nate en oplossingsholtes. As die persentasie suksesse en lewerings van boorgate met dié in graniet vergelyk word (kyk Figure 25.6 en 26.6) is dit duidelik dat dolomiet 'n baie hoër permeabiliteit moet hê as graniet. Die persentasie suksesse op 'n diepte van 120 m onder die watervlak is byvoorbeeld 2 keer hoër in dolomiet as in graniet.

As gevolg van die hoër permeabiliteit is die grondwatervlak meer horisontaal en is daar 'n kleiner verband met die topografie as in ander formasies. Die dolerietgange wat baie volop in die dolomietgebiede is (kyk Fig. 13) en wat 'n laer permeabiliteit as die dolomiet het sal dus 'n effek van opdamming van die grondwater in die dolomiet veroorsaak. Indien die aanvulling dus meer as die onttrekking is, sal die water aan die oppervlakte verskyn as fonteine of "oë" soos oral op die dolomiet aangetref word.

Enige struktuur wat met nate geassosieer is sal ideaal wees om boorgate op te kies, soos byvoorbeeld langs dolerietgange, in verskuiwingssones en in of langs sinkgate.

Die gange, indien solied, is gewoonlik baie min genaat en boorgate daarin is feitlik altyd droog. Die boonste 30 m of minder van 'n gang is gewoonlik verweer (kyk Fig. 27.6), maar die permeabiliteit is gewoonlik laag en boorgate is in die meeste gevalle droog of het net klein lewerings. Putte word soms in die verweerde gang gemaak waar die watervlak nie diep is nie en die lae lewering wat gekry word voldoende is vir huishoudelike gebruik.

Die rol van die gange as keerbanke vir die grondwater in dolomiet word in Figuur 27 geïllustreer. Fig. 27.1 illustreer 'n gebied van ongeveer 1 400 km² ten suide van Kuruman op die dolomiet van die Ghaapplate. 'n Groot aantal gange verdeel die grondwater in kompartemente. Die beweging van die grondwater volgens die grondwaterhoogte, is soos op die kaart aangedui. Dit is duidelik dat elke gang nie 'n fontein vorm nie. Daar vind dus lekkasie deur die meeste van die gange plaas (kyk Figure 27.2, 27.3, 27.4, 27.5 en 27.6), soms op klein dieptes, maar soms ook op groter dieptes van tot 90 m (kyk Fig. 27.4).

Die invloed van die gange veroorsaak dat die grondwaterskeiding soms nie met die topografiese waterskeiding ooreenstem nie (kyk Figure 27.2 en 27.3).

4.2.7.6 Metodes van boorplekaanwysing

Altesame is 27 boorplekke wat op grond van geologiese en geofisiese gronde aangewys is, geboor. Twintig van die plekke is geologies gekies nl. 2 op 'n verskuiwing, 4 langs ou sinkgate en 14 langs gange en 7 is met behulp van elektriese weerstandsmetings gekies.

In die 7 boorgate wat m.b.v. elektriese weerstandswerk gekies is was die soortelike elektriese weerstand van die verweerde dolomiet tussen 6 000 en 25 000 ohm. cm. Ses (86 persent) van die boorgate was suksesvol en die elektriese soortelike weerstand van die verweerde dolomiet was tussen 6 000 en 19 000 ohm. cm. In die onsuksesvolle boorgat was die soortelike weerstand 25 000 ohm. cm.

Al 4 die boorgate wat langs bestaande sinkgate gekies is en die 2 op verskuiwings was suksesvol.

Van die 14 boorgate wat langs gange gekies is was net 6 (43 persent) suksesvol en 8 onsuksesvol. Drie van die onsuksesvolle gate het die gang geraak en in een is kalksteen geraak. Die rede waarom vier van die boorgate langs gange onsuksesvol was is nie duidelik nie, maar is moontlik as gevolg van 'n gebrek aan verwering en nate langs die kontak.

Die sukses wat behaal is met die 27 boorplekke wat aangewys is was 67 persent, wat in werklikheid laer is as die gemiddelde sukses (73 persent) wat met boordery op die dolomiet behaal word (kyk Fig. 26.3). Die gemiddelde diepte van die 27 boorgate was egter 35 m onder die watervlak wat vir ander boorgate volgens Fig. 26.7 'n persentasie sukses van net 42 persent beteken.

Daar is blykbaar groot moontlikhede om boorplekke op die dolomiet op 'n wetenskaplike basis aan te wys en verdere ondersoek en studie is nodig.

Eksperimentele boorgate is by Heuningvlei geboor gedurende die droogtejare 1962-1966 om te bepaal of hoër lewerings in die dolomiet gekry kon word op diepte onder die jaspiliet van die Formasie Asbesberge van die Makhubungrante. Twee gate is geboor en die dolomiet is op dieptes van 220 en 260 m getref sonder enige sukses (Smit, 1964).

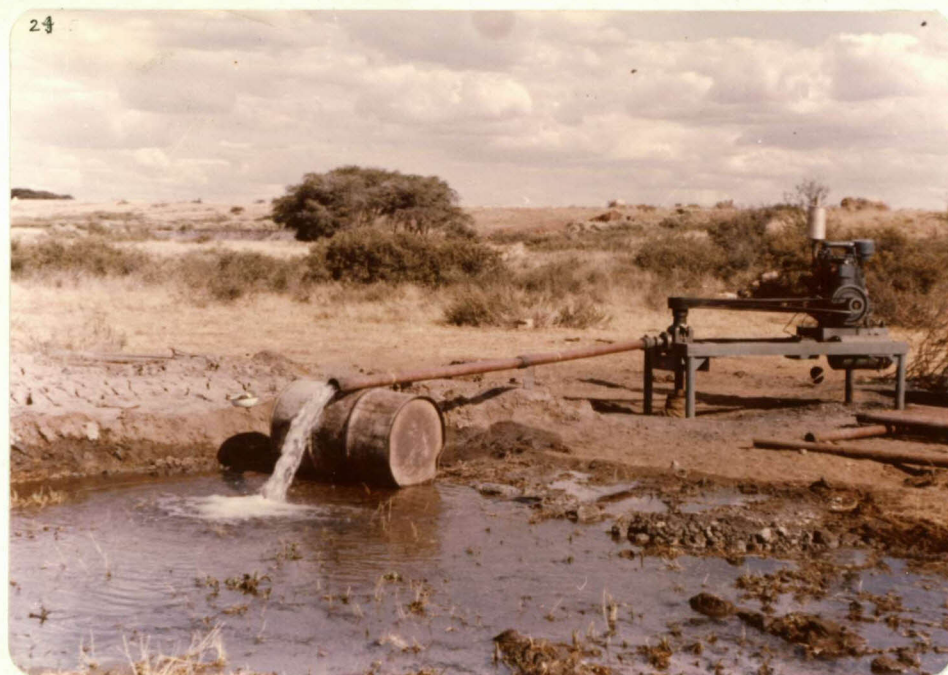


Foto 24. - Toets van boorgat in dolomiet by Mothibistad noord van Kuruman wat m.b.v. elektriese weerstandswerk aangewys is: lewering groter as $60 \text{ m}^3/\text{h}$.

4.2.8 Formasie Asbesberge

4.2.8.1 Aantal boorgate

Gesamentlik is 432 boorgate opgespoor waarvan 50 persent meer as $0,45 \text{ m}^3/\text{h}$ gelewer het. Agt persent van die suksesvolle boorgate het opgedroog en een persent het water van onbruikbare kwaliteit gelewer. Ongeveer 202 boorgate in die formasie is in gebruik.

4.2.8.2 Diepte en lewering van boorgate

Die gebied waar water in jaspiliet van die Formasie Asbesberge voorkom is op Figuur 23 aangedui.

Die meeste boorgate (73 persent) is tussen 30 en 120 lm diep en net 22 persent is dieper as 120 m. (Kyk Figuur 28.1). Die maksimumdiepte is 240 m, of 150 m onder die grondwatervlak (kyk Fig. 28.2). Tagtig persent van die boorgate is vlakker as 60 m onder die grondwatervlak geboor.

Die lewering van boorgate is 'n maksimum van $31 \text{ m}^3/\text{h}$ hoewel net 1 persent meer as $18,2 \text{ m}^3/\text{h}$ lewer en net 50 persent suksesvol is (kyk Fig. 28.3).

In sekere gebiede, hoofsaaklik in die noorde waar die watervlak in die oorliggende Kalaharilae is, word dikwels tot in die jaspiliet geboor vir water. In hierdie gebiede het 45 persent van die boorgate meer as $0,45 \text{ m}^3/\text{h}$ in die jaspiliet gegee (kyk Fig. 28.4). Net 10 persent lewer meer as $4,6 \text{ m}^3/\text{h}$ in teenstelling met 22 persent waar die watervlak in die jaspiliet onder die Kalaharilae is.

Die persentasie suksesvolle boorgate word al minder by groter dieptes van die watervlak (kyk Fig. 28.5). Waar die watervlak vlakker as 30 m is lewer 84 persent van die boorgate meer as 0,45 m³/h maar waar die watervlak op 'n diepte van 90-120 m is, is die persentasie sukses net 24. Die lewerings in die algemeen neem ooreenkomstiglik af by groter dieptes van die watervlak soos in onderstaande Tabel 7 saamgevat is.

Tabel 7.- Lewering van boorgate in jaspiliet van die Formasie Asbesberge by verskillende dieptes van die watervlak.

Lewering in m ³ /h	Dieptes van die watervlak			
	0-30m	30-60m	60-90m	90-120m
0-0,45	16*	61	48	76
0,45-2,3	28	15	15	12
2,3-4,6	31	3	11	3
4,6-9,1	22	10	14	3
9,1-13,6	3	4	8	3
13,6-18,2	-	5	3	-
18,2-22,7	-	2	1	-
	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	32	119	65	33

* Persentasie

4.2.8.3 Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte.

Die sukses wat behaal word in boorgate in die verskillende dieptesones onder die watervlak is op Figuur 28.6 geplot. Die lewerings wat in die verskillende dieptesones getref is word in Tabel 8 saamgevat.

Tabel 8. - Lewering van boorgate in jaspiliet van die Formasie Asbesberge by verskillende dieptes onder die watervlak.

Lewering in m ³ /h	Dieptes onder die watervlak					
	0-15m	15-30m	30-60m	60-90m	90-120m	120-150m
0-0,45	67 [*]	91	86	87	93	100
0,45-2,3	12	4	7	6	7	-
2,3-4,6	6	1	4	1	-	-
4,6-9,1	10	2	2	2	-	-
9,1-13,6	3	2	1	4	-	-
13,6-18,2	2	-	-	-	-	-
18,2-22,7	-	-	-	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	227	164	106	47	14	3

*. Persentasie.

Die hoogste persentasie sukses (33) word in die sone 0-15 m onder die watervlak behaal. In dieper sones neem dit geleidelik af na 7 persent in die sone 90-120 m onder die watervlak. Geen sukses is dieper as 120 m onder die watervlak behaal nie. Die lewerings neem ooreenkomstiglik af en op 0-15 m onder die watervlak is die maksimum-lewering byv. tussen 13,6 en 18,2 m³/h terwyl dit op 90-120 m onder die watervlak net tussen 0,45 en 2,3 m³/h is.

Die kumulatiewe persentasie sukses wat by toenemende dieptes onder die watervlak moontlik is word op Figuur 28.7 geplot. Hiervolgens is dit moontlik om ongeveer 60 persent sukses te behaal as daar tot dieptes van 150 m of meer geboor word. Tagtig persent van die suksesse word behaal binne 60 m onder die watervlak (kyk Fig. 28.8).

4.2.8.4 Boortempo

Dit neem gemiddeld 35 dae per boorgat. Die boortempo is ongeveer 2,3 m/d vir dieptes van 30 m, 2,9 m/d vir dieptes van 120 m en effens laer nl. 2,2 m/d vir dieptes van 180 m (kyk Fig. 28.9).

4.2.8.5 Voorkoms van grondwater

In net ongeveer 25 persent van die boorgate is verwering onderkant die watervlak aangetref en in net 1 persent was dit tussen 90-120 m (kyk Fig. 28.10). Verwering was nooit dieper as 120 m nie en verwering is blykbaar gewoonlik net tot 60 m onder die watervlak. Tagtig persent van die suksesvolle boorgate (kyk Fig. 28.8) het op hierdie diepte water gegee en verwering speel blykbaar 'n groot rol in die voorkoms van grondwater in jaspiliet.

Water word blykbaar in nate aangetref wat met verwering geassosieer is. Naatstrukture en strukture wat daarmee geassosieer is behoort suksesvolle boorgate te lewer.

Altesame is 27 boorplekke, wat geologies en geofisies op jaspiliet gekies is, geboor en daarvan was 56 persent suksesvol. Agtien van die boorplekke is geologiese gekies nl. 12 op verskuiwings en 6 langs gange. Nege is m.b.v. elektriese weerstandsmetings gekies. Van die twaalf wat op verskuiwings gekies is was 8, of 67 persent, suksesvol en van die 6 langs gange was 3 suksesvol. Van die nege wat d.m.v. elektriese weerstandswerk gekies is was net 4, of 44 persent suksesvol.

Die beste sukses word blykbaar behaal waar in verskuiwings geboor word. Boorgate wat langs gange en op verwering, soos bepaal op grond van elektriese weerstandswerk geboor is, is blykbaar nie meer suksesvol as ander metodes nie.

Die gemiddelde diepte van die 27 boorgate wat wetenskaplik gekies is was egter net 60 m onder die watervlak. Volgens die statistiese ontleding van die bestaande gate se gegewens sal boordery tot hierdie diepte 'n sukses van 48 persent gee (kyk Fig. 28.7). Die 67 persent sukses wat met geologiese en geofisiese aanwysingsmetodes behaal is, is dus heelwat beter as die gemiddelde van 48 persent sukses wat normaalweg behaal word.



Foto 25. - Toets van boorgat in verskuiwing in jaspiliet op Hove by Heuningvlei: lewering meer as $12 \text{ m}^3/\text{h}$.

4.2.9. Formasie Gamagara

Die Formasie Gamagara kom net in 'n baie klein gebied voor, vanaf Sishen suidwaarts, al langs die Gamagararant (kyk Fig. 23). Die formasie is nie dik nie en hel steil weswaarts onder die Formasies Ongeluk en Makganyene in. Dit is gladnie belangrik as 'n waterdraer nie aangesien die formasie hoofsaaklik rante vorm op plase wat aan die myne behoort en waar boorgate vir water nie nodig is nie.

4.2.10 Formasie Makganyene

4.2.10.1 Aantal boorgate

Altesaam is 25 boorgate in die Formasie Makganyene opgespoor, waarvan 80 persent suksesvol was. Daar is nie genoeg boorgate vir 'n betroubare statistiese ontleding nie.

4.2.10.2 Diepte en lewering van boorgate

Die gebied waar water in die Formasie Makganyene voorkom is beperk tot 'n dun sone al langs die westelike voet van die bergreeks wat gevorm word deur die jaspiliet van die Formasie Asbesberge (kyk Fig. 23).

Die meeste van die boorgate is tussen 30 en 120 m diep (kyk Fig. 29.1). Net 32 persent is dieper as 120 m.

Die boorgate word gewoonlik geboor tot 60 m onder die watervlak (kyk Fig. 29.2) en net 28 persent word dieper as dit geboor.

Die lewering van 80 persent van die boorgate is meer as $0,45 \text{ m}^3/\text{h}$ en die maksimum is ongeveer $9,1 \text{ m}^3/\text{h}$. (kyk Fig. 29.3).

Die persentasie suksesse is ongeveer dieselfde (80 persent) op dieptes van die watervlak tot ongeveer 90 m (kyk Fig. 29.4). Op dieptes van die watervlak tussen 90 en 120 m is die suksesse effe laer nl. 50 persent, wat byna 2 keer hoër is as op graniet en jaspiliet en omtrent dieselfde is as op dolomiet.

4.2.10.3 Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte.

Die suksesse is baie hoog in die verskillende dieptesones onder die watervlak (kyk Fig. 29.5) behalwe in die sone 30-60 m. Tot 'n diepte van 90 m onder die watervlak is die persentasie sukses omtrent 58.

Die kumulatiewe sukses met diepte is volgens die sukses in die dieptesones onder die watervlak bereken as 86 persent (kyk Fig. 29.6).

Ongeveer 86 persent van die suksesvolle boorgate het water gegee binne 30 m onder die watervlak (kyk Fig. 29.7).

4.2.10.4 Voorkoms van grondwater

Die formasie is bekend as 'n baie goeie waterdraer wat 'n hoë persentasie sukses lewer en ook redelike hoë lewerings. Die oorliggende lawa van die Formasie Ongeluk is 'n swak waterdraer en dit is raadsaam om, waar moontlik, op vlak diepte deur die lawa te boor tot in die onderliggende Makganyeneformasie.

Twee eksperimentele boorgate is gedurende 1964-1966 in die lawagebied noord van Tsineng (10 D) geboor om te bepaal op watter diepte dit nog moontlik is om water te kry (Smit, 1966). Een boorgat is op die plaas Jebolo geboor en die Formasie Makganyene is op 'n diepte van 250-351 m onder die Ongeluklawa deurgeboor. Water is op 250-351 m getref wat op 'n diepte van 213 m gepomp is teen 9,0 m³/h. Die ander boorgat is op die plaas Eendracht langsaan geboor en die Formasie Makganyene is

op 'n diepte van 369-445 m onder die lawa van die Ongelukformasie getref. Geen water is in die formasie getref nie.

Hoewel twee boorgate nie voldoende is om definitiewe gevolgtrekkings te maak nie wil dit tog tentatief lyk of, onder derglike omstandighede, daar moontlik met 'n redelike kans tot sukses tot 'n diepte van 'n maksimum van 250 m deur die oorliggende lawa geboor kan word.

Altesaam is 5 boorplekke geologies gekies om die formasie so vlak as moontlik onder die watervlak te raak. In twee gevalle is elektriese weerstandslesings gedoen om die verwerking te bepaal. Al 5 boorplekke was suksesvol.

4.2.11 Formasie Ongeluk

4.2.11.1 Aantal boorgate

In totaal is 853 boorgate bekend wat in die lawa van die Formasie Ongeluk geboor is, waarvan 34 persent suksesvol was. Veertien persent van die suksesvolle boorgate het opgedroog en in 2 persent was die kwaliteit van die water onbruikbaar. Daar is 329 boorgate in gebruik. Daar is egter ongetwyfeld meer boorgate geboor as die wat opgespoor is.

4.2.11.2 Diepte en lewering van boorgate

Die gebied waar water in die lawa voorkom is op Figuur 23 aangedui.

Die boorgate word tot dieptes van 270 m geboor hoewel die meeste (81 persent) tussen 30 en 180 m diep is. (kyk Fig. 30.1). Net 14 persent is dieper as 180 m en 61 persent is tussen 30 en 120 m diep.

Hoewel daar tot 240 m onder die watervlak geboor word is die meerderheid nl. 72 persent vlakker as 60 m onder die watervlak (kyk Fig. 30.2).

Lewerings is so hoog as 13,6 m³/h, maar net 34 persent van die boorgate is suksesvol (kyk Fig. 30.3).

In dele waar die watervlak in die oorliggende Kalaharilae geleë is, word dikwels tot in die onderliggende lawa geboor vir water (kyk Fig. 23). In hierdie gebiede is die persentasie suksesse in die lawa net 25 persent (kyk Fig. 30.4) en is die maksimumlewering net 9,1 m³/h. Daar is 'n duidelike afname in die persentasie suksesvolle boorgate by verskillende dieptes van die watervlak (kyk Fig. 30.5). Waar die watervlak minder as 30 m diep is, is die suksesse besonder goed nl. 67 persent. In gebiede waar die watervlak tussen 30 en 60 m diep is, is die suksesse 34 persent; maar by groter dieptes is dit net omtrent tussen 10 en 15 persent. Die lewering is ook in die algemeen laer by groter dieptes van die watervlak soos aangegee is in onderstaande Tabel 9.

Tabel 9. - Lewering van boorgate in lawa van die Formasie Ongeluk op verskillende dieptes van die watervlak.

Lewering in m ³ /h	Dieptes van die watervlak					
	0-30m	30-60m	60-90m	90-120m	120-150m	150-180m
0-0,45	33*	66	88	85	88	85
0,45-2,3	31	24	12	13	10	11
2,3-4,6	19	7	-	2	2	0
4,6-9,1	14	3	-	-	-	4
9,1-13,6	3	-	-	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	92	175	33	46	60	27

* Persentasie.

Op 'n diepte van die watervlak van 0-30 m lewer 36 persent van die boorgate meer as $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$ maar op 'n diepte van 150-180 m is dit net 4 persent.

4.2.11.3 Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte

Die suksesse wat behaal word in sekere dieptesones onder die watervlak is op Figuur 30.6 geplot en die lewerings is saamgevat in Tabel 10.

Tabel 10.- Lewering van boorgate in lawa van die Formasie Ongeluk op verskillende dieptes onder die watervlak.

Lewering in m^3/h	Dieptes onder die watervlak					
	0-15m	15-30m	30-60m	60-90m	90-120m	120-240m
0-0,45	82*	90	91	93	93	93
0,45-2,3	11	7	6	3	7	7
2,3-4,6	3	2	2	2	-	-
4,6-9,1	3	1	1	2	-	-
9,1-13,6	1	-	-	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	415	339	258	127	42	14

* Persentasie

Die lewering word geleidelik minder hoe dieper die water getref word. Volgens Tabel 10 is die maksimumlewering van water wat in boorgate in die sone 0-30 m onder die watervlak getref is $9,1-13,6 \text{ m}^3/\text{h}$. By dieper sones neem dit af na tussen 4,6 en 9,1 en tussen 0,45 en $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$. Die hoogste persentasie sukses word behaal in die sone 0-15 m onder die watervlak nl. 18 (kyk Fig. 30.6). In die sone 15-30 m is dit 10 persent en in die sone 30-60 m is dit 9 persent.

Die kumulatiewe sukses wat, volgens die persentasie sukses op die verskillende dieptesones, behaal kan word met diepte onder die watervlak is, bereken as 46 persent (kyk Fig. 30.7). Op 'n diepte van 60 m onder die watervlak het 72 persent van die suksesvolle boorgate reeds water gelewer (kyk Fig. 30.8).

4.2.11.4 Boortempo

Dit neem gemiddeld 61 dae per boorgat met 'n gemiddelde diepte van 111 m. Die boortempo (kyk Fig. 30.9) vir gate tot ongeveer 30 m diep is 1,2 m/d. Die tempo styg geleidelik tot 2,2 m/d vir dieptes van 150 m. Vir boorgate dieper as 150 m daal die tempo na 1,7 m/d op 255 m.

4.2.11.5 Voorkoms van grondwater

Grondwater kom voor, net soos in die lawa van die Formasie Allanridge, in verweringskomme. Net 30 persent van die boorgate het tot 'n diepte van 60 m onder die watervlak enige verwering getoon (kyk Fig. 30.10). In 20 persent van die boorgate was dit beperk tot 15 m en in 28 persent tot 30 m. Die implikasie is dat in 93 persent van die boorgate waar verwering onder die watervlak gevind is dit beperk was tot 30 m onder die watervlak. Die persentasie van die suksesvolle boorgate wat op hierdie diepte water gegee het is 57 persent (kyk Fig. 30.8) en dit mag uit 'n ekonomiese oogpunt dalk raadsaam wees om nie doper te boor as 30 m onder die watervlak nie.

Altesaam is 62 boorplekke op lawa aangewys, nl. 10 geologies langs gange en 52 met behulp van elektriese weerstandsmetings. Van die 10 langs gange was 6 suksesvol. In 8 van die boorgate wat geofisies gekies is was verwering te vlak. In 6 van die gate is nogtans sukses behaal deurdat water in vars lawa getref is, 20 m onderkant die basis van die verweerde sone met 'n soortelike weerstand

van 4 000 - 9 000 ohm. cm. Op grond van die elektriese weerstandsmetings by die 44 boorgate wat aangewys is en metings wat by 33 ander bestaande boorgate gedoen is, is 'n verhouding tussen die soortelike elektriese weerstand van die verweerde formasie en die lewering van boorgate bepaal (kyk Fig. 30.11). Hiervolgens word die beste resultate behaal waar die soortelike weerstand van die verweerde lawa tussen 5 000 en 6 000 ohm. cm is (80 persent). By hoër weerstande van 6 000 - 20 000 ohm. cm is die persentasie sukses net 50 wat steeds beter is as die gemiddeld van 34 persent.

'n Tipiese profiel deur 'n verweringskom in lawa soos vasgestel deur middel van die elektriese weerstandsmetode is op Fig. 30.12 gegee met 'n tipiese elektriese dieptemeting op Fig. 30.13.

Indien geen verwering in die lawa opgespoor kon word nie is boorplekke op die kontak van gange gekies en water word in die gang of in die lawa getref.

Die sukses wat behaal is met geologiese en geofisiese metodes is 50 persent teenoor 34 persent wat behaal is op ander metodes. Die gemiddelde diepte van boorgate in die lawa is 111 m terwyl die diepte in gate wat wetenskaplik gekies 78 m was, wat 'n besparing van 33 m per boorgat meebring.

4.2.12 Formasie Voëlwater

Hierdie formasie het 'n baie beperkte verspreiding en is van weinig belang in verband met die grondwater in die gebied.

4.2.13 Groep Olifantshoek.

Die Formasies Lucknow, Hartley en Matsap sal nie individueel bespreek word nie maar as gevolg van die oorwegende kwartsitiese samestelling van die Formasie Lucknow en Matsap sal hulle saam onder die Groep Olifantshoek bespreek word. Die Formasie Hartley Hill bestaan uit lawa maar, aangesien dit 'n baie lokale verspreiding by Olifantshoek het en baie min boorgate daarin geboor is, word dit nie in die bespreking ingesluit nie.

4.2.13.1 Aantal boorgate

Die gesteentes bestaande hoofsaaklik uit kwartsiet en ondergeskikte skalie kom in twee gebiede voor, nl. in die suidweste tussen Vanzylsrus en Olifantshoek en in die noorde, ten weste van Kirstonia (kyk Fig. 23).

In die suide is 454 boorgate opgespoor en in die noorde 121, 'n totaal van 575 waarvan 67 persent suksesvol was. Drie persent van die suksesvolle boorgate het opgedroog en in 3 persent van die boorgate was die water onbruikbaar. Daar is ongetwyfeld meer gate geboor as die 575 wat opgespoor is.

4.2.13.2 Diepte en lewering van boorgate

Die diepte van die boorgate wissel tussen 30 en 240 m waarvan die meeste (73 persent) tussen 60 en 150 m diep is (kyk Fig. 31.1).

Die boorgate is tot 150 m onder die watervlak geboor hoewel die meeste (82 persent) vlakker as 60 m onder die watervlak is (kyk Fig. 31.2).

Die lewerings van boorgate is so hoog as $13,7 \text{ m}^3/\text{h}$ (kyk Fig. 31.3). In 67 persent van die gate is die lewering meer as $0,45 \text{ m}^3/\text{h}$. Vyftig persent lewer tussen $0,45$ en $4,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

In dele van die gebied (kyk Fig. 23) waar die grondwatervlak in die oorliggende Kalaharilae geleë is, word daar soms tot in die onderliggende kwartsiet geboor vir water. In hierdie dele is die persentasie gate wat in die kwartsiet meer as $0,45 \text{ m}^3/\text{h}$ water gelever het, net 42 en die maksimumlewering $11,4 \text{ m}^3/\text{h}$ (kyk Fig. 31.4).

Daar is 'n afname in die persentasie suksesvolle boorgate op groter dieptes van die grondwatervlak. Waar die watervlak minder as 30 m diep is, is 84 persent van die boorgate suksesvol (kyk Fig. 31.5) maar waar die watervlak op 'n diepte van 90-120 m is, is net 42 persent van die boorgate suksesvol. Daar is 'n algemene vermindering in die lewering soos aangegee in onderstaande Tabel 11.

Tabel 11. - Lewering van boorgate in kwartsiet van die Groep Olifantshoek op verskillende dieptes van die watervlak.

Lewering in m^3/h	Dieptes van die watervlak			
	0-30m	30-60m	60-90m	90-120m
0-0,45	16*	15	36	58
0,45-2,3	28	45	42	26
2,3-4,6	31	21	11	8
4,5-9,1	7	13	8	7
9,1-13,6	9	4	1	1
13,6-18,2	9	1	2	-
18,2-22,8	-	1	-	-
	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	32	111	115	81

* Persentasie

4.2.13.3 Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte

Die sukses wat behaal word in die verskillende dieptesones onder die watervlak is op Fig. 31.6 geplot en die lewerings wat in die dieptesones getref is word in die onderstaande Tabel 12 saamgevat.

Tabel 12. - Lewering van boorgate in kwartsiet van die Groep Olifantshoek op verskillende dieptes onder die watervlak

Lewering in m ³ /h	Dieptes onder die watervlak					
	0-15m	15-30m	30-60m	60-90m	90-120m	120-150m
0-0,45	61*	79	84	93	100	100
0,45-2,3	23	10	10	5	-	-
2,3-4,6	8	6	3	2	-	-
4,6-9,1	5	4	2	-	-	-
9,1-13,7	2	1	1	-	-	-
13,7-18,2	1	-	-	-	-	-
18,2-22,8	-	-	-	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	343	286	177	62	17	3

* Persentasie.

Die persentasie boorgate waarin meer as 0,45 m³/h in die verskillende dieptesones onder die watervlak getref is neem vinnig af met diepte. Op 'n diepte van meer as 120 m onder die watervlak word water nie meer getref nie. Vlakker as 30 m onder die watervlak is die suksesse 40 persent en daal geleidelik na 7 op 60-90m. Die maksimum-lewering daal vinnig met diepte onder die watervlak.

Die kumulatiewe suksesse bereken volgens die suksesse in die verskillende dieptesones is 63 persent (kyk Fig. 31.7). Van hierdie suksesvolle boorgate het 80 persent reeds water gegee op 'n diepte van minder as 30 m (kyk Fig. 31.8) en is dit moontlik nie lonend om dieper as dit te boor nie.

4.2.13.4 Boortempo

Die boortempo varieer tussen 1,2 m/d vir 'n diepte van 60 m tot 2,5 m/d vir boordieptes van 180 m (kyk Fig. 31.9).

4.2.13.5 Voorkoms van grondwater

Grondwater in die formasie is geassosieer met 'n sekondêre poreusheid en sal dus voorkom waar verwerking en genaathed ontwikkel is.

Altesaam is 5 boorplekke met behulp van die elektriese weerstandsmetode op die formasies aangewys, waarvan almal suksesvol was. Tot 12 m³/h is getref in, of binne 30 m onder die basis van die verweerde kwartsiet soos bepaal volgens elektriese weerstandsmetings. In die verweerde sone is die soortelike weerstand tussen 4 000 en 25 000 ohm. cm.

Aangesien in 80 persent van die suksesvolle boorgate, water op 'n diepte van minder as 30 m onder die watervlak getref word is dit uit 'n ekonomiese oogpunt nie geregverdig om dieper as dit te boor nie.

4.2.14 Formasie Dwyka

Die gebiede waar die watervlak in die skalie en tilliet van die Formasie Dwyka voorkom is hoofsaaklik geleë in die noordwestelike area tussen Aansluit (10 A) en Terra Firma (kyk Fig. 23). Die formasie kom oral voor onder dik Kalaharilae (kyk Fig. 15).

4.2.14.1 Aantal boorgate

Altesaam is 134 boorgate opgespoor wat geboor is in die gebiede waar die watervlak in die Formasie Dwyka is, daarvan was net 17 persent suksesvol. In 38 persent van die suksesvolle boorgate was die water onbruikbaar weens die swak kwaliteit. Net 15 boorgate is in gebruik.

4.2.14.2 Diepte en lewering van boorgate

As gevolg van die diepte van die watervlak is al die boorgate dieper as 90 m geboor. Meer as die helfte (54 persent) is dieper as 180 m (kyk Fig. 32.1) terwyl 2 persent dieper as 300 m is. Een boorgat is tot 617 m geboor op die plaas Bristol (12 B).

Indien die diepte van die boorgate beskou word in verhouding tot die watervlak, is die meeste (59 persent) vlakker as 60 m onder die watervlak (kyk Fig. 32.2). Daar is egter tot meer as 240 m onder die watervlak geboor.

Lewerings in boorgate is gewoonlik baie swak en is nooit meer as 4,6 m³/h nie. Die persentasie sukses is 17 persent. (kyk Fig. 32.3).

In sekere gebiede (kyk Fig. 23) waar die watervalk in die oorliggende Kalaharilae is word soms tot in die onderliggende Dwykaformasie geboor vir water. In hierdie omstandighede word daar net in 10 persent van die boorgate water in die formasie getref (kyk Fig. 32.4)

4.2.14.3 Boortempo

Die vlakste boorgate van tussen 90 en 120 m word geboor teen 'n tempo van ongeveer 2,5 m/d. Vir boorgate wat dieper is varieer die boortempo van 3,5 m/d vir dieptes van 135 m tot 5,0 m/d vir dieptes van 270 m (kyk Fig. 32.5).

4.2.14.4 Voorkoms van grondwater

Die Formasie Dwyka is uit die aard van sy litologiese samestelling 'n baie swak waterdraer. As gevolg van die lae persentasie suksesse, die swak kwaliteit van die grondwater en die groot dieptes wat geboor moet word is dit nie lonend om in die formasie te boor vir water nie.

4.2.15 Formasie Kalahari

4.2.15.1 Aantal boorgate

In die gebied waar die grondwatervlak in die Kalaharilae is (kyk Fig. 23) is 1 364 boorgate opgespoor waarvan 39 persent suksesvol was. Twee persent van die suksesvolle boorgate het opgedroog en in 3 persent was die water onbruikbaar. Altesame was daar 773 boorgate in gebruik. Daar is ongetwyfeld baie meer gate geboor as wat opgespoor is.

4.2.15.2 Diepte en lewering van boorgate

Die diepte van boorgate varieer tussen 30 en 270 m (kyk Fig. 33.1). Net 15 persent is dieper as 180 m, 17 persent is vlakker as 90 m terwyl 68 persent tussen 90 en 180 m diep is.

Die diepte van die watervlak bepaal tot 'n groot mate die boordiepte. As die boorresultate ontleed word in verhouding tot die watervlak (kyk Fig. 33.2) word gevind dat 65 persent van die boorgate tot minder as 60 m onder die watervlak geboor is.

Die lewering van boorgate in die algemeen is 'n maksimum van 27 m³/h terwyl net 39 persent suksesvol is (kyk Fig. 33.3). Net 20 persent lewer meer as 2,3 m³/h.

In die sentrale deel van die gebied waar die watervlak in die Kalaharilae voorkom (kyk Fig. 23) en waar die Kalaharilae die dikste is (kyk Figure 16 en 17) word daar om tegniese redes nie deur die lae geboor nie. Aan die kante van die komme waar die lae dunner is en minder gruislae aanwesig is word daar gewoonlik deur die lae geboor tot in die onderliggende formasies. Die lae word die meeste deurgeboor waar die dikte tussen 60 en 150 m is (kyk Fig. 33.4).

Hierdie diepte stem ooreen met 'n dikte van die Kalaharilae van minder as 60 m onder die watervlak (kyk Fig. 33.5). Ses-en-sewentig persent van die boorgate is in werklikheid tot in die onderliggende formasie geboor waar die Kalaharilae onder die watervlak dunner as 30 m is.

Die sukses wat behaal word in boorgate in die sentrale deel van die Kalaharilae-akwifere, waar nie deur die lae geboor word nie, is 64 persent (kyk Fig. 33.6) en aan die kante van die akwifere, waar daar tot in die onderliggende formasie geboor word, is dit 22 persent (kyk Fig. 33.7).

Die lewering wat behaal word in boorgate by verskillende dieptes van die watervlak is saamgevat in Tabel 13. Die persentasie suksesvolle boorgate op die verskillende dieptes van die watervlak is op Fig. 33.8 uitgestip.

Tabel 13. - Lewering van boorgate in Kalaharilae op verskillende dieptes van die watervlak.

Lewering in m ³ /h	Dieptes van die watervlak				
	0-30m	30-60m	60-90m	90-120m	120-150m
0-0,45	53*	55	63	54	70
0,45-2,3	23	25	19	28	13
2,3-4,6	9	14	14	10	10
4,6-9,1	7	6	3	8	7
9,1-13,6	3	0	1	0	-
13,6-18,2	1	-	0	-	-
18,2-22,7	1	-	-	-	-
22,7-27,3	3	-	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	75	161	195	223	160

* Persentasie.

Daar is nie 'n noemenswaardige afname van die persentasie suksesvolle boorgate (+ 44) op watervlakdieptes van tussen minder as 30 m en 120 m nie. By dieper watervlakke is dit egter effe laer (30 persent). Net by watervlakdieptes van 0-30 m is die maksimumlewering hoog (27,3 m³/h) anders is dit naastenby dieselfde (4,6 - 13,6 m³/h) op al die ander watervlakdieptes.

4.2.15.3 Lewering en suksesse van boorgate in verhouding tot diepte.

Die lewering wat in boorgate in die verskillende dieptesones onder die watervlak getref word is op Tabel 14 saamgevat, en die persentasie sukses in die verskillende dieptesones is op Fig. 33.9 geplot. Die persentasie sukses wat behaal word is ongeveer konstant op alle dieptes onder die watervlak en die maksimumlewering is ook omtrent dieselfde.

Tabel 14. - Lewering van boorgate in Kalaharilae op verskillende dieptes onder die watervlak.

Lewering in m ³ /h	Dieptes onder die watervlak				
	0-15m	15-30m	30-60m	60-90m	90-120m
0-0,45	78*	85	83	83	83
0,45-2,3	13	8	6	4	9
2,3-4,6	5	4	6	7	8
4,6-9,1	3	3	4	2	-
9,1 +	1	-	1	4	-
	100%	100%	100%	100%	100%
Aantal boorgate	849	552	281	83	11

* Persentasie

Die kumulatiewe sukses, bereken volgens die persentasie sukses op die verskillende dieptesones is 63 persent (kyk Fig. 33.10). In die sentrale deel van die kom is dit 70 persent (kyk Fig. 33.11) en aan die kante van die kom is dit 32 persent (kyk Fig. 33.12).

4.2.15.4 Boortempo

Die boortempo vir verskillende dieptes is naastebly konstant as 3,0 m/d (kyk Fig. 33.13).

4.2.15.5 Voorkoms van grondwater

Water word gewoonlik getref in die gruiserige lae wat in die kleierige gruis onder die rooi kalkryke kleilaag voorkom (kyk Hoofstuk 2.19 en Figure 16 en 17) en soms in dun sandsteenlae in die basale sone soos ten ooste van Heuningvlei (kyk Fig. 17, profiel J).

Die ~~diepste~~ deel van die ou paleosloepe (kyk Fig. 20) wat met Kalaharilae gevul is kan verwag word om met growwe gruis, tenminste in plekke, gevul te wees. Hierdie sloepe is egter moeilik, indien nie onmoontlik nie, om geofisies op te spoor. So 'n ou sloep, gevul met growwe gruis is suidoos van Severn op die plaas Poortjie (10 D) opgespoor met behulp van gravitasiewaarnemings en boorwerk (kyk Fig. 34). Die basale gruis was baie grof en het 'n hoë lewering gegee, terwyl boorgate wat net buite die sentrale sloep geboor is baie min water gelewer het.

Altesame is 20 boorplekke met behulp van elektriese weerstandsmetings op die Kalaharilae gekies waarvan net 40 persent suksesvol was, wat dieselfde is as vir boorgate wat op ander maniere gekies is.

Navorsing op tegnieke van geofisiese metodes van boorplek-aanwysings op die Kalaharilae is noodsaaklik vir die toekoms, aangesien die akwifer 'n geweldige groot potensiaal inhou. Navorsing op boortegnieke en boorgatontwikkeling is ewe belangrik.

5. GRONDWATERVLAK

5.1. Diepte van grondwatervlak

Die diepte van die grondwatervlak is op Figuur 35 uitgestip. Die digtheid van boorgate met bekende watervlakdiepte waarop die kontoere gebaseer is word op Figuur 36 aangegee. Tydens die veldopnames is watervlakke in 1585 boorgate gemeet en in nog 1 525 was die diepte van die watervlak reeds bekend.

Die diepte van die grondwatervlak varieer tussen minder as 15 m en meer as 150 m. Die vlakste watervlak word gewoonlik aangetref in dagsoomgebiede (uitgesonderd die bergagtige dele waar daar groot topografiese verskille bestaan) of waar die bedekking van sand en Kalaharilae minder as 15 m is (verg. Fig. 35 met Fig. 15). Daar is egter plekke soos in die gebied noord van Sishen (5D) en langs die Phepanilaagte in die Morokwenreservaat (13H) waar die watervlak, nieteenstaande dik Kalaharilae (meer as 15 m) nogtans vlakker as 15m. In beide hierdie gebiede vind daar aanvulling vanaf die oppervlakte plaas as gevolg van kalkreet wat aanwesig is (kyk Fig. 17. I).

Die diepste watervlak is in die meeste gevalle geleë waar die dikste Kalaharilae aangetref word (verg. Fig. 35 met Fig. 15). Die profiele op Figure 16 en 17 illustreer die verhouding ook baie duidelik in die belangrikste diep komme van die westelike gebied.

'n Aantal profiele (L, M, N, D en P) is op Figuur 37 aangegee om die verhouding tussen die dikte van die Kalaharilae en die diepte van die grondwatervlak verder te illustreer.

'n Goeie voorbeeld is die verandering van die grondwatervlak op Koudslaap (kyk Fig. 37.0) waar daar geen dagsome in die omgewing is nie (kyk Fig. 11). Die Kalaharilae is egter dun in die omgewing (kyk Fig. 15) wat aanvulling laat plaasvind en 'n styging in die

grondwatervlak teweegbring soos aangedui op die profiel.

In dagsoomgebiede van graniet of waar die bedekking van Kalaharilae relatief dun is (+ 15 m) volg die grondwatervlak by benadering die topografie. Die watervlak is egter altyd dieper as die dikte van die bedekking (kyk Fig. 36 P en L). Dieselfde is die geval op die lawas van die Formasie Ongeluk in die gebied oos van Dibeng (kyk Fig. 37 P).

In die noordelike gebied daal die landoppervlak geleidelik vanaf die rante by Heuningvlei en Pomfret, noordwaarts na die Moloporivier (kyk Fig. 37. M en N). Die grondwatervlak daal nie in ooreenstemming met die topografie nie maar vorm 'n lokale depressie wat ooreenstem met die diepste deel van die Kalaharitrog.

Die watervlak is relatief diep in die berge- en ranteveld soos in die Kurumanberge, Rooiberge, Langberge, Korannaberg en Makhubungrante maar vorm nogtans 'n waterskeiding (kyk Fig. 37). Die rantjies by Pomfret vorm egter nie 'n grondwaterskeiding nie, aangesien hulle ook nie 'n topografiese waterskeiding vorm nie, deurdad hulle laer is as die dolomietgebied net suid daarvan (kyk Fig. 37 M).

Die diepste watervlak word aangetref in die gebied suid van Kuruman in die hoogliggende gebied aan die oostelike voet van die Kurumanberge. Die watervlak is in dolomiet in die grondwaterkompartement wat deur die Kurumanoog dreineer word.

5.2 Fonteine

5.2.1 Verspreiding

Alle fonteine wat tussen die jare 1961 en 1973 bekend was is op Figuur 38 aangetoon, sowel as die stand aan die einde van 1973. Daar word onderskei tussen staande fonteine (permanente waterpoele), vloeiende fonteine (oë) en droë fonteine of oë. Altesaam is 100 fonteine bekend soos saamgevat in Tabel 15. Aan die einde van 1973 het 34 van die fonteine gevloei, 32 het net poele gevorm en 34 was droog.

Tabel 15.- Fonteine in die opvanggebied van die Moloporivier.

Nommer op Fig. 38	Plaaslike naam	Distrik of Tuisland-gebied	Stand, einde 1973	Opmerking
1	Mallepoosoog	Lichtenburg	Vloei 7,61x 10 ⁶ m ³ /j	Gem. vloei. Gemeet deur Dept. Waterwese sedert 1965.
2	Olievendraaiog	Marico	Vloei 0,98x 10 ⁶ m ³ /j	Gem. vloei. Gemeet deur Dept. Waterwese sedert 1969. Besproei.
3	Weltevredenog	Marico	Vloei 0,073 x10 ⁶ m ³ /j	Gem. vloei. Gemeet deur Dept. Waterwese sedert 1969. Besproei.
4	Buurmansdrifoog	Marico	Vloei baie swak	Inligting Dept. Waterwese
5	Wondergat	Marico	Poel	Inligting Dept. Waterwese.
6	Weltevredensuidoog	Marico	Vloei baie swak	Inligting Dept. Waterwese
7	Grootfonteinoog	Lichtenburg	Vloei 3,46 x10 ⁶ /m ³ /j	Gem. vloei. Gemeet deur Dept. Waterwese. sedert 1960. Besproei gedeeltelik. Mafeking se waterverbruik.
8	Grootfonteinoog	Lichtenburg		
9	Mooimeisiesfonteinoog	Lichtenburg	Vloei 0,28 x10 ⁶ m ³ /j	Gem. vloei. Inligting Dept. Waterwese
10	"	"	"	"
11	"	"	"	"
12	Polfonteinoog	Bophuthatswana	Vloei 1,798 x 10 ⁶ m ³ /j	Gemeet deur M.J. Steyn van Geologiese Opname in 1973.
13	Konki	Bophuthatswana, Borolonggebied	Poel	
14	"	"	"	
15	"	"	"	

Nommer op Fig. 38	Plaaslike naam	Distrik of Tuisland-gebied	Stand, einde 1973	Opmerking
16	Tseng	Bophuthatswana, Borolonggebied	Poel	
17	Kehang	"	Poel	
18	Morokweng	"	Poel	
19	Morokweng	"	Poel	
20	Garatlose	"	Poel	
21	Metsaneng	"	Poel	
22	Kunk	"	Poel	
23	Kunk	"	Poel	
24	Heuningvlei	Bophuthatswana Thlarogebied	Poel	
25	Heuningvlei	"	Vloei 0,127x 10 ⁶ m ³ /j	Geskat
26	Heuningvlei	"	Poel	
27	Koboga	"	Droog	
28	Bothithong	Bophuthatswana Thlapinggebied	Vloei 0,011 x10 ⁶ m ³ /j	Geskat. Besproei.
29	"	"	"	" "
30	"	"	Poel	
31	"	"	Poel	
32	Motiton	"	Vloei 0,008 x10 ⁶ m ³ /j	Benaderde meting
33	"	"	Vloei 0,018 x10 ⁶ m ³ /j	" "
34	"	"	Vloei 0,006 x 10 ⁶ m ³ /j	" "
35	"	"	Vloei 0,018 x 10 ⁶ m ³ /j	" "
36	"	"	Vloei 0,128 x 10 ⁶ m ³ /j	" "

Nommer op Fig. 38	Plaaslike naam	Distrik of Tuisland-gebied	Stand, einde 1973	Opmerking
37	Mamontsani	Bophuthatswana, Thlapinggebied	Poel	
38	Lebutsane	"	Poel	
39	Lotlhakani	"	"	
40	Kgatlagomo	"	"	
41	Rietvlei	Vryburg	Droog	
42	Kormutsela	"	"	
43	Mooifontein	"	"	
44	Baily Brith	Bophuthatswana, Thlapinggebied	Poel	
45	Baily Brith	"	Vloei 0,006x 10 ⁶ m ³ /j	Benaderde meting
46	Bushy Park	"	Vloei 0,012x 10 ⁶ m ³ /j	"
47	Bushy Park	"	Poel	
48	Malcolm	"	Droog	
49	Kikahela	"	Poel	
50	Motloeng	"	Poel	
51	Boththeletse	"	Vloei 1,064x 10 ⁶ m ³ /j	Gem. vloei. Gemeet deur Dept. Waterwese sedert 1959. Besproei.
52	Skietmekaar	"	Vloei 0,093x 10 ⁶ m ³ /j	Benaderde meting
53	Tsaelengwe	"	Poel	
54	Wesselsvlei	"	Poel	
55	McWetsaneng	"	Vloei 0,09x 10 ⁶ m ³ /j	"
56	Ellendale	"	Droog	
57	Kookfontein	"	Poel	
58	Cardington	"	Poel	

Nommer op Fig. 38	Plaaslike naam	Distrik of Tuisland-gebied	Stand, einde 1973	Opmerking
59	Gara Dea Ghomo	Bophuthatswana, Thlapinggebied	Droog	
60	Everton	"	Droog	
61	Khaw	Kuruman	Droog	
62	Groot Kees	"	Droog	
63	Manyeding C-oog	Bophuthatswana, Thlapinggebied	Vloei 0,148x 10 ⁶ m ³ /j	Benaderde meting. Besproei
64	Manyeding B-oog	"	Vloei 1,679x 10 ⁶ m ³ /j	Gem. vloei. Gemeet deur Dept. Waterwese sedert 1960. Besproei.
65	Manyeding	"	Droog	
66	Groot Koningoog	Kuruman	Vloei 0,62x 10 ⁶ m ³ /j	Gem. vloei. Gemeet deur Dept. Waterwese sedert 1959 Besproei
67	Kono	"	Vloei 0,005x 10 ⁶ m ³ /j	Benaderde meting.
68	Klein Koningoog	"	Poel	Metings deur Dept. Waterwese sedert 1959
69	Kou	"	Droog	
70	Annfield	"	Droog	
71	Bokfontein	"	Droog	
72	Tweede-oog	"	Droog	Gemeet deur Geol. Opn. Kur. namens Dept. Waterwese sedert 1959
73	Legoring	"	Droog	

Nommer op Fig. 38	Plaaslike naam	Distrik of Tuislandgebied	Stand, einde 1973	Opmerking
74	Kurumanooog	Kuruman	Vloei $6,57 \times 10^6 \text{m}^3 / \text{j}$	Gemeet deur Geol. Opn. Kur. namens Dept. Waterwese sedert 1959. Gem. vloei Besproei gedeeltelik. Kuruman se waterverbruik
75	Mapoteng	Bophuthatswana, Thlapinggebied	Droog	
76	Maruping	"	Poel	
77	Maruping	"	Droog	
78	Maruping	"	Vloei $0,372 \times 10^6 \text{m}^3 / \text{j}$	Benaderde meting Besproei.
79	Maruping	"	Poel	
80	Bathlaros	"	Droog	
81	Bathlaros	"	Vloei $0,1 \times 10^6 \text{m}^3 / \text{j}$	Benaderde meting
82	Bathlaros	"	Poel	
83	Gamopedi	"	Droog	
84	Maipin	"	Droog	
85	Tsineng	"	Vloei $0,057 \times 10^6 \text{m}^3 / \text{j}$	Gem. vloei. Gemeet deur Dept Waterwese sedert 1960
86	Tsineng	"	Droog	
87	Koroon	"	Droog	
88	Maipinick	"	Droog	
89	Maipinick	"	Droog	
90	Maipinick	"	Droog	
91	Gathlose	"	Droog	
92	Gathlose	"	Droog	
93	Gathlose	"	Vloei $0,035 \times 10^6 \text{m}^3 / \text{j}$	Gemeet C.J.H. Erasmus van Geol. Opn. Kur.

Nommer op Fig. 38	Plaaslike naam	Distrik of Tuislandgebied	Stand, einde 1973	Opmerking
94	Gathlose	Baphuthatswana, Thlapinggebied	Droog	
95	Gathlose	"	"	
96	"	"	"	
97	"	"	"	
98	"	"	"	
99	"	"	"	
100	MaCarthy	Postmasburg	Vloei $0,01 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$	Gemeet C.J.H. Erasmus van Geol. Opn. Kuruman.



Foto 26. - Fontein by Heuningvlei (nr. 25, Fig. 38), 1967

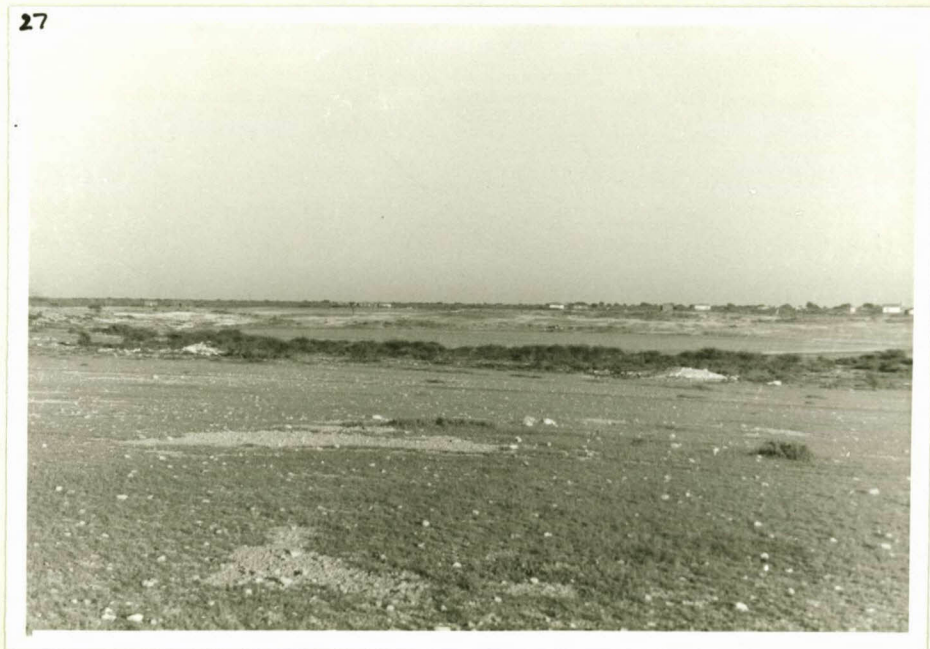


Foto 27. - Fontein by Konki in Morokwenreservaat (nr. 13 Fig. 38), 1974

28



Foto 28. - Fontein by Kunk in Morokwenreservaat
(nr. 22, Fig. 38), 1974

29



Foto 29. - Fonteine Bothetheletse en Skietmekaar (nr. 51 en 52,
Fig. 38) vloei oor Kuruman-Vryburgpad, 1974.



Fig. 30. - Kurumanoog (nr. 74, Fig. 38), 1965



Fig. 31. - Tweede-oog (nr. 72, Fig. 38), 1963

5.2.2 Geologiese verband

Die fonteine is meeste op dolomiet geleë en kom in vier gebiede voor nl. oos van Mafeking, in die Morokwenreservaat, op die Ghaapplato en Bothithongarea oos van Kuruman en in Gathlose suidoos van Sishen. Die fonteine (nr. 24, 25 en 26, Fig. 38) by Heuningvlei (kyk foto 26) is op die jaspiliet en is geassosieer met verskuiwings. Dié by Marokweng (nr. 18 en 19, Fig. 38) is op graniet aan die kant van 'n pan waar die grondwatervlak om die pan hoër is as die vloer van die pan.

Die fonteine in die Morokwenreservaat noord van die Phepanelaagte (nr 20,21,22, en 23, Fig. 38) is op kalkreet, aan die kante van panne. 'n Paar fonteine in die omgewing van Bothithong (nr. 27,28,29,30 en 31, Fig. 38) is op die kwartsiet van die Formasie Vryburg en die dolomiet van die Formasie Schmidtsdrif geleë. Die fonteine is nie almal met gange geassosieer nie maar ontstaan as gevolg van ondeurlatende rots wat op vlak diepte aanwesig is in 'n gebied waar daar 'n taamlike groot topografiese gradiënt voorkom.

Die fontein in die Moshawengrivier by Battle Mount (nr. 27, Fig. 38) is op graniet geleë en word veroorsaak deur 'n dam net bokant, in die rivier.

Die fontein by Tsineng (nr. 87, Fig. 38) en al die fonteine langs die Matlhwaringrivier (nr. 52,53,54,55,56,57,58,59 en 60 Fig. 38) is op kalkreet geleë, en is moontlik ook met gange onder die kalk geassosieer.

Al die fonteine op die dolomiet is geassosieer met doleriet-gange wat die grondwater kompartementeer. As gevolg van aanvulling deur reën styg die watervlak so hoog dat dit by die laagste topografiese punt op die gang oorloop.

Die fonteine by Legoing en Bokfontein (nr. 73 en 71, Fig. 38) is ook nie met gange geassosieer nie maar met soliede ondeurlatende kalksteenlae op 'n vlak diepte.

5.2.3 Vloei

By twaalf van die vloeiende fonteine (oë) bestaan daar meetsluise van die Departement van Waterwese (kyk Fig. 38) waar lesings gereeld deur plaaslike persone geneem word ten behoeve van die departement. Die metings by die Kurumanoog, Tweede-oog, Groot Koningoog en Klein Koningoog is sedert 1959 deur personeel van die Geologiese Opname te Kuruman gemaak (S.B. de Villiers van 1959-1961 en skrywer van 1961-1973).

Die Klein Koningoog (nr. 68, Fig. 38) het in Desember 1964 opgehou vloei en die Tweede-oog (nr. 72, Fig. 38) in Desember 1965. Die vloei van Weltevredenooog (nr. 6 Fig. 38) en Olievendraai-oog (nr. 2, Fig. 38) is eers vanaf 1969 gemeet.

Die vloei van die belangrikste fonteine nl. Grootfonteinooog (nr. 7, Fig. 38), Mallepoosoog (nr. 1, Fig. 38), Kurumanoog (nr. 74, Fig. 38) Manyeding B-oog (nr. 64, Fig. 38) en Groot Koningoog (nr. 66, Fig. 38) word op Figure 39 en 40 aangegee.

Die gesamentlike vloei van die 34 fonteine(oë) wat aan die einde van 1973 gevloei het was ongeveer $25,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ wat omtrent 48 persent is van die totale waterverbruik van $52 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ in die hele gebied.

Die meeste fonteine word net vir suiping gebruik. Dit is net die vloeiende fonteine Kuruman (nr. 74), Groot Koning (nr. 66), Grootfontein (nr. 7 en 8), Olievendraai (nr. 2), Weltevreden (nr. 3),

Manyeding B (nr. 64), Manyeding C (nr. 63), Bothetheletse (nr. 51), Bothithong (nr. 28 en 29) en Maruping (nr. 78) wat ten volle of ten dele vir besproeiing gebruik word.

Die sterkste oog is die Mallepoosog (nr. 1 Fig. 38) met 'n gemiddelde vloei van $7,61 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$. Die Kurumanoog is die tweede-sterkste oog met 'n gemiddelde vloei van $6,57 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$. 'n Gedeelte van die water van Kurumanoog (18 persent) word deur die Munisipaliteit van Kuruman gebruik en 'n deel (48 persent) van die water van Grootfonteinoog word deur die Munisipaliteit van Mafeking gebruik.

Die fonteine wat nie vloei nie se lewering is nie bekend nie aangesien hulle nog nooit getoets is nie.

5.2.4 Verband tussen fonteinvloei en reënval

Die vloei patroon van Manyeding B-oog (kyk Fig. 39E) en Kurumanoog (kyk Fig. 39A) asook die orde van die seisoensvariasies is baie dieselfde en daar is 'n duidelike verband tussen die vloei en die reënval by die naaste weerstasie soos weergegee in die histogram (kyk Fig. 39C).

Die vloei patroon van Mallepoosog (kyk Fig. 40 D) het nie 'n goeie korrelasie met die reënval nie en die orde van die variasies is baie groter as vir die ander oë.

Die seisoensvariasies van Groot Koningoog se vloei (kyk Fig. 39 D) is klein en die korrelasie met die reënval is nie so opvallend as vir Kurumanoog of Manyeding B-oog nie.

'n Algemene kenmerk van die vloei van al die oë is die aanwesigheid van 'n siklus wat 'n verband toon met die seisoensreënval. Die maksima van die siklusse word ongeveer aan die einde van die reënseisoen bereik, naastenby in April- Mei.

Die reënval, aangegee in die vorm van 'n histogram dui wel die algemene verband met die seisoensvariasies van die fonteinvloei aan maar dit is moeilik om enige langtermyn-tendense in die patroon van die reënval in verband te bring met langtermyn-tendense in die variasies van die fonteinvloei soos byvoorbeeld die geval is vir Kurumanoog, Manyeding B-oog en Groot Koningoog (kyk Fig. 39A, D en E).

Veatch (1906), Legrette (1936) en Jacob (1944) het almal in hulle studies op die grondwatervlak op Long Island, New York, die kumulatiewe afwyking van die reënval, relatief tot die langtermyn-gemiddeld, gebruik om veranderinge in die grondwatervlak te verklaar. Temperley (1973) het die toepassing van die metode onder Suid-Afrikaanse toestande in heelwat besonderhede beskryf en met talle praktiese voorbeelde geïllustreer.

In die geval van die fonteine kan dit gebruik word om die variasie in die vloei te illustreer. Die maandelikse reënval is as kumulatiewe afwykingskurwes (KA-kurwes) uitgestip op Figure 39 B en 40 B.

Die maksima en minima van die seisoensvariasies van die vloei toon 'n duidelike ooreenstemming met die kumulatiewe afwykingskurwe. Die dalende tendens in die lewering van die Kurumangoog, Manyeding B-oog en Groot Koningoog oor die jare 1963 tot ongeveer 1968 is duidelik vergelykbaar met die onder-gemiddelde reënval oor dieselfde tydperk.

Die verhouding tussen die seisoensvariasie van die lewering en die kumulatiewe afwyking van die reënval is op Figuur 39 F en Figuur 40 E uitgestip. Die waardes val nie presies op 'n reguit lyn nie maar sekere verhoudings word tog aangedui.

Die volgende verhoudings is geldig vir die verskillende oë.

Kurumanoog en Manyeding B-oog	= 540 m ³ /d/100 mm K.A. v/d reënval
Groot Koningoog	= 360 m ³ /d/100 mm K.A. v/d reënval
Grootfonteinoog	= 920 m ³ /d/100 mm K.A. v/d reënval
Mallepoosoog	= 3 500 m ³ /d/100 mm K.A. v/d reënval.

Die redes vir die variasies in die verhouding tussen die vloei en die reënval kan te wyte wees aan verskille in die reënval, aanvulling en grootte van die kompartement en ander faktore soos lekkasie en onttrekking uit die kompartement wat deur die oog dreineer word.

Die seisoensvariasies van die vloei van Kurumanoog en Manyeding B-oog is ongeveer van dieselfde orde, nieteenstaande die feit dat die vloei van die Kurumanoog ($+ 18\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$) ongeveer 4 keer groter is as die vloei van Manyeding B-oog ($450\ \text{m}^3/\text{d}$). Die kompartemente wat deur hierdie twee oë drieneer word beslaan ongeveer 90 en $60\ \text{km}^2$ respektiewelik, terwyl Groot Koningoog wat 'n baie kleiner seisoensvariasie het net omtrent $22\ \text{km}^2$ beslaan (kyk Fig. 27.1). In hierdie gevalle behoort die reënval en aanvulling van dieselfde orde te wees, aangesien die oë in dieselfde gebied lê.

Dit lyk dus asof die orde van die verhouding tussen die seisoensvariasie in die vloei van die oog en die kumulatiewe afwyking van die reënval afhang van die grootte van die kompartement wat deur die betrokke oog dreineer word.

Die kompartement waarin die Mallepoosoog en die Grootfonteinoog geleë is word op Figuur 41 aangedui, en beslaan ongeveer $380\ \text{km}^2$ en $250\ \text{km}^2$ respektiewelik soos omlin deur Enslin (1971). Die Mallepoosoog se opvanggebied is dus ongeveer 4 keer groter as die van die Kurumanoog en die verandering van die seisoensvloei is ongeveer 6 keer groter.

Die waarde in die bepaling van die verhouding tussen vloei (in m^3/d) en reënval as kumulatiewe afwyking van die gemiddelde (in mm) lê daarin dat dit moontlik is om die vloei van die oog te voorspel volgens die algemene patroon van die reënval, wat belangrik is in die geval van oë waarvan die vloei benut word deur munisipaliteite of vir besproeiing.

Die verhouding vir Kurumanoog is bereken as $540 \text{ m}^3/\text{d}$ verandering in vloei vir 100 mm kumulatiewe reënvalverandering bo die langtermyn-gemiddeld. Volgens die KA-kurwe (Fig. 39 B) was daar in 1963 ongeveer 600 mm reën kumulatief bokant die gemiddeld teenoor 1968, wat ekwivalent is aan $6 \times 540 = 3\,240 \text{ m}^3/\text{d}$ hoër vloei in 1963 as in 1968. Hierdie verskil is in goeie ooreenstemming met die vloei van ongeveer $17\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ in 1968 en $21\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ in 1963. As na die kumulatiewe afwykingskurwe vir die langtermynreënval in Distrik 17 (Kuruman) gekyk word soos uitgestip op Figuur 8, lyk dit of volgens die langtermynsiklus wat aanwesig is, dit onwaarskynlik is dat daar ooit 'n groter kumulatiewe tekort kan voorkom as ongeveer 900 mm laer as vir 1963. Die vloei van die Kurumanoog behoort hiervolgens dus nooit laer te daal as $16\,140 \text{ m}^3/\text{d}$ nie. ($21\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ minus $9 \times 540 \text{ m}^3/\text{d}$). As in aanmerking geneem word dat Kuruman se waterverbruik elke 10 jaar verdubbel, soos die geval was tussen 1960 en 1970, dan verskaf die oog 'n veilige bron van water net tot die jaar 1990 wanneer die verbruik dan ongeveer $13\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ sal wees.

Volgens die langtermyn kumulatiewe afwyking van die reënval by Lichtenburg (kyk Fig. 42) is 'n reënvaltekort van ongeveer 100 mm laer as vir 1965 moontlik, wat 'n daling in die vloei van die Mallepoosoog van ongeveer $3\,500 \text{ m}^3/\text{d}$ kan veroorsaak. Die vloei van die oog behoort dus onder normale omstandighede nooit laer as $8\,000 - 3\,500 = 4\,500 \text{ m}^3/\text{d}$ te daal nie.

5.2.5 Grondwaterverliese by fonteine

Die oë wat net klein lewerings het en wat in die Tuisland Bophuthatswana geleë is word nie vir besproeiing gebruik nie. Die water loop gewoonlik in poele waar dit onder natuurlike omstandighede verdamp,

deur plante getranspireer word en die res wegsyfer na die grondwatervlak. Die verliese uit oop waterpoele met of sonder riete kan gereken word as net te wyte aan verdamping teen die normale tempo (kyk Fig. 5).

Hierdie verliese onder natuurlike toestande is by 'n aantal van die oë bepaal volgens die grootte van die poele en in onderstaande Tabel 16 saamgevat.

Tabel 16.- Natuurlike grondwaterverliese by fonteine.

Fontein en nommer op Fig. 38.	Vloei in m ³ /j	Verliese deur evapotranspirasie as persentasie van vloei
Gathlose (93)	0,034x10 ⁶	3 persent
Bushy Park (46)	0,012x10 ⁶	29 "
Baily Brith (45)	0,006x10 ⁶	16 "
Motiton (33)	0,018x10 ⁶	9 "
Motiton (34)	0,006x10 ⁶	6 "
Motiton (35)	0,018x10 ⁶	6 "
Motiton (36)	0,128x10 ⁶	8 "
Bothithong (28,29)	0,022x10 ⁶	20 "
Skietmekaar (52)	0,093x10 ⁶	24 "
McWetsaneng (55)	0,091x10 ⁶	33 "
Tsineng (85)	0,057x10 ⁶	4 "
Gemiddeld	-	15 persent

Die gemiddelde verliese by fonteine wat vloei en waar geen ontwikkeling plaasvind nie is ongeveer 15 persent terwyl 85 persent van die vloei weer insyfer na die grondwatervlak.

5.3 Grondwatervlakskommeling

Die grondwatervlak is in 'n aantal boorgate gemeet sedert 1969 (kyk Fig. 43). Die metings is gedoen met behulp van outomatiese watervlakregistreerders en met die hand op intervalle van 'n maand of langer. Die boorgate waar die watervlak in gemeet is was nie gebruik nie en kan in drie groepe verdeel word nl.,

- (i) Boorgate in dagsoomgebiede
- (ii) Boorgate waar daar 'n bedekking van Kalaharilae is met die grondwatervlak in die onderliggende formasie
- (iii) Boorgate waar die grondwatervlak in die Kalaharilae is.

Veranderinge (of skommeling) in die grondwatervlak het in die algemeen 'n nou verband met die natuurlike aanvulling vanaf die oppervlakte, laterale ondergrondse aanvulling, verliese uit die grondwaterreservoir en die stoorkapasiteit van die akwifer. Die skommeling in die grondwatervlak in die betrokke boorgate sal 'n aanduiding gee van die belangrikheid van die verskillende faktore wat in die gedrang is.

5.3.1 Watervlakskommeling in boorgate in dagsoomgebiede

Watervlakke is gereeld in 12 boorgate gemeet wat hoofsaaklik in die suidelike gebied geleë is op dolomiet, jaspiliet en lawa (verg. Fig. 43 met Fig. 11). Die boorgate is op die plase Asbes, Woodstock, Cubbie, Hartlands, Mapoteng, Kuruman, Kono, Pioneer, Laxey en Severn. In party boorgate is metings gedoen vanaf 1967.

Die hidrograwe en kumulatiewe afwyking van die reënval relatief tot die langtermyn-gemiddeld, bereken by die naaste reënvalstasie van die Weerburo is op Figure 44 en 45 uitgestip.

Die grootte van die watervlakskommelinge varieer tussen 3m in die boorgat op Cubbie (kyk Fig. 44 C) en 60 m in die boorgat op Kono (Fig. 44 H). Die diepte van die watervlak in die boorgate was tussen 4m op Laxey (Fig. 44 A) en 144 m op Cubbie (Fig. 44 C).

Die boorgate in dolomiet van die Formasie Ghaapplate is geleë op die plase Laxey, Cubbie, Kuruman, Hartlands, Mapoteng en Kono (Fig. 43). Die watervlakskommelinge is uitgestip op Figuur 44 A, C, D, E, F, G en H en die reënval wat betrekking het, op Figuur 44, B en I. Daar is geen boorgate binne 'n afstand van ongeveer 1 km vanaf die boorgate Kono (Fig. 44 H) en Cubbie (Fig. 44 D) nie.

Die boorgate in jaspiliet van die Formasie Asbesberge is op die plase Asbes en Woodstock by Kuruman. Die watervlakskommelinge is uitgestip op Figuur 45 D, E en F en die reënvalvariasie op Figuur 45 G. Daar is geen boorgate binne 500 m vanaf die boorgate Asbes en Woodstock G 20148 wat gebruik word nie. Ongeveer 100 m vanaf boorgat Woodstock nr. 2 is 'n boorgat met 'n klein lewering ($0,25 \text{ m}^3/\text{h}$) wat in 1971 en 1972 gebruik is.

Die boorgate in lawa van die Formasie Ongeluk is geleë op die plase Severn en Pioneer (90). Die watervlakskommelinge is op Figure 45.A en 45.B uitgestip en die reënval by die naaste reënvalstasie op Figuur 45 A.

Met 'n paar uitsonderings is daar 'n duidelike direkte verband tussen die reënvalveranderinge en die watervlakveranderinge. Een uitsondering is die boorgat op Laxey (Fig. 44 A) op dolomiet in die Moshawengrivier wat met tye vloei. Die maksimumhoogte waartoe die watervlak kan styg word onder hierdie omstandighede bepaal deur die hoogte van die rivierbodem. 'n Ander uitsondering is die bg. Severn

in lawa (Fig. 45 A) langs die Moshawengrivier en omtrent 12 m bokant die vlak van die rivier waar die grondwatervlak soms op riviervlak is, en sodoende die watervlakhoogte wat in 1974 bereik is verklaar. Die invloed van die vloede, wat met die Moshawengrivier periodiek afkom, op die watervlak in die boorgat, is moeilik om vas te stel aangesien die rivier gewoonlik vloei wanneer dit ook goed gereën het in die onmiddellike omgewing. Die rivier is infleunt, maar soos gesien kan word was dit sedert 1974 in werklikheid effleunt aangesien die watervlak in die boorgat begin daal het nadat die water die vlak van die Moshawengrivier se loop bereik het (Fig. 45 A).

Nog 'n uitsondering is die twee boorgate op Cubbie (Fig. 44 C en Fig. 44 D) in dolomiet met buitengewone diep grondwatervlakke van 78 m en 144 m wat feitlik geen seisoenskommeling wys nie, maar wel 'n geringe langtermynverandering. Daar is moontlik baie min direkte aanvulling vanaf die oppervlakte soos ook die geval is in boorgat Kono (Fig. 44 H) voor Desember 1973. In hierdie boorgat het 'n kumulatiewe reënvalverandering van 400 mm bo die gemiddeld in 1971-1972 geen invloed op die watervlak gehad nie terwyl 'n kumulatiewe reënvalverandering in 1974 van ongeveer 800 mm bo die gemiddeld 'n baie duidelike effek gehad het. Dit lyk derhalwe asof alleenlik 'n kumulatiewe seisoensreënval van meer as 400 mm bokant die gemiddeld enige direkte aanvulling veroorsaak onder die omstandighede wat geldig is by die betrokke boorgat.

Die bg. Kuruman (Fig. 44 E) in dolomiet is ongeveer 200 m vanaf die Kurumanoog en die hoogte van die watervlak word grootliks beïnvloed deur die lekkasie by die oog.

Die watervlak in bg. Mapoteng (Fig. 44 G) in dolomiet het in ongeveer Mei 1976 skerp begin daal teen 'n gradient wat steiler is as die daling in 1974, nie teenstaande die feit dat water vanaf 'n fontein hoër op 'n paar meter vanaf die boorgat verby gevloei het. Die verklaring is waarskynlik dat die materiaal wat in die boonste 16 m in die boorgat aanwesig is ongetwyfeld baie deurlatend moet wees, ten minste baie meer as onderkant 16 m.

Die algemene verhouding tussen die reënvalverandering oor die seisoen en die ooreenstemmende watervlakveranderinge in die verskillende geologiese formasies is op Figuur 46.1 uitgestip. Die punte val, soos verwag kan word, nie presies op 'n reguit lyn nie, maar 'n tendens is sigbaar.

Die verhouding is moontlik ongeveer 2,0 m watervlakverandering per 100 mm kumulatiewe afwyking relatief tot die gemiddelde maandelikse reënval, wat beteken dat die watervlak in dagsoomgebiede ongeveer 2 m verander vir elke 100 mm wat die reënval kumulatief van die maandelikse langtermyn-gemiddelde afwyk. Volgens die kumulatiewe afwykingskurwe vir reënvaldistrik 17 (kyk Fig. 8) waarin die boorgate geleë is, is die minimum van die langtermynvariasie omtrent 600 mm laer as wat dit in 1968 was. Die watervlakke in dagsoomgebiede waar dit net van direkte aanvulling vanaf die oppervlakte afhanklik is kan hiervolgens daal tot 'n vlak $\frac{600}{100} \times 2 = 12$ m laer as in 1968.

Die watervlakskommelinge is gemeet by dieptes van die watervlak wat varieer tussen 4 m en 144 m. Die watervlak/reënval - verhouding by die verskillende dieptes van die watervlak is op Figuur 46.2 uitgestip. Daar is ongetwyfeld 'n verandering in die verhouding met diepte, nl. vanaf 0,8 m/100 mm K.A. by 'n watervlakdiepte van omtrent 15 m tot ongeveer 4,5 m/100 K.A. by 'n diepte van die watervlak van 100m. Die verandering van hierdie verhouding is waarskynlik te wyte aan die laer effektiewe stoorkapasiteit van die formasies by groter dieptes van die watervlak wat ooreenstem met die laer lewering en ook kleiner persentasie sukses

wat behaal word met boorgate in lawa, dolomiet en jaspiliet by groter dieptes van die watervlak (kyk Fig. 26.5, Fig. 28.5 en Fig. 30.5). Dit sal moordlik ook toepaslik wees op al die ander formasies waar sekondêre poreusheid die belangrikste is.

As aanvaar word dat onder normale toestande die aanvulling tot die grondwatervlak naastenby dieselfde sal wees by verskillende dieptes van die watervlak, kan die stoorkapasiteit naastenby relatief bereken word volgens die watervlak/reënval-verhouding aangegee op Fig. 46.2.

Die waardes word in Tabel 17saamgevat.

Tabel 17.- Benaderde stoorkapasiteit van formasies by verskillende dieptes van die grondwatervlak.

Diepte van grondwatervlak	Watervlak/reënval-verhouding (van Fig. 46.2)	Stoorkapasiteit (effektief)
0-20 m	0,5 m/100 mm K.A.	$k^* \times 20$ persent
20-40 m	1,35 m/100 mm K.A.	$k \times 7$ "
40-60 m	2,2 m/100 mm K.A.	$k \times 5$ "
60-80 m	3,1 m/100 mm K.A.	$k \times 3$ "
80-100 m	4,0 m/100 mm K.A.	$k \times 2,5$ "
100-120 m	4,8 m/100 mm K.A.	$k \times 2,2$ "

* k = konstant wat afhang van die aanvulling per 100 mm kumulatiewe afwyking van die gemiddeldereënval.

As die waarde van k bepaal kan word kan die werklike stoorkapasiteit bereken word.

Die gemiddelde jaarlikse reënval by Kuruman (weerstasie 393/778) is 447 mm (Weerburo, 1965) en die gemiddelde reënval vir die verskillende maande varieer tussen 5 en 85 mm (kyk Fig. 7). Die kumulatiewe afwyking van die maandelikse gemiddelde reënval relatief tot die langtermyn-

gemiddeld (jaarlikse gemiddeld gedeel deur 12) is op Figuur 47 geplot. Hiervolgens is die kumulatiewe afwyking oor die seisoen omtrent 150 mm vir die totale reënval van 447 mm. Vir 'n kumulatiewe afwyking van 100 mm sal die seisoensreënval dus ongeveer 297 mm wees.

Die aanvulling tot die grondwater vir 'n jaarlikse reënval van 297 mm is volgens Enslin (1970, Fig. 1) omtrent 2 persent (kyk Fig. 48) en die waarde van k is dus 0,02.

Die stoorkapasiteit van die verskillende formasies kan by benadering dus as volg wees met betrekking tot die verskillende dieptes van die watervlak.

Grondwatervlak op diepte 0-20 m, stoorkapasiteit = $0,02 \times 20 = 0,4$ persent
Grondwatervlak op diepte 20-40 m, stoorkapasiteit = $0,02 \times 7 = 0,14$ persent
Grondwatervlak op diepte 40-60 m, stoorkapasiteit = $0,02 \times 5 = 0,10$ persent
Grondwatervlak op diepte 60-80 m, stoorkapasiteit = $0,02 \times 3 = 0,06$ persent
Grondwatervlak op diepte 80-100 m, stoorkapasiteit = $0,02 \times 2,5 = 0,05$ persent.

Die gemiddelde stoorkapasiteit van die formasies vir 'n watervlak/reënval-verhouding van 2,0 m/100 mm K.A. soos bepaal, is dus

$$\frac{k \times 100 \times 100}{2000} = 5 \times k \text{ persent} = 0,02 \times 5 = 0,10 \text{ persent wat } 100\ 000 \text{ m}^3/\text{km}^2$$

beloop vir 'n dikte van die formasie van 1 m. Die akwiferekapasiteit is dus naastenby $100\ 000 \text{ m}^3/\text{m}/\text{km}^2$.

5.3.2 Watervlakskommeling in boorgate met die watervlak in die onderliggende formasie onder verskillende diktes van Kalaharilae.

Gereelde watervlakmetings is in 15 boorgate sedert 1970 gedoen waar die dikte van die bedekking gewissel het tussen 2 m en 90 m, nl. op die plase East (8D), Blok B (12 F), Kelso (10 E), Madebing (11 D), Ashton (16 H), Innes (16 H), Collins (16 G), Remenham (13 K), Cromer (14 L), Mayfair (18 E) en Bull Run (10 J). (Verg. Fig 43 met Fig. 11).

Die hidrograwe en vergelykende kumulatiewe afwyking van die gemiddelde reënval by die naaste weerstasie is op Figuur 49, Figuur 50 en Figuur 51 uitgestip.

Die watervlakskommeling is in die algemeen baie kleiner as in die dagsoomgebiede.

Die boorgate is op Ou Graniet, jaspliliet van die Formasie Asbesberge, lawa van die Formasie Ongeluk, dolomiet van die Formasie Ghaapplato en kwartsiet van die Formasie Lucknow geleë. Die watervlakke is in al die gate behalwe een, met tussenposes, met die hand gemeet. Net in die boorgat op Kelso (Fig. 50.D) is dit met 'n outomatiese watervlakregistreerder waargeneem.

Die boorgat op Kelso (Fig. 50.D) is ongeveer 500 m vanaf die Moshawengrivier wat soms afkom. Putte Madebing 2 (Fig. 50.I) en Madebing 5 (Fig. 50.H) is by Severn in die Moshawengrivier wat dikwels tot daar vloei. Putte Madebing 1,6 en 4 (Fig. 50.E, F en G) is in die alluvium van die Kgokgolelaagte wat nooit vloei nie. Bg. East (Fig. 50.A) is soms gebruik. Boorgat Collins (Fig. 49.C) is minder as 100 m vanaf boorgate wat gebruik word. Boorgat Ashton (Fig. 49.A), Remenham (Fig. 49.E), Cromer (Fig. 49.F), Mayfair (Fig. 49.H), Bull Run (Fig. 49.J) en Blok B (Fig. 50.C) is almal meer as 1 km weg van boorgate wat gebruik word en die watervlakke is nie beïnvloed deur pumping nie.

Dit kan nie vasgestel word of die grondwatervlak in boorgate naby die Moshawengrivier die meeste deur die vloede of die reën veroorsaak word nie aangesien beide gewoonlik saam voorkom. Die watervlak in die alluviale materiaal in die Moshawengrivier by put Madebing 2 (Fig. 50.I) het in 1974 'n vlak bereik waar die rivier feitlik effluent geword het en die watervlak het daarna nie meer op reënval reageer nie. Hierdie stadium is ook in 1975 bereik in put Madebing 4 (Fig. 50.G), Madebing 6

(Fig. 50.F) en Madebing 1 (Fig. 50.E) waarna die grondwater stroomaf deur die alluviale afsettings in die rivier dreineer het en uit die poele verdamp het.

Die watervlak in boorgat Kelso (Fig. 50.D) wat 500 m vanaf die dolomietdagsoom in die Mashovingrivier geleë is (kyk Fig. 11) toon geen direkte verband met die reënval of die vloedtye nie en alleen 'n regionale verandering is waarneembaar, moontlik as gevolg van laterale aanvulling vanaf die lokale dagsoom in die rivier.

Dit is duidelik dat die grondwatervlakke in boorgat Blok B (Fig. 50.C en 50.J), Mayfair (Fig. 49. H en 49. K), Remenham (Fig. 49. E en 49. G), Innes (Fig. 49. B en 49.D) en Ashton (Fig. 49. A en 49.D) waar die watervlakke tussen 45 m en 133 m diep is en die bedekking tussen 21 m en 90 m dik is, daar geen direkte verband met die seisoensreënval is nie. Die geleidelike daling van die watervlak in bg. Innes is waarskynlik te wyte aan onttrekking uit 'n mynskag ongeveer 1 km vanaf die boorgat.

In die boorgate op Bull Run (Fig. 49. J en 49. K), Cromer (Fig. 49.F en 49.G), East (Fig. 50.A en 50.B) en die putte op Madebing (Fig. 50.E,F,G en J), waar die dikte van die bedekking tussen 2 m en 16 m is en die diepte van die watervlak tussen 2 m en 40 m is, is daar 'n positiewe korrelasie tussen die reënval- en watervlakveranderinge (kyk Figuur 51.2).

Die verhouding is ongeveer 0,7 m per 100 mm kumulatiewe afwyking van die reënval van die gemiddeld. Vir elke 100 mm wat die reënval van die seisoen kumulatief verskil van die gemiddelde is die verandering in die grondwatervlak ongeveer 0,7 m, wat omtrent 3 keer minder is as die 2 m per 100 mm K.A. in die dagsoomgebiede. Hierdie verskil is te wyte aan die kleiner persentasie aanvulling.

Die Kalaharilae is in die algemeen dikker in boorgate waar die watervlak dieper is. Die verhouding is op Figuur 51.1 uitgestip. Die regressiekromme is nie 'n reguit lyn nie, wat aandui dat daar nie 'n lineêre verwantskap tussen die diepte van die grondwatervlak en die dikte van die Kalaharilae is nie.

As die reënval/watervlak-verhouding, relatief tot die dikte van die bedekking beskou word (kyk Figuur 51.3), lyk dit of daar slegs 'n sinvolle korrelasie bestaan indien die bedekking van Kalaharilae dunner as omtrent 10 m - 20 m is.

As die reënval/watervlak-verhouding, relatief tot die diepte van die watervlak beskou word, word 'n soortgelyke situasie gevind nl. dat 'n merkbare verhouding net bestaan by 'n watervlakdiepte van minder as 10 m - 20 m (kyk Figuur 51.4).

Die gevolgtrekking hieruit is dat aanvulling tot die grondwater- vlak net plaasvind indien die bedekking van die Kalaharilae minder as ongeveer 10 m - 20 m is, onder welke toestande die watervlak gewoonlik omtrent 30 m diep is. Dit beteken nie dat aanvulling nie plaasvind by 'n watervlak van dieper as 30 m nie aangesien in die dagsoomgebiede daar wel aanvulling plaasvind by dieptes van die watervlak tot 100 m en meer (kyk Fig. 46.2). Die kontrolerende faktor skyn egter die dikte van die bedekking deur Kalaharilae te wees en solank as die bedekking minder as 10 m - 20 m is sal aanvulling by enige diepte van die watervlak plaasvind.

Die implikasie is ook dat aanvulling in gebiede waar die bedekking deur Kalaharilae tussen 0 en 16 m is, ongeveer 3 keer minder is as op dagsome.

5.3.3 Watervlakskommeling in boorgate met die watervlak in Kalaharilae

Watervlakke is in 11 boorgate gereël sedert 1970 gemeet (kyk Fig. 43) nl. op Hurst Park (15 J), Mons (12 B), Poortjie (10 D), Tweed (11 C), Eldorado (11 C), Forbes (17 H), Terra Firma (17 G),

Dibeng (5 D), Ontario (15 E) en Aandrus (17 D). Die boorgate op Eldorado is in die Moshawengrivier geleë en die by Dibeng in die Gamogarrivier. Die boorgate word nie een gebruik nie en net die op Dibeng, Eldorado, Forbes en een op Poortjie is binne 500 m vanaf boorgate wat gebruik word.

Die watervlak in die boorgate is tussen 12 m (Dibeng) en 130 m (Terra Firma) diep.

Die hidrograwe en vergelykende reënval by die naaste weerstasie is op Figuur 52 en Figuur 53 uitgestip.

Die grondwatervlak in boorgate Forbes (Fig. 52. I), Terra Firma (Fig. 52. J), Ontario (Fig. 53. C) en Aandrus (Fig. 53. D) op dieptes van 120 m, 130 m, 118 m en 82 m, respektiewelik, het duidelik geen korrelasie met die reënval nie. Die watervlak in boorgat Hurst Park (Fig. 52. A) het ook geen direkte seisoensverband met die reënval nie maar 'n langtermyn effek is waarneembaar wat moontlik te wyte is aan laterale aanvulling vanaf die aanvullingsgebied ongeveer 10 km suid daarvan waar die bedekking minder as 15 m is (verg. met Fig. 15).

Die watervlakke in boorgat Mons (Fig. 52.C) en bg. Poortjie (Fig. 52.D en 52.E) toon, net soos by Hurst Park 'n langtermyn verandering wat met die langtermyn-verandering van die reënval ooreenstem (Fig. 52. H) en het geen seisoensverband nie. Die boorgate is almal ongeveer 10 km vanaf die Moshawengrivier waar aanvulling tydens vloede plaasvind (kyk Fig. 52 F en 52.G). Die watervlakverandering is dus heel moontlik as gevolg van laterale aanvulling vanaf die Moshawengrivier.

Die watervlakke in boorgate Eldorado (Fig. 52.G) en Tweed (Fig. 52. F) in die Moshawengrivier het sedert 1971 gedurig gestyg as gevolg van die bo-gemiddelde reënval (Fig. 52. H) wat herhaaldelike

vloede veroorsaak het sowel as lokale konsentrasies in die rivierloop. Die grondwatervlak in die rivier is tot so 'n mate aangevul dat die vlak tot die maksimum nl. riviervlak gestyg het.

Dieselfde word gevind by die boorgat Dibeng (Fig. 53. A) in die Gamogarrivier waar die watervlak tydens die vloed aan die einde van 1973, tot op riviervlak gestyg het en sederdien feitlik gedurig naby daardie vlak gebly het. Die rivier het byv. vir die grootste gedeelte van 1976 aaneen gevloei.

Volgens die waarnemings is daar geen waarneembare seisoenale korrelasie tussen die watervlak en die reënval in gebiede waar die watervlak dieper as 50 m is nie. Uit die gegewens soos bespreek in die voorgaande hoofstuk vir boorgate waar die watervlak in die onderliggende formasie onder verskillende diktes van bedekking (Kalaharilae) is, is bepaal dat daar geen verband tussen die watervlak en reënval is indien die bedekking dikker as 10 m - 20 m is nie. Hierdie voorwaarde sal ook geld waar die watervlak in die Kalaharilae is; m.a.w. daar sal geen direkte aanvulling wees indien die watervlak dieper as 10 m - 20 m is nie. Ongelukkig is geen watervlakke langdurig waargeneem in boorgate waar die watervlak vlakker as 50 m is nie en waar daar nie laterale aanvulling moontlik is nie of waar dit nie beïnvloed word deur aanvulling uit riviere tydens vloede nie. Watervlakskommeling wat nie verband hou met seisoenale reënval nie en wat waargeneem is in boorgate omtrent 10 km vanaf aanvullingsgebiede is moontlik te wyte aan laterale aanvulling.

5.4 Regionale grondwaterindeling

5.4.1 Hoogtekontoere van grondwatervlak

Die hoogte van die grondwatervlak bo seespieël word op Figuur 54 aangetoon en verder geïllustreer deur die regionale profiele L,M,N,O en P op Figuur 37. Die netwerk van boorgate waarop die kontoere berus is op Figuur 36 aangegee.

Die grondwatervlak daal altyd in die rigting waarin die Kalaharilae dikker word, wat topografies gewoonlik ook die laerliggende dele uitmaak. Die patroon van die grondwatervlak en grondwaterbeweging word deur die verspreiding van die dagsome en van die Kalaharilae gekontroleer soos gesien kan word op Figuur 37.

As gevolg van die algemene lae permeabiliteit van die gesteentes is die watervlak gewoonlik die vlakste in die dagsoomgebiede of waar die Kalaharilae relatief dun is. Hierdie gebiede vorm gewoonlik 'n topografiese waterskeiding en ook 'n grondwaterskeiding.

Die Kalaharilae het 'n duidelike invloed op die grondwatervlak ten weste van die Makhubungrante (kyk Fig. 37 M en 37 N). Die laagste grondwatervlak is nie soos verwag kan word langs die Moloporivier nie, maar wel langs die sentrale deel van die Kalaharitrog wat suidweswaarts vanaf Kirstonia verby Vorstershoop strek (kyk Fig. 16 A en 16 B). Die diep Kalaharikomme in die westelike dele van die gebied reageer prakties as sponse waarnatoe die grondwater vanuit die omliggende aanvullingsgebiede dreineer.

5.4.2 Kompartementering van gebied in grondwatereenhede

Op grond van die kontoerkaart van die grondwatervlak bo seevlak (kyk Fig. 54) kan die gebied in 'n aantal grondwatereenhede verdeel word. Agt eenhede word omlin deur duidelike waterskeidings en dreineringsloepe soos aangedui op Figuur 55. Die gebiede en die onderskeie oppervlaktes wat hulle bestaan is as volg:

Mafeking-grondwatereenheid =	4 858 km ²
Piet Plessis-grondwatereenheid =	11 003 km ²
Blok B-grondwatereenheid =	13 833 km ²
Gamogara-grondwatereenheid =	10 212 km ²
Ghaapplato-grondwatereenheid =	4 934 km ²
Pioneer-grondwatereenheid =	679 km ²
Pomfret-grondwatereenheid =	8 270 km ²
Molopo-grondwatereenheid =	<u>4 364 km²</u>
Totale oppervlakte =	<u>58 153</u>

5.4.3 Grondwaterbeweging

Die rigting van grondwaterbeweging kan bepaal word volgens die hoogtekontoere van die grondwatervlak en is ooreenkomstiglik aangedui op Figuur 55.

Die Mafeking-grondwatereenheid is nie volledig deur die grondwaterkontoere gedek nie maar die aanduidings is dat die ondergrondse dreinasië in 'n noordwestelike rigting plaasvind wat by benadering ooreenstem met die huidige oppervlakdreinasië.

In die Piet Plessis-grondwatereenheid is die ondergrondse dreinasië in die algemeen noordwaarts na Botswana, langs 'n sentrale strook of sloep in die omgewing van Labera (16 M) wat ooreenstem met 'n paleodreinasië (kyk Fig. 19 en Fig. 20) wat met Kalaharilae opgevol is. Hierdie rigting van dreinasië is loodreg op die huidige oppervlakdreinasië.

Blok B-grondwatereenheid beslaan die sentrale granietgebied en die ondergrondse dreinasië uit die gebied is suidweswaarts, loodreg op die huidige oppervlaktedreinasië. Die beweging van die grondwater stem hier ook ooreen met die verspreiding van dik waterdraende Kalaharilae wat in ooreenstemming met die paleodreinasië diep trêe of komme vorm (kyk Fig. 19, Fig. 20 en Fig. 23).

Die Gamogara-grondwatereenheid se ondergrondse dreinasië is noordweswaarts en stem ook ooreen met 'n paleosloep wat opgevol is met waterdraende Kalaharilae (kyk Fig. 19, Fig. 20 en Fig. 23). Dit stem ook naastenby ooreen met die huidige oppervlakdreinasië.

Die Ghaapplato-grondwatereenheid se ondergrondse dreinasië en bogrondse dreinasië stem ooreen aangesien die gebied grotendeels deur dagsome beslaan word.

Die Pioneer-grondwatereenheid is 'n klein gebied aan die westekant van die Rooiberge, wat feitlik tussen die dreinasiesisteme van Blok B-en Ghaaplato-grondwatereenhede lê. Die ondergrondse dreinasie is weswaarts.

Pomfret-en Molopo-grondwatereenhede vorm saam een groot eenheid wat ondergronds dreineer langs 'n sentrale strook wat saamval met die diep gedeelte van 'n paleosloep (moontlik van die ou Moloporivier), gevul met Kalaharilae (kyk Figure 19, 20, 23 en 37). Die Pomfreeteenheid se grondwater word lateraal aangevul vanaf die dagsoomgebiede langs sy suidelike grens en die Molopoeenheid word moontlik aangevul vanuit Botswana en/of vanaf die Moloporivier tydens vloede. Daar is moontlik omtrent geen direkte aanvulling uit reën in die Molopoeenheid nie.

'n Aantal ouderdomsbepalings is deur dr J.C. Vogel van die WNNR op grondwatermonsters gedoen in die gebied oos van Heuningvlei. Die waardes (persoonlike mededeling) is op Figuur 54 aangetoon. Die relatiewe ouderdomme van grondwater in graniet stem goed ooreen met die relatiewe beweging van die grondwater soos aangedui deur die hoogtekontoere en vloei patroon op Figuur 55. Die boorgate waar die monsters in geneem is, is langs 'n profiel wat parallel aan die grondwatergradiënt is en die spoed waarteen die grondwater langs die gradiënt beweeg kan bereken word. (Kyk profiel N op Fig. 37).

Die gemiddelde spoed van die beweging van die grondwater is volgens die ouderdomsbepalings ongeveer 1 m per jaar teen 'n gemiddelde gradiënt van ongeveer 0,01. (Die gemiddelde gradiënt en spoed van die beweging is bereken volgens die betrokke watervlakhoogtes, ouderdomme en afstande in die oostelike gebied, relatief tot die aanvullingsgebied in die omgewing van Kgokgole (kyk profiel N. Fig. 37)).

In hoofstuk 5.3.1 is aangedui dat die gemiddelde effektiewe stoorkapasiteit van die formasies ongeveer 0,10 persent is, wat beteken dat in 1 m^3 rots daar $0,0010 \text{ m}^3$ water is wat vrygestel word. As die beweging 1 m per jaar is, beweeg daar dus $1 \times 0,0010 = 0,0010 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ water per jaar deur die graniet teen 'n gradiënt van 0,01 wat 'n permeabiliteit vir die gesteente aandui van $0,10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{jaar}$ per eenheid gradiënt.

Boorgate in graniet se invloed van onttrekking strek selde verder as ongeveer 300 m vanaf die onttrekkingspunt. Die algemene dikte van die waterdraende sone is ongeveer 60 m (sien hoofstuk 4.2.2.5) wat 'n totale vloei na die boorgat sal gee van

$$600 \times 60 \times 0,10 \times 0,01 = 36 \text{ m}^3/\text{jaar of } 0,010 \text{ m}^3/\text{uur. (teen 10 uur/d).}$$

Hierdie syfer sal moontlik 'n benaderde veilige lewering verteenwoordig en nie die onmiddellike lewering van die boorgat nie. Dit sal ook net geldig wees waar alleen laterale aanvulling plaasvind en daar geen vertikale aanvulling is as gevolg van reën nie.

6. TEMPERATUUR VAN GRONDWATER

Die temperatuur van die grondwater is in 382 boorgate gemeet met saktermometers wat altyd met mekaar vergelyk is. Metings is gemaak aan die punt van die uitlaatpyp, mits dit nie langer as 5 m was nie, en mits die windpomp of enjin vir 'n uur of langer teen die normale tempo gepomp het.

Die isoterme is uitgestip op Figuur 56. Die temperature varieer tussen 20°C en 26°C. Die laagste temperature word aangetref waar die watertafel die vlakste is (kyk Fig. 35) soos op die Ghaapplate, in die Sishengebied, in Morokwenreservaat en langs die waterskeiding tussen Bothithong (8 J) en Mafeking. Die hoogste temperature word gevind waar die watertafel die diepste is soos in die noordelike deel van die gebied tussen Terra Firma en Aansluit en langs die Moloporivier in die omgewing van Labera (16 M).

Die toename in die grondwatertemperatuur in die algemeen sal afhang van die diepte van die watervlak en die geotermiese gradiënt van die formasie. Die grondwatertemperature soos gemeet in die belangrikste formasies by verskillende dieptes van die watervlak is op Figuur 57 uitgestip. Die geotermiese gradiënt varieer tussen 30 m per 1°C in lawa tot 54 m per 1°C in graniet. Die volgende waardes is moontlik geldig.

Graniet = 54 m/1°C

Dolomiet = 50 m/1°C

Jaspiliet = 35 m/1°C

Lawa = 30 m/1°C

Kalaharilae = 45 m/1°C

7. KWALITEIT VAN GRONDWATER

7.1 Algemeen

7.1.1 Beskikbare gegewens

Altesaam is 204 grondwatermonsters chemies ontleed deur die Navorsingsinstituut vir Grond van die Departement van Landbou-tegniese Dienste. Tydens die veldopnames is die elektriese geleidingsvermoë (in micromhos per cm) van 655 grondwatermonsters bepaal met behulp van 'n Metrawatt-instrument. Die bepaling is gedoen by 'n temperatuur van 20°C en die gegewens is omgerek en na totale opgeloste stowwe (T.O.S.) in milligram/liter (mg/l) of dele per miljoen (d.p.m.) deur 'n faktor van 0,654 te gebruik. Die monsters vir die chemiese ontledings is gekies om verteenwoordigend te wees van alle tipes grondwater soos aangedui deur die T.O.S.-bepalings.

7.1.2 Akkuraatheid van bepaling van totale opgeloste stowwe in grondwatermonsters.

Die totale opgeloste stowwe in die grondwatermonsters het varieer tussen ongeveer 50 d.p.m. en 12 000 d.p.m. Die faktor 0,654 is oor die hele reeks gebruik. Chemiese ontledings van 157 van hierdie grondwatermonsters is gedoen. Die verskil tussen die opgeloste stowwe (d.p.m) bereken van die elektriese geleidingsvermoë (micromhos/cm) volgens die omsettingsfaktor van 0,654 en die opgeloste stowwe bereken as die som van die katione en anione volgens die chemiese ontleding is op Figuur 58 uitgestip. Daar is nie voldoende gegewens om 'n vergelyking te tref by konsentrasies bokant 2 000 d.p.m nie. Die omsettingsfaktor is hiervolgens ongeveer 7 persent te hoog maar sal nie van groot praktiese belang wees in die konteks waarin die gegewens gebruik is nie.

7.1.3 Akkuraatheid van chemiese ontledings

Die akkuraatheid of volledigheid van die chemiese ontledings word aangedui deur die verskil tussen die som van die milliekwivalente waardes (reaksiewaardes) van die katione en anione. Die milliekwivalente waarde (r) is die reaksiegewig van die ioon in die oplossing en word bereken deur d.p.m. te deel met 'n konstant (k), waar k gelyk is aan die atoomgewig gedeel deur die valensie;

$$\text{dus } r = \frac{\text{d.p.m.}}{k} \quad \text{waar } k = \frac{\text{atoomgewig}}{\text{valensie}}$$

Indien die milliekwivalente waardes (r-katione en r-anione) nie gelyk is nie, is dit te wyte aan foutiewe bepalinge of deurdat party radikale nie bepaal is nie. Volgens Hem (1959) behoort die verskil tussen die r-katione en r-anione relatief tot die som van die r-katione en r-anione nie meer as 1 persent te wees nie.

In die chemiese data en die besprekings is die valensies, ter wille van vereenvoudiging nie aangedui nie. Na behoort dus as Na^+ geles te word, Mg as Mg^{++} , ens.

'n Ontleding van die verskille tussen die katione en anione word op Figuur 59 aangegee. Hiervolgens is die verskille in 83 persent van die ontledings minder as 1 persent en in 90 persent van die ontledings minder as 2,5 persent. Aangesien daar hoofsaaklik van gemiddelde waardes gebruik gemaak word by die evaluasie van die grondwaterkwaliteit sal die verskille nie baie belangrik wees nie.

Die pH is in die laboratorium gemeet tydens ontleding, 'n lang tyd (soms meer as 'n maand) nadat die monsters geneem is. As gevolg van die moontlike ontsnapping van CO_2 en die presipitasie van CaCO_3 sal die pH-waarde dalk nie betroubaar wees nie en is dit nie toegepas in enige interpretasies nie.

7.1.4 Totale opgeloste stowwe in grondwater in die algemeen.

Die totale opgeloste stowwe (d.p.m.) in die grondwater is aangedui op Figuur 60.

Die swakste kwaliteit water kom voor in die noordwestelike gebied, wes van die Makhubungrante. In hierdie gebied word die Dwykaformasie oral onder die Kalaharilae aangetref (verq. Fig. 18). Die swak kwaliteit water kom voor in die Formasie Dwyka en noord van Vorstershoop ook in die Formasie Kalahari (verq. Fig. 23). Die konsentrasies totale opgeloste stowwe is so hoog as 14 000 d.p.m. Water met tussen 6 000 en 14 000 d.p.m. opgeloste stowwe word wel in hierdie gebied deur diere gebruik, vernaamlik in die winter wanneer hulle nie so dikwels drink nie. Mense gebruik in hierdie dele soms water met soveel as 2 500 d.p.m. opgeloste stowwe. Hem (1959) noem dat diere onder sekere omstandighede konsentrasies so hoog as 15 000 d.p.m. kan inneem.

Die swakste kwaliteit grondwater in die gebied oos van die Makhubungrante is in Blok B, noordwes en suidoos van Koudslaap en in die omgewing van Piet Plessis. Die water kom hier voor in graniet onder 'n bedekking van Kalaharilae dikker as 15 m en in Kalaharilae oos van Heuningvlei (verq. Fig. 23). In Blok B-gebied is daar ook enkele oorblyfsels van die Formasie Dwyka op die graniet onder die Kalaharilae (kyk Fig. 18).

Die beste kwaliteit grondwater word gewoonlik aangetref in dagsoomgebiede en waar die bedekking van Kalaharilae dunner as 15 m is (verg. Fig. 15). Die konsentrasies van opgeloste stowwe is gewoonlik minder as 500 d.p.m. In enkele geïsoleerde boorgate in hierdie gebied word egter water gevind met relatief hoë konsentrasies van opgeloste stowwe. Dit word hoofsaaklik aangetref in graniet en lawa van die Formasie Ongeluk (verg. met Fig. 23) en dui op die geslotendheid van verweringskomme in hierdie formasies en die lae permeabiliteit in die algemeen.

Die grondwater onmiddellik langs die Moloporivier tot sover wes as Idaho (15°C) bevat ook om en by die 500 d.p.m. opgeloste stowwe, wat baie laer is as in boorgate verder weg. Dieselfde word gevind langs die Moshawengrivier. Beide gevalle dui op aanvulling uit die rivier.

7.2 Kwaliteit van grondwater in Formasie Kraaipan

Tydens die veldwerk is in 13 grondwatermonsters totale opgeloste stowwe bepaal en 3 monsters is chemies ontleed soos saamgevat in Tabel 18. Die formasie kom hoofsaaklik voor in die oostelike deel van die gebied en is oral onder 'n bedekking van minder as 15 m waar dit nie dagsoom nie.

Die konsentrasies van opgeloste stowwe, soos bepaal, varieer tussen 200 en 600 d.p.m., met 'n gemiddelde waarde van 441 d.p.m. soos aangedui op Figuur 61.

Die water in die formasie is direk van aanvulling vanaf die oppervlakte afhanklik maar volgens die grondwaterkontoere beweeg die grondwater weswaarts deur die formasie (kyk Fig. 55). Die chemiese kwaliteit van die grondwater sal dus nie noodwendig tipies wees van die gesteentes waaruit die formasie bestaan nie.

Volgens die milliekwivalente waardes is die kationverhouding $rMg > rNa > rCa$ en die anioonverhouding $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$.

Die chemiese samestelling is op die Piperdiagram op Figuur 62 uitgestip. Die kationverhouding lê in die Ca, Mg, Na - veld en die anioonverhouding in die HCO_3 , CO_3 - veld. Volgens die kwaliteitsindeling is dit 'n tydelike harde water.

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie van Bond (1947).

pH = 8,3

T.O.S. (d.p.m.) = 346

Cl as % T.O.S. = 12

SO₄ as % T.O.S. = 20

Tydlike hardheid as % T.O.S. = 48

Permanente hardheid as % T.O.S. = 16

NaHCO₃ + Na₂CO₃ as % T.O.S. = 5

Die water is duidelik in Klas B.

Tabel 18.- Chemiese ontledings van grondwater in die Formasie Kraaipan.

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						CaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
1	8/70	8,3	500	363	23	43	52	0	28	0	0	67	299	-	-	-	245	60	Moloporeservaat	Sop. Tswana	15Q
2	12/71	8,1	675	439	55	39	16	0	82	0	12	117	159	39	-	-	130	110	Shaftsbury	Mafeking	13R
3	9/70	8,4	325	235	46	11	32	0,3	18	0	0	19	183	18	50	-	120	-	Wienan	Mafeking	14R
Gemiddeld (1, 2, 3)				346	41	31	33	0,1	43	0	4	68	214	19	17	-	165	57			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.).

7.3 Kwaliteit van grondwater in graniet

7.3.1 Data beskikbaar

Tydens die veldopnames is T.O.S.-bepalings op 190 grondwatermonsters gedoen en 27 monsters is chemies ontleed soos saamgevat in Tabel 19.

7.3.2 Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.-konsentrasies en geohidrologie.

Die kontoerkaart van totale opgeloste stowwe in die water (kyk Fig. 60) wys relatiewe lae konsentrasies aan in die gebiede waar die bedekking in die algemeen minder as 15 m is en waar dagsome voorkom. Hoër T.O.S.-konsentrasies is hoofsaaklik in gebiede waar die dikte van die bedekking toeneem. Hierdie algemene verhouding is derhalwe gebruik by die indeling van die grondwatervoorkoms in die graniet soos aangedui op Figuur 61 en saamgevat in Tabel 20.

Tabel 20.- Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet in bepaalde gebiede.

Gebied soos aangedui op Fig. 61	Gemiddeld T.O.S.	Reeks	Aantal bepalinge
1. Aanvullingsgebied (Kal.lae 0-15m)	451	200-800	96
2. Piet Plessis gebied, suidelike deel (Kal.lae 15-60 m)	761	600-1 000	27
3. Piet Plessis gebied, noordelike deel (Kal.lae > 60 m)	1 735	600-2 600	8
4. Blok B-gebied, suidelike deel (Kal.lae 15-60 m)	624	400-800	34
5. Blok B-gebied, noordelike deel (Kal.lae > 60 m)	1 446	600-2 200	23
6. Moloporeservaatgebied (Kal.lae 15-60 m)	526	400-600	18

(T.O.S. in d.p.m.)

Tabel 19.- Chemiese ontledings van grondwater in graniet

Nr op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
4	9/70	8,4	850	512	136	37	16	0	94	0	0	38	323	30	126	-	190	-	Liege	Mafeking	15 P
5	11/70	7,6	300	181	21	14	30	0,2	14	0	0	10	183	-	25	-	135	-	Grootverdriet	Mafeking	12 O
6	8/70	8,4	475	312	44	25	44	0,1	36	0	0	14	262	18	-	-	215	-	Moloporeser- vaat	Bop. Tswana.	16 S
7	1/72	8,1	640	420	107	8	40	1,45	67	-	0	49	250	24	100	-	205	-	Setlagole	Bop. Tswana	12 Q
8	1/72	7,9	750	457	52	33	82	0,15	96	-	15	19	317	-	50	-	238	-	Clober	Mafeking	14 Q
9	-	7,2	1000	645	81	58	55	0,7	190	0	9	-	317	0	0	0	260	118	Kgokgole	Bop. Tswana	10 J
10	9/69	8,3	1050	703	135	43	80	1,0	151	0	87	10	357	19	0	-	298	83	Kgokgole	Bop. Tswana	10 J
11	9/69	8,6	900	621	117	24	74	1,5	142	0	43	96	159	45	-	-	130	155	Highlands	Vryburg	14 J
12	9/69	8,5	850	565	94	21	94	0,3	121	0	25	19	322	30	-	-	265	55	Remenham Oos	Vryburg	13 K
13	9/69	8,5	405	255	45	21	16	0,2	57	0	0	0	143	15	0	-	120	5	Koudslaap	Bop. Tswana	12 H
14	9/69	8,0	2200	1560	245	52	180	0,6	249	0	639	0	384	12	0	-	315	350	Morokweng	Bop. Tswana	14 I
15	9/69	8,1	5500	3825	246	143	930	0	2343	0	31	96	73	0	-	-	60	2890	Haslemere	Vryburg	12 K
16	11/70	7,7	2800	1840	117	174	288	0	902	0	174	38	293	-	-	-	240	1200	Langerust	Mafeking	12 N
17	9/69	8,5	1500	918	122	83	68	-	231	0	205	96	202	12	0	-	165	345	Lolwanen	Bop. Tswana	10 I
18	11/70	7,9	1400	1034	156	78	124	0,7	312	0	0	106	512	-	-	-	420	210	Distin	Vryburg	12 L
19	8/70	8,3	775	433	81	43	44	0,3	78	0	0	5	317	24	-	-	260	25	Aberoare	Mafeking	14 L
20	8/70	8,4	1700	895	44	103	140	0	511	0	0	0	177	9	-	-	145	625	Kgudurkwane	Mafeking	14 L
21	9/69	8,4	900	554	144	16	44	0,2	142	0	15	72	207	18	-	-	170	5	Ormonde	Vryburg	12 K
22	9/69	8,8	950	630	50	80	68	0	256	-	0	67	183	18	-	-	150	350	Ganyesa	Bop. Tswana	11 K
23	9/69	8,3	1120	707	199	43	24	0,4	195	0	58	62	314	9	38	16	235	-	Ainslie	Bop. Tswana	11 I
24	9/69	8,2	3600	1109	231	73	140	1,1	550	0	25	24	128	2	0	-	105	545	Lere Metse	Bop. Tswana	11 H
25	4/69	7,9	1860	1321	325	60	70	0,4	301	0	43	312	390	15	0	-	320	105	Polar	Bop. Tswana	11 H
26	9/69	8,4	1950	1264	361	24	80	0,2	530	0	25	144	172	12	0	-	145	155	Blok 8	Bop. Tswana	12 G
27	9/69	8,5	3450	2800	632	79	240	0,8	923	0	18	840	107	15	0	-	88	838	Grobbers- vreugde	Bop. Tswana	13 H
28	7/70	7,7	4800	3415	674	30	450	1,3	1030	0	0	1176	110	0	-	-	90	1160	Blok 8	Bop. Tswana	12 G
29	10/69	8,4	3000	1989	237	174	168	0,7	355	0	0	960	165	12	-	-	135	1005	Wexford	Mafeking	15 M
30	8/70	7,9	2800	1761	173	107	328	0	1012	0	0	38	207	-	-	-	170	1115	Witteklip	Mafeking	14 N

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste
 G.V. - Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm
 T.O.S. - Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)
 T.H. - Tydelike hardheid as CaCO₃
 P.H. - Permanente hardheid as CaCO₃
 Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die 15 m - kontoerlyn en die 60 m - kontoerlyn vir die dikte van die Kalaharilae (kyk Fig. 15) is gebruik om die grense van die verskillende onderverdelings te delinieer.

Die mediaanwaardes van die totale opgeloste stowwe is in elke gebied bereken volgens 'n frekwensie-distribusiediagram (kyk Fig. 63). In elke geval is die gemiddelde in die betrokke waardereeks bereken (kyk Tabel 20).

7.3.3 Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater en dikte van bedekking.

Die verhouding tussen T.O.S.-konsentrasies in die grondwater en die dikte van die Kalaharilae word op Figuur 64 aangegee. Die totale opgeloste stowwe se konsentrasie neem toe met 'n toename in die dikte van die bedekking. Die dikte varieer tussen nul en 120 m en die T.O.S.-konsentrasies tussen ongeveer 450 d.p.m. en 1 800 d.p.m. Hierdie verskynsel moet verklaar word aan die hand van die aanvulling wat plaasvind en die beweging van die grondwater. Aanvulling vind net plaas in sekere dele waar daar geen of min bedekking is (kyk hoofstuk 5.3.2). Hiervandaan beweeg die grondwater lateraal volgens die algemene grondwatergradiënt. Nuwe water kom derhalwe nie by nie en in die algemeen kan aanvaar word dat hoe verder die water vanaf die gebied van aanvulling beweeg hoe langer is dit in kontak met die graniet. Die bedekking varieer ooreenkomstig langs die gradiënt en word dikker verder weg van die gebied van aanvulling. As gevolg van die oplossing van soute in die verweerde graniet waardeur die water beweeg word die konsentrasie van opgeloste stowwe al hoër. Die graniet vorm egter, as gevolg van die verweringspatroon, afsonderlike grondwaterkompartemente wat tot 'n groot mate feitlik afgeslote is. Grondwater in hierdie kompartemente mag dus baie langer in aanraking met die formasie wees as ander water wat langs die gradiënt verder weg beweeg. Om hierdie rede word selfs in die aanvullingsgebied water aangetref met T.O.S.-konsentrasies wat baie hoër is as die mediaanwaardes vir water in die betrokke gebied. Dieselfde geld vir gebiede verder van die aanvullingsgebied.

7.3.4 Chemiese karakter van grondwater

Volgens die algemene grondwaterkontoere (kyk Fig. 54), die grondwaterbeweging (kyk Fig. 55) en die geohidrologie (kyk Fig. 23 en Fig. 61) kom die grondwater net met graniet en sy verwante gesteentes in die verskillende gebiede in aanraking. Die chemiese samestelling behoort dus kenmerkende eienskappe van die granitiese omgewing aan te dui. Die graniet is nie homogeen nie. Op plekke is dit gneisagtig en bevat dit oer metamorfe gesteentes van die Formasie Kraaipan soos amfiboliet en skis. Reste van skalie van die Formasie Dwyka kom ook voor (kyk fig. 23).

Talle diabaas- en dolerietgange is intrusief in die graniet (kyk Fig. 13). Al hierdie faktore sal die chemie van die grondwater bēinvloed. In die aanvullingsgebied beweeg die water ook deur die oppervlaktelaag wat gewoonlik uit sand, klei en kalkreet van die Kalaharilae bestaan en sal ongetwyfeld ook tot die karakter van die chemiese samestelling bydra. Die chemie van die grondwater sal derhalwe nie tipies van graniet in die algemeen wees nie maar eerder van die graniet in die spesifieke gebied.

7.3.4.1 Grondwatertipes

Die grondwater kan beskou word as verskillende tipes volgens die voorkoms in die afsonderlike gebiede soos aangegee in Tabel 20. Aangesien die kwaliteit van die water met buitengewone hoē T.O.S.-konsentrasies net so belangrik is, indien nie belangriker nie, as die water met mediaan T.O.S.-konsentrasies, word hierdie water as addisionele tipes gereken in die bespreking. Die verskillende tipes grondwater wat bespreek sal word is in Tabel 21 saamgevat.

7.3.4.2 Persentasie ione in grondwater

Die persentasie anione en katione in die verskillende grondwatertipes, bereken volgens die milliekwivalente waardes, is op Figuur 65 uitgestip in verhouding tot die totale opgeloste stowwe. Die grondwatertipes is soos aangegee in Tabel 21.

Die persentasie r_{Na} in die kationverhouding bly naastenby konstant met 'n toename in die T.O.S.-konsentrasie (Fig. 65.1) terwyl die persentasie r_{Mg} daal (Fig. 65.2) en die persentasie r_{Ca} styg (Fig. 65.3). Die persentasie r_F bly naastenby konstant (Fig. 65.4). Die konsentrasie is nooit bokant die perke vir menslike gebruik nie. Die persentasie r_{Cl} in die anioonverhouding styg (Fig. 65.5), terwyl die persentasie $r_{NO_2} + r_{NO_3}$ (Fig. 65.6) daal by hoēr T.O.S.-konsentrasies. Laasgenoemde kom dus nie uit die formasie nie maar word bygevoeg tydens aanvulling wanneer die reënwater deur die bolaag beweeg.

Die persentasie r_{SO_4} in die grondwater styg met 'n toename in T.O.S.-konsentrasie (Fig. 65.7) en die persentasie $r_{HCO_3} + r_{CO_3}$ daal (Fig. 65.8). Die vorming van HCO_3 vind ook in die aanvullingsgebied plaas en verdwyn ten koste van Cl en SO_4 .

Tabel 21.- Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in graniet voorkom

Grondwatertipes (kyk ook Tabel 20).	Aantal chem. ontl.	T.O.S. in d.p.m.	pH	Katione			Anione						
				Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃
1. Aanvullingsgebied: Kal.lae 0-15 m: (T.O.S. 200 - 800 d.p.m. = gem.)	10	467	8,2	83	28	53	0,56	97	0	18	26	273	18
1.(a) Aanvullingsgebied: Kal.lae 0-15 m. (Swak kwaliteit. T.O.S. > gem.)	4	1338	8,0	160	97	165	0,33	424	0	255	60	348	3
2. Piet Plessis gebied: Kal.lae 15-60 m: (T.O.S. 600-1000 d.p.m. = gem.)	2	664	8,4	63	73	92	0,15	295	0	0	3	247	17
2.(a) Piet Plessis gebied: Kal.lae 15-60 m: (Swak kwaliteit. T.O.S. > gem.)	1	1761	7,9	173	107	328	0	1012	0	0	38	207	0
3. Piet Plessis gebied: Kal.lae > 60 m (T.O.S. 600-2600 d.p.m. = gem.)	1	1989	8,4	237	174	168	0,7	355	0	0	960	165	12
3.(a) Piet Plessis gebied: Kal.lae > 60 m. (Swak kwaliteit T.O.S. > gem.)	Geen chem. ontledings.												
4. Blok B gebied: Kal.lae 15-60m (T.O.S. 400-800 d.p.m. = gem.)	3	630	8,5	131	46	45	0,2	198	0	28	67	235	15
4.(a) Blok B gebied: Kal.lae 15-60 m (Swak kwaliteit. T.O.S. > gem.)	Geen chem. ontledings.												
5. Blok B gebied: Kal.lae > 60m. (T.O.S. 600-2200 d.p.m. = gem.)	3	1231	8,2	306	52	97	0,6	460	0	31	160	232	10
5.(a) Blok B gebied: Kal.lae > 60 m (Swak kwaliteit. T.O.S. > gem.)	3	3347	8,1	517	84	540	0,7	1432	0	16	704	97	5
6. Moloporeservaat. Kal.lae 15-60 m (T.O.S. 400-600 d.p.m. = gem.)	Geen chem. ontledings												
6.(a) Moloporeservaat: Kal.lae 15-60 m (Swak kwaliteit T.O.S. > gem.)	Geen chem. ontledings.												
GLOBALE GEMIDDELDES													
7. Kal.lae 15-60 m: alle gebiede (2 + 4) T.O.S. = normale reekse	5	644	8,4	104	57	64	0,18	236	0	17	41	240	16
8. Kal.lae 60m: alle gebiede (3 + 5) T.O.S. = normale reekse	4	1421	8,2	289	83	115	0,6	434	0	23	360	215	10
9. Swak kwaliteite: alle gebiede (1a + 2a + 5a) T.O.S. > normale reekse	8	2144	8,0	296	93	326	0,43	876	0	134	299	236	3

Konsentrasies van lone in d.p.m. (mg/l)

By lae T.O.S.-konsentrasies is die verhouding volgens persentasies $r_{Na} = r_{Mg} > r_{Ca}$ maar by hoër T.O.S.-konsentrasies is $r_{Ca} > r_{Na} > r_{Mg}$.

7.3.4.3 Ioonverhoudings

Die ioonverhoudings $r_{Na} : r_{Mg}$, $r_{Na}:r_{Ca}$, $r_{Ca}:r_{Mg}$, $r_{Na}:r_{Ca} + r_{Mg}$, $r_{Na}:r_{Cl}$, $r_{Cl}:r_{SO_4}$ en $r_{Cl}-r_{Na}:r_{Cl}$ is bereken volgens die milliekwivalente waardes (reaksiewaardes) en uitgeteken op Figuur 66 vir die verskillende grondwatertipes van Tabel 21, in verhouding tot die T.O.S.-konsentrasies. Die verhoudings is saamgevat op Tabel 22.

Tabel 22.- Ioonverhoudings in grondwater in graniet

Vergelyking	Verhouding vir 500 tot 4 000 d.p.m. T.O.S.-konsentrasies		
$r_{Na}:r_{Mg}$	0,9	-	3,8
$r_{Na}:r_{Ca}$	1,5	-	0,8
$r_{Ca}:r_{Mg}$	0,6	-	4,0
$r_{Na}:r_{Ca} + r_{Mg}$	0,6	-	0,7
$r_{Na}:r_{Cl}$	0,9	-	0,6
$r_{Cl}:r_{SO_4}$	5,9	-	2,7
$r_{Cl}+r_{Na}:r_{Cl}$	+ 0,1	-	+0,4

Die verhouding $r_{Na}:r_{Mg}$ varieer tussen 0,9 en 3,8 oor die T.O.S.-reeks (Fig. 66.1). In water met lae T.O.S.-konsentrasies is daar eweveel r_{Na} en r_{Mg} maar by hoër T.O.S.-konsentrasies is r_{Na} oorwegend.

Die verhouding $r_{Na}:r_{Ca}$ neem af van 1,5 in die aanvullingsgebied tot 0,8 by hoër T.O.S.-konsentrasies. By T.O.S.-konsentrasies laer as 2 000 d.p.m. is daar m.a.w. meer r_{Na} as r_{Ca} maar by hoër T.O.S.-waardes is r_{Ca} oorwegend (Fig. 66.2).

Die verhouding $r_{Ca}:r_{Mg}$ (Fig. 66.3) neem geweldig toe en by hoër T.O.S.-konsentrasies is daar omtrent 4 keer meer r_{Ca} as r_{Mg} .

Die verhouding $r_{Na}:r_{Mg}+r_{Ca}$ bly naastenby konstant (Fig. 66.4) en daar is in alle waters ongeveer 2 keer meer $r_{Ca}+r_{Mg}$ as r_{Na} . Die verhouding $r_{Cl}-r_{Na}:r_{Cl}$ is positief by alle T.O.S.-konsentrasies (Fig. 66.7) wat 'n aanduiding is dat daar ioonuitruiling kan plaasvind tussen die Na van die grondwater met Mg en Ca van die formasie (Henzen, 1974, p. 281).

Die verhouding $rNa:rCl$ neem effens af by hoër T.O.S.-waardes (Fig. 66.5) maar in die aanvullingsgebied is daar omtrent eweveel rNa en rCl . Na kan normaal afkomstig wees uit die veldspate van die graniet maar aangesien daar 'n groot toename in Cl is, is Na en Cl eerder afkomstig uit oplosbare $NaCl$ wat as evaporiet in die formasie agtergelaat is tydens die Dwykafsetting. Die feit dat daar by hoër T.O.S.-konsentrasies meer rCl as rNa in die water is, is moontlik te wyte aan 'n uitruiling van Ca of Mg van die formasie met die Na van die water. Die gevolg is dat daar Ca en Mg is wat met Cl gekoppel is wat 'n permanente harde water behoort te lewer.

Die verhouding $rCl:rSO_4$ (Fig. 66.6) neem af by hoër T.O.S.-konsentrasies maar daar is altyd tussen 3 en 6 keer meer Cl in die water as SO_4 . Dit kan verwag word dat daar gips ($CaSO_4$) saam met sout ($NaCl$) as evaporiete in die formasie moet wees en die verhouding $Cl:SO_4$ kan dui op die moontlike verhouding van $NaCl:CaSO_4$ as oplosbare soute in die formasie.

7.3.4.4 Klassifikasie volgens Piperdiagram

Die ioonpersentasies gebaseer op reaksiewaardes is op die Piperdiagram (Piper, 1944) op Figuur 67 uitgestip vir die grondwatertipes soos saamgevat in Tabel 21.

Die kationverhouding val in die Ca, Mg, Na - veld. Die anioonverhouding val in die HCO_3, Cl - veld by lae T.O.S.-konsentrasies maar die Cl - en SO_4, Cl - veld by hoër T.O.S.-konsentrasies. Die kwaliteitsindeling dui aan dat die water in die aanvullingsgebied 'n tydelike harde water is maar dat dit by hoër T.O.S.-konsentrasies na 'n permanente harde water verander.

7.3.4.5 Klassifikasie volgens Bond

Die waters is oor die algemeen chloor- en sulfaathoudend met T.O.S.-konsentrasies bokant 500 d.p.m. Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie van Bond (1947) is in Tabel 23 saamgevat.

Voorkoms volgens Tabel 21	pH	T.O.S. as d.p.m.	Persentasies van T.O.S.					Klas
			Cl	SO ₄	Tyd. hardh.	Perm. hardh.	NaHCO ₃ Na ₂ CO ₃	
1. Aanvullingsgebied T.O.S. = gem.	8,2	467	21	6	44	9	6	B
7. Kal.lae 15-60 m; T.O.S. = gem.	8,4	644	37	6	30	31	2	B
8. Kal.lae > 60 m; T.O.S. = gem.	8,2	1421	31	25	12	32	0	A
9. Swak kwaliteit; T.O.S. > gem.	8,0	2144	41	14	9	47	0	A

Die klassifikasie is moeilik toepasbaar, maar dit is tog duidelik dat Klasse C, D en F nie verteenwoordig is nie. Die water in die aanvullingsgebied vergelyk die beste met 'n Klas B water en moontlik ook die in die gebiede waar die bedekking tussen 15 en 60 m is; origins is die water van Klas A.

7.3.4.6 Chemiese kenmerke van tipiese granietwater

Alhoewel die chemiese karakter van die grondwater aangedui word op die Piperdiagram op Figuur 67, is daar probeer om 'n chemiese samestelling te kry wat kenmerkend is van die grondwater wat in die gebied in graniet voorkom. So 'n tipiese samestelling is verkry uit die variasie van die ioonpersentasies soos uitgestip op Figuur 65 vir die volledige reeks T.O.S.-konsentrasies soos dit aangetref word in die gebied. 'n Tipiese variasie van die ioonverhoudings word op Tabel 24 aangegee en is ook geplot op die Piperdiagram op Figuur 68.

Tabel 24.- Chemiese samestelling van grondwater wat tipies van graniet is.

Ione	Ioonpersentasies (volgens Figuur 65)		
	By T.O.S. = 500 d.p.m.	By T.O.S. = 2000 d.p.m.	By T.O.S. = 3300dpm.
rNa	36	38	40
rMg	40	23	12
rCa	24	39	48
Totaal	100	100	100
rCl	41	66	70
rNO ₂ +rNO ₃	3	2	1
rSO ₄	7	20	26
rHCO ₃ +rCO ₃	49	12	3
TOTAAL	100	100	100

Die variasie kan gebruik word om granietwater te identifiseer in gebiede waar die grondwater uit die graniet lateraal beweeg soos byvoorbeeld na die Kalaharilae waar geen aanvulling vanaf die oppervlakte plaasvind nie.

Die konsentrasie van Na en Ca neem toe met 'n toename in die T.O.S.-konsentrasie, maar Mg neem af. Daar is 'n toename in Cl en SO_4 en 'n afname in HCO_3 . Die kwaliteit van die water is deurgaans die van 'n permanente harde water, wat feitlik in 'n statiese sisteem voorkom met geen aanvulling nie, soortgelyk aan toestande in Poseidon, Wes-Australië (Johnson, 1975).

7.4 Kwaliteit van grondwater in Formasie Soetlief

Geen bepalinge is gedoen op die totale opgeloste stowwe in die grondwater nie en geen chemiese ontledings is beskikbaar nie. Die formasie kom in enkele klein lokale gebiede voor in die nooroostelike deel van die gebied en is nie belangrik as 'n waterdraer nie.

7.5 Kwaliteit van grondwater in Formasie Allanridge

Geen T.O.S.-bepalinge is in grondwatermonsters gedoen nie en ook geen chemiese ontledings nie. Volgens Bond (1974, p.66) bevat die water gewoonlik ongeveer 370 d.p.m. opgeloste stowwe. Chloriede is selde in groot konsentrasies aanwesig (+ 7 persent van T.O.S.). Die konsentrasie SO_4 is ongeveer 2,6 persent van die totale opgeloste stowwe. Die fluorkonsentrasie is nooit meer as 0,5 d.p.m. nie.

In die meeste gevalle is daar meer d.p.m. Ca as Mg en is die verhouding d.p.m. Ca:Mg gelyk aan 1,28. Primêre alkalinitiet kom selde voor. Die water is gewoonlik 'n tydelike harde water met 'n geringe graad van permanente hardheid. Die water is 'n Klas C volgens klassifikasie van Bond (1947, p. 188).

7.6 Kwaliteit van grondwater in Formasie Vryburg

Twee bepalinge van T.O.S. in die grondwater in die Bothithonggebied het 'n gemiddelde van 314 d.p.m. gegee. Geen chemiese ontledings is beskikbaar nie. Die formasie bestaan hoofsaaklik uit 'n suiwer kwartsiet en behoort 'n water met 'n baie lae T.O.S.-konsentrasie te gee. Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) en die geohidrologie (Fig. 23) beweeg die grondwater vanaf die dolomiet van die Formasie Ghaapplato noordwaarts deur die formasie en kan dit verwag word dat dit sekere chemiese eienskappe van dolomietwater sal hê.

7.7 Kwaliteit van grondwater in Formasie Schmidtsdrif

Die formasie bestaan hoofsaaklik uit dolomiet en die kwaliteit van grondwater sal moontlik met water in die Formasie Ghaapplato vergelyk kan word. Geen T.O.S.-bepalinge is in watermonsters gedoen nie en geen chemiese ontledings is beskikbaar nie.

7.8 Kwaliteit van grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato

7.8.1 Data beskikbaar

Tydens die veldopnames is T.O.S.-bepalings op 121 grondwatermonsters gedoen en 21 monsters is chemies ontleed soos saamgevat in Tabel 25.

7.8.2 Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.-konsentrasies en geohidrologie

Die konsentrasies van totale opgeloste stowwe in die grondwater varieer van gebied tot gebied. In elke gebied word die hoogste T.O.S.-konsentrasies gevind waar die bedekking die dikste is, soos die geval was op graniet. Die T.O.S.-konsentrasies is die laagste waar die Kalaharilae dunner as 15 m is of afwesig is. Oral word water lokaal aangetref met T.O.S.-konsentrasies hoër as die mediaanwaardes in die betrokke gebied.

Elkeen van die drie dolomietvoorkomste, nl. die Gathlose-, Kuruman- en Morokwengebied is as 'n afsonderlike gebied beskou. (Geen kwaliteitsgegewens is vir die dolomiet in die Lichtenbudg gebied beskikbaar nie en word as sulks nie behandel nie). Dele in die gebiede toon relatiewe hoër T.O.S.-waardes waar die Kalaharilae dikker as 15 m is en hierdie gebiede word ook afsonderlik beskou. Die indeling van die gebiede is op Tabel 26 saamgevat.

Tabel 26.- Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato in bepaalde gebiede

Gebied soos aangedui op Fig. 61	Gemiddeld T.O.S.	Reeks	Aantal bepalings
1. Kurumangebied (Kal.lae 0-15 m)	375	200-600	46
2. Kurumangebied (Kal.lae >15 m)	630	400-800	12
3. Gathlosegebied (Kal.lae 0-15 m)	423	200-600	17
4. Morokwengebied (Kal.lae 0-15 m)	565	400-800	32
5. Mbrokwengebied (Kal.lae >15m)	667	400-1000	13
6. Noord van Moshawengrivier (Kal.lae > 15 m)	583	500-700	3

(T.O.S. in d.p.m.)

Tabel 25.- Chemiese ontledings van grondwater in dolomiet van die Formasie Gheapplate

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	MgCO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
31	9/72	8,2	510	311	4	38	69	0,28	12	-	11	0	354	-	-	-	290	9	Leer Kuruman	Bop. Tswana	7 F
32	8/72	8,2	840	504	18	68	131	0,73	40	-	40	22	369	-	-	-	303	58	Lotlaken	Bop. Tswana	9 G
33*	9/72	8,3	450	257	1	34	58	0,13	7	-	12	0	290	-	-	-	238	5	Manyeding	Bop. Tswana	5 H
34	9/72	8,0	750	420	22	51	80	0,42	28	-	21	0	400	18	-	-	328	38	Gara Dea Ghoma	Bop. Tswana	7 H
35*	9/72	7,9	325	203	3	17	45	0,1	8	-	12	0	236	-	-	-	193	7	Kuruman	Kuruman	6 G
37	2/70	8,3	800	477	5	88	38	0	65	0	105	0	317	18	0	-	260	195	Gathlose	Bop. Tswana	3 E
38	2/70	8,4	540	348	18	65	16	0	11	0	25	67	256	18	0	-	210	95	Gathlose	Bop. Tswana	2 E
39	9/69	8,4	640	414	62	60	20	0,2	65	0	0	0	390	12	42	21	295	-	Morokwen- reserveat	Bop. Tswana	14 H
40	9/69	8,8	750	574	23	84	72	0,3	50	0	74	0	519	12	0	-	425	100	Morokwen- reserveat	Bop. Tswana	15 H
41	9/69	8,1	2450	1664	437	16	176	0,2	814	0	25	115	189	6	-	-	155	350	Paddapan	Vryburg	15 J
42	9/69	9,0	1290	845	262	30	36	-	180	0	0	34	558	24	407	42	215	-	Egham	Bop. Tswana	14 F
45	9/69	8,6	1610	982	175	106	36	0,3	500	0	31	67	116	9	0	-	95	430	Olney	Bop. Tswana	9 F
46	9/69	8,6	2600	1602	371	104	120	0,8	750	0	0	180	329	12	0	-	270	455	Pendeen	Vryburg	15 F
47	10/69	8,6	1015	849	239	48	20	1,5	263	0	0	106	238	54	-	-	195	50	Toledo	Mafeking	16 L
146	9/69	8,4	970	606	95	42	76	0,4	174	0	0	34	320	15	0	0	263	98	Lurie	Bop. Tswana	11 E
183	10/74	8,1	900	648	30	115	25	0	155	0,27	167	17	278	0	0	-	228	310	Gathlose	Bop. Tswana	3 F
184	10/74	8,2	500	340	10	49	52	0	18	0	22	0	378	0	0	-	310	20	Gathlose	Bop. Tswana	4 E
185	10/74	8,1	550	383	17	39	48	0	27	0	158	5	177	0	0	-	145	134	Gathlose	Bop. Tswana	3 E
186	10/74	8,1	640	482	47	48	69	0	70	0	32	5	421	0	0	-	345	27	Gathlose	Bop. Tswana	3 E
187	10/74	7,6	610	426	23	45	70	0	37	25	35	14	354	0	0	-	290	70	Gathlose	Bop. Tswana	4 E
188	10/74	8,0	570	413	25	59	39	0	34	0	81	7	335	0	0	-	275	66	Gathlose	Bop. Tswana	3 E
203	12/72	8,2	620	417	2	80	33	0	48	0	84	0	305	18	-	-	250	160	Perdekop	Kuruman	5 I

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃
Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

* 08 by Manyeding en Kuruman.

Die mediaanwaardes van die T.O.S.-konsentrasies in die water is vir elke gebied bepaal op 'n frekwensie-distribusiediagram volgens die dominante waardereeks (kyk Fig. 69).

7.8.3 Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater en dikte van bedekking.

In die betrokke gebiede is die bedekking dunner as 15 m en tussen 15 en 60 m. Die verhouding tussen T.O.S.-konsentrasies van die grondwater en die dikte van die bedekking word op Figuur 70 aangegee, volgens die onderverdeling aangegee in Tabel 26. Net soos in die geval van die graniet is daar ook 'n toename in T.O.S.-konsentrasies met 'n toename in die bedekking. Aanvulling sal plaasvind waar die bedekking dunner as 15 m is, of waar dit afwesig is.

7.8.4 Chemiese karakter van grondwater

Volgens die algemene vloei patroon van die grondwater (kyk Fig. 23, Fig. 54 en Fig. 55) kom die water in die gebiede soos aangedui in Tabel 26 net met dolomiet en sy verwante gesteentes in aanraking. Die chemiese samestelling of variasie behoort kenmerkend te wees van 'n dolomitiese omgewing. Die dolomiet bevat lae en lense van kalksteen, skalie en chert asook intrusiewe dolerietgange. Die oppervlakte in die gebiede waar aanvulling plaasvind bestaan gewoonlik uit 'n dun laag sand en/of kalkreet. Hierdie faktore sal ongetwyfeld 'n invloed hê op die chemiese samestelling van die water wat in die formasie voorkom.

7.8.4.1 Grondwatertipes.

Die chemie van die grondwater kan beskou word volgens die indeling in Tabel 26 wat berus op verskille in die konsentrasie van totale opgeloste stowwe in die verskillende gebiede. Aangesien die kwaliteit van water met besondere hoë T.O.S.-konsentrasies het so belangrik is as die kwaliteit van water met mediaankonsentrasies van totale opgeloste stowwe is sulke water as aparte tipes beskou. Die verskillende tipes water wat bespreek sal word en hulle gemiddelde chemiese samestellings word in Tabel 27 aangegee.

Tabel 27.- Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in dolomiet van die Formasie Ghaapplate voorkom.

Grondwatertipes (kyk Tabel 26)	T.O.S.	Aantal ch. bep.	pH	Katione			Anione				
				Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂ NO ₃	SO ₄	HCO ₃ CO ₃
1. Kurumangebied (Kal.lae < 15 m) Aanvulling (T.O.S. = gem.)	352	6	8,1	8	48	69	0,28	24	30	4	332
2. Kurumangebied (Kal.lae > 15 m) (T.O.S. > gem)	982	1	8,6	175	106	36	0,3	500	31	67	125
3. Gathlosegebied (Kal.lae < 15 m) Aanvulling (T.O.S. = gem.)	440	8	8,1	22	64	45	0	52	81	14	320
4. Morokwengebied (Kal.lae < 15 m) Aanvulling (T.O.S. = gem.)	494	2	8,6	43	72	46	0,3	58	37	0	467
5. Morokwengebied (Kal.lae > 15 m) (T.O.S. = gem.)	849	1	8,6	239	48	20	1,5	263	0	106	292
5.(a) Morokwengebied (Kal.lae < > 15 m) (T.O.S. > gem.)	1643	2	8,4	404	60	148	0,5	782	13	148	268
6. Noord van Moshawengrivier (Kal.lae > 15 m)	605	1	8,4	126	35	60	0,5	130	0	44	397

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

7.8.4.2 Persentasie ione in grondwater

Die persentasie katione en anione (bereken volgens die reaksiewaardes) word in verhouding tot die totale opgeloste stowwe in die grondwater op Figuur 71 aangegee vir die verskillende tipes water soos saamgevat in Tabel 27. Daar is miskien nie heeltemal voldoende punte om 'n akkurate verhouding te gee nie maar 'n algemene tendens is wel waarneembaar op die diagramme.

Die persentasie rNa neem geweldig toe met 'n toename in die T.O.S.-konsentrasies (Fig. 71.1). Aangesien daar normaal min Na in dolomiet aanwesig is, is dit heelwaarskynlik afkomstig uit oplosbare soute van Na (NaCl) wat uit konnate water in die dolomiet gekristalliseer het.

Die persentasie rMg neem af by hoër T.O.S.-konsentrasies (Fig. 71.2) asook die persentasie rCa (Fig. 71.3).

Die persentasie rF bly naastebly konstant en die konsentrasies is oral binne die perke vir menslike gebruik (Fig. 71.4).

Die konsentrasie van rCl neem geweldig toe (Fig. 71.5) en is moontlik afkomstig uit NaCl wat in die formasie aanwesig is.

Die konsentrasies $rNO_2 + rNO_3$ daal by hoër T.O.S.-waardes (Fig. 71.6). Die persentasie rSO_4 styg en is moontlik nes Cl afkomstig uit die oplossing van gips wat in die formasie aanwesig is.

Die konsentrasie $rHCO_3$ en rCO_3 daal met 'n toename in totale opgeloste stowwe (Fig. 71.8).

By lae T.O.S.-konsentrasies in die water is die katioonverhouding $rMg > rCa > rNa$ maar by hoër T.O.S.-konsentrasies is die verhouding heel abnormaal, nl. $rNa > rMg > rCa$.

Die hoër persentasie rMg as rCa is in ooreenstemming met die groter oplosbaarheid van $MgCO_3$ as $CaCO_3$ (Hem, 1959)(Henzen, 1974). Die water sal dus ryker wees aan Mg as aan Ca. Die Na kan deels uit die verweerde doleriet en skalie afkomstig wees maar vermoedelik eerder uit NaCl wat in die formasie is en wat deur die grondwater opgelos word. Die daling in die konsentrasies rCa en rMg is relatief weens die geweldige toename in Na, Cl en SO_4 .

7.8.4.3 Ioonverhoudings

Die ioonverhoudings $r_{Na}:r_{Mg}$, $r_{Na}:r_{Ca}$, $r_{Ca}:r_{Mg}$, $r_{Na}:r_{Ca+rMg}$, $r_{Na}:r_{Cl}$, $r_{Cl}:r_{SO_4}$ en $r_{Cl}-r_{Na}:r_{Cl}$, is bereken volgens die reaksiewaardes en uitgestip op Figuur 72 vir die verskillende tipes grondwater van Tabel 27, in verhouding tot die T.O.S.-konsentrasies. Die verhoudings is saamgevat op Tabel 28.

Tabel 28.- Ioonverhoudings in grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato

Vergelyking	Verhouding vir T.O.S.-konsentrasies tussen 500 en 1 600 d.p.m.		
$r_{Na} : r_{Mg}$	0,1	-	3,3
$r_{Na} : r_{Ca}$	0,1	-	4,5
$r_{Ca} : r_{Mg}$	0,6	-	0,4
$r_{Na} : r_{Mg} + r_{Ca}$	0,1	-	2,3
$r_{Na} : r_{Cl}$	0,5	-	1,0
$r_{Cl} : r_{SO_4}$	8,0	-	5,0
$r_{Cl}-r_{Na} : r_{Cl}$	+0,5	-	-0,4

Na is heeltemal oorwegend oor Ca en Mg by hoë T.O.S.-konsentrasies maar ondergeskik in water met lae T.O.S.-konsentrasies (Fig. 72.1 en Fig. 72.2). Die verhouding van $r_{Na}:r_{Ca+rMg}$ word groter en by hoë T.O.S.-waardes is daar omtrent 2 keer meer rNa as r_{Ca+rMg} (Fig. 72.4). Die verhouding tussen r_{Ca} en r_{Mg} bly ongeveer konstant (Fig. 72.3).

Die verhouding $r_{Na}:r_{Cl}$ is eenheid by hoë T.O.S.-waardes en alle Na is aan Cl gekoppel (Fig. 72.5). Die chloor-alkalibalans ($r_{Cl}-r_{Na}:r_{Cl}$) varieer van positief na negatief en daar is nie 'n duidelike tendens tot ioonuitruiling nie, aangesien al die Na met Cl verbind is.

Die $r_{Cl}:r_{SO_4}$ -verhouding varieer tussen 8 en 5 (Fig. 72.6), baie dieselfde as in granietwater (Fig. 66.6). Die Cl en SO_4 is moontlik weer beide afkomstig uit die oplossing van sout en gips wat in die formasie voorkom.

7.8.4.4 Klassifikasie volgens Piperdiagram

Die ionpersentasies bereken volgens die reaksiewaardes is op die Piperdiagram op Figuur 73 geplot in ooreenstemming met die tipes water soos aangegee in Tabel 27.

Op die katioondiagram val die waters van die aanvullingsgebiede (Kal.lae 0-15 m) in die Ca, Mg- veld, maar by hoër T.O.S.-konsentrasies beweeg die samestelling na die Na, Mg-, die Na,Ca- en die Na-velde.

Op die anioondiagram val die konsentrasies in die HCO_3 , CO_3 - veld maar beweeg by hoër T.O.S.-konstrasies na die HCO_3 ,Cl- en die Cl-velde.

Die kwaliteitsdiagram wys dat die water in die aanvullingsgebiede 'n sekondêre alkalinitiet het (tydelike hardewater) maar dat dit by hoër T.O.S.-waardes 'n primêre saliniteit van meer as 50 persent het. Tipe 6 (Tabel 27) is 'n uitsondering deurdad die Kalaharilae dikker as 15 m is maar dat die water vergelyk met water in die aanvullingsgebied. Die rede hiervoor is dat die water in die dolomiet in hierdie betrokke gebied na-aan die Moshawengrivier lê waar aanvulling in die rivier direk na die dolomiet plaasvind.

7.8.4.5 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie van die grondwater volgens die indeling van Bond (1947) word in Tabel 29 saamgevat.

Tabel 29.- Klassifikasie van grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplate, volgens Bond

Voorkoms volgens Tabel 27.	pH	T.O.S. d.p.m.	Persentasies van T.O.S.					Klas
			Cl	SO_4	Tyd. hard	Perm. hard.	NaHCO_3 Na_2CO_3	
1. Aanvullingsgebied. Kuru-man (T.O.S. = gem.)	8,1	352	7	1	76	13	-	C
3. Aanvullingsgebied. Gathlose (T.O.S. = gem.)	8,1	440	12	3	59	26	-	C
4. Aanvullingsgebied. Morokwen (T.O.S.=gem.)	8,6	494	12	0	73	10	6	C
5. Kal.lae >15m. Morokwen (T.O.S. = gem.)	8,6	849	31	12	23	6	-	A
6 N/v Moshaweng rivier. Kal.lae >15 m.	8,4	606	29	6	43	16	0	B

Klasse D en E van Bond is nie aanwesig nie. Die water in die aanvullingsgebiede is almal van Klas C wat 'n tydelike harde water is. Die swakker kwaliteit water met hoër T.O.S.-konsentrasies is almal Cl, SO₄-waters van Klasse A en B.

7.8.4.6 Chemiese kenmerke van tipiese grondwater in die dolomiet van die Formasie Ghaapplato

Die chemiese kenmerke van die verskillende tipes water van die dolomiet in die verskillende gebiede is reeds in Figuur 73 aangetoon. Deur egter gebruik te maak van die kation- en anioonpersentasies aangegee op Figuur 71 is 'n normale chemiese samestelling geïnterpreteer by die laagste en hoogste T.O.S.-konsentrasies soos dit in die veld voorkom. Hierdie is saamgevat op Tabel 30 en uitgestip op die Piperdiagram op Figuur 74.

Tabel 30.- Chemiese samestelling van grondwater wat tipies is van dolomiet van die Formasie Ghaapplato

IONE	Ioonpersentasies (volgens Figuur 71)	
	By T.O.S. = 300 d.p.m.	By T.O.S. = 1 600 d.p.m.
rNa	4	70
rMg	60	21
rCa	36	9
TOTAAL	100	
rCl	8	74
rNO ₂ + rNO ₃	10	1
rSO ₄	1	15
rHCO ₃ + rCO ₃	81	10
TOTAAL	100	100

Die chemiese samestelling op die Piperdiagram verskil heelwat met dié van granietwater. Die katioonsamestelling verander van die Mg, Ca-veld by lae T.O.S.-konsentrasies na die Na-veld by hoë T.O.S.-konsentrasies. Die anioonsamestelling val in die HCO₃, CO₃-veld maar by hoë T.O.S.-waardes in die Cl-veld. Die kwaliteit verander van 'n tydelike harde water in die aanvullingsgebied na 'n water met 'n primêre saliniteit by hoër T.O.S.-waardes.

7.9 Kwaliteit van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge.

7.9.1 Data beskikbaar

Tydens die veldopnames is T.O.S.-bepalings op 49 grondwatermonsters gedoen en 13 monsters is chemies ontleed soos saamgevat in Tabel 31.

7.9.2 Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.-konsentrasies en geohidrologie

Volgens die kontoere van T.O.S.-waardes (Fig. 60) is die laagste konsentrasies van totale opgeloste stowwe in water in jaspiliet in die dagsoomgebiede aanwesig. Relatief hoër konsentrasies word aangetref in gebiede waar die bedekking dikker as 15 m is.

Die verskillende gebiede waar jaspiliet voorkom is afsonderlik beskou. Soos vir graniet- en dolomietgebiede is elkeen onderverdeel volgens die dikte van die bedekking. Daar is nie voldoende T.O.S.-bepalings op grondwatermonsters gedoen om frekwensie-distribusiediagramme te trek om die mediaanwaardes te bepaal nie en aangesien die waardes nie baie verskil nie is die rekenkundige gemiddeldes bereken soos aangegee op Tabel 32. Die verskillende gebiede wat betrekking het is op Figuur 61 aangedui.

Tabel 32.- Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge in bepaalde gebiede.

Gebied soos aangedui op Fig. 61.	Gemiddeld T.O.S.	Reeks	Persentasie waardes binne reeks	Aantal bepalinge
1. Gathlosegebied, Kal.lae <15 m	303	200-400	100	2
2. Gathlosegebied, Kal.lae >15 m	684	-	-	1
3. Kurumangebied, Kal.lae < 15 m	209	100-500	100	15
4. Heuningvleigebied, Kal.lae < 15 m	411	100-600	75	10
5. Heuningvleigebied, Kal.lae >15 m	600	500-700	60	5
6. Pomfretgebied, Kal.lae < 15 m	509	300-600	100	5
7. Pomfretgebied, Kal.lae >15 m	429	300-600	91	11
<u>Veralgemeen</u>				
(a) Waar Kal.lae <15 m (gemiddeld van 1,3,4 en 6)	283	100-600	87	32
(b) Waar Kal.lae >15 m (gemiddeld van 2,5 en 7)	483	200-800	83	17

(T.O.S. in d.p.m.)

Tabel 31.- Chemiese ontledings van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Ver- wysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
49	3/70	8,2	520	310	30	48	18	0	75	0	0	48	183	0	0	-	150	90	Bestwood	Kuruman	4 E
50	5/70	8,2	340	229	5	41	26	0,1	43	0	0	14	201	0	0	-	165	65	Boxmoor	Kuruman	5 E
51	1/71	8,2	240	145	7	17	26	0,2	11	0	0	5	159	0	-	-	130	5	Elgon	Kuruman	6 F
52	2/70	8,0	140	110	16	2	24	0,2	18	-	0	5	91	-	8	-	70	-	Carrington	Kuruman	5 G
53	5/70	8,3	145	103	7	11	18	0	7	pos.	6	0	85	12	0	-	70	20	Bremcote	Kuruman	5 G
54*	9/69	8,3	280	173	21	17	24	0,4	21	0	0	5	165	3	8	5	130	0	Heuningvlei	Bop. Tswana	13 E
55	9/69	8,0	1290	821	255	26	24	0	285	pos.	12	73	293	0	120	-	170	0	Howden	Bop. Tswana	14 F
56	9/69	8,3	1100	727	120	37	104	0,6	121	0	0	110	458	6	0	-	375	35	Perth	Bop. Tswana	12 E
57	5/70	8,5	550	323	25	18	74	0	36	0	12	0	281	18	0	-	230	35	Morthlake	Vryburg	16 H
58	9/69	7,1	925	564	140	44	22	0	94	0	0	38	451	0	230	-	235	-	Constable	Vryburg	16 G
59	5/70	8,3	500	352	32	33	50	0,3	36	0	0	82	226	6	-	-	185	75	Sandhurst	Vryburg	16 I
60	9/69	8,4	5100	4067	1254	95	100	0,5	1700	0	0	648	317	12	0	-	260	365	Bocean	Vryburg	16 F
159	10/74	8,0	400	245	35	28	29	0	40	0	66	7	180	0	0	-	148	40	Gathlose	Bop. Tswana	4 F

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm.

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

* Fontein

7.9.3 Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater en dikte van bedekking.

Die verhouding tussen die gemiddelde T.O.S.-konsentrasies in grondwater en die dikte van die bedekking word op Figuur 75 aangedui. Daar is 'n duidelike toename in T.O.S.-konsentrasies in gebiede waar die bedekking dikker as 15 m is.

7.9.4 Chemiese karakter van grondwater

Die gebied wat deur die jaspiliet beslaan word, vanaf suid van Kuruman tot net noord van Heuningvlei, vorm 'n waterskeiding en die kwaliteit van die water in hierdie gebiede behoort, wat sy chemiese karakter betref, tipiese jaspilietwater te verteenwoordig. In die Pomfret- en Gathlosegebiede vorm dit nie 'n waterskeiding nie en mag die water met ander formasies in aanraking gewees het wat die chemiese samestelling kon beïnvloed. Dit is egter twyfelagtig of dit 'n baie groot invloed kon hê aangesien die T.O.S.-konsentrasies van die water in die jaspiliet in beide gebiede selfs laer is as die aangrensende formasies waarmee dit dalk in aanraking kon gewees het. Min chemiese ontledings van grondwater met uitermatige hoë T.O.S.-konsentrasies is beskikbaar aangesien die water in die algemeen van goeie kwaliteit is en daar ook nie ideale toestande is waar die grondwater volgens die grondwatergradiënt oor lang afstande deur die formasie beweeg soos die geval is in graniet en dolomiet nie.

7.9.4.1 Grondwatertipes

Die indeling soos aangegee in Tabel 32 verteenwoordig die verskillende tipes grondwater. Water met T.O.S.-konsentrasies hoër as die gemiddelde waardereeks is beskou as addisionele tipes met betrekking tot die chemiese samestelling. Die verskillende tipes, met hulle gemiddelde chemiese samestellings is op Tabel 33 saamgevat.

7.9.4.2 Persentasie ione in grondwater

Die persentasie katione en anione in die grondwater, bereken vir die verskillende tipes water soos saamgevat op Tabel 33, op grond van die reaksiewaardes, is op die Piperdiagram op Figuur 76 uitgestip.

Die persentasies r Na, r Cl en r SO_4 neem toe met 'n toename in T.O.S.-konsentrasies (kyk Fig.76.1, Fig.76.5 en Fig.76.7) terwyl r Mg, r Ca, r F, r NO_2+rNO_3 en $rHCO_3+rCO_3$ afneem (Fig. 76.2, Fig. 76.3, Fig. 76.4, Fig. 76.6 en Fig. 76.8). Hierdie variasie in die ioonkonsentrasies is baie dieselfde as wat dit vir dolomiet was (kyk Fig.71).

By lae T.O.S.-waardes is r Mg $>$ r Ca $>$ r Na maar by hoër waardes is r Na $>$ r Mg $>$ r Ca. Daar vind 'n toevoeging van Na, Cl en SO_4 plaas soos vir dolomietwater. Die hoë T.O.S.-waters is hoofsaaklik in die noordelike gebied aanwesig waar die jaspiliet bedek is. Die toename in die betrokke ione dui op die moontlike oplossing van sout van Cl en SO_4 uit die formasie wat moontlik gekoppel kan word aan die Formasie Dwyka wat bekend is om altyd soutwater te lewer waar dit nie met 'n aktiewe grondwatersisteem gekoppel is waar aanvulling direk vanuit reën kan plaasvind nie.

7.9.4.3 Ioonverhoudings

Die ioonverhoudings oor die T.O.S.-reeks 200 tot 800 d.p.m., soos van toepassing in die gebied, is op Tabel 34 aangegee gebaseer op 'n interpretasie van die ioonpersentasies op Figuur 76.

Grondwatertipes (kyk Tabel 32)	TOS	AANTAL CHEM. ONTL.	pH	Katione			Anione				
				Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂ NO ₃	SO ₄	HCO ₃ CO ₃
1. Gathlosegebied. Kal-lae < 15m. Aanvulling	303	2	8,1	33	34	24	0	58	33	28	182
3. Kurumangebied. Kal-lae < 15m. Aanvulling	147	4	8,2	9	18	24	0,13	20	2	6	137
4. Heuningvleigebied. Kal-lae < 15 m. Aanvulling	173	1	8,3	21	17	24	0,4	21	0	5	165
4a. Heuningvleigebied. Kal-lae < 15m. Swak kwaliteit	774	2	8,1	187	31	64	0,3	203	6	91	378
6. Pomfretgebied. Kal-lae < 15m. Aanvulling	444	2	7,8	83	31	48	0	65	6	19	375
7. Pomfretgebied. Kal-lae > 15m.	352	1	8,3	32	33	50	0,3	36	0	82	232
7a. Pomfretgebied. Kal-lae > 15m. Swak kwaliteit	4067	1	8,4	1254	95	100	0,5	1700	0	648	329

Konsentrasies in d.p.m.

Tabel 33.- Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in Jaspiliet van die Formasie Asbesberge voorkom.

Tabel 34 - Ioonverhoudings in grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge

VERG.	Verhouding vir T.O.S.-konsentrasies tussen 200 en 800 d.p.m.
rNa: rMg	0,5 - 3,9
rNa: rCa	0,7 - 4,2
rCa: rMg	0,7 - 0,9
rNa: rMg + rCa	0,3 - 2,0
rNa: rCl	1,2 - 1,7
rCl: rSO ₄	4,3 - 2,9
rCl-rNa: rCl	-0,2 - -0,7

Die verhouding rNa: rCl is meer as eenheid oor die hele reeks en daar is dus meer Na as wat nodig is om met Cl te verbind. Die chloor-alkalibalans (rCl-rNa: rCl) is negatief oor die hele T.O.S.-reeks wat aandui dat daar moontlik uitruiling kan plaasvind tussen die Ca en Mg van die water met Na van die waterdraer. Dit mag deels die oormaat Na in verhouding tot Cl verklaar en die afname in rMg en Ca relatief tot rNa.

7.9.4.4 Klassifikasie volgens Piperdiagram

Die chemiese samestelling van die verskillende tipes grondwater soos saamgevat in Tabel 33 is volgens die reaksiewaardes op die Piperdiagram op Figuur 77 uitgestip.

Die kationverhouding val in die Ca, Mg - en Ca, Mg, Na-velde by lae T.O.S.-konsentrasies maar beweeg na die Ca, Na- en Na-velde by hoër T.O.S.-waardes.

Die anioonverhouding val vir lae T.O.S.-waters in die HCO₃-veld maar by hoër T.O.S.-waters in die HCO₃, Cl- en Cl-velde.

Die kwaliteitsindeling dui op 'n tydelike harde water by die lae T.O.S.-konsentrasies maar op 'n primêre saliniteit by hoër T.O.S.-waardes.

7.9.4.5 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie van die grondwater volgens die indeling van Bond (1947, p.166) is op Tabel 35 saamgevat.

Tabel 35.- Klassifikasie van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge volgens Bond

Voorkoms volgens Tabel 33	pH	T.O.S. (dpm)	Persentasie van T.O.S.					Klas.
			Cl	SO ₄	Tyd. hard.	Perm. hard.	Na HCO ₃ Na ₂ CO ₃	
1. Gathlosegebied. Aanvulling (T.O.S.=gem)	8,1	303	19	9	49	21	0	C
3. Kurumangebied. Aanvulling (T.O.S.=gem)	8,2	147	14	4	74	16	1	C
4. Heuningvlei. Aanvulling (T.O.S.=gem)	8,3	173	12	3	75	0	8	C
6. Pomfretgebied. Aanvulling (T.O.S.=gem)	7,8	444	15	4	52	4	26	D/C
7. Pomfretgebied. Kal-lae > 15m.	8,3	352	10	23	52	21	0	B

Die waters van die aanvullingsgebiede waar die Kalaharilae dunner as 15 m is kan as 'n Klas C beskou word en is 'n tydelike harde water. Die water wat voorkom waar die bedekking dikker as 15 m is kan eerder as 'n Klas B beskou word.

7.9.4.6 Chemiese kenmerke van tipiese grondwater in die jaspiliet van die Formasie Asbesberge

Die algemene chemiese kenmerke van water wat in die verskillende gebiede in jaspiliet voorkom kan op Figuur 77 gesien word. Om die chemiese karakter beter te illustreer oor die konsentrasiereeks van 200 tot 800 d.p.m. t.o.s., soos in die verskillende tipes gevind word, is 'n algemene samestelling geïnterpreteer op die variasiediagramme op Figuur 76. Hierdie samestelling word in Tabel 36 aangegee en is op die Piper-diagram op Figuur 78 uitgestip.

Tabel 36 - Chemiese samestelling van grondwater wat tipies is van jaspiliet van die Formasie Asbesberge

Ione	Ioonpersentasies (volgens Fig.76)	
	By T.O.S. = 200 d.p.m.	By T.O.S.= 800 d.p.m.
rNa	4	70
rMg	60	21
rCa	36	9
Totaal	100	100
rCl	8	74
rNO ₂ +rNO ₃	10	1
rSO ₄	1	15
rHCO ₃ +rCO ₃	81	10
Totaal	100	100

Die verhouding van die katione, anione en kwaliteitsvariasie mag gebruik word om laterale aanvulling in Kalaharilae onder sekere omstandighede te bepaal. Die kation- en anioonvariasies is baie dieselfde as vir dolomietwater, maar die kwaliteitsindeling dui op 'n groter primêre saliniteit by hoër T.O.S.-konsentrasies as vir water in dolomiet.

7.10 Kwaliteit van grondwater in Formasie Gamagara

7.10.1 Data beskikbaar

Die formasie dek net 'n klein gebied suid van Sishen. Dit lê gewoonlik bo-op jaspiliet en dolomiet langs die Gamagara-rant. Uit die topografiese ligging is dit nie aangewese vir boorgate vir water nie en word daar selde in die formasie geboor vir water. Oral beweeg die grondwater, vanaf die dolomiet, weswaarts deur die formasie en sal die grondwater nie heeltemal kenmerkend van die formasie wees nie.

Volgens 4 T.O.S.-bepalings op grondwatermonsters is die gemiddelde waarde ongeveer 317 d.p.m. (kyk Fig.61). Drie watermonsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 37. Die ontledings is feitlik identies en die gemiddelde van die waardes sal die samestelling verteenwoordig.

Tabel 37 - Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Gamagara

Nr. op	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione										T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verw.
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃						
61	11/73	8,2	500	272	8	44	33	0	39	0	0	29	238	-	-	-	195	68	Sishen	Postmasburg	40	
62	10/73	8,1	420	249	3	39	41	0	16	0	0	0	299	-	-	-	245	18	Sishen	Postmasburg	40	
204*	10/73	7,9	540	310	5	62	30	0,1	30	0	0	0	366	-	-	-	300	32	Sishen	Postmasburg	40	
Gemiddeld		8,1	487	277	5	48	35	0,03	28	0	0	10	301	-	-	-	247	39				

* Cop water in groef in Heuwel No.2, Sishenmyn

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniesedienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20 °C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.).

7.10.2 Chemiese karakter van grondwater

Die loonpersentasies bereken volgens die reaksiewaardes is as volg:

r Na	=	4
r Mg	=	67
r Ca	=	29
<hr/>		
Totaal	=	100

r F	=	0
r Cl	=	13
rNO ₂ + rNO ₃	=	0
r SO ₄	=	4
r HCO ₃	=	83
r CO ₃	=	0
<hr/>		
Totaal	=	100

Die loonverhoudings op grond van die persentasiewaardes is as volg:

r Na	:	r Mg	=	0,1
r Na	:	r Ca	=	0,1
r Ca	:	r Mg	=	0,4
r Na	:	r Mg+r Ca	=	0,04
r Na	:	r Cl	=	0,3
r Cl	:	r SO ₄	=	3,3
r Cl-r Na	:	r Cl	=	+0,7

Die loonpersentasies is op die Piperdiagram op Figuur 79 geplot.

Die persentasie r Na is baie laag byna net 1/25 van r Mg+r Ca. Die verhouding r Na : r Cl is minder as eenheid en die chloor-alkalibalans is positief.

Daar sal 'n neiging wees vir die Na in die water om uit te ruil met Ca en Mg van die formasie, wat dan ook die wanbalans tussen Na en Cl verklaer.

Op die Piperdiagram (Fig. 79) val die katroonverhouding in die Mg-veld en die anioonverhouding in die HCO_3 , CO_3 -veld. Volgens die kwaliteitsindeling is dit 'n tydelike harde water.

7.10.2.1 Klassifikasie volgens Bond

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie van die water volgens die indeling van Bond (1947).

pH = 8,1
T.O.S. (d.p.m.) = 277
Cl (as % van T.O.S.) = 10
 SO_4 (as % van T.O.S.) = 4
Tydelike hardheid (as % van T.O.S.) = 89
Permanente hardheid (as % van T.O.S.) = 14

Die water is 'n Klas C.

7.10.2.2 Kenmerkende chemiese eienskappe

Die water is moontlik nie kenmerkend van die Formasie Gamagara nie en toon volgens die Piperdiagram (Fig. 79) 'n sterk ooreenkoms met tipiese water van die dolomiet, wat in ooreenstemming is met die algemene rigting van grondwaterbeweging (kyk Fig. 54). Die water kom ook met jaspiliet in aanraking maar die effek op die samestelling van die grondwater is minder as vir dolomiet (kyk Fig. 79).

7.11 Kwaliteit van grondwater in Formasie Makganyene

7.11.1 Data beskikbaar

Die Formasie Makganyene vorm 'n relatiewe nou sone aan die westekant van die heuwels gevorm deur die jaspiliet van die Formasie Asbesberge. Aangesien die dagsone van die formasie uiters beperk is en die water wat daarin voorkom deels deur middel van laterale aanvulling uit die jaspiliet kom, sal die chemiese karakter van die grondwater moontlik nie eie wees aan die gesteentes waaruit die formasie bestaan nie.

Net een grondwatermonster is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 38.

7.11.2 Chemiese karakter van grondwater

Die kation- en anioonpersentasies bereken volgens die reaksiewaardes is as volg:

rNa	=	20
rMg	=	45
rCa	=	35
<hr/>		
Totaal	=	100

rF	=	0
rCl	=	17
rNO ₂	=	0
rNO ₃	=	10
rSO ₄	=	0
rHCO ₃	=	72
rCO ₃	=	0
<hr/>		
Totaal	=	99

Die kationkonsentrasies is hiervolgens in die verhouding $rMg > rCa > rNa$ en die anioonkonsentrasies $rHCO_3 > rCl > rSO_4$.

Die loonverhoudings gebaseer op die persentasiewaardes is as volg:

rNa	:	rMg	=	0,4
rNa	:	rCa	=	0,6
rCa	:	rMg	=	0,8
rNa	:	rMg+rCa	=	0,3
rNa	:	rCl	=	1,2
rCl - rNa	:	rCl	=	-0,2

Hierdie verhoudings is feitlik identies met die vir water in jaspiliet (kyk Tabel 34).

Tabel 38.- Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Makganyene

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
63	2/73	8,1	320	228	20	24	31	0	27	0	28	0	195	0	0	0	160	18	Shellford	Kuruman	5F
					Ontleding deur Departement van Landbou-tegniese Dienste																
					G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm																
					T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)																
					T.H. = Tydelike hardheid as CaCO ₃																
					P.H. = Permanente hardheid as CaCO ₃																
					Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)																

7.11.2.1 Klassifikasie volgens Piperdiagram

Die chemiese samestelling is volgens die persentasies van die reaksiewaardes op die Piperdiagram op Figuur 80 geplot.

Die kationverhouding val in die Ca, Mg-veld, die anioonverhoudings in die HCO_3 , CO_3 -veld en die kwaliteit is dié van 'n tydelike harde water.

7.11.2.2 Klassifikasie volgens Bond

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasies volgens die indeling van Bond (1947).

pH = 8,1
T.O.S. (d.p.m) = 228
Cl (as % T.O.S.) = 12
 SO_4 (as % T.O.S.) = 0
Tydelike hardheid (as % T.O.S.) = 70
Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 8

Die water kan as 'n Klas C beskou word.

7.11.2.3 Chemiese kenmerke

Die chemiese samestelling is identies met 'n tipiese water van die jaspiliet van die Formasie Asbesberge (Fig. 78) en is moontlik nie kenmerkend van grondwater van die Formasie Makganyene nie.

7.12 Kwaliteit van grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk

7.12.1 Data beskikbaar

Tydens die veldopnames is T.O.S.-bepalings op 68 watermonsters gedoen en 28 monsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 39.

7.12.2 Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.-konsentrasies en geohidrologie

Volgens die kontoerlyne van die T.O.S.-waardes (Fig. 60) word die laagste waardes aangetref in die dagsoomgebiede en waar die bedekking minder as 15 m dik is. Hierdie gebiede is hoofsaaklik S.W. van Sishen en wes van Kuruman geleë tot sover noord as Severn. Die water in die gebiede verder noord het hoër T.O.S.-konsentrasies in die lawa en die bedekking is oral dikker as 15 m (15-60 m). By Severn loop die Moshawengrivier vir 'n groot afstand oor lawa. Die rivier kom gereeld af en toe-stande van aanvulling in die rivier is anders as in die ander dagsoomgebiede en die T.O.S.-konsentrasies is ook effe anders. In die noorde, nl. noordwes van Kirstonia (18G) is 'n klein gebied waar water in lawa voorkom (kyk Fig. 23 en Fig. 61) met geweldige hoë konsentrasies van totale opgeloste stowwe.

Die voorkoms van grondwater in die lawa van die Formasie Ongeluk kan derhalwe ingedeel word op grond van die geohidrologie en die mediaanwaardes van die T.O.S.-konsentrasies in die water in die verskillende gebiede onder verskillende toestande. Die indeling word op Tabel 40 saamgevat en word ook aangedui op Figuur 61.

Tabel 39.- Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Ongeluk

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Pleas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
64	7/70	8,2	1020	664	32	74	102	0	165	0	130	0	323	0	0	-	265	295	Broughton	Kuruman	6F
65	10/70	8,3	790	549	37	54	88	0	53	0	87	5	378	36	-	-	310	130	Dingle	Postmasburg	3D
66	3/70	8,4	460	309	21	53	20	0,4	75	0	31	0	159	30	-	-	130	135	Lizbeth	Postmasburg	6E
67	10/70	8,3	1500	1158	173	83	132	0,5	291	0	37	202	421	30	-	-	345	350	Lewis	Postmasburg	4C
68	3/70	7,8	1050	618	14	88	86	0	256	0	49	0	250	0	0	-	205	370	Galway	Kuruman	5D
69	12/69	8,3	1700	1059	281	19	92	0,75	427	-	0	115	201	24	-	-	165	145	Benoni	Kuruman	9D
70	5/70	7,8	1900	1183	437	2	16	3,5	369	0	0	173	354	6	403	-	50	0	Collins	Vryburg	16G
71	9/69	3,3	3650	2340	456	140	200	0,1	1170	+	34	253	171	3	0	-	140	960	Eiffel	Bop. Tswana	11D
72	9/69	8,3	3250	1873	314	115	210	0,1	820	0	0	216	366	3	0	-	300	700	Eiffel	Bop. Tswana	11D
73	4/70	8,2	4000	2441	853	5	64	0,4	1210	0	0	288	43	0	0	-	35	145	Troubridge	Vryburg	12D
74	3/70	7,9	4750	3362	83	389	470	0	1420	0	459	504	73	0	0	-	60	2715	Adams	Kuruman	6E
75	9/69	8,3	520	319	24	60	20	0	18	+	16	5	323	15	0	-	265	30	Tamar	Kuruman	11D
76	9/69	8,6	395	238	24	26	33	0,1	14	0	0	5	244	12	13	21	193	0	Severn	Kuruman	11D
77	7/70	8,5	540	466	129	22	30	0,4	28	0	0	29	372	42	235	-	165	0	Eden	Kuruman	11C
94	12/69	8,0	8000	5130	1383	134	300	0,5	1704	0	19	1200	732	24	0	-	600	700	Good Hope	Vryburg	18H
190	10/74	8,0	650	418	43	49	46	0	95	0	0	43	284	0	0	-	233	85	Hartnola	Kuruman	5E
191	11/74	7,7	750	527	59	64	42	0,05	111	0	40	63	296	0	0	-	243	126	Broughton	Kuruman	5F
192	10/74	7,8	450	295	29	46	18	0	60	0	12	14	232	0	0	-	190	45	Byron	Kuruman	4F
193	10/74	7,6	1200	825	146	58	72	0,5	320	0,01	22	122	171	0	0	-	140	277	Langer	Kuruman	5F
194	10/74	7,9	650	423	45	58	40	0,05	60	0	0	15	409	0	0	-	335	3	Gethlose	Bop. Tswana	4F
195	10/74	7,9	600	394	45	63	22	0	53	0	0	17	387	0	5	-	312	0	Hartnola	Kuruman	6F
196	2/75	7,5	5500	4255	373	377	430	0	1342	0,5	1383	240	0	220	0	-	180	2445	York	Kuruman	7D
197	3/75	7,4	3000	1869	67	194	265	0	646	0,2	508	36	305	0	0	-	250	1212	Smartt	Kuruman	7D
198	2/75	7,9	1400	1034	279	38	54	1,2	257	0,1	62	130	427	0	60	-	290	0	Kipling	Kuruman	7D
199	3/75	7,6	2497	1567	115	179	145	0	568	9	388	65	195	0	0	-	160	940	Perth	Kuruman	7D
200	2/75	7,6	2600	1876	71	174	275	0	586	0,5	395	53	0	244	0	-	200	1205	York	Kuruman	7D
201	2/75	7,8	2200	1609	228	143	155	0,1	749	0,05	34	175	250	0	0	-	205	770	Rhodes	Kuruman	8D
202	2/75	7,6	4100	3037	215	243	400	0	937	1,8	911	216	0	226	0	-	185	1815	York	Kuruman	7D

Chemiese ontledings deur Departement van Landbou-egniese Dienste
 T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)
 T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃
 Konentrasies in mg/l (d.p.m.)

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm
 P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Tabel 40.- Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk.

Gebied soos aangedui op Fig. 61	Gemiddeld T.O.S.	Reeks	Aantal bepalinge
1. Aanvullingsgebied. Kuruman en Gathlose. (Kal, lae 0-15m)	423	200-600	39
2. Kallae > 15 m	778	400-1200	20
3. In Mashawengrivier, Severn-area. Kallae < en > 15 m	507	200-800	8
4. Kirstoniagebied Kallae > 15 m	5600	-	1
(T.O.S. in d.p.m.)			

Die T.O.S.-waardes in die lawa wes van Kuruman en in die Gathlosegebied is omtrent dieselfde en is saam as een gebied beskou.

Die mediaanwaardes van totale opgeloste stowwe in die grondwaardes in die betrokke gebiede is bereken as die gemiddelde van al die bepalinge in die dominante waardereeks soos vasgestel met behulp van 'n frekwensie - distribusiediagram (kyk Fig. 81).

7.12.3 Verhouding tussen totale opgeslote stowwe in grondwater en dikte van bedekking

Die verhouding tussen die gemiddelde T.O.S.-waardes in die betrokke gebiede (Tabel 40) en die dikte van die bedekking is op Figuur 82 geplot. Die konsentrasie van totale opgeslote stowwe is hoër waar die bedekking meer as 15 m is as in die gebiede waar die bedekking minder as 15 is.

7.12.4 Chemiese karakter van grondwater

Die grondwater wat in die lawa van die Formasie Ongeluk voorkom mag in al die gebiede, behalwe by Kirstonia en S.W. van Sishen, grondwater bevat wat lateraal uit jaspiliet afkomstig is. Die grootste gedeelte sal moontlik direkte aanvulling verteenwoordig en die chemiese eienskappe behoort, in die geohidrologiese verband waarin dit voorkom, kenmerkend te wees van die lawa.

7.12.4.1 Grondwatertipes

Die grondwatervoorkomste soos ingedeel in Tabel 40 verteenwoordig elk 'n tipe grondwater. In die aanvullingsgebied en waar die bedekking dikker as 15 m is, kom behalwe die normale oorwegende tipe, ook tipes lokaal voor met T.O.S.-konsentrasies bo die gemiddelde waardes. Hierdie swakker kwaliteit water is net so belangrik as die normale kwaliteit water om die chemiese variasies te bepaal, en is water met verskillende ordes van T.O.S.-konsentrasies as individuele tipes beskou. Die verskillende tipes met gemiddelde chemiese samestellings word in Tabel 41 saamgevat.

Tabel 41. Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in lawa van die Formasie Ongeluk voorkom.

Grondwatertipes (kyk Tabel 40)	T.O.S.	Aantal chem. ontl.	pH	Katione			Anione				
				Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂ , NO ₃	SO ₄	HCO ₃ , CO ₃
1. Aanvullingsgebied. Kal.lae < 15 m (T.O.S. = gem).	416	7	8,0	40	55	39	0,07	72	24	22	315
2. Aanvullingsgebied. Kal.lae < 15m (T.O.S. > gem).	755	2	7,9	89	66	87	0,3	253	76	61	247
3. Moshawengrivier. Kal.lae < en > 15 m (T.O.S. = gem).	341	3	8,5	59	36	28	0,2	20	5	13	336
4. Kal.lae > 15m (T.O.S. = gem) (200-1200 d.p.m.).	1092	4	8,0	332	20	54	1,82	351	21	139	337
5. Kal.lae > 15m (T.O.S. > gem) (1000-2000 d.p.m.).	1756	5	7,7	159	161	210	0,04	674	307	109	272
6. Kal.lae > 15m (T.O.S. > gem) 2000-3000 d.p.m.).	2391	2	8,3	655	73	132	0,25	1190	17	271	109
7. Kal.lae > 15m (T.O.S. > gem) (3000-4000 d.p.m.).	3200	2	7,8	149	316	435	0	1179	686	360	149
8. Kal.lae > 15m (T.O.S. > gem) (4000-5000 d.p.m.).	4255	1	7,5	373	377	430	0	1342	1384	240	220
9. Jaspiliet in lawa. Kal.lae < 15 m.	1158	1	8,3	173	83	132	0,5	291	37	202	451
10. Kal.lae > 15m. Kirstoniagebied (T.O.S. > 5000 d.p.m.).	5130	1	8,0	1383	134	300	0,5	1704	19	1200	756
Konsentrasie van ione en T.O.S. in d.p.m. (mg/l)											

7.12.4.2 Persentasie ione in grondwater

In pleks van elke individuele chemiese ontleding te beskou word dit soos in die ander formasies volgens die indeling in Tabel 41 ontleed. Die kation- en anioonpersentasies bereken volgens die reaksiewaardes is op Figuur 83 uitgestip in verhouding tot die T.O.S.-konsentrasies. 'n Algemene tendens in die variasie is herkenbaar op die diagramme.

Die persentasie r_{Na} neem af met 'n toename in die totale opgeloste stowwe (Fig.83.1). Die r_{Na} in tipes 4, 6 en 10 is besonder hoog en is moeilik verklaarbaar. Hulle kom voor waar die bedekking dikker as 15 m is en die geohidrologiese invloed van die omgewing onbekend is. Hulle verteenwoordig abnormale waters en is in alle gevalle opgeloste NaCl wat moontlik in die formasie aanwesig is. Ioonuitruiling kon ook 'n rol gespeel het.

Die persentasie r_{Mg} styg in die algemeen effens (Fig.83.2). Tipes 4, 6 en 10 het egter abnormale lae persentasies r_{Mg} wat moontlik die resultaat is van ionuitruiling tussen Na en Mg.

Die konsentrasies r_{Ca} en r_{SO_4} styg (Fig.83.3 en Fig.83.7) en is moontlik te wyte aan die oplossing van gips wat in die formasie aanwesig is. Die persentasie r_F daal en word skynbaar nie uit die formasie opgelos nie (Fig.83.4).

Die persentasie $r_{NO_2} + r_{NO_3}$ is baie wisselvallig (Fig.83.6). In tipes 5, 7 en 8 is die konsentrasies geweldig hoog (15-30 persent van die anione). Hierdie tipes grondwater is afkomstig in die omgewing van bestaande oopgroef myne en die besondere hoë nitraatkonsentrasie kan moontlik te wyte wees aan besoedeling (kyk Fig.83.6). As hierdie tipes buite rekening gelaat word is die persentasie $r_{NO_2} + r_{NO_3}$ kleiner by hoë T.O.S.-konsentrasies as by lae T.O.S.-waardes. Die persentasie $r_{HCO_3} + r_{CO_3}$ neem af by hoë T.O.S.-konsentrasies ten koste van die toename in Cl en SO_4 en word in die water geplaas tydens aanvulling.

In die algemeen is die kationkonsentrasies so dat $r_{Mg} \rightarrow r_{Na} > r_{Ca}$ in lae T.O.S.-water maar by hoër T.O.S.-konsentrasies is die verhouding $r_{Mg} > r_{Ca} > r_{Na}$.

7.12.4.3 Ioonverhoudings

Die ioonverhoudings, bereken volgens die interpretasie van die normale variasie van die persentasiewaardes oor die T.O.S.-reeks wat op Fig.83 uitgestip is, word in Tabel 42 aangegee.

Tabel 42 - Ioonverhoudings in grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk

Verg.	Verhouding vir T.O.S.-konsentrasies tussen 400 en 4 000 d.p.m.
rNa:rMg	0,7 - 0,4
rNa:rCa	1,1 - 0,5
rCa:rMg	0,6 - 0,8
rNa:rMg+rCa	0,4 - 0,2
rNa:rCl	1,8 - 0,2
rCl:rSO ₄	2,7 - 4,7
rCl-rNa:rCl	-0,8 - +0,8

Die verhouding rNa:rCl neem baie af met 'n toename in die T.O.S.-konsentrasie. By lae T.O.S.-waardes is daar meer rNa as rCl, maar by hoë T.O.S.-waardes is daar omtrent 5 keer meer Cl as Na. Die chloor-alkalibalans (rCl-rNa:rCl) is posief by hoë T.O.S.-konsentrasies en hiervolgens sal daar 'n neiging wees vir die Na van die grondwater om te ruil met Ca en Mg van die akwifereer, wat die verandering in die konsentrasies van Na, Ca en Mg verklaar, asook die verhouding rNa:rCl.

7.12.4.4 Klassifikasie volgens Piperdiagram

Die chemiese samestellings van die verskillende tipes grondwater soos aangegee in Tabel 41 is op die Piperdiagram op Figuur 84 uitgestip. Die katioonverhoudings val in die Mg, Ca, Na-veld vir alle tipes behalwe 4, 6 en 10 met abnormale hoë persentasies rNa. Die anioonverhoudings val by lae T.O.S.-konsentrasies in die HCO₃, CO₃-veld maar beweeg

na die Cl- en Cl, SO₄-velde by hoër T.O.S.-waardes. Volgens die kwaliteitsindeling is die water in die aanvullingsgebied (tipe 1) 'n tydelike harde water maar by 'n verhoging van die totale opgeloste stowwe verander die kwaliteit na 'n permanente harde water. Tipes 4, 6 en 10 se kwaliteit verskil van die ander tipes deurdat dit 'n primêre saliniteit het as gevolg van die baie hoë konsentrasies Na. Tipe 3, waar aanvulling plaasvind uit vloedwater, se kwaliteit verskil ook met die in die aanvullingsgebied deurdat dit meer HCO₃+CO₃ bevat en dus 'n hoër primêre alkaliniteit het.

7.12.4.5 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie van die grondwater volgens die indeling van Bond (1947) word in Tabel 43 saamgevat.

Tabel 43 - Klassifikasie van grondwater in lawa van die Formasie Ongeeluk volgens Bond

Voorkoms volgens Tabel 41	pH	TOS (dpm)	Persentasie van T.O.S.					Klas
			Cl	SO ₄	Tyd. Hard.	Perm. Hard.	NaHCO ₃ Na ₂ CO ₃	
1. Aanvullingsgebied (T.O.S.=gem.)	8,0	416	17	5	60	18	0	C/B
3. In Moshawengrivier (T.O.S.=gem.)	8,5	341	6	4	61	3	26	D
4. Kal-lae > 15m. T.O.S.=gem.)	8,0	1092	32	13	15	4	14	A
10. Kirstoniagebied Kal-lae > 15m.	8,0	5130	33	23	12	14	0	A

Die normale water van die aanvullingsgebied is moontlik van Klas C of B terwyl die grondwater in die gebiede waar die Kalaharilae dikker as 15 m is moontlik van Klas A is. Die water langs die Moshawengrivier is van Klas D wat 'n alkaliese water is.

7.12.4.6 Chemiese kenmerke van tipiese grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk

Die chemiese samestelling van die verskillende tipes water is wel op die Piperdiagram (Fig.84) uitgestip, maar om die karakter van 'n tipiese water te illustreer is die persentasievariasies van die verskillende ione, soos uitgestip op Fig.83, geïnterpreteer oor die T.O.S.-reeks soos van toepassing. Hierdie tipiese variasie is op Tabel 44 saamgevat en geplot op die Piperdiagram op Figuur 85.

Tabel 44 - Chemiese samestelling van grondwater wat tipies is van lawa van die Formasie Ongeluk

Ione	Ioonpersentasies (volgens Fig.83)		
	By TOS=400 d.p.m.	By TOS=1000 d.p.m.	By TOS=4000 d.p.m.
rNa	29	24	17
rMg	44	46	46
rCa	27	30	37
Totaal	100	100	100
rCl	16	66	75
rNO ₂ + rNO ₃	7	1	1
rSO ₄	6	11	16
rHCO ₃ + rCO ₃	71	22	8
Totaal	100	100	100

Die samestellings kan as kenmerkend van die grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk beskou word oor die reeks 400 to 4 000 d.p.m. totale opgeloste stowwe. Die variasie verskil van dié vir graniet-, dolomiet- en jaspilietwater (kyk Figuur 85). Tipiese dolomietwater het by lae totale opgeloste stowwe, die hoogste persentasie rCa en rMg en graniet die laagste.

Betreffende die katione is daar met 'n verhoging van TOS in die water in graniet 'n toename in rCa en 'n afname in rMg

terwyl rNa omtrent konstant bly. In grondwater van die Formasie Ghaappla (dolomiet) is daar 'n toename in rNa en 'n afname in rMg en rCa. In water van die Formasie Asbesberge (jaspiliet) is daar ook 'n toename in rNa en 'n afname in rCa en rMg net soos vir dolomiet. In water van die Formasie Ongeluk (lawa) is daar 'n toename in rCa en 'n afname in rNa terwyl die rMg omtrent konstant bly.

Wat die anione betref is daar nie noemenswaardige verskille in die variasie van die verhouding met 'n toename in die konsentrasie van die totale opgeloste stowwe nie.

Volgens die kwaliteitsindeling op die Piperdiagram verander beide die water in graniet en lawa van 'n sekondêre alkaliniteit (tydelike harde water) na 'n sekondêre saliniteit (permanente harde water) met 'n verhoging van die T.O.S.-konsentrasies. Beide water in jaspiliet en dolomiet verander van 'n sekondêre alkaliniteit na 'n primêre saliniteit met 'n verhoging van die T.O.S.-konsentrasies.

7.13 Kwaliteit van grondwater in Formasie Lucknow

7.13.1 Data beskikbaar

In 30 grondwatermonsters is T.O.S.-bepalings gedoen en 9 monsters is chemies ontleed soos saamgevat in Tabel 45.

7.13.2 Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.-konsentrasies en geohidrologie

Gebiede waar water in die Formasie Lucknow voorkom word aangetref vanaf die suide, in die omgewing van Olifantshoek tot in die noorde langs die Moloporivier (kyk Fig.23 en Fig.61). Die totale opgeloste stowwe in die grondwater in die verskillende gebiede word saamgevat in Tabel 46 en is ook aangedui op Fig.61.

Tabel 46 - Gemiddelde konsentrasies van totale opgeloste stowwe in grondwater in Formasie Lucknow in bepaalde gebiede

Gebied soos aangedui op Figuur 61	Gemiddeld T.O.S.	Reeks	Aantal bepalinge
1. Olifantshoekgebied (Kal.lae < 15m)	330	100-500	7
2. Olifantshoekgebied (Kal.lae > 15m)	403	300-500	3
3. Skimmelkoppiesgebied (Kal.lae < 15m)	280	200-400	2
4. Skimmelkoppiesgebied (Kal.lae > 15m)	-	-	Geen
5. Noordelike gebied (Kal.lae > 15m)	7505	5000-11000	7
6a. Langs Moloporivier, Good Hope/Werda (Kal.lae > 15m)	466	400-500	5
6b. Langs Moloporivier, Werda/Smaldeel (Kal.lae > 15m)	748	600-900	4
6c. Langs Moloporivier, Idaho. Kal.lae > 15m)	777	600-1000	2
T.O.S. in d.p.m.			

Tabel 45 - Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Lucknow

Nr op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	TH.	PH.	Plaas	Distrik	Verw.
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
87	10/70	8,3	650	460	58	41	58	0	174	0	0	38	146	18	-	-	120	190	Young	Postmasburg	3C
88	11/69	8,2	450	302	29	30	36	0,2	75	0	53	0	159	0	-	-	130	85	Witstambult	Kuruman	10B
89	11/69	8,5	2750	1939	565	84	24	0,45	640	-	19	460	247	24	-	-	203	203	Caledonia	Kuruman	10C
90	11/69	8,4	450	303	21	35	50	0	28	0	0	5	293	18	-	-	240	30	Wormald	Postmasburg	4C
91	12/69	8,5	8250	5438	1812	73	120	1,0	1845	+	25	1244	586	24	-	-	480	120	Minnesota	Vryburg	17G
92	12/69	8,0	17500	12085	3495	266	520	1,0	4402	0	41	3168	342	21	-	-	280	2220	Leanette	Vryburg	18F
93	4/70	8,3	7500	5268	1711	134	140	0,6	2410	0	12	672	378	0	0	-	310	590	Idaho	Vryburg	16D
95	4/70	8,5	910	639	200	26	22	0,1	61	0	0	72	500	18	462	-	165	0	Idaho	Vryburg	16C
96	12/69	8,2	600	388	0	44	92	0,1	14	0	0	-	434	21	-	-	380	30	Werda	Vryburg	19F

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die laagste T.O.S.-konsentrasies word in die suidelike gebiede aangetref. Die T.O.S.-konsentrasies in die water in die formasie langs die Moporivier is nieteenstaande die dik bedekking (meer as 15 m) baie laer as in die formasie verder weg van die rivier. Die T.O.S.-waardes langs die rivier word ook hoër laer af langs die rivier, tot by Idaho (16 C). Dit is ook die verste punt wat vloedwaters ooit bereik het. Dit bereik hierdie punt ongeveer elke 100 jaar (kyk hoofstuk 2.2). 'n Punt so vêr as Smaldeel (18 D) word net elke 5 jaar bereik en Kirstonia elke 3 jaar, wat die laer T.O.S.-konsentrasies hoër op langs die rivier verklaar.

7.13.3 Chemiese karakter van grondwater

Volgens die algemene geohidrologie sal die chemiese samestelling van die grondwater wat in die verskillende gebiede voorkom nie tipies van die formasie wees nie aangesien dit ook met ander formasies in aanraking kom as gevolg van laterale vloei (kyk Figure 23, 54, 55). Die water in die formasie sal dus in elke gebied 'n aparte tipe verteenwoordig wat lokaal aangetref word. Die verskillende tipes en hulle gemiddelde chemiese samestellings word in Tabel 47 saamgevat.

7.13.3.1 Ioonkonsentrasies en verhoudings in grondwater en klassifikasie volgens Piperdiagram

Die persentasies van die katione en anione bereken volgens reaksiewaardes in die verskillende grondwatertipes word in Tabel 48 saamgevat, en is ook op die Piperdiagram op Figuur 86 geplot. Die ioonverhoudings is aangegee in Tabel 49.

Die water in die Olifantshoekgebied waar die bedekking minder as 15 m is (tipe 1, Tabel 49) asook tipes 2 en 3 het almal meer r_{Mg+rCa} as r_{Na} (Tipe 6a het volgens die chemiese ontleding geen Na nie wat heelwaarskynlik te wyte is aan 'n volledige ionuitruiling). Die ander tipes (3a, 5 en 6c) met relatief hoër T.O.S.-konsentrasies het almal baie meer r_{Na} as r_{Mg+rCa} . In lg. tipes is die chloor-alkalibalans ($r_{Cl}-r_{Na}:r_{Cl}$) altyd negatief wat dui op 'n moontlike uitruiling van Ca en Mg van die water met Na van die akwifere, wat die relatiewe hoër persentasie r_{Na} verklaar.

Tabel 47 - Chemiese samestelling van grondwatertipes wat in Formasie Lucknow voorkom

Grondwatertipes (kyk Tabel 46)	T.O.S.	Aantal Chem. ontl.	pH	Katione			Anione				
				Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂ NO ₃	SO ₄	HCO ₃ CO ₃
1. Olifantshoekgebied. Kal-lae < 15m (T.O.S.=gem.)	460	1	8,3	58	41	58	0	174	0	38	164
2. Olifantshoekgebied. Kal-lae > 15m (T.O.S.=gem.)	303	1	8,4	21	35	50	0	28	0	5	311
3. Skimmelkoppiesgebied. Kal-lae < 15m (T.O.S.=gem.)	302	1	8,2	29	30	36	0,2	75	53	0	159
3a. Skimmelkoppies. Kal-lae < 15m (T.O.S. > gem.)	1939	1	8,5	565	84	24	0,45	640	19	460	291
5. Noordelike gebied. Kal-lae > 15m (T.O.S.=gem.)	7597	3	8,3	2339	158	260	0,87	2886	26	1694	450
6a Moloporivier, GoodHope/Werda Kal-lae > 15m (T.O.S.=gem.)	388	1	8,2	0	44	92	0,1	14	0	0	455
6c Moloporivier, Idaho. Kal-lae > 15m. (T.O.S. = gem.)	639	1	8,5	200	26	22	0,1	61	0	72	518

Konsentrasies van ione en T.O.S. in d.p.m. (mg/l)

Tabel 48 - Loonpersentasies in grondwatertipes wat in Formasie Lucknow voorkom

Grondwatertipe (volgens Tabel 47)	T.O.S. (d.p.m.)	Katione			Anione				
		rNa	rMg	rCa	rF	rCl	rNO ₂ rNO ₃	rSO ₄	rHCO ₃ rCO ₃
1. Olifantshoekgebied. Kal.lae < 15m. (T.O.S.=gem.)	460	29	38	33	0	56	0	9	35
2. Olifantshoekgebied. Kal.lae > 15m. (T.O.S.=gem.)	303	14	46	40	0	12	0	2	86
3. Skimmelkoppiesgebied. Kal.lae < 15m. (T.O.S.=gem.)	302	23	45	32	0,2	38	15	0	47
3a. Skimmelkoppiesgebied. Kal.lae < 15m. (T.O.S.>gem.)	1939	75	21	4	0,07	55	1	29	14
5. Noordelike gebied	7597	80	10	10	0,04	65	0	28	6
6a. Moloporivier, Good Hope - Werda	388	0	44	56	0,12	5	0	0	95
6c. Moloporivier, Idaho	639	73	18	9	0,04	14	0	12	73

Tabel 49 - Ioonverhoudings in grondwatertipes wat in Formasie Lucknow voorkom

Grondwatertipes (volgens Tabel 47)	rNa:rMg	rNa:rCa	rCa:rMg	rNa:rMg + rCa	rNa:rCl	rCl:rSO ₄	$\frac{rCl-rNa}{rCl}$
1. Olifantshoek. Kal-lae < 15m	0,8	0,9	0,9	0,4	0,5	>56	+1,9
2. Olifantshoek. Kal-lae > 15m	0,3	0,4	0,9	0,2	1,1	6,0	-0,2
3. Skimmel Koppies. Kal-lae < 15m	0,5	0,7	0,7	0,3	0,6	2,5	+0,4
3a. Skimmel Koppies. Kal-lae < 15m. (T.O.S. > gem.)	3,6	18,8	0,2	3,0	1,4	55,0	-0,4
5. Noordelike gebied	8,0	8,0	1,0	4,0	1,2	>65	-0,2
6a. Moloporivier, Good Hope-Werda	?	?	1,3	?	?	>5	+>5
6c. Moloporivier, Idaho	4,1	8,1	0,5	2,7	5,2	>14,0	-4,2

Wat die anione betref, het tipes 2, 6a en 6c baie hoër persentasies $r\text{HCO}_3 + r\text{CO}_3$ (Tabel 48) en lae persentasies $r\text{SO}_4$ en $r\text{Cl}$. Tipes 1, 3, 3a en 5 daarenteen bevat duidelik hoër persentasies $r\text{Cl}$ en $r\text{SO}_4$ en lae persentasies $r\text{HCO}_3$.

Die swak kwaliteit water van die Skimmelkoppiesgebied (tipe 3a, Fig.86) en die water van die noordelike gebied (tipe 5, Fig.86) is dieselfde tipe water, nl. een met 'n primêre saliniteit. Die hoër konsentrasie Na en Cl in die water is te wyte aan die oplossing van NaCl wat in die formasie aanwesig is.

Die water in die Olifantshoekgebied (tipe 1, Fig.86) en Skimmelkoppiesgebied (tipe 3, Fig.86) waar die bedekking dunner as 15 m is, is nie tipies van water onder toestande van aanvulling nie. Hierdie waters moes na regte tydelike harde water gewees het soos die geval is in ander aanvullingsgebiede. Die rede vir die relatiewe swak kwaliteit is dat in beide gebiede dagsome baie skaars is, en dat, hoewel dit gestel is dat die bedekking by die boorgate dunner as 15 m is, dit in der waarheid lateraal dikwels dikker as 15 m is. Die water mag dus tot 'n baie geringe mate direk vanaf die oppervlak aangevul word en hoofsaaklik lateraal. Dit sal die relatiewe hoër konsentrasies van $r\text{Cl}$ verklaar. Volgens Tabel 49 is die chloor-alkalibalans ($r\text{Cl}-r\text{Na}:r\text{Cl}$) vir hierdie twee tipes water positief wat dui op die moontlikheid dat Na van die grondwater sal ruil met Ca en Mg van die akwifêr, wat die sekondêre saliniteit sal verklaar.

Volgens die grondwaterkontoere (Fig.54) en die geohidrologie (Fig.61) beweeg die grondwater in die gebied oos van Olifantshoek na die noorde en is daar selfs dele waar die grondwater vanuit die lawa van die Formasie Ongeluk lateraal na die Formasie Lucknow beweeg. In die gebied noordoos van Olifantshoek is daar ook laterale beweging vanuit die Formasie Hartley wat ook uit lawa bestaan, na die Formasie Lucknow. Water van tipe 1 (Fig.86) berus op net een chemiese ontleding (nr.87, Tabel 45) in 'n gebied waar laterale aanvulling kan plaasvind. Dit is dus, soos verwag kan word dat die samestelling soos aangedui op die kwaliteitsindeling van die Piperdiagram (Fig.86) goed vergelyk met die tipiese samestelling van water uit die lawa.

7.13.3.2 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie van die grondwater in die verskillende gebiede volgens die indeling van Bond (1947) word in Tabel 50 saamgevat.

Die grondwater in die formasie in die omgewing van Olifants=hoek en langs die Moloporivier wes van Kirstonia kan as Klas C en B beskou word. Die water in die noordelike gebied suid van die Moloporivier is 'n Klas A. In die omgewing van Idaho, langs die Moloporivier is die water 'n Klas D, m.a.w. 'n alkaliese water.

Tabel 50 - Klassifikasie van grondwater in Formasie Lucknow volgens Bond

Voorkoms volgens Tabel 47	pH	T.O.S. (d.p.m.)	Persentasie van T.O.S.					Klas
			Cl	SO ₄	Tyd. Hard.	Perm. Hard.	NaHCO ₃ Na ₂ CO ₃	
1. Olifantshoekgebied (Kal•lae < 15m)	8,3	460	38	8	26	41	0	B
2. Olifantshoekgebied (Kal•lae > 15m)	8,4	303	12	2	79	10	0	C
3. Skimmelkoppies (Kal•lae < 15m)	8,2	302	25	0	43	28	0	B
5. Noordelike gebied	8,3	7597	38	22	5	12	0	A
6a. Moloporivier, Good Hope-Werda	8,2	388	4	0	91	9	0	C
6c. Moloporivier, Idaho	8,5	639	10	11	26	0	72	D

7.14 Kwaliteit van grondwater in die Formasie Hartley

7.14.1 Data beskikbaar

In net 3 grondwatermonsters is T.O.S.-bepalings gedoen en 2 monsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 51.

7.14.2 Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.-konsentrasies en geohidrologie

Die T.O.S.-konsentrasies in watermonsters het tussen 600 en 900 d.p.m. varieer met 'n gemiddelde waarde van 828 d.p.m. Die formasie het 'n baie lokale verspreiding en die gegewens het net betrekking waar die bedekking dunner as 15 m is (Fig. 61). Dagsome is skaars en 'n dun bedekking is oral aanwesig en mag selfs op plekke meer as 15 m wees.

7.14.3 Chemiese karakter van grondwater

Volgens die algemene geohidrologie (Fig. 23) en die grondwater-kontoere (Fig. 54) beweeg grondwater vanuit die Formasie Matsap lateraal na die Formasie Hartley en sal die chemiese eienskappe nie noodwendig tipies van die gesteentes, wat hoofsaaklik lawa is, wees nie.

Die ioonpersentasies, bereken volgens die reaksiewaardes, is as volg vir die gemiddelde samestelling soos aangegee in Tabel 51.

rNa = 32	rCl = 51
rMg = 45	rNO ₃ = 2
<u>rCa = 23</u>	rSO ₄ = 10
Totaal 100	rHCO ₃ = 33
	rCO ₃ = 3
	<hr/>
	Totaal 99

Die kationkonsentrasies toon dat $rMg > rNa > rCa$ en die anioonkonsentrasies dat $rCl > rHCO_3 > rSO_4 > rNO_3$ is.

Die ioonverhoudings bereken volgens die reaksiewaardes is as volg:

rNa : rMg = 0,7	rNa : rCl = 0,6
rNa : rCa = 1,4	rCl : rSO ₄ = 5,1
rCa : rMg = 0,5	rCl-rNa : rCl = +0,4
rNa : rMg + rCa = 0,5	

Tabel 51.- Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Hartley

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing			
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃						CO ₃		
85	10/70	8,1	800	537	71	49	60	0	142	0	31	38	293	0	-	-	240	110	Lewis	Postmasburg	4 C
86	9/70	8,5	1200	715	104	80	50	0,1	291	0	0	72	189	24	-	-	155	300	Water-	Postmasburg	4 C
Gemiddeld		8,3	100	636	88	65	55	0,05	217	0	15	55	241	12	-	-	198	205			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die gemiddelde chemiese samestelling is op die Piperdiagram op Figuur 87 uitgestip. Die kationverhouding val in die Ca, Mg, Na-veld en die anioonverhouding in die HCO_3 , Cl-veld. Die kwaliteit is tussen 'n sekondêre alkaliniteit en 'n sekondêre saliniteit met 'n groter neiging tot laasgenoemde.

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947).

pH = 8,3

T.O.S. (d.p.m.) = 626

Cl (as % T.O.S.) = 35

SO_4 (as % T.O.S.) = 9

Tydlike hardheid (as % T.O.S.) = 32

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 33

Die water kom die beste ooreen met 'n Klas B.

Volgens die kwaliteitsindeling op die Piperdiagram (Fig. 87) is die samestelling baie dieselfde as vir lawa van die Formasie Ongeluk, wat eintlik verwag kon word aangesien die Formasie hoofsaaklik uit dieselfde tipe lawa bestaan. Die chemiese samestelling van die water in die Formasie Lucknow (tipe 1, Fig. 86) wat net oos van hierdie gebied lê toon ook 'n ooreenkoms met lawawater. Die monsters wat die chemiese samestelling van grondwater in die Formasie Hartley (nrs. 85 en 86, Fig. 60) aandui en die monster (nr. 87 Fig. 60) in die Formasie Lucknow wat die samestelling aandui vir water waar die bedekking minder as 15 m is (tipe 1, Fig. 86) lê baie na-aan mekaar. Dit kan verklaar waarom hulle wel, as gevolg van laterale aanvulling vergelykende chemiese samestelling kan hê.

7.15 Kwaliteit van grondwater in Formasie Matsap

7.15.1 Data beskikbaar

In 48 grondwatermonsters is T.O.S.-bepalings gedoen en 7 monsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 52.

7.15.2 Grondwatervoorkoms ingedeel volgens T.O.S.-konsentrasies en geohidrologie

Die formasie kom net voor in die Langberge en die Korannaberg in die Olifantshoekgebied. Volgens die T.O.S.-bepalings word net twee gebiede onderskei, nl. waar die bedekking minder as 15 m is en waar dit meer as 15 m is (Fig. 61) in ooreenstemming met die indeling wat van toepassing was vir die ander formasies.

Tabel 52.- Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Matsep

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Pleas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
78	1/71	7,6	400	255	35	21	26	0,19	71	0	0	72	61	0	-	-	50	100	Delport	Postmasburg	5 B
79	12/70	7,0	80	72	12	6	8	0	14	0	0	5	55	0	-	-	45	-	Olifantshoek	Postmasburg	3 C
80	9/70	7,9	300	234	44	10	32	0,2	42	0	0	29	153	0	0	120	-	Dichaking	Postmasburg	4 B	
81	7/70	8,0	400	280	39	19	44	0,4	46	0	0	10	244	0	17	190	-	Bruwer	Postmasburg	7 B	
82	2/70	8,3	625	433	71	19	70	0,7	-	0	31	50	366	9	76	255	-	Lubbeshoop	Postmasburg	7 C	
83	12/69	7,9	580	393	30	26	78	0,2	32	0	50	22	311	0	-	255	47	Cornelion	Kuruman	9 B	
84	12/69	8,2	620	405	48	34	58	0,3	53	0	22	31	311	6	-	255	30	Saltrim	Kuruman	9 C	
Gemiddeld					40	19	45	0,28	37	0	15	31	214	2	14	-	167	25			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃
Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die T.O.S.-bepalings is op frekwensie-distribusiediagramme uitgestip waarvolgens die mediaanreeks bepaal is waarna die gemiddelde waarde bereken is van al die bepalinge wat in die mediaanreeks lê. In die gebied waar die bedekking minder as 15 m is, val 98 persent van die bepalinge in die mediaanreeks 0-600 d.p.m., met 'n gemiddelde waarde van 287 d.p.m. In die gebied waar die bedekking dikker as 15 m is, val 91 persent van die bepalinge in die mediaanreeks 0-600 d.p.m. met 'n gemiddelde waarde van 303 d.p.m.

7.15.3 Chemiese karakter van grondwater

Die formasie vorm 'n waterskeiding in die Korannaberg en die Langeberge langs die westelike grens van die gebied. Die chemiese samestelling behoort dus kenmerkend te wees van die formasie wat feitlik uitsluitlik uit kwartsiet bestaan, wat in die laagliggende dele met sand en kalkreot bedek is.

7.15.3.1 Grondwatertipes

Die konsentrasie van totale opgeloste stowwe is ongeveer dieselfde in die dele waar die bedekking dunner as 15 m is, as waar dit dikker as 15 m is. In beide gebiede is die variasie in die T.O.S.-waardes tussen 0 - 600 d.p.m. met die gevolg dat die karakter van die water nie behoorlik evalueer kan word by verskillende konsentrasies van totale opgeloste stowwe nie. Die chemiese samestelling word net as 'n gemiddelde aangedui (Tabel 52).

7.15.3.2 Persentasie ione in grondwater

Die persentasie katione en anione, bereken volgens die reaksiewaardes is as volg.

rNa = 31	rF = 0,18
rMg = 28	rCl = 19
rCa = 41	rNO ₃ = 4
Totaal 100	rSO ₄ = 12
	rHCO ₃ = 64
	rCO ₃ = 1
	Totaal 100

Hiervolgens is die konsentrasie van die katione in die verhouding $rCa > rNa > rMg$ en die anione $rHCO_3 > rCl > rSO_4 > rNO_3$.

7.15.3.3 Ioonverhoudings

Die ioonverhoudings bereken volgens die reaksiewaardes is as volg:

$$r_{Na} : r_{Mg} = 1,1$$

$$r_{Na} : r_{Cl} = 1,6$$

$$r_{Na} : r_{Ca} = 0,8$$

$$r_{Cl} : r_{SO_4} = 1,6$$

$$r_{Ca} : r_{Mg} = 1,5$$

$$r_{Cl} - r_{Na} : r_{Cl} = -0,6$$

$$r_{Na} : r_{Mg} + r_{Ca} = 0,5$$

Daar is meer Na as wat met Cl in die verbinding NaCl kan verbind. Na kan afkomstig wees uit die veldspate in die kwartsiet. Ca is heelwaarskynlik afkomstig uit die kalkkreet wat in die laagliggende gebiede onder 'n dun lagie sand voorkom. Die chloor-alkalibalans ($r_{Cl} - r_{Na} : r_{Cl}$) is negatief en die neiging sal bestaan dat Ca en Mg in die water met Na van die akwifereer sal uitruil.

7.15.3.4 Klassifikasie volgens Piperdiagram

Die chemiese samestelling is volgens die reaksiewaardes op die Piperdiagram op Figuur 88 uitgestip. Die kationverhouding val in die Ca, Mg, Na - veld en die anioonverhouding in die HCO_3 , CO_3 - veld. Die kwaliteitsindeling dui op 'n tydelike harde water wat tipies is van die kwaliteit van grondwater wat direk vanaf die oppervlakte uit reën aangevul word.

7.15.3.5 Klassifikasie volgens Bond

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947).

$$pH = 7,8$$

$$T.O.S. (d.p.m.) = 346$$

$$Cl (as \% T.O.S.) = 13$$

$$SO_4 (as \% T.O.S.) = 10$$

$$Tydelike hardheid (as \% T.O.S.) = 56$$

$$Permanente hardheid (as \% T.O.S.) = 8$$

$$NaHCO_3 + Na_2CO_3 (as \% T.O.S.) = 5$$

Die water is 'n Klas C.

7.16 Kwaliteit van grondwater in Formasie Dwyka

7.16.1 Data beskikbaar

In 3 grondwatermonsters is T.O.S.-bepalings gedoen en een monster is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 53. Aangesien die kwaliteit van grondwater in die Formasie Dwyka gewoonlik baie swak is en deurdadig die formasie net in lokale gebiede voorkom (kyk Fig. 61) is daar min boorgate in gebruik. Die formasie is oral bedek met dik Kalaharilae.

7.16.2 Konsentrasie van totale opgeloste stowwe in grondwater

Die watermonsters uit die paar boorgate in die Formasie Dwyka sal uit die aard van die saak van die beste kwaliteit wees. Die gemiddelde waarde van die paar T.O.S.-bepalings is 6600 d.p.m.

7.16.3 Chemiese karakter van grondwater

Aangesien die formasie oral onder meer as 60 m Kalaharilae bedek is sal alle grondwater lateraal vanuit ander formasies aangevul word.

Die ioonpersentasies bereken volgens die reaksiewaardes is as volg:-

rN = 78	rF = 0,07
rMg = 12	rCl = 81
<u>rCa = 10</u>	rSO ₄ = 13
Totaal = 100	rHCO ₃ = 6
	<hr/>
	Totaal 100

Die ioonverhoudings volgens die reaksiewaardes is as volg:

$$rNa : rMg = 6,5$$

$$rNa : rCa = 7,8$$

$$rCa : rMg = 0,8$$

$$rNa : rMg+rCa = 3,6$$

$$rNa : rCl = 1,0$$

$$rCl : rSO_4 = 6,2$$

$$rCl-rNa : rCl = + 0,04$$

Tabel 53.- Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Dwyka

Nr. op Fig. 60.	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
97	7/70	8,1	7000	5008	1541	122	180	1,2	2485	+	0	528	305	-	-	-	250	700	Chesam	Vryburg	14 D

Ontleding deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Na en Cl is die oorwegende ione, en die verhouding $r_{Na} : r_{Cl}$ is eenheid. Daar is byna 4 keer meer r Na as $(r_{Ca} + r_{Mg})$ en daar is omtrent eweveel rMg en rCa. Die chloor-alkalibalans $(r_{Cl}-r_{Na}:r_{Cl})$ is klein positief en daar sal nie 'n sterk neiging wees vir die Na van die grondwater om met Mg en Ca van die akwifereer uit te ruil nie, soos ook aangedui is deur die eenheidsverhouding tussen Na en Cl. Daar is ongeveer 6 keer meer rCl as r_{SO_4} in die water. Die verhouding tussen Cl en SO_4 in die waters van ander formasies is die volgende

Graniet	6 - 3
Formasie Ghaapplate (dolomiet)	8 - 5
Formasie Asbesberge (Jaspiliet)	3 - 4
Formasie Ongeluk (lawa)	5 - 3
Formasie Lucknow	6
Formasie Hartly.	5
Formasie Matsap	2

Die Formasies wat bergagtige en m.a.w. hoogliggende topografiese gebiede vorm, soos die Asbesberge en Matsap, het almal relatief lae verhoudings tussen $r_{Cl}:r_{SO_4}$ van ongeveer 2 - 4. Die ander formasies kom grootendeels in laagliggende topografiese gebiede voor en die verhouding $r_{Cl}:r_{SO}$ is tussen 5 - 8, naastenby soos in die water van die Formasie Dwyka. Dit is in die laagliggende gebiede waar oorblyfsels van die Formasie Dwyka onder die Kalaharilae voorkom. Dit wil derhalwe lyk of al die Cl en SO_4 wat in die grondwater voorkom verband hou met die aanwesigheid van die Dwykaformasie onder die sand of die aanwesigheid van die soute wat met die formasie geassosieer is, nl. NaCl en gips.

Die chemiese samestelling is ook op die Piperdiagram op Figuur 89 uitgestip op grond van die berekende reaksiewaardes. Die kationkonsentrasies val in die Na-veld en die anioonkonsentrasies in die Cl-veld. Die kwaliteitsindeling di op 'n primêre saliniteit.

Die water se samestelling is omtrent dieselfde as seewater (S, op Fig. 89).

Die grondwater met besondere hoë T.O.S.-konsentrasies wat in al die formasies voorkom val gewoonlik op die Piperdiagram naby Dwykawater, wat dui op die belangrike invloed wat die Formasie Dwyka op die chemiese samestelling van alle grondwaters het.

7.16.3.1 Klassifikasie volgens Bond

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947).

pH = 8,1

T.O.S. (d.p.m.) = 6600

Cl (as % T.O.S.) = 50

SO₄ (as % T.O.S.) = 10

Tydlike hardheid (as % T.O.S.) = 5

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 14

Die water is duidelik 'n Klas A, maar weens die hoë konsentrasies van opgeloste stowwe is dit gewoonlik onbruikbaar vir mens en dier.

7.16.3.2 Kenmerke van tipiese water en oorsprong

'n Kenmerk van die water in die Dwykaformasie is die geweldige hoë konsentrasies Na, Cl en SO₄. Die formasie in hierdie gebied is in 'n epikontinentale see gevorm en as gevolg van swak dreinerings is die soutwater of evaporiete nog nie uit die gesteente verwyder nie en word dit steeds opgelos as water daarmee in aanraking kom. Die soutwater kom in die formasie self voor of in die vloergesteentes waarop die formasie afgeset is.

7.17 Samevatting oor die kwaliteit van grondwater in die verskillende formasies oer as die Kalaharilae

Die chemiese samestelling van die grondwater in die verskillende formasies in die verskillende gebiede soos aangedui op Figuur 61 is op die Piperdiagram op Figuur 90 saamgevat. Net samestellings van grondwatertipes wat as normaal vir die betrokke gebiede beskou word, is in aanmerking geneem. Grondwatertipes met konsentrasies van totale opgeloste stowwe wat buite die T.O.S.-reeks lê waarin die normale water val is nie in aanmerking geneem nie.

Op grond van die kwaliteitsindeling op die Piperdiagram kan die grondwater volgens die voorkoms en samestelling in vier tipes verdeel word, soos aangedui op Figuur 90. Hierdie tipes, genoem A, B, C en D het geen verband met Klasse A, B, C en D van Bond (1947) nie.

Tipe A.- Grondwater in gebiede van direkte aanvulling.

Dit sluit in alle grondwater in gebiede waar die bedekking van Kalaharilae minder as 15 m dik is en waar daar m.a.w. direkte aanvulling vanaf die oppervlakte uit reën plaasvind. Dit is water met 'n sekondêre alkaliniteit en is dus 'n tydelike harde water. Die katione Ca en Mg en die anione HCO_3 is oorwegend. Die konsentrasies van totale opgeloste stowwe is minder as 500 d.p.m. Volgens die indeling van Bond (1947) is die water van Klas B, wat 'n effense gemineraliseerde water is.

Tipe B.- Aanvulling in laer dele van riviere tydens vloede

Dit verteenwoordig grondwater wat direk uit vloedwater en/of stilstaande poele na afloop van die vloed aangevul is in die laer dele van riviere. Die toestande word aangetref langs die Moshawengrivier stroomaf van Severn en langs die Moloporivier stroomaf van Kirstonia. Die grondwater verskil van Tipe A deurdat dit hoër konsentrasies Na en HCO_3 bevat. Die water het gewoonlik 'n sekondêre alkaliniteit in die hoër dele van die rivier maar neig na 'n primêre alkaliniteit in die laer dele van die rivier. Volgens die indeling van Bond (1947) is die water van Klas C of tydelike harde water in die hoër dele van die rivier maar Klas D, of alkaliese sodakarbonaatwater in die laer dele van die rivier.

Tipe C.- Laterale aanvulling vanaf nabygeleë gebiede

Hierdie tipe verteenwoordig water wat nie direk vanaf die oppervlakte uit reën aangevul word nie maar wat lateraal aangevul word uit nabygeleë gebiede waar direkte aanvulling plaasvind. Die toestande word aangetref op die Formasies Lucknow en Hartley noordoos van Olifantshoek, in die Piet Plessisgebied en in die Pomfretgebied. Die water het omtrent eweveel Cl as HCO_3 en die hoofkatione is Ca en Mg. Die kwaliteit is 'n tydelike harde water (sekondêre alkaliniteit) wat neig na 'n permanente harde water (sekondêre saliniteit). Volgens die indeling van Bond (1947) is dit 'n water van Klas B of m.a.w. 'n effe gemineraliseerde water.

Tipe D.- Laterale aanvulling oor groot afstande

Hierdie verteenwoordig grondwater waar geen direkte aanvulling vanaf die oppervlakte plaasvind nie en wat net lateraal oor groot afstande aangevul word. Dit kom voor in formasies wat met dik Kalaharilae oor groot gebiede aanwesig is, soos op die graniet in Blok B, op die lawa wes van Heuningvlei en noord van Pomfret, op die dolomiet noordoos van Morokwenreservaat, op die Formasie Lucknow in die noordelike gebied en op die Formasie Dwyka in die noordelike gebiede. Hierdie water kan feitlik beskou word as fossielwater wat prakties nie aangevul word nie. Die water het 'n primêre saliniteit. Dit is 'n Cl-ryke waters met 'n chemiese samestelling wat neig na die van die water wat in die Formasie Dwyka voorkom. Volgens die indeling van Bond (1947) is dit oral van Klas A.

7.18 Kwaliteit van grondwater in Formasie Kalahari

7.18.1 In Oostelike Gamogara gebied

7.18.1.1 Data beskikbaar

In 17 grondwatermonsters is T.O.S.-bepalings gedoen en 13 monsters is chemies ontleed soos saamgevat in Tabel 54.

Die gebied is omlin op Figuur 61. Dit strek naastenby N-S tussen die Gamogara river en die gebied verder oos waar water in die lawa van die Formasie Ongeluk voorkom. Volgens die geohidrologie (Fig. 61) en die grondwaterkontoere (Fig. 54) sal die water in die suidelike deel lateraal aangevul word vanuit die dolomiet en jaspiliet, maar verder noord ook vanaf die ooste uit die lawa van die Formasie Ongeluk. Met betrekking tot die oorsprong van die water kan die gebied dus in 'n noordelike en 'n suidelike gebied ingedeel word.

Die gemiddelde totale opgeloste stowwe in grondwater in die suidelike deel is 408 d.p.m., in die noordelike deel 565 d.p.m. en in die gebied as geheel 499 d.p.m.

7.18.1.2 Chemiese karakter van grondwater

Die gemiddelde ioonpersentasies bereken volgens die reaksiewaardes word in Tabel 55 saamgevat.

Tabel 55.- Ioonpersentasies in grondwater in Kalaharilae in Oostelike Gamogara gebied

Ioon	Suidelike deel	Noordelike deel	Gesamentlik
	T.O.S. = 408 d.p.m.	T.O.S. = 575 d.p.m.	T.O.S. = 492 d.p.m.
rNa	14	18	16
rMg	60	42	50
rCa	26	40	34
Totaal	100	100	100
rF	0,13	0,27	0,21
rCl	35	21	26
rNO ₃	2	15	10
rSO ₄	7	4	5
rHCO ₃	50	60	57
rCO ₃	6	0	2
Totaal	100	100	100

Verwys na Tabel 54

Tabel 54.- Chemiese ontledingsvan grondwater in Kalaharilae in Oostelike Gamoeragebied:

Nr op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing		
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃									
98	5/72	9,1	425	247	21	40	10	0,1	50	-	0	23	104	51	-	-	85	113	Sekgame	Postmasburg	4 E		
99	10/73	7,8	590	383	29	52	37	0	87	0	28	38	223	-	-	182	123	Gamagara	Postmasburg	4 D			
101	5/72	8,1	1000	510	44	66	33	0,29	149	-	3	30	363	-	-	298	118	Sims	Postmasburg	4 E			
102	5/72	8,4	500	276	24	38	28	0,1	55	-	4	8	238	-	-	195	16	Kathu	Postmasburg	5 E			
103	5/72	8,1	1000	521	23	70	82	0,26	156	-	5	17	336	-	-	275	163	Marsh	Postmasburg	5 D			
105	10/70	8,3	700	453	21	71	36	0	131	-	-	48	256	18	-	210	170	Limebank	Postmasburg	5 D			
171	11/74	8,0	930	667	66	72	50	0,7	108	0	205	43	244	0	0	200	220	Flatlands	Kuruman	5 D			
172	3/75	7,9	825	529	40	54	75	0,4	79	0	68	28	369	0	0	303	107	Byfleet	Kuruman	5 D			
173	3/75	8,0	888	572	51	55	86	0,2	78	0	42	25	467	0	0	303	111	Walton	Kuruman	6 D			
174	3/75	8,3	638	418	17	50	66	1,1	24	0	62	0	396	0	0	325	48	Walton	Kuruman	6 D			
175	3/75	8,0	682	427	41	46	60	0,6	38	0	19	9	427	0	12	338	0	Cobham	Kuruman	6 D			
176	3/75	7,6	1485	869	0	84	174	0,4	177	0	198	34	403	0	0	330	450	Shirley	Kuruman	6 D			
179	4/75	7,6	632	546	73	50	67	0,4	53	0	35	15	506	0	67	375	0	Chelmsford	Kuruman	6 D			
Gemiddeld, suidelike deel 98,99,101,102,103,105				408	23	54	39	0,05	96	0	7	27	231	14	0	0	189	131					
Gemiddeld, noordelike deel 171,172,173,174,175,176,179				565	44	54	83	0,57	80	0	100	21	402	0	11	0	322	119					
Gemiddeld, hele gebied				492	36	57	64	0,36	86	0	56	24	331	5	6	0	267	124					

Ontleding deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die ioonverhoudings word op Tabel 56 saamgevat.

Tabel 56.- Ioonverhoudings in grondwater in Kalaharilae in Oostelike Gamogagebied

Vergelyking	Suidelike deel	Noordelike deel	Gesamentlik
	T.O.S.= 408 d.p.m.	T.O.S. = 575 d.p.m.	T.O.S.= 492 d.p.m.
rNa:rMg	0,2	0,4	0,3
rNa:rCa	0,5	0,5	0,5
rCa:rMg	0,4	1,0	0,7
rNa:rMg+rCa	0,2	0,2	0,2
rNa:rCl	0,4	0,9	0,6
rCl:rSO ₄	5,0	5,3	5,2
rCl-rNa:rCl	+ 0,6	+ 0,1	+ 0,4

Die chemiese samestellings is op die Piperdiagram op Figuur 91 uitgestip.

Daar is volgens die kation- en anioonwaardes en die kwaliteitsindeling op die Piperdiagram en volgens die ioonverhoudings (Tabel 56) nie duidelike verskille in die chemiese karakter van die grondwater in die noordelike en suidelike deel nie. Die kationverhouding val in beide dele in die Ca, Mg-veld, die anioonverhouding in die HCO₃ Cl-veld en die kwaliteitsindeling dui op 'n sekondêre alkaliniteit (tydelike harde water).

Die samestelling toon 'n ooreenkoms met (1) die water van dolomiet in die Gathlosegebied (tipe 3, Fig. 73) (2) water van lawa waar bedekking minder as 15 m is (tipe 1, Fig. 84) en (3) jaspilietwater waar bedekking minder as 15 m is (tipe 1, Fig. 77). Daar is geen ooreenkoms met grondwater wat in die lawa onder 'n bedekking van meer as 15 m (tipe 4, Fig. 84) oos van die betrokke gebied voorkom nie.

Die verhouding rNa:rMg+rCa is 0,2 en vergelyk beter met die verhouding in dolomiet (Tabel 28) en in jaspiliet (Tabel 34) as met die verhouding in lawa (Tabel 42). Die verhouding rCa:rMg vergelyk die beste met die in dolomiet en dit lyk of die grootste deel van die water van die dolomiet afkomstig is.

7.18.1.3 Klassifikasie volgens Bond.

Die gegewens wat betrekking het op die indeling van Bond (1947) is as volg:

pH = 8,1

T.O.S. (d.p.m.) = 499

Cl (as % T.O.S.) = 17

SO₄ (as % T.O.S.) = 5

Tydlike hardheid (as % T.O.S.) = 32

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 33

NaHCO₃ + Na₂CO₃ (as % T.O.S.) = 1

7.18.1.4 Chemiese kenmerke en oorsprong van water

In die gebied kom dele voor waar die grondwatervlak vlakker as 15 m is en aanvulling mag hier uit reën plaasvind (kyk Fig. 61). Die chemiese samstelling vergelyk die beste met water van dolomiet en is moontlik deur middel van laterale vloei uit die dolomiet afkomstig. Etlike monsters in die noordelike deel waar die watervlak vlakker as 15 m is, het besondere hoë konsentrasies NO₃ wat dui op aanvulling vanaf die oppervlak. Die water het egter 'n lae rCa:rMg verhouding (minder as 1) wat eintlik teenstrydig is met lokale aanvulling aangesien die oppervlak bedek is met kalkreet wat normaalweg 'n groter verhouding rCa:rMg het. Die grootste persentasie van die grondwater is moontlik van die dolomiet in die suide afkomstig deur laterale vloei deur die Kalaharilae.

7.18.2 In Westelike Gamogaragebied

T.O.S.-bepalings is op 27 grondwatermonsters gedoen en 10 is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 57. Die gebied lê wes van die Gamogararivier soos aangetoon op Fig. 61. Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) is daar laterale vloei vanaf die weste waar water in die Formasie Matsap voorkom. Die T.O.S.-konsentrasies is hoofsaaklik in die reeks 200 - 800 d.p.m., met 'n gemiddelde waarde van 520 d.p.m.

Die tien monsters wat chemies ontleed is se T.O.S.-konsentrasies varieer tussen 200 en 800 d.p.m. Die gemiddelde samestelling gebaseer op alle ontledings is op die Piperdiagram op Figuur 92 uitgestip as tipe 2. Die gemiddelde samestellings van ontledings in die reekse 200-400 d.p.m. (tipe 2a), 400-600 d.p.m. (tipe 2b) en 600 - 800 d.p.m. (tipe 2c) is ook uitgestip en dui die verandering in die samestelling aan met 'n toename in die T.O.S.-konsentrasies.

Hiervolgens lê die katioonverhouding vir alle tipes in die Ca, Mg, Na-veld. Die anioonverhouding val in die HCO₃-veld by lae T.O.S.-waardes (tipe 2a) en in die HCO₃, Cl-veld by hoër T.O.S.-konsentrasies. Die kwaliteit verander van 'n tydelike harde water in die lae T.O.S. - reeks tot 'n tipe met 'n hoër sekondêre saliniteit as gevolg van die toename in Cl.

Die Formasies Lucknow en Matsap onder 'n bedekking van meer as 15 m vorm 'n baie nou sone aan die westekant van die betrokke Gamogaragebied. Die grondwater wat ooswaarts beweeg bereik die Kalaharilae binne 'n baie kort afstand vanaf die gebied van aanvulling. (Kyk Fig. 61) Dit kan derhalwe verwag word dat die kwaliteit van die water (T.O.S.-konsentrasies) in die Kalaharilae ooreenkoms moet toon met water van die Formasie Matsap. Die samestelling van die water van die Matsapformasie is derhalwe vir vergelyking op die Piperdiagram uitgestip (Fig. 92). Dit toon 'n duidelike chemiese ooreenkoms met die Kalahariwater wat die katioonverhouding, anioonverhouding en kwaliteitsindeling betref.

Dit lyk of die water wat in die Kalaharilae voorkom water verteenwoordig wat nie direk vanaf die oppervlakte aangevul word nie, maar eerder lateraal vanaf die weste uit die Formasie Matsap. Soms vind dit direk vanaf die aanvullingsge-

Tabel 57. - Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Westelike Gamogargebied

Nr. op	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
107	9/70	8,3	480	321	46	34	32	0,2	28	0	0	29	256	24	-	-	210	10	Noondoo	Postmasburg	58
108	7/70	8,4	750	496	69	41	56	0	103	0	50	34	250	18	-	-	205	100	Harefield	Kuruman	8C
163	9/74	7,9	750	487	48	54	56	0,2	77	0,02	46	23	366	0	0	-	300	64	Wesselsmyn	Kuruman	8D
154	2/75	7,8	1165	653	122	72	28	0	321	+	0	0	220	0	0	-	160	188	Boerdraai	Kuruman	8C
165	2/75	8,3	888	524	69	46	61	0	161	+	37	19	262	0	0	-	215	128	Olivepen	Kuruman	7C
166	3/75	7,6	733	434	54	39	59	0	98	0	0	19	329	0	0	-	270	40	Bergheim	Kuruman	8C
167	3/75	7,7	1100	714	122	59	60	0,2	92	0	50	86	488	0	8	-	394	0	Addlestone	Kuruman	5C
168	3/75	7,7	1238	792	100	57	108	0,1	202	0,15	87	40	396	0	0	-	325	160	Picardy	Kuruman	6C
169	3/75	7,7	1155	799	122	47	96	0,2	83	0	81	147	445	0	0	-	365	70	Constantia	Kuruman	7C
170	3/75	7,8	605	386	64	24	49	0,1	28	0	31	22	335	0	84	-	223	0	Simondium	Kuruman	7C
Gemiddeld		7,9	845	561	82	47	61	0,1	119	0,02	38	42	335	0	9	-	269	78			
Gem. 200-400 d.p.m.				353	55	29	41	0,1	28	0	15	25	295	12	42	-	226	5			
Gem. 400-600 d.p.m.				485	60	45	58	0,05	110	0	33	24	302	4	0	0	248	83			
Gem. 600-800 d.p.m.				740	117	59	73	0,13	175	0	55	68	387	0	0	0	316	110			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeslote stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as Ca CO₃

P.H. = Permanente hardheid as Ca CO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

bied plaas langs permeabele sones maar anders beweeg dit deur die formasie wanneer dit dan soute versamel voordat dit in die Kalaharilae beland.

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947)

p H = 7,9

T.O.S. (d.p.m.) = 561

Cl (as % T.O.S.) = 21

SO₄ (as % T.O.S.) = 7

Tydlike hardheid (as % T.O.S.) = 48

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 14

NaHCO₃ + Na₂ CO₃ (as % T.O.S.) = 2

Die water is van Klas B.

7.18.3 Langs Gamogararivier

7.18.3.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepalings is op 8 grondwatermonsters gedoen en 8 monsters is chemies ontleed soos aangegee op Tabel 58. Drie van die monsters is in 1970 geneem en 5 in 1974 en 1975. Die gebied strek al langs die loop van die Gamogara-rivier (kyk Fig.61) vanaf Sishen tot waar die Vlermuis-laagte by die Gamogararivier aansluit (60). Twee van die monsters het besondere hoë T.O.S.-konsentrasies maar origens val al die waardes in die reeks 597-811 d.p.m met 'n gemiddelde waarde van 684 d.p.m.

7.18.3.2 Chemiese karakter van grondwater

Die chemiese samestellings is op die Piperdiagram op Figuur 93 uitgestip. Die gemiddelde samestellings van grondwatermonsters wat voor die besondere hoë reënval van 1974 geneem is (tipe 3,i) en later (tipe 3ii) sowel as die algemene gemiddeld (tipe 3) is uitgestip (Die monster van voor en na die reën van 1974 is nie in dieselfde boorgate neem nie). Uit die kation- en anioonsamestelling en die kwaliteitsindeling op Fig. 93 kan gesien word dat daar byna geen verskil in die chemiese samestelling van die grondwater plaasgevind het as gevolg van die buitengewone reën nie, en die feit dat die rivier vir 'n tyd in 1974 gevloei het nie. Die watervlak in die rivier se loop is oral vlakker as 15m (Fig.61) en dit is moontlik dat daar aanvulling plaasvind uit die loop van die rivier tydens konsentrasie van reënwater as gevolg van lokale buie.

Die algemene gemiddeld van al die ontledings sal dus verteenwoordigend wees van die tipe grondwater wat in die rivierloop voorkom.

Die kationverhouding val in die Ca, Mg, Na-veld en die anioonverhouding in die HCO_3 , Cl-veld. Die kwaliteit is die van 'n permanente harde water. Volgens die grondwaterkontoere (Fig.54) beweeg die water vanaf die Oostelike en Westelike Gamogara gebied lateraal na die sentrale laag naastenby langs die rivier. As daar dus nie noemenswaardige lokale aanvulling

Tabel 58 - Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae langs Gamogarrivier

Nr. op Fig 60	Datum	pH	G.V.	TOS	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	PH	Plaas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
100	3/70	7,4	1000	597	55	88	32	0,3	156	0	62	77	171	42	42	0	140	300	Heuningdraai	Kuruman	7D
104	1/70	8,0	1100	720	61	79	96	0,1	156	0	59	19	500	0	0	-	410	155	Dibeng	Kuruman	5D
106	10/70	8,2	1900	1420	193	105	160	0	483	0	62	192	451	-	-	-	370	460	Bishopswood	Posmasburg	4D
177	1/75	7,8	870	623	53	80	62	0,1	145	0	31	72	360	0	0	0	295	190	Dibeng	Kuruman	5D
178	11/74	7,7	1100	689	30	100	58	0,1	245	0	149	34	146	0	0	0	120	435	Weston	Kuruman	5D
180	3/75	7,7	1100	666	58	78	88	0,1	169	0	0	29	488	0	0	0	400	242	Weybridge	Kuruman	6C
181	3/75	7,7	1430	811	54	84	116	0,2	188	0	124	22	445	0	0	0	365	270	Botha	Kuruman	7D
182	3/75	7,8	1540	999	132	78	116	0,3	238	0	77	144	427	0	0	0	350	460	Weybridge	Kuruman	6D
Voor 1974 (nr. 100, 104 en 106)				912	103	91	96	0,13	265	0	61	96	374	14	0	-	307	305			
Na 1974 (nr. 177, 178, 180, 181, 182)				758	65	84	88	0,16	197	0	76	60	373	3	0	-	306	319			
Alg. gemid.				816	80	87	91	0,15	222	0	70	74	373	5	0	-	306	314			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

uit die rivier plaasvind nie behoort die T.O.S.-konsentrasies in die grondwater langs die rivier tenminste nie laer te wees as die normale konsentrasies in die grondwater van die Oostelike of Westelike gebied nie. Die gemiddelde T.O.S.-konsentrasie in water langs die rivier is 684 d.p.m. teenoor 520 d.p.m. in die Westelike gebied en 492 d.p.m. in die Oostelike gebied.

Op die Piperdiagram teken die katioonkonsentrasies van die rivierwater tussen die samestellings van die water van die Westelike Gebied (tipe 2, Fig.92) en die Oostelike Gebied (tipe 1, Fig.91). Die anioonkonsentrasies vergelyk ook goed behalwe dat daar meer Cl en SO_4 in die rivierwater is. Op die kwaliteitsdiagram lê die samestelling van die rivierwater tussen die ander tipes behalwe vir die toename in sterk sure (Cl, SO_4 , NO_3).

Die samestelling van die grondwater by verskillende konsentrasies van totale opgeloste stowwe is op die Piperdiagram op Figuur 94 uitgestip. Die konsentrasies is 597, 659, 766 en 1210 d.p.m., en word genoteer as tipes 3a, 3b, 3c en 3d.

Die katioonamestelling wys op 'n toename in die persentasie Ca tussen T.O.S.-waardes van 597 tot 766 d.p.m. terwyl die persentasie Na konstant bly. By hoër T.O.S.-waardes, nl. 1210 d.p.m. is daar 'n toename in Cl. Die anioonsamestelling wys op 'n toename in die konsentrasie van HCO_3 tussen T.O.S.-waardes van 597 tot 766 d.p.m. maar 'n toename in Cl by hoër T.O.S.-waardes. Die kwaliteitsindeling wys ooreenkomstiglik dat die water by lae T.O.S.-waardes (597 d.p.m.) permanente harde water is maar by hoër T.O.S.-waardes (766 d.p.m.) is die samestelling die van 'n tydelike harde water. Water met hoër T.O.S.-waardes (1210 d.p.m.) se kwaliteit is weer dié van 'n permanente harde water.

Dit kan uit die verhoudings afgelei word dat die swakste kwaliteit water moontlik met soute uit die Dwykaformasie in aanraking was en dus lateraal aangevul word. Die lae T.O.S.-water is 'n mengsel van die water wat in die Kalahari-lae in die Oostelike en Westelike Gebiede voorkom maar wat tot 'n geringe mate met nuwe water vanaf die oppervlakte aangevul word uit die loop van die rivier tydens buitengewone reënbuie.

7.18.3.3 Klassifikasie volgens Bond

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947):

pH = 7,8
T.O.S. (d.p.m.) = 684
Cl (as % T.O.S.) = 26
SO₄ (as % T.O.S.) = 6
Tydelike hardheid (as % T.O.S.) = 42
Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 39

Die water is hiervolgens van Klas B.

7.18.4 In Berylgebied

Dit behels die gebied aan die noordpunt van die Korannaberg en suid van die Kurumanrivier waar water met baie hoë T.O.S.-konsentrasies in die Kalaharilae voorkom (kyk Fig.61)

T.O.S.-bepalings is op 3 grondwatermonsters gedoen en een chemiese ontleding is gedoen soos aangegee in Tabel 59. Die totale opgeloste stowwe varieer tussen 2 500 en 5 710 d.p.m. met 'n gemiddelde van 4 252 d.p.m.

Die persentasies katione en anione in die water bereken volgens die reaksiewaardes word hieronder aangegee en die samestelling is op die Piperdiagram op Figuur 95 uitgestip.

rNa = 70	rCl = 60
rMg = 17	rNO ₃ = 1
rCa = 13	rSO ₄ = 25
<u>Totaal 100</u>	rHCO ₃ = 14
	<u>Totaal 100</u>

Op die Piperdiagram val die katioonsamestelling in die Na-veld, die anioonsamestelling in die Cl-veld en volgens die kwaliteitsindeling het die water 'n primêre saliniteit.

Tabel 59 - Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Berylgebied

Nr. op Fig 60	Datum	pH	G.V.	TOS	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
109	12/69	7,8	4000	3060	836	107	136	0,45	1100	0	28	624	458	0	-	-	375	405	Beryl	Kuruman	9A

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) en geohidrologie (Fig. 61) is die grondwater afkomstig uit die Formasie Matsap suid van die gebied. Die chemiese samestelling toon egter glad nie 'n ooreenkoms met hierdie water nie (tipe 1, Fig. 88), maar wel met water van die Formasie Dwyka (tipe 1, Fig. 89). Hierdie chemiese ooreenkoms met water van die Formasie Dwyka kan moontlik verklaar word deur die aanwesigheid van Dwykarestes onder die Kalaharilae of soute in die onderliggende formasie waardeur die grondwater beweeg.

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947).

pH = 7,8

T.O.S. (d.p.m.) = 3060

C1 (as % T.O.S.) = 36

SO₄ (as % T.O.S.) = 20

Tydlike hardheid (as % T.O.S.) = 12

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 13

Die water is hiervolgens van Klas A.

7.18.5

Langs Kurumanrivier

Die loop van die Kurumanrivier is as 'n afsonderlike gebied beskou weens die moontlikheid van lokale aanvulling wat mag voorkom. Die deel waarna verwys wad, is tussen Tsineng en Aansluit. (Fig. 61)

Die T.O.S.-konsentrasies is in 6 grondwatermonsters bepaal en 3 monsters is chemies ontleed, soos saamgevat in Tabel 60. Die T.O.S.-waardes varieer tussen 600 en 900 d.p.m., met 'n gemiddelde van 820 d.p.m.

Die loonpersentasies, bereken volgens die reaksiewaardes is as volg:

rNa = 53	rF = 0,13
rMg = 28	rC1 = 52
rCa = 19	rNO ₃ = 2
<hr/>	rSO ₄ = 14
Totaal 100	rHCO ₃ = 30
<hr/>	rCO ₃ = 2
	<hr/>
	Totaal 100
	<hr/>

Die chemiese samestelling is op die Piperdiagram op Figuur 96 uitgestip.

Die kationpersentasies val in die Na, Mg-veld, die anioonpersentasies in die HCO₃, C1-veld en die kwaliteitsindeling stem ooreen met 'n primêre saliniteit.

Tabel 60.— Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae langs Kurumanrivier.

Nr. op Fig 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
159	2/71	8,4	870	613	191	17	28	0,2	114	0	0	62	366	18	269	-	140	0	Wessels	Kuruman	8D
160	12/69	8,1	1750	1148	195	95	96	0,2	472	0	31	101	317	0	-	-	260	370	Grootdrink	Kuruman	9C
161	11/69	7,8	1350	867	179	47	56	0,8	284	0	31	163	183	15	-	-	150	180	Wanganella	Kuruman	9B
Gemiddeld		8,1		876	188	53	60	0,4	290	0	21	109	289	11	90	-	183	183			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C (in micromhos/cm)

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947)

pH = 8,1

T.O.S. (d.p.m.) = 876

Cl (as % T.O.S.) = 33

SO₄ (as % T.O.S.) = 12

Na HCO₃ + Na₂ CO₃ (as % T.O.S.) = 10

Tydlike hardheid = 21

Permanente hardheid = 21

Die water is Klas A.

Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) en die geohidrologie (Fig. 61) kan daar laterale beweging van grondwater na die gebied wees vanaf (i) die suide, nl. vanuit die Oostelike en Westelike Gamagaragebied, (ii) uit die Formasie Lucknow in die Skimmel Koppiesgebied, (iii) uit lawa wes van die Rooiberg of (iv) direk uit die rivier tydens vloede. Die verskillende water se samestelling is ook op die Piperdiagram (Fig. 96) uitgestip.

Die chemiese samestelling van die grondwater vergelyk nie met een van die moontlike bronne nie. Die samestelling lê tussen dié van water in die Westelike Gamagaragebied, van water in die Berylgebied (tipe 2, Fig. 92 en tipe 4, Fig. 95) en van water in die Formasie Lucknow in die Skimmel-Koppiesgebied (tipe 3, Fig. 86).

Daar vind nie direkte aanvulling uit die rivier plaas nie en die grondwater verteenwoordig 'n mengsel van water uit die Kalaharilae van die Westelike Gamagaragebied en uit die Formasie Lucknow van die Skimmel Koppiesgebied wat gekontamineer is deur soute wat met die Formasie Dwyka geassosieer is. Dwyka is bekend onder die Kalaharilae tussen die Kurumanrivier en Skimmel Koppies.

7.18.6 Langs Moshawengrivier

7.18.6.1 Gegewens beskikbaar en indeling

Die grondwater in Kalaharilae langs die Moshawengrivier kom in drie gebiede voor nl. in die bodeel van die rivier tussen Battle Mount en Laxey (11E), in die middeldeel tussen Laxey en Severn en in die onderdeel tussen Severn en Aansluit (kyk Fig.61).

T.O.S.-bepalings is op 23 grondwatermonsters in die gebied gedoen en 7 monsters is chemies ontleed soos saamgevat in Tabel 61.

Die T.O.S.-waardes is oorwegend (65 persent) in die reeks 400-600 d.p.m. met 'n gemiddelde van 362 d.p.m. in die boonste deel van die rivier, 511 in die middelste deel en 450 d.p.m. in die onderste deel.

7.18.6.2 Chemiese karakter van grondwater

Die ioonpersentasies bereken volgens die reaksiewaardes, word vir die drie gebiede aangegee op Tabel 62 en is uitgestip op die Piperdiagram op Figuur 97.

Tabel 61 - Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae langs Moshawengrivier

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
154	3/71	8,3	500	309	21	38	48	0,18	18	0	0	14	311	15	-	-	255	20	Crayfield	Bop. Tswana	9H
155	9/69	8,7	675	416	18	49	56	0,4	43	0	105	5	262	9	0	-	215	125	Magonat	Bop. Tswana	10F
48	9/69	8,9	1090	653	151	51	24	0,5	185	0	31	48	289	18	0	-	233	35	Laxey	Bop. Tswana	10E
156	9/69	8,4	650	397	56	58	20	0,6	50	0	0	10	354	26	0	-	290	-	Derwent	Bop. Tswana	11E
157	9/69	8,3	740	483	133	33	16	0,85	39	0	0	34	421	18	293	32	175	0	Cork	Kuruman	11E
158	7/70	8,7	460	315	51	30	32	0,4	28	0	0	19	287	12	50	-	205	-	Concordia	Kuruman	11B
162	12/69	7,6	880	584	200	13	16	0,3	113	-	0	50	384	0	372	-	92	0	Langlaagte	Kuruman	10A
Gem. bokant Laxey (2 ontl.)				362	20	44	52	0,29	30	0	52	10	287	12	0	0	235	72			
Gem. Laxey-Severn (3 ontl.)				511	113	47	20	0,65	91	0	10	31	352	31	98	10	233	12			
Gem. onderkant Severn (2 ontl.)				450	126	22	24	0,35	72	0	0	35	336	6	211	0	149	0			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste
 G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm
 T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)
 T.H. = Tydelike hardheid as Ca CO₃
 P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃
 Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Tabel 62 - Ioonpersentasies in grondwater in Kalaharilae langs Moshawengrivier

Ioon	Bodeel	Middeldeel	Onderdeel
	TOS=362 d.p.m.	TOS=511 d.p.m.	TOS=450 d.p.m.
rNa	12	50	65
rMg	51	40	21
rCa	37	10	14
Totaal	100	100	100
rCl	12	25	24
rNO ₃	12	2	0
rSO ₄	3	6	9
rHCO ₃	67	57	65
rCO ₃	6	10	2
Totaal	100	100	100

Op die Piperdiagram lê die katioonverhouding van water stroomaf van Laxey (tipe 6a) in die Ca, Mg-veld, maar water stroomaf van Severn (tipe 6c) lê in die Na-veld.

Die anioonverhoudings is dieselfde in al die waters, nl. in die HCO₃-veld. Die kwaliteitsindeling dui op 'n tydelike harde water in die bodeel van die rivier (tipe 6a) maar 'n primêre alkaliniteit in die onderdeel van die rivier (tipe 6c). Daar is dus 'n toename in die primêre alkaliniteit in die grondwater stroomaf in die rivier.

Kenmerkend van die grondwater langs die rivier is die toename in die persentasie rNa en die afname in die persentasie rMg en rCa laer af.

Die ioonverhoudings bereken volgens die reaksiewaardes word in Tabel 63 aangegee.

Tabel 63 - Ioonverhoudings in grondwater in Kalaharilae langs Moshawengrivier

Verg.	Bodeel	Middeldeel	Onderdeel
	TOS=362 dpm	TOS=511 dpm	TOS=450 dpm
rNa:rMg	0,25	1,25	3,1
rNa:rCa	0,3	5,0	4,6
rCa:rMg	0,7	0,3	0,7
rNa:rMg+rCa	0,1	1,0	1,9
rNa:rCl	1,0	2,0	2,7
rCl:rSO ₄	4,0	4,2	2,7
rCl-rNa:rCl	0	-1,0	-1,7

Die verhouding rNa:rCl is eenheid in die bodeel maar daar is byna 3 keer meer rNa as rCl in die water in die onderdeel van die rivier. Die verhouding rCa:rMg is redelik konstant. Die verhouding van rNa:rCa en rNa:rMg in die water verhoog stroomaf met die rivier.

7.18.6.3 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie van die grondwater volgens die indeling van Bond (1947) word in Tabel 64 saamgevat.

Tabel 64 - Klassifikasie van grondwater in Kalaharilae langs Moshawengrivier volgens Bond

	pH	T.O.S. (d.p.m.)	Persentasie van T.O.S.					KLAS
			Cl	SO ₄	NaHCO ₃ Na ₂ CO ₃	Tyd. Hardh.	Perm. Hardh.	
6a. Bodeel	8,5	362	8	3	0	65	20	C/D
6b. Middeldeel	8,5	511	18	6	21	46	2	D
6c. Onderdeel	8,2	450	16	8	47	33	0	D

Die water is in die bodeel van die rivier van Klas C of D maar in die middeldeel en onderdeel van die rivier is dit Klas D wat 'n alkaliese water is.

7.18.6.4 Oorsprong van water

Volgens die grondwaterkontoere (Fig.54) en die geohidrologie (Fig.61) kan die water in die bodeel (tipe 6a) lateraal aanvul vanuit graniet en dolomiet of direk uit die rivier tydens vloede. Die dolomiet aan die suidekant van die rivier is onder Kalaharilae bedek en water van die aanvullingsgebied verder suid moet oor 'n lang afstand deur die formasie onder 'n dik bedekking van sand beweeg om in die Kalaharilae langs die rivier te beland. Die gemiddelde konsentrasie van opgeloste stowwe in die water in die deel suid van die rivier waar die dolomiet bedek is, is ongeveer 630 d.p.m. (Fig.61) en die samestelling vir 'n tipiese dolomietwater by hierdie T.O.S.-waarde en 'n tipiese granietwater vergelyk nie met dié van die water in die Kalaharilae langs die rivier nie. Die water in hierdie deel van die rivier is derhalwe eerder te wyte aan direkte aanvulling uit die rivier tydens vloede.

Die water in die Kalaharilae in die middeldeel van die rivier (tipe 6b) tussen Laxey en Severn kan volgens die grondwaterkontoere (Fig.54) lateraal aangevul word uit jaspiliet en dolomiet. Die samestelling volgens die Piperdiagram (Fig. 97) toon egter geen verwantskap met hierdie waters nie en die stelling verteenwoordig direkte aanvulling uit die rivier tydens vloede.

Die grondwater in die onderdeel van die rivier (tipe 6c) kan lateraal aangevul word uit die Formasies Lucknow of Ongeluk of direk uit die rivier. Volgens die kation-, anion- en kwaliteitwaardes (Fig. 97) het dit nie 'n duidelike verwantskap met die water van die Formasie Lucknow (tipe 3, Fig.86) of Ongeluk nie (Fig 85) en verteenwoordig die water eerder direkte aanvulling uit die rivier tydens vloede.

Vloedwater wat met die rivier afkom bevat Na en Cl wat uit die soue aan die oppervlakte opgelos word. As gevolg van verdamping sal die konsentrasie van hierdie ione al groter

word stroomaf met die rivier. Die volume water wat afkom word stroomaf relatief minder en relatief minder water bereik die watervlak. Minder water syfer m.a.w. deur die klei van die Kalaharilae en is ook langer in aanraking met die formasie. In 'n kleierige akwifereer sal die neiging altyd bestaan vir die Na om te ruil met Ca en Mg van die grondwater (Henzen 1974, p.276) en die neiging word aangedui deur 'n negatiewe chloor-alkalibalans ($rCl-rNa:rCl$). Die chloor-alkalibalans vir grondwater in die middeldeel en onderdeel van die rivier is wel negatief en word ook groter negatief laer af (Tabel 63).

In die grondwater wat laer af in die rivier deur die Kalaharilae syfer kan dit dus verwag word dat, soos die geval wel is, die verhouding $rNa:rMg+rCa$ al groter word (Tabel 63).

In die teenwoordigheid van die HCO_3 wat in die water aanwesig is sal die samestelling van die grondwater stroomaf met die rivier neig tot 'n groter primêre alkaliniteit, soos die geval wel is.

7.18.7 In Aansluitgebied

Die gebied lê wes van Tsieneng en Severn en noord van die Kuruman- en Moshawengriviere (kyk Fig.61). Volgens die grondwaterkontoere (Fig.54) is die ondergrondse dreinasië weswaarts vanaf die Formasies Ongeluk en Lucknow. Die Moshawengrivier loop deur die gebied en water wat in die rivier aangevul word kan ook deur die Kalaharilae beweeg na die westelike deel van die gebied.

T.O.S.-bepalings is in 9 grondwatermonsters gedoen en 2 monsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 65. Die meerderheid van die T.O.S.-waardes (56 persent) val in die reeks 800-1 000 d.p.m. met 'n gemiddeld van 900 d.p.m.

Die persentasies van die katione en anione in die gemiddelde samestelling bereken volgens die milliekwivalente waardes is hieronder saamgevat en uitgestip op die Piperdiagram op Figuur 98.

$rNa = 69$	$rCl = 33$
$rMg = 16$	$rNO_3 = 3$
$rCa = 15$	$rSO_4 = 3$
<hr/>	$rHCO_3 = 52$
Totaal 100	$rCO_3 = 9$

Tabel 65 - Chemiese ontledings van grondwater in Formasie Kalahari in Aansluitgebied

No. op Fig 60	Datum	pH	G.V.	TOS	Kation			Anioon							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	PH	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
110	3/69	8,8	1100	760	239	18	38	0,5	197	0	9	36	336	54	176	-	170	-	Jones	Kuruman	11B
111	1/70	8,1	1200	761	207	37	46	0,25	124	0	48	-	549	24	294	-	265	-	Boomplaas	Kuruman	11A
Gemiddeld				760	223	28	42	0,38	161	0	28	18	443	39	235	-	218	0			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die katioonverhouding lê in die Na-veld, die anioonverhouding in die HCO_3 -veld en die kwaliteit is 'n primêre alkaliniteit.

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947):

pH	= 8,4
T.O.S. (d.p.m.)	= 760
Cl (as % T.O.S.)	= 21
SO_4 (as % T.O.S.)	= 21
$\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ (as % TOS)	= 30
Tydlike hardheid (as % T.O.S.)	= 29
Permanente hardheid (as % T.O.S.)	= 0

Die water is 'n Klas D wat 'n alkaliese sodakarbonaat water is.

Volgens die Piperdiagram (Fig.98) is daar nie 'n vergelyking met die chemiese samestelling van die grondwater wat in die Formasies Ongeluk (tipes 3 en 4, Fig.84) of Lucknow (tipe 3, Fig.86) voorkom nie, maar stem dit baie goed ooreen met die samestelling van die grondwater wat in die Moshawengrivier voorkom (tipe 6c, Fig.97).

Die water wat in die Kalaharilae in die gebied wes van die Moshawengrivier voorkom is dus hoofsaaklik afkomstig uit aanvulling wat in die Moshawengrivier tydens vloede plaasvind.

7.18.8 In Cullinangebied

Die gebied lê tussen die Makhubungrante en die Moloporivier (Fig. 61). Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) is die grondwaterbeweging weswaarts, vanaf die gebied waar grondwater in die lawa van die Formasie Ongeluk en die Formasie Dwyka voorkom.

7.18.8.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepaling is in 21 grondwatermonsters gedoen en 5 monsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 66. Die T.O.S.-waardes val in 'n wye reeks van 2000 tot 6000 d.p.m. Die meerderheid (75 persent) lê egter in die reeks 2000-4200 d.p.m. met 'n gemiddeld van 2870 d.p.m.

7.18.8.2 Chemiese karakter van grondwater

Die kation- en anioonpersentasies in die grondwater by verskillende T.O.S.-konsentrasies, bereken volgens die milliekwivalente waardes word in Tabel 67 aangegee.

Tabel 67.- Ioonpersentasies in grondwater in Kalaharidrae in Cullinangebied

Ioon	T.O.S. 1800-2600 d.p.m.	T.O.S. 3200-3400 d.p.m.	T.O.S. 3400 d.p.m.	Gemiddeld 1800-6199 d.p.m.
rNa	71	60	80	69
rMg	18	23	11	17
rCa	11	17	9	14
Totaal	100	100	100	100
F	0,05	0,03	0,04	0,03
Cl	73	74	58	69
NO ₃	4	4	0,5	3
SO ₄	12	12	31	18
HCO ₃	10	8	10	9
CO ₃	1	2	0,19	1
Totaal	100	100	100	100
	2 ontledings	2 ontledings	1 ontleding	5 ontledings

Tabel 66.- Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Cullinangebied

Nr op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plass	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
112	7/70	8,3	3700	2567	610	83	152	0,3	1207	0	143	269	183	12	-	-	150	570	Hertford	Vryburg	14 D
113	7/70	8,2	4000	3218	856	93	184	0,5	1225	0	149	519	348	18	-	-	285	555	Cullinan	Kuruman	13 B
114	7/70	8,2	2750	1865	508	63	104	0,45	809	0	50	163	287	24	-	-	235	285	HughLegg	Kuruman	12 A
115	3/69	8,2	5250	3399	729	219	205	0,25	1811	0	130	120	238	36	-	-	195	1205	Davidson	Kuruman	12 B
116	1/70	7,8	5500	6199	1878	134	180	0,7	2130	0	31	1535	610	6	-	-	500	500	Dickerson	Kuruman	13 A
Gemiddeld		8,1	5040	3449	916	118	168	0,44	1436	0	101	521	333	20	-	-	273	623			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste
 G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm
 T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)
 T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃
 P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃
 Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Daar is nie 'n noemenswaardige verskil in die chemiese samestelling van die grondwater by verskillende T.O.S.-konsentrasies nie en die gemiddelde van die ontledings sal die algemene samestelling verteenwoordig soos uitgestip op die Piperdiagram op Figuur 99.

Die water verteenwoordig nie tipiese water van die Formasie Ongeluk (lawa) nie (kyk plot op Fig. 99). Die samestelling lê eerder tussen die van die normale en hoë T.O.S.-water wat in die lawa voorkom in die gebied noord van Severn (tipies 4 en 6, Fig. 24) en water van die Formasie Dwyka (tipe 1, Fig. 89).

Daar is geen direkte aanvulling vanaf die oppervlakte uit reën nie en die water word blykbaar lateraal aangevul vanaf die lawa van die Formasie Ongeluk verder oos.

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1949).

pH = 8,1

T.O.S. (d.p.m.) = 2870

Cl (as % T.O.S.) = 42

SO₄ (as % T.O.S.) = 15

Tydelike hardheid (as % T.O.S.) = 8

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 18

NaHCO₃ + Na₂CO₃ (as % T.O.S.) = 0

Die water is van Klas A. Hoewel die T.O.S.-konsentrasies hoog is word die gemiddelde water nogtans deur mense en diere gebruik.

7.18.9 In Vorstershoopgebied

7.18.9.1 Data beskikbaar

Die omlýning van die gebied word op Fig. 61 aangedui, dit lê ongeveer tussen die jaspilietrante wes van Pomfret en die Moloporivier. T.O.S.-bepalings is in 16 grondwatermonsters gedoen en 3 monsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 68.

Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) beweeg die grondwater na die gebied vanaf die weste. Volgens die geohidrologie kom dit vanaf dolomiet of jaspiliet.

Tabel 68.- Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Vorstershoopgebied

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwy- sing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
119	4/70	8,2	2300	1410	283	103	100	0,3	640	0	55	77	305	0	0	0	250	420	Toronto	Vryburg	15 D
120	8/69	7,9	2500	1609	406	92	80	0,4	781	0	43	24	366	0	0	0	300	275	Ontario	Vryburg	15 F
121	7/70	8,1	1650	1035	255	54	60	0,6	298	0	0	163	409	-	-	-	335	35	Alnwick	Vryburg	14 D
Gemiddeld		8,1	2150	1351	315	83	80	0,4	573	0	33	88	360	0	0	0	295	243			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die T.O.S.-waardes soos bepaal varieer tussen 1000 en 2000 d.p.m, met 'n gemiddelde van 1504 d.p.m. Die T.O.S.-konsentrasies van grondwatermonsters wat ontleed is lê almal in hierdie reeks.

7.18.9.2 Chemiese karakter van grondwater

Die persentasie katione en anione in die gemiddelde chemiese samestelling, bereken volgens die milliekwivalente waardes soos hieronder aangegee, is op die Piperdiagram op Figuur 100 uitgestip.

rNa = 56	rF = 0,08
rMg = 28	rCl = 66
rCa = <u>16</u>	rNO ₃ = 2
Totaal = 100	rSO ₄ = 8
	rHCO ₃ = <u>24</u>
	Totaal = 100

Op die Piperdiagram stip die kationverhouding in die Na, Mg-veld en die anioonverhouding in die Cl-veld. Die water het 'n primêre saliniteit.

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie van die kwaliteit volgens die indeling van Bond (1947).

pH = 8,1

T.O.S. (d.p.m.) = 1351

Cl (as % T.O.S.) = 42

SO₄ (as % T.O.S.) = 7

Tydelike hardheid (as % T.O.S.) = 22

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 18

NaHCO₃ + Na₂CO₃ (as % T.O.S.) = 0

Die water is van Klas A.

Die chemiese samestelling soos uitgestip op die Piperdiagram (Fig. 100) toon 'n verwantskap met tipiese water van dolomiet van die Formasie Ghaapplato en daar is feitlik 'n presiese ooreenkoms met die samestelling op die variasielyn by 'n T.O.S.-konsentrasie van 1351 d.p.m. Dieselfde goeie ooreenkoms is aangedui vir die kation- en anioonwaardes. Die vergelyking met tipiese jaspilietwater van die Formasie Asbesberge is nie so goed nie en dit lyk wel of die water wat in die Kalaharilae in die Vorstershoopgebied voorkom, grootliks van die dolomiet in die Morokwenreservaat afkomstig is deur middel van laterale aanvulling deur die Kalaharilae. Daar is duidelik geen direkte aanvulling vanaf die oppervlak uit reën nie.

7.18.10 In gebied langs Moloporivier

7.18.10.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepalings is in 23 grondwatermonsters gedoen en 7 monsters is chemies ontleed soos saamgevat in Tabel 69.

Die gebied beslaan 'n nou strook al langs die Moloporivier waar grondwater voorkom met 'n lae konsentrasie van opgeloste stowwe (kyk Fig. 60). Die rivier kom omtrent elke 3de jaar af tot by Kirstonia maar vloei minder dikwels verder stroomaf (kyk hoofstuk 2.2). Water word stroomop van Good Hope, wes van Kirstonia, omtrent oral in die Kalaharilae gevind. Stroomaf met die rivier tot onderkant Smaldeel (17 D) word dit weer in die Kalaharilae aangetref. Die water wat langs die rivier in die Kalaharilae voorkom is dus tot 2 gebiede beperk soos aangedui op Figuur 61.

Die opgeloste stowwe in die grondwater in die Kalaharilae stroomop van Good Hope varieer tussen 200 en 800 d.p.m., waarvan die meeste waardes (93 persent) tussen 300 en 600 d.p.m. is, met 'n gemiddeld van 450 d.p.m.

Die T.O.S.-konsentrasies in grondwater stroomaf van Smaldeel varieer tussen 400 en 1800 d.p.m., waarvan die meeste waardes (58 persent) tussen 1200 en 1400 d.p.m. is, met 'n gemiddelde van 1356 d.p.m.

7.18.10.2 Chemiese karakter van grondwater

Die persentasies van die katione en anione, bereken volgens die reaksiewaardes word in Tabel 70 saamgevat, en is op die Piperdiagram op Figuur 101 uitgestip.

Tabel 70- Ioonpersentasies in grondwater in Kalaharilae in gebied langs Moloporivier

Ioon	Stroomaf van Good Hope	Stroomaf van Smaldeel
rNa	33	84
rMg	44	10
rCa	23	6
Totaal	100	100
rF	0,3	0,16
rCl	12	28
rNO ₃	2	1
rSO ₄	4	17
rHCO ₃	72	47
rCO ₃	10	7
Totaal	100	100

4 chemiese ontledings

4 chemiese ontledings

Tabel 69.- Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae langs Moloporiver

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Pleas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
148	9/70	8,5	550	344	9	51	56	0,1	21	0	0	0	366	24	-	-	300	50	Moloporeservaat	Bop.Tswana	15 N
149	10/69	8,4	675	379	85	31	18	0,7	64	0	0	43	201	36	-	-	165	10	Blackheath	Mafeking	16 L
150	8/70	8,4	475	332	28	44	38	0	18	0	31	0	287	-	-	235	40	Rosenblatt	Vryburg	17 J	
151	12/69	8,7	475	319	84	23	14	0,45	14	0	0	10	305	21	197	-	132	-	Dorchester	Vryburg	18 I
152	12/69	8,5	1520	1102	347	38	16	0,1	248	-	0	240	330	48	126	-	195	-	Esperance	Vryburg	18 F
153	12/69	8,5	1000	627	206	9	30	0,15	99	-	0	46	329	72	269	-	110	-	Smaaldeel	Vryburg	18 D
123	7/70	8,5	1700	1207	451	7	20	1,0	185	0	0	154	708	36	840	-	80	-	Goede Hoop	Vryburg	15 C
122	4/70	8,0	2000	1370	458	34	28	1,2	231	0	25	192	805	0	756	-	210	-	Mc Carthy's Rust	Kuruman	13 B
Gemid. Bokant Kirstonia				344	52	37	32	0,31	29	0	8	13	290	20	49	-	208	25			
Gemid. Onderkant Kirstonia				1077	365	22	24	0,61	191	0	6	158	543	39	498	-	149	0			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die chemiese samestelling van die grondwater in die twee gebiede verskil opmerklik soos aangedui op die Piperdiagram.

Die katioonverhoudings in grondwater stroomaf van Good Hope (tipe 10a) stip uit in die Ca, Mg, Na-veld terwyl die in die deel stroomaf van Smaldeel (tipe 10b) in die Na-veld val.

Die anioonverhoudings vir tipe 10a stip uit in die HCO_3 -veld en vir tipe 10b in die HCO_3 , Cl-veld. Volgens die kwaliteitswaarde is die water van tipe 10a 'n tydelike harde water terwyl tipe 10b 'n primêre alkaliniteit het en 'n meer alkaliese bikarbonaatwater is.

Die chemiese variasie van grondwater langs die Moloporivier is baie dieselfde as langs die Moshawengrivier (kyk hoofstuk 7.18.6) soos aangedui word deur die posisies op die Piperdiagram (tipes 6a, 6b en 6c, Fig. 97).

Die water in die benedeloop van die Moloporivier (stroomaf van Smaldeel) het egter meer Cl en Na as die water in die benedeloop van die Moshawengrivier (stroomaf van Severn). Die aanvulling in hierdie dele wat laer stroomaf is, is ongetwyfeld minder in die Molopo- as in die Moshawengrivier. Die Moshawengrivier vloei omtrent elke 6 jaar (kyk hoofstuk 2.2) en die benedeloop van die Moloporivier omtrent elke 100 jaar. Die volume van die aanvulling in die benedeloop van die Moloporivier is bereken as ongeveer $0,001 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/\text{jaar}$ terwyl dit in die hoër deel, stroomop van Good Hope, ongeveer $0,03 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/\text{jaar}$ is of m.a.w. 30 keer meer (Smit, 1974).

7.18.10.3 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie van die kwaliteit volgens die indeling van Bond (1947) is op Tabel 71 saamgevat. Die water in die deel bokant Kirstonia is van Klas C wat 'n tydelike harde water is en in die deel onderkant Smaldeel is dit van Klas D wat 'n alkaliese bikarbonaatwater is.

Tabel 71.- Klassifikasie van grondwater in Kalaharilae langs Moloporivier volgens Bond

	Stroomop van Good Hope	Stroomaf van Smaldeel
pH	8,5	8,4
T.O.S. (d.p.m.)	344	1077
Cl (as % T.O.S.)	8	18
SO ₄ (as % T.O.S.)	4	15
Tydlike harde water (as % T.O.S.)	60	14
Permanente harde water (as % T.O.S.)	7	0
NaHCO ₃ + Na ₂ CO ₃ (as % T.O.S.) ³	14	46
Klas	C	D

7.18.11 In Mannerheimgebied

7.18.11.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepalings is in 15 grondwatermonsters gedoen en 1 chemiese ontleding is gedoen soos aangegee op Tabel 72. Die gebied lê suid van die Moloporivier en ongeveer tussen Idaho en Kirstonia soos omlin op Figuur 61. Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) is die ondergrondse vloei na die Kalaharilae vanaf die noorde, d.i. vanaf die Moloporivier en die Formasie Lucknow suid langs die rivier.

Die T.O.S.-konsentrasies in die grondwater is baie hoog en is tussen 2000 en 11 000 d.p.m. Die waardes is versprei oor die hele reeks en daar is nie 'n voorkeureeks nie. Die algemene T.O.S.-konsentrasie is dus bereken as die gemiddeld van al die bepalinge, nl. 6 430 d.p.m .

7.18.11.2 Chemiese karakter van grondwater

Die kation- en anioonkonsentrasies, berken volgens die reaksiewaardes is hieronder saamgevat en uitgestip op die Piperdiagram op Figuur 102.

rNa = 62	rF = 0,03
rMg = 25	rCl = 70
rCa = <u>13</u>	rNO ₃ = 1
Totaal 100	rSO ₄ = 15
	rHCO ₃ = 13
	rCO ₃ = <u>1</u>
	Totaal <u>100</u>

Die katioonsamestelling val in die Na-veld van die diagram en die anioonsamestelling in die Cl-veld. Die water het volgens die kwaliteitsindeling 'n primêre saliniteit.

Dit is duidelik dat volgens die algemene kwaliteitsindeling kan die water nie vergelyk word met die grondwater wat in die Kalaharilae (tipies 10a en 10b, Fig. 101) of die Formasie Lucknow langs die Moloporivier (tipies 6a, 6c, Fig. 86) voorkom nie. Daar vind dus nie direkte laterale aanvulling vanaf hierdie dele na die Kalaharilae plaas nie. Die kwaliteit, daarenteen, is feitlik dieselfde as vir die water in die Formasie Lucknow net noord van die gebied (tipe 3, Fig. 86) of water van die Formasie Dwyka (tipe 1, Fig. 89).

Tabel 72.- Chemiese ontledings van grondwater in die Kalaharilêe in die Mannerheimgebied

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
124	4/70	8,6	8800	5538	1387	292	260	0,65	2410	0	31	720	781	30	0	-	640	1210	Mannerheim	Vryburg	16 E

Ontleedings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totele opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

7.18.11.3 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie volgens die kwaliteit soos ingedeel deur Bond (1947) is as volg.

pH = 8,6

T.O.S. (d.p.m.) = 5538

Cl (as % T.O.S.) = 44

SO₄ (as % T.O.S.) = 13

NaHCO₃ + Na₂CO₃ (as % T.O.S.) = 0

Tydlike hardheid (as % T.O.S.) = 12

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 22

Die water is van Klas A.

7.18.12 In Terra Firmagebied

7.18.12.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepalings is in 18 grondwatermonsters gedoen en 2 monsters is chemies ontleed soos aangegee op Tabel 73.

Die gebied lê naastenby tussen Terra Firma en die Moloporivier verder wes soos omlin op Figuur 61. Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) en die geohidrologie (Fig. 61) is die ondergrondse vloei na die Kalaharilae in hierdie gebied vanaf die Moloporivier oos van Kirstonia en vanaf die lawa van die Formasie Ongeluk en jaspiliet van die Formasie Asbesberge suid van die gebied.

Die T.O.S.-waardes variëer tussen 400 en 2 800 d.p.m., maar die meeste bepalinge (70 persent) is in die reeks 1 000 - 2 000 d.p.m. met 'n gemiddelde van 1 428 d.p.m.

7.18.12.2 Chemiese karakter van grondwater

Die persentasies katione en anione in die gemiddelde samestelling, bereken volgens die reaksiewaardes word hieronder aangegee en is op die Piperdiagram op Figuur 103 uitgestip.

rNa = 79	rCl = 40
rMg = 14	rNO ₃ = 2
rCa = 7	rSO ₄ = 29
Totaal 100	rHCO ₃ = 24
	rCO ₃ = 5
	Totaal 100

Die kationverhouding lê in die Na-veld, die anioonverhouding in die HCO₃, SO₄, Cl- veld en die water het volgens die kwaliteitsindeling 'n primêre saliniteit.

Die water, wat betref kation- en anioonverhouding sowel as kwaliteit, stem nie ooreen met water wat in die Kalaharilae langs die Moloporivier oos van Kirstonia voorkom nie (kyk tipe 10a, Fig. 101). Die samestelling stem ook nie ooreen met 'n tipiese water van die lawa van die Formasie Ongeluk nie. Die water verteenwoordig wel in samestelling en kwaliteit 'n tipiese water wat in jaspiliet van die Formasie Asberge voorkom.

Tabel 73.- Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilêe in Terra Firma-gebied

Nr op Fig. 63	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katione			Anione						NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Pleas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃								CO ₃
118	5/70	8,6	1950	1352	442	39	16	1,2	298	0	19	250	458	54	294	-	200	0	Bathurst	Vryburg	17 I
117	8/70	8,5	3000	2123	619	59	72	1,3	533	0	43	576	390	36	-	-	320	100	Wessels	Vryburg	17 G
Gemiddeld		8,5	2475	1737	530	49	44	1,2	415	0	31	413	424	45	147	-	260	50			

Ontledings deur die Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

7.18.12.3 Klassifikasie volgens Bond

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie van die water volgens die indeling van Bond (1947).

pH = 8,5

T.O.S. (d.p.m.) = 1737

Cl (as % T.O.S.) = 24

SO₄ (as % T.O.S.) = 24

NaHCO₃ + Na₂CO₃ (as % T.O.S.) = 8

Tydlike harde water (as % T.O.S.) = 15

Permanente harde water (as T.O.S.) = 3

Die water is van Klas A of B.

7.18.13 In Vergeleëgebied

7.18.13.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepalings is in 6 grondwatermonsters gedoen en 1 monster is chemies ontleed soos aangegee op Tabel 74. Die gebied lê langs die Moloporivier noordoos van Tosca. Die T.O.S.-waardes varieer tussen 400 - 600 d.p.m. met 'n gemiddelde van 485 d.p.m.

Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) is die ondergrondse vloei na die gebied vanaf die dolomiet suidwes van die gebied.

7.18.13.2 Chemiese karakter van grondwater

Die persentasie katione en anione, bereken volgens die reaksiewaardes is hieronder aangegee en is uitgestip op die Piperdiagram op Figuur 104.

rNa =	13	rCl =	32
rMg =	41	rSO ₄ =	2
rCa =	<u>46</u>	rHCO ₃ =	<u>66</u>
Totaal	100	Totaal	100

Die kationwaardes val in die Ca, Mg-veld, die anioonwaardes in die HCO₃-veld en die kwaliteitsindeling dui op 'n tydelike harde water.

Die grondwatervlak en die dikte van die Kalaharilae in die gebied is tussen 30 en 60 m diep en daar behoort nie direkte aanvulling vanaf die oppervlak plaas te vind nie.

Tabel 74.- Chemiese ontledings van grondwater in die Kalaherilae in die Vergeleëgebied

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	T.O.S.	Katlone			Anione					NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing		
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄								HCO ₃	CO ₃
125	8/70	8,0	925	582	35	59	108	0	135	0	0	10	470	-	-	-	385	125	Paddington	Vryburg	16 J

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die T.O.S.-konsentrasie in die water is laer as in die deel net suid van die gebied waar die dolomiet onder 'n bedekking van meer as 15 m Kalaharilae voorkom. Die kwaliteit van die water en kation- en anioonverhoudings vergelyk baie goed met die van tipiese dolomitiese water met dieselfde T.O.S.-konsentrasie. Daar is heel moontlik vinnige laterale aanvulling wat plaasvind vanaf die aanvullingsgebied op dolomiet suidwes van die gebied, na die Kalaharilae. So 'n aanvulling is moontlik langs gange wat in die algemeen SW-NO strek en wat volop is in die aanvullingsgebied (kyk Fig. 13).

7.18.13.3 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947) is as volg:-

pH = 8,0

T.O.S. (d.p.m.) = 582

Cl (as % T.O.S.) = 23

SO₄ (as % T.O.S.) = 2

NaHCO₃ + Na₂CO₃ (as % T.O.S.) = 0

Tydlike hardheid (as T.O.S. %) = 66

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 21

Die water is van Klas C, 'n tydelike harde water.

7.18.14 In Morokwengebied

7.18.14.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepalings is in 23 grondwatermonsters gedoen en 8 monsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 75.

Die gebied lê in die suidelike deel van Morokwen-reservaat, al langs die Phephanelaagte (kyk Fig. 61).

Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) en die geohidrologie is die ondergrondse vloei na die Kalaharilae vanaf die dolomiet noord langs die gebied. 'n Groot deel van die gebied word beslaan deur kalkkreet (kyk Fig. 11) en in hierdie deel is die watervlak vlakker as 15 m.

Die T.O.S.-konsentrasie in die grondwater waar die watervlak vlakker as 15 m is, varieer tussen 400 en 800 d.p.m. met die meeste waardes (86 persent) tussen 400 en 600 d.p.m., met 'n gemiddelde van 440 d.p.m. Waar die watervlak dieper is varieer die T.O.S.-konsentrasies tussen 400 en 3 300 d.p.m.; waarvan die meeste (50 persent) tussen 400 en 800 d.p.m. is, met 'n gemiddelde van 519 d.p.m.

7.18.14.2 Chemiese karakter van grondwater

Die grondwater kan as 3 tipes beskou word nl (a) waar die watervlak vlakker as 15 m is en (b) waar die watervlak dieper as 15 m is en die T.O.S.-konsentrasies tussen 400 en 800 d.p.m. is en (c) waar die watervlak dieper as 15 m is en die T.O.S.-konsentrasies hoër as 800 d.p.m. is.

Die chemiese samestellings van hierdie grondwatertipes is volgens die reaksiewaardes uitgestip op die Piperdiagram op Figuur 105.

Die kationverhoudings van tipes 14a en 14b is identies maar die van tipe 14c bevat 'n groter persentasie rNa en 'n kleiner persentasie rCa en rMg. Die anioonverhoudings van al die tipes is ongeveer dieselfde en lê in die HCO₃-veld. Op die kwaliteitsindeling van die diagram is tipes 14 a en 14b tydelike harde water en tipe C 'n primêre alkaliese water.

Tabel 75 - Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Morokwengebied

Nr. op Fig 60	Datum	pH	G.V.	TOS	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
126	9/69	8,0	1000	680	92	80	60	0,2	85	+	53	58	610	0	0	-	480	20	Put-Tseng	Bap. Tswana	15G
127*	9/69	7,9	710	465	54	55	56	0,05	39	0	0	0	522	0	105	-	365	0	Metsaneng	Bap. Tswana	14H
128	9/69	8,3	690	434	62	48	38	0,4	50	+	12	19	380	15	34	26	292	-	Morokwen- reservaat	Bap. Tswana	13I
129	9/69	8,6	620	393	28	54	42	0,1	65	+	31	24	250	24	0	-	205	120	Ewbank	Bap. Tswana	13H
130	9/69	8,4	1250	866	240	60	48	0,4	151	+	0	96	578	12	172	21	370	0	Blok B	Bap. Tswana	14G
131	9/69	8,3	950	569	92	48	64	0,4	128	0	0	19	400	18	0	-	325	30	Morokwen- reservaat	Bap. Tswana	
43	9/69	7,6	810	560	77	54	72	0,1	43	0	0	14	600	0	155	-	400	0	Adams	Bap. Tswana	14G
132	9/69	7,8	860	562	76	48	64	0,2	96	+	37	19	446	0	17	-	355	0	Morokwen- reservaat	Bap. Tswana	15G
Gemiddeld. Watervlak				15 m -	527	67	59	56	0,19	79	0	21	25	446	11 (T.O.S. = gem.)			(Nr. 126, 127, 129, 131)			
Gemiddeld. Watervlak				15 m +	519	72	50	58	0,23	63	0	16	17	475	5 (T.O.S. = gem.)			(Nr 128, 132, 43)			
Gemiddeld. Watervlak				15 m +	866	200	60	48	0,4	151	0	0	96	578	12 (T.O.S. bokant gem.)			(Nr 130)			

* Fontein

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste.

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die verhouding $r_{Na} : r_{Cl}$ is groter as een en die chloor-alkalibalans ($r_{Cl} - r_{Na} : r_{Cl}$) is negatief vir al die tipes, wat daarop dui dat in al die water daar 'n neiging bestaan vir die Ca en Mg om uit te ruil met Na van die akwifereer. Dit verklaar die toename in die persentasie r_{Na} en die verandering van die kwaliteit van 'n sekondêre alkaliniteit na 'n primêre alkaliniteit.

Die karakter van die grondwater toon beslis 'n verwantskap met tipiese dolomietwater (Fig. 74) en meer so, met die water in die dolomiet in die bepaalde gebied (tipe 4, Fig. 73)

7.18.14.3 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die verskillende tipes water volgens die indeling van Bond (1947) word in Tabel 76 saamgevat.

Tabel 76.-

Klassifikasie van grondwater in Kalaharilae in Morokwengebied, volgens Bond.

	pH	T.O.S. (d.p.m.)	Persentasie van T.O.S.					Klas
			Cl	SO ₄	NaHCO ₃ Na ₂ CO ₃	Tyd. hard.	Perm. hard.	
14a. Watervlak < 15 m	8,2	527	15	5	5	65	8	C
14b. Watervlak > 15 m T.O.S.=gem.	7,9	519	12	3	15	67	0	C
14c. Watervlak > 15 m	8,4	866	17	11	22	43	0	D

7.18.14.4 Oorsprong van water

Die samestelling van tipes 14a-en 14b-grondwater is identies en toon ook 'n ooreenkoms met tipiese dolomietwater van die aanvullingsgebied.

Die boorgate waarin monsters van tipe 14b geneem is (nrs. 128, 132, 43) is in werklikheid baie naby aan die gebied waar die watervlak vlakker as 15 m is (tipe 14a) (verq. Fig. 60 en Fig. 61), wat die noue ooreenkoms verklaar. Tipe 14c is egter in 'n boorgat (nr 130) geneem, etlike km laer af

met die grondwatergradient (kyk Fig. 54) en dus heelwat verder vanaf die gebied van direkte aanvulling. Hierdie water is in werklikheid dieselfde as tipes 14a en 14b maar weens die langer kontak met klei van die Kalahari was daar 'n groter mate van loonuitruiling, in hierdie geval tussen die Ca en Mg van die water met die Na van die akwifereer. Die algemene tipe water in die gebied waar die watervlak dieper as 15 m is, sal in samestelling en kwaliteit moontlik tussen tipes 14a en 14b wees.

7.18.15 In Heuningvleigebied

7.18.15.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepalings is in 22 grondwatermonsters gedoen en 9 monsters is chemies ontleed soos saamgevat in Tabel 77.

Die gebied lê oos van die Makhubungrante by Heuningvlei (kyk Fig. 61). Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) is die ondergrondse vloei na die Kalaharilae in die gebied vanaf die jaspiliet van die Formasie Asbesberge in die weste.

Die T.O.S.-waardes is tussen 600 en 4 200 d.p.m. waarvan die meeste tussen 1 000 en 2 400 d.p.m. is met 'n gemiddelde van 1 350 d.p.m. Die hoogste T.O.S.-konsentrasies word egter aangetref in die onderliggende graniet en dolomiet wat in enkele boorgate getref word.

7.18.15.2 Chemiese karakter van grondwater

Die water wat in die Kalaharilae getref word kan as twee tipes beskou word, nl.

(a) met T.O.S.-konsentrasies minder as 1 000 d.p.m. en

(b) met T.O.S.-konsentrasies meer as 1 000 d.p.m.

Die gemiddelde chemiese samestelling, bereken volgens die reaksiewaardes is op die Piperdiagram op Figuur 106 uitgestip as tipes 15a en 15b. Die algehele gemiddelde samestelling van 15a + 15b is uitgestip as tipe 15. Die samestelling van die water wat in graniet gekry is, is as tipe 15c uitgestip en die wat in dolomiet getref is as tipe 14d.

Nr. op Fig 60	Datum	pH	G.V.	TOS	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing	
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃								
133	9/69	8,3	1700	1013	281	52	40	0,2	320	+	19	60	428	27	63	48	312	0	Leeds	Bop. Tswana	12F	
134	9/69	8,5	1200	787	139	75	38	0,2	187	+	37	183	232	12	0	-	190	200	Tyne	Bop. Tswana	12E	
135	9/69	8,3	1350	913	288	24	32	0,4	178	0	0	144	451	21	320	37	180	0	Barnet	Bop. Tswana	11E	
136	9/69	8,3	2500	1637	427	65	100	0,2	780	0	0	120	275	7	0	-	225	300	Blok 8	Bop. Tswana	13G	
137	9/69	8,3	3750	2529	782	65	75	0,3	958	+	127	205	580	27	21	48	462	0	Blok 8	Bop. Tswana	13F	
138	9/69	8,5	2350	1497	435	40	70	0,2	680	0	0	168	195	6	0	-	160	190	Blok 8	Bop. Tswana	12F	
139*	9/69	8,8	4400	2930	1100	6	10	6,5	960	0	0	504	604	48	748	85	50	0	Dutton	Bop. Tswana	11E	
140*	9/69	8,5	6100	4232	1602	5	10	7,0	1680	0	0	600	610	30	756	53	50	0	Blok 8	Bop. Tswana	12F	
141 ^Ø	9/69	8,4	5000	3426	1132	43	60	2,5	1140	0	0	910	244	18	0	-	200	125	Blok 8	Bop. Tswana	12F	
Gemiddeld (133, 134, 135)					904	236	50	37	0,3	228	0	19	129	370	20	127	28	227	67			
Gemiddeld (136, 137, 138)					1888	548	57	82	0,2	806	0	42	164	350	13	11	16	282	163			
Gemiddeld (139, 140)					3581	1351	6	10	6,75	1320	0	0	552	607	39	752	69	50	0			
Gemiddeld globaal (133, 134, 135, 136, 137, 138)					1396	392	54	60	0,25	517	0	31	147	360	16	69	22	255	115			

*Water getref in dolomiet; Ø Water getref in graniet
 Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste
 G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm
 T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)
 T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃
 P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃
 Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

Die buitengewone hoë konsentrasie F in die water wat in hierdie gebied in die formasies onder die Kalaharilae aangetref is, (nr 139, 140, 141 Tabel 76) is opvallend. Dit is moontlik diagnosties van fluoriet in die dolomiet soos die geval is in die dolomiet in die Zeerustgebied.

Die kationpersentasies van al die grondwatertipes val in die Na-veld en die anioonpersentasies in die HCO_3 , Cl^- , Cl^- en Cl , SO_4 -velde. Die kwaliteitsindeling dui aan dat al die tipes 'n primêre saliniteit het.

Die kation- en anioonverhoudings sowel as kwaliteit van tipes 15a en 15b toon 'n duidelike ooreenkoms met die karakter van 'n tipiese water van die jaspiliet van die Formasie Asbesberge (kyk Fig. 106).

Die water wat in die graniet getref is, vergelyk glad nie met 'n tipiese granietwater nie (verg. Fig. 78) en die wat in die dolomiet gekry is ook nie met 'n tipiese dolomietwater nie (verg. Fig. 74). Die beste ooreenkoms is met die water van die Kalaharilae of die van jaspiliet, geassosieer met ionuitruiling wat 'n toename in die konsentrasie van Na veroorsaak het. Die chloor-alkalibalans ($r\text{Cl} - r\text{Na}:r\text{Cl}$) in albei tipes 15c en 15d is negatief wat op 'n uitruiling van die Ca en Mg in die water met die Na in die akuïfeer dui.

Die water in die Kalaharilae word lateraal aangevul vanaf die jaspiliet in die omgewing van Heuningvlei en geen direkte aanvulling vind vanaf die oppervlakte uit reën plaas nie. Die water wat in die onderliggende formasie getref word is heel moontlik grootliks uit die oorliggende Kalaharilae afkomstig.

7.18.15.3 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie van die water volgens die indeling van Bond (1947) is as volg

pH = 8,4

T.O.S. (d.p.m.) = 1396

Cl (as % T.O.S.) = 37

SO_4 (as % T.O.S.) = 11

$\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ (as % T.O.S.) 7

Tydlike hardheid (as % T.O.S.) 18

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 8

Die water is van Klas A.

7.18.16 In Kgokgolegebied

7.18.16.1 Data Beskikbaar

Baie min boorgate is in hierdie gebied geleë en T.O.S.-bepalings is net in 3 grondwatermonsters gedoen. Twee monsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 78.

Die gebied lê S.W. van die aansluiting van die Lolwaneng-laagte met die Kgokgolelaagte (11 F) soos aangedui op Fig. 61.

Die gemiddelde waarde van die T.O.S.-bepalings is 815 d.p.m. In die boorgate waar die watermonsters geneem is vir ontleding is water ook in die onderliggende graniet gekry.

7.18.16.2 Chemiese karakter van grondwater

Die gemiddelde samestelling bereken volgens die reaksiewaardes is op die Piperdiagram op Figuur 107 uitgestip kationwaardes val in die Na-veld, die anioonwaardes in die HCO_3 , Cl-veld en die kwaliteitsindeling dui op 'n primêre saliniteit van die water.

Die chemiese karakter van die water vergelyk nie goed met 'n tipiese granietwater (fig. 68) nie, maar effe beter met die chemiese samestelling van die water in die graniet in die bepaalde omgewing. (Tipes 1, 4, 5, Fig. 67). Die beste vergelyking is moontlik met water van die graniet wat net noordoos van die gebied aangetref word onder 15 - 60 m bedekking (tipe 4, Fig. 67) en waar ionuitruiling plaasgevind het as gevolg van die kontak met die klei van die Kalaharilae. Die chloor-alkalibalans ($r\text{Cl} - r\text{Na} : r\text{Cl}$) is negatief wat dui op 'n uitruiling van die Ca en Mg in die water met Na in die akwifereer.

7.18.16.3 Klassifikasie volgens Bond

Die volgende gegewens het betrekking op die klassifikasie

Nr. op Fig 60	Datum	pH	G.V.	TOS	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
142	9/69	8,3	1050	666	148	41	52	0,3	204	0	22	10	360	8	0	-	295	5	Blok 8	Bop. Tswana	11F
143	9/69	8,6	1500	919	276	39	16	0,5	213	0	0	192	330	18	118	32	200	0	Blok 8	Bop. Tswana	11F
Gem.		8,5	1275	793	212	40	34	0,4	209	0	11	101	345	12	59	16	248	3			

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste
 G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm
 T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)
 T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃
 P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃
 Konsentrasies in mg/1 (d.p.m.)

van die water volgens die indeling van Bond (1947).

pH = 8,5

T.O.S. (d.p.m.) = 793

Cl (as % T.O.S.) = 26

SO₄ (as % T.O.S.) = 12

NaHCO₃ + Na₂CO₃ (as % T.O.S.) = 9

Tydlike harde water (as % T.O.S.) = 31

Permanente harde water (as % T.O.S.) = 1

Die water is van klas B.

7.18.16.4 Oorsprong van die water

Die water verteenwoordig grondwater wat ondergronds aangevul word vanuit die graniet ten ooste van die gebied waar die bedekking tussen 15 en 60 m dik is. Deurdat die water deur die kleie van die Kalaharilae beweeg vind ion-uitruiling plaas wat die persentasie Na verhoog en die water 'n groter primêre saliniteit gee as die normale granietwater. Geen direkte aanvulling vind plaas vanaf die oppervlak uit reën nie.

7.18.17 In gebied noord van Moshawengrivier

7.18.17.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepalings is in 7 grondwatermonsters gedoen en 3 is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 79.

Die gebied lê aan die noordekant van die Moshawengrivier (kyk Fig. 61) tussen Battle Mount en Severn. Volgens die grondwaterkontoere (Fig. 54) is die ondergrondse vloei na die gebied vanuit die graniet in die oostelike deel, vanaf die dolomiet in die westelike deel of vanaf die Kalaharilae langs die rivier waar aanvulling plaasvind.

T.O.S.-bepalings varieer tussen 500 en 900 d.p.m., met 'n gemiddelde van 664 d.p.m.

7.18.17.2 Chemiese karakter van grondwater

In al die boorgate in die gebied is water in die onderliggende formasie getref nl. in graniet in die oostelike deel (nr. 144, Tabel 79) en in dolomiet (nr. 145, Tabel 79) en doleriet in dolomiet (nr. 147, Tabel 79) in die westelike deel.

Die chemiese samestelling van die watertipes, bereken volgens die milliekwivalente waardes, is op die Piperdiagram op Figuur 108 uitgestip. Die samestellings van die verskillende tipes water nl. wat getref is in graniet (tipe 17a), in dolomiet (tipe 17b) en in doleriet (tipe 17c) is baie dieselfde, en vergelyk nie een met die kwaliteit van graniet- of dolomietwater nie. Die water vergelyk in werklikheid goed met die water wat in die Moshawengrivier voorkom tussen Laxey en Severn, (tipe 6b, Fig. 97) wat 'n bikarbonaatwater is wat met klei in kontak was om sodoende 'n primêre alkaliniteit aan die water te gee as gevolg van uitruiling van Ca en Mg van die water met die Na van die akwifere. Die water in die bodeel van die loop van die Moshawengrivier (tipe 6a, Fig. 97) is 'n bikarbonaatwater, en indien dit lank met klei in aanraking kom sal ionuitruiling ook plaasvind om dit 'n primêre alkaliniteit te gee soortgelyk aan die water stroomaf in die rivier (tipe 6b, Fig. 79).

Tabel 79.- Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in die gebied noord van Moshawengrivier.

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	TOS	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
144*	9/69	8,8	720	420	94	39	10	0,2	36	0	40	34	294	20	92	34	185	0	Barden	Bap. Tswana	10H
145+	9/69	8,4	980	604	156	28	44	0,5	85	0	0	53	439	18	230	32	225	0	Sark	Bap. Tswana	11E
147 ϕ	9/69	9,0	1110	739	200	33	30	0,6	149	0	37	120	305	18	67	32	210	0	Ganap	Bap. Tswana	10F
Gem.				588	150	33	28	0,4	90	0	26	69	346	19	130	33	207	0			

* In graniet + In dolomiet ϕ In dolomiet in dolomiet

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20°C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/1 (d.p.m.)

7.18.17.3 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie van die water volgens die indeling van Bond (1947) is as volg:

pH = 8,7

T.O.S. (d.p.m.) = 588

Cl (as % T.O.S.) = 15

SO₄ (as % T.O.S.) = 12

NaHCO₃ + Na₂CO₃ (as % T.O.S.) = 28

Tydelike hardheid (as % T.O.S.) = 35

Permanente hardheid (as % T.O.S.) = 0.

Die water is van klas D.

7.18.17.4 Oorsprong van water

Die water toon nie 'n ooreenkoms met water van dolomiet of graniet nie maar eerder met die wat in die Moshawengrivier voorkom en wat aangevul word tydens vloede. Dit verteenwoordig m.a.w. grondwater wat in Kalaharilae aangevul is en wat van die punt van aanvulling lateraal beweeg het deur die Kalaharilae. Die water kom dus voor in 'n aktiewe grondwatersisteem.

7.18.18 In Tsinengebied

7.18.18.1 Data beskikbaar

T.O.S.-bepalings is in 8 grondwatermonsters gedoen en 2 monsters is chemies ontleed soos aangegee in Tabel 80.

Die gebied lê op die dolomiet van die Formasie Ghaapplate oos van Tsineng (kyk Fig. 61) en is bedek met kalkreet en sand. In 'n groot deel van die gebied is die watervlak vlakker as 15 m en direkte aanvulling na die grondwatervlak uit reën vind moontlik plaas.

Die T.O.S.-waardes varieer tussen 400 en 600 d.p.m. met 'n gemiddelde waarde van 495 d.p.m., wat effens hoër is as die gemiddeld vir water in die dolomiet van die omgewing.

7.18.18.2 Chemiese karakter van grondwater

Die samestelling, bereken volgens die reaksiewaardes, is vir die gemiddelde van die twee ontledings op die Piperdiagram op Figuur 109 uitgestip. Die kationverhouding dui aan dat

Tabel 80.- Chemiese ontledings van grondwater in Kalaharilae in Tsinenggebied.

Nr. op Fig. 60	Datum	pH	G.V.	TOS	Katione			Anione							NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	T.H.	P.H.	Plaas	Distrik	Verwysing
					Na	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	CO ₃							
36	9/72	8,1	750	453	23	50	85	0,27	60	0	12	0	446	0	-	-	365	53	Laer Kuruman Reserve	Bap. Tswana	8E
44	9/72	8,1	850	536	9	52	110	0,28	39	0	96	6	418	15	-	-	343	147	Ardath	Bap. Tswana	8F
Gem.		8,1	800	495	16	51	98	0,28	50	0	54	3	432	8	-	-	354	100			

* Fontein

Ontledings deur Departement van Landbou-tegniese Dienste

G.V. = Elektriese geleidingsvermoë by 20 °C in micromhos/cm

T.O.S. = Totale opgeloste stowwe (d.p.m.)

T.H. = Tydelike hardheid as CaCO₃

P.H. = Permanente hardheid as CaCO₃

Konsentrasies in mg/l (d.p.m.)

daar 'n hoër persentasie rCa in die water is as rMg, teenoor meer rMg as rCa vir 'n tipiese dolomietwater (Fig. 74) by 'n T.O.S.-konsentrasie van ongeveer 500 d.p.m. Daar is ook effens minder rNa in die water. Volgens die anioonverhouding is daar ook effens minder rCl in die water. Die kwaliteitsindeling op die diagram dui op 'n effense groter persentasie tydelike hardheid as tipiese dolomietwater by 'n T.O.S.-konsentrasie van 500 d.p.m.

7.18.18.3 Klassifikasie volgens Bond

Die gegewens wat betrekking het op die klassifikasie volgens die indeling van Bond (1947) is as volg:

$$\text{pH} = 8,1$$

$$\text{T.O.S. (d.p.m.)} = 495$$

$$\text{Cl (as \% T.O.S.)} = 10$$

$$\text{SO}_4 \text{ (as \% T.O.S.)} = 1$$

$$\text{Tydelike hardheid (as \% T.O.S.)} = 72$$

$$\text{Permanente hardheid (as \% T.O.S.)} = 20$$

$$\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ (as \% T.O.S.)} = 0$$

Die water is van klas C, 'n tydelike harde water.

7.18.18.4 Oorsprong van water

Die hoër rCa:rMg-verhouding, die laer persentasie Cl en die groter tydelike hardheid as 'n tipiese water met dieselfde konsentrasie van opgeloste stowwe van die dolomiet van die Formasie Ghaapato, dui op direkte aanvulling vanaf die oppervlak uit reën.

7.19 Samevatting oor die kwaliteit van grondwater in die Formasie Kalahari in die verskillende gebiede.

Die chemiese samestelling van die grondwater in die verskillende gebiede soos aangedui op Figuur 61 en soos beskryf in die voorgaande hoofstukke, is op die Piperdiagram op Figuur 110 saamgevat. Net grondwater van normale samestelling en kwaliteit in die verskillende gebiede is in aanmerking geneem en nie daardie tipes water met T.O.S.-waardes wat buite die reeks val waarin die normale tipes lê nie.

Volgens die kwaliteitsindeling op die diagram kan vier tipes grondwater herken word wat ooreenstem met die tipes wat in die voor-Kalaharigesteentes voorkom.

Tipe A. Grondwater in gebiede van direkte aanvulling

Dit sluit in grondwater in gebiede waar daar direkte aanvulling vanaf die oppervlak plaasvind uit reën, of uit vloedwaters in die bologe van riviere, waar gereelde jaarlikse vloede voorkom.

Hierdie tipe water het 'n sekondêre alkaliniteit (tydelike harde water). In die kationverhoudings is Na minder as Ca of Mg. In die anioonverhoudings is HCO_3 heelwat meer as Cl. Behalwe in die bologe van riviere wat gereeld afkom, kom die water voor waar die grondwatervlak vlakker as 15 m is.

Die tipe water kom voor in die boloog van die Moshaweng-rivier (stroomop van Laxey) en in die bodeel van die Moloporivier (stroomop van Kirstonia). Dit kom ook voor in die Morokwengebied net noord van die Phepanelaagte in die Morokwenreservaat waar die watervlak vlakker as 15 m is en in die Tsinengebied oos van Tsineng, waar die watervlak vlakker as 15 m is.

Die kwaliteit van die water is volgens die indeling van Bond (1947) gewoonlik van Klas C wat 'n tydelike harde water is. Die totale opgeloste stowwe is gewoonlik tussen 350 en 550 d.p.m.

Tipe B. Aanvulling in benedelope van riviere tydens vloede en laterale aanvulling deur Kalaharilae vanaf aanvullingsgebied in Kalaharilae.

Hierdie tipe water kom voor in die Kalaharilae in die benedelope van riviere wat deur die vloedwaters net nou en dan bereik word, of in gebiede waar die grondwater lateraal aangevul word deur die Kalaharilae vanuit gebiede van aanvulling. Hierdie tipe grondwater kom voor in die Moshawengrivier stroomaf van Laxey en in die Moloporivier stroomaf van Smaldeel. Dit kom ook voor in die Morokwengebied, langs die Phepanelaagte in Morokwengreservaat, wes van die Moshawengrivier in die Aansluitgebied en in die gebied net noord al langs die Moshawengrivier.

Die water het gewoonlik 'n primêre alkaliniteit en is m.a.w. 'n alkaliese bikarbonaatwater. In die kationverhouding is Na oorwegend en in die anioonverhouding is HCO_3 oorwegend.

Volgens die indeling van Bond (1947) is die water van Klas D, 'n alkaliese bikarbonaatwater. Die T.O.S.-konsentrasie is gewoonlik tussen 500 en 1 100 d.p.m.

Tipe C. Laterale aanvulling vanaf aanvullingsgebied op vaste gesteentes.

Hierdie tipe water kom voor waar daar direkte laterale aanvulling vanaf die aanvullingsgebied op voor-Kalaharigesteentes na die Kalaharilae plaasvind. Sulke water kom voor in die Vergeleëgebied suid langs die Moloporivier en in die Westelike en Oostelike Gamogargebied asook langs die Gamogarrivier.

Die water het gewoonlik 'n sekondêre saliniteit. (Permanente harde water). Die katione Ca en Mg is oorwegend en HCO_3 en Cl is ongeveer in gelyke konsentrasies.

Volgens die indeling van Bond (1947) is die water van Klas C of Klas B. Die T.O.S.-konsentrasies is gewoonlik tussen 500 en 700 d.p.m.

Tipe D. Laterale aanvulling oor groot afstande deur soliede gesteentes.

Hierdie tipe water kom voor waar laterale aanvulling na die Kalaharilae plaasvind deur die onderliggende gesteentes oor lang afstande vanaf die aanvullingsgebied. Dié tipe kan vir alle praktiese redes as fossielwater beskou word. Die T.O.S.-konsentrasies varieer tussen ongeveer 800 en 6 000 d.p.m.

Die water het gewoonlik 'n hoë primêre saliniteit, aangesien Na en Cl oorwegend is in die kation- en anioonverhoudings.

Die tipe water kom voor langs die Kurumanrivier, in die Berylgebied, Cullinangebied, Vorstershoopgebied, Mannerheimgebied, Terra Firmagebied, Heuningvleigebied en in die Kgokgolegebied.

Volgens die klassifikasie van Bond (1947) is die water van Klas A, nl. 'n sterkgeminaliseerde chloor-sulfaat water.

8. GRONDWATERAANVULLING

8.1 Aspekte van grondwateraanvulling

8.1.1 Algemeen

Daar is twee basiese gedagtes wat in enige grondwaterstudie prominent na vore tree met betrekking tot die benutting van 'n bron - wat tog die uiteindelijke doel van enige grondwaterstudie is. Die basiese antwoorde wat verskaf moet word gaan om (i) hoeveel water is beskikbaar in die gebied of formasie, (ii) hoeveel van die water kan benut word of onttrek word en (iii) hoeveel kan op die lang duur onttrek word sonder om die bron te benadeel.

Die hoeveelheid grondwater wat beskikbaar is sal afhang van die effektiewe stoorkapasiteit van die formasie en die normale aanvulling. Hierdie voorraad kan natuurlik nie alles benut word nie. Die hoeveelheid wat wel benut kan word, of grondwaterpotensiaal, sal afhang van die effektiewe stoorkapasiteit en die permeabiliteit van die waterdraer, die aanvulling en ekonomiese oorwegings soos die lewering van boorgate en kwaliteit van die water. Die grondwaterpotensiaal kan beskou word as die hoeveelheid grondwater wat beskikbaar is vir onttrekking en gebruik sonder inagneming van enige lang- of korttermyn invloede op die grondwaterbron en kan vergelyk word met toestande waartydens grondwater eenvoudig gemyn word.

Die ontginningspotensiaal of veilige lewering (Enslin, 1970) (Todd, 1959) van 'n gebied kan beskou word as die hoeveelheid grondwater wat oor 'n lang tydperk uit die gebied onttrek kan word sonder om die voorraad enigsins nadelig te beïnvloed, m.a.w. sonder om 'n konstante verlaging van die watervlak te veroorsaak en sonder om die lewerings van die gate en die kwaliteit nadelig te beïnvloed. Hierdie potensiaal sal hoofsaaklik afhanklik wees van die effektiewe stoorkapasiteit en permeabiliteit van die waterdraer en die aanvulling wat plaasvind. Basies val die klem op aanvulling; permeabiliteit en stoorkapasiteit is sekondêre faktore wat die ekonomie van die ontwikkeling van die bron sal bepaal. Indien die permeabiliteit laag is en die stoorkapasiteit is laag is daar byv. relatief meer boorgate nodig om die grondwater te benut. As gevolg van hierdie faktore is dit dalk nie moontlik om die bron ekonomies te benut nie.

Die normale aanvulling is van 'n hele reeks faktore afhanklik (Van Eeden, 1955), nl.

1. Die hoeveelheid reën wat oor die seisoen val indien aanvulling as 'n seisoenseffek beskou word.
2. Die intensiteit van die reënval, m.a.w. die intensiteit van individuele buie. Groter intensiteit veroorsaak afloop van een plek om konsentrasies op 'n ander plek te bewerkstellig en om sodoende 'n verhoogde aanvulling in hierdie lokaliteite te bewerkstellig. Plante, aan die ander kant, onderskep 'n sekere deel van die reën wat val. Volgens Tison (1957, p. 70) kan hierdie intersepsie bereken word volgens die formule

$$I = (a + bP^n)C \text{ waar}$$

a = 'n faktor van 0,005xh (h = hoogte van plante in vt.)

b = 'n faktor van 0,08xh (h = hoogte van plante in vt.)

n en C = konstantes gelyk aan 1 in die geval van gras en P = intensiteit van bui in duim.

Die formule is geldig vir buie van ongeveer 30 mm en minder.

Die gemiddelde reënval in die Kurumangebied is 446 mm per jaar en by Mafeking 556 mm per jaar (kyk Fig. 5). By Kuruman is daar gemiddeld 46 reënbuie per jaar en by Mafeking gemiddeld 56 wat 'n gemiddelde intensiteit van ongeveer 10 mm per bui gee (0,4 duim).

In die Kalaharigebied wat grootliks grasbedek is, is

$$I = 0,005 \times 2 + 0,08 \times 2 \times 0,4$$

$$= 0,01 + 0,064$$

$$= 0,074 \text{ duim} = 2 \text{ mm.}$$

Teen 'n intersepsie van 2 mm per buie is daar 'n intersepsie van 20 persent. Die effektiewe reënval by Kuruman is dus ongeveer $446 - 89 = 357$ mm en by Mafeking is dit $556 - 111 = 445$ mm per jaar.

3. Die seisoensverspreiding van reënval en klimaat veroorsaak dat aanvulling in gebiede wat winterreën kry baie hoër sal wees as in gebiede met somerreëns as gevolg van die kleiner mate van evapotranspirasie.

4. Topografie speel eweeens 'n belangrike rol deurdat daar konsentrasie van reënwater in lokale plekke ontstaan wat die mate van aanvulling verhoog.
5. Die aard van die oppervlakbedekking speel ook 'n baie groot rol in grondwateraanvulling. Hierdie is 'n baie belangrike faktor in die Kalahari wat grootliks met sand bedek is. Die porositeit en dikte van die sand en die lae intensiteit van die reënval veroorsaak dat die aanvulling tot die grondwater moontlik omtrent nul is waar die sand dikker as 15 m is, soos reeds bespreek in vorige hoofstukke 5.32 en 7.1.4.
6. Plantegroei is belangrik deurdat die blare reënwater onderskep (kyk paragraaf 2) maar hoofsaaklik deurdat dit grondwater of water wat op pad is na die grondwatervlak transpireer. Volgens lisimetertoetse (Theron, sonder datum) bereik 12 persent van die reënwater 'n diepte van 1,2 m in 'n kaal geploegde land terwyl net 3 persent van die reënwater 'n diepte van 1,2 m bereik in 'n mielieland. Agtentagtig persent van die reënwater wat insyfer verdamp voor 'n diepte van 1,2 m bereik is en 9 persent van hierdie water word getranspireer. In natuurlike grasveld sonder enige afloop bereik net 2 persent van die reënwater 'n diepte van 1,2 m terwyl 98 persent verlore gaan deur evapotranspirasie. Whiplinger (1953) het bepaal dat die boonste 1 m van sandge vulde rivierlope en damme in Suidwes-Afrika onderhewig is aan verdampingsverliese. Volgens Pike (1965) het navorsing deur O'kiep Copper Company, in die Buffelsrivier, Namakwaland, bepaal dat die kapillêre rand vanwaar verdamping plaasvind beperk is tot 0,18 m in growwe sand, 0,43 m in middelkorrelrige sand, 0,67 m in fynkorrelrige sand en 2,03 m in rimmerslik.

Volgens watervlakmetings by Bloemendal (Kok, 1976) het wattelbome 'n duidelike effek van transpirasie getoon op die grondwatervlak by 'n diepte van 8 m.

Boomwortels is in boorgate getref op dieptes van tot 50 m in boorgate langs die Kurumanrivier wes van Vanzylsrus. Van Wyk (1963, p. 94) maak melding van boomwortels wat in boorgate op 'n diepte van 24 m getref is. Hy noem ook dat die watervlak omtrent 12 m gestyg het in dele in die omgewing van False Bay wat ontbos is vir die aanplanting van pynappels en dat sekere freatofitiese boomsoorte 'n duidelike invloed op die grondwatervlak het op 'n diepte van tot 33 m.

Nieteenstaande die invloed van baie faktore is dit van die grootste belang om te bepaal onder watter toestande aanvulling in die Molopogebied plaasvind en om dit kwantitatief te bepaal indien moontlik.

8.1.2 Infiltrasie

In die sandbedekte dele van die gebied is dit 'n algemene bekende praktyk om die sterkte van 'n individuele reënbus te meet aan die diepte van die sand wat benat is, m.a.w. wat deur die reën tot op veldkapasiteit gebring is. Hierdie verhouding is 1:12 wat beteken dat 10 mm reën 120 mm sand benat. Schalk (1961) het 'n verhouding van 1:10 in die Uhlenhorstgebied in Suidwes-Afrika aanvaar. Die retensievermoë of veldkapasiteit van die sand is dus omtrent tussen 8 en 10 persent.

Martin (1961) beweer dat by 'n bedekking van 6 m sand, soos aangetref word in die Kalahari by Gobabis in Suidwes-Afrika, alle insyfering uit 'n reënbus van 500 mm deur evapotranspirasie verlore gaan sonder om die grondwater enigszins aan te vul. Martin (1961) staaf hierdie bewering met die feit dat absoluut geen grondwater, nie eers lokale akkumulاسies, bo-op die onderliggende Klei van die Formasie Kalahari aangetref word nie. Dit is egter myns insiens moontlik dat aanvulling kan plaasvind deur 6 m Kalaharilae by sekere plekke as gevolg van konsentrasies van reënwater deur afloop.

In dagsoomgebiede van die ouer gesteentes wat almal 'n sekondêre porositeit het vind infiltrasie langs nate plaas om sodoende dan die grondwatervlak direk te bereik. 'n Deel van die reënwater sal egter nodig wees om die dun wisselvallige grondbedekking tot veldkapasiteit te bring. Die plante sal 'n deel hiervan transpireer en verdamping sal steeds plaasvind uit die bolaag. Aangesien daar 'n relatiewe kleiner porositeit in die bolaag van genaatte gesteentes is sal 'n relatiewe groter deel van die infiltrasie die grondwatervlak bereik as in gebiede waar die oppervlakbedekking sanean is.

8.1.3 Invloed van die Kalaharilae op grondwateraanvulling

In die Molopogebied is ongeveer 75 persent van die oppervlakte bedek met sand (kyk Fig. 11) wat tussen 0 en 15 m dik is (kyk hoofstuk 3.19). Die sand vorm deel van die Kalaharilae en bedek oral die onderliggende sandsteen en klei wat gewoonlik geheel of gedeeltelik verkalk is. Die lae is van Tersière ouderdom en het 'n primêre poreusheid. Die klei het 'n baie lae permeabiliteit. Die dikte van die Kalaharilae, insluitende die sand, sal oral 'n baie groot invloed hê op die natuurlike aanvulling van die grondwater vanaf die oppervlak uit reën.

Vir 'n veldkapasiteit van 10 persent sal 100 mm reën net 1 m sand benat. Indien die totale jaarlikse reën van 'n maksimum van 500 mm in een reënbui sou val, sal dit hoogstens 5 m tot veldkapasiteit kan bring. Indien die sand dus dikker as 5 m is sal daar geen infiltrasie na die onderliggende gesteentes plaasvind om langs nate die grondwatervlak bereik nie.

As die dikte van die Kalaharilae (kyk Fig. 15) in aanmerking geneem word asook die veldkapasiteit van die bedekking (10 persent), die moontlike diepte vanwaar die natuurlike plantegroei grondwater kan benut (33 m en dieper) en die effek van verdamping uit die bolaag (1 m), in verhouding tot die algemene reënval (300 tot 500 mm per jaar) en intensiteit van buie (10 mm) is dit duidelik dat in die grootste deel van die gebied daar moontlik min aanvulling tot die grondwatervlak uit reën plaasvind.

8.1.4 Diepte van watervlak as aanduiding van grondwateraanvulling

Soos reeds aangedui in hoofstuk 5.1 word die vlakste grondwatervlak aangetref in dagsoomgebiede (kyk Fig. 35) of waar die dikte van die Kalaharilae (kyk Fig. 15) in die algemeen dunner as 15 m is. Daar behoort dus 'n verhouding te wees tussen diepte van die watervlak en die dikte van die Kalaharilae in die algemeen.

8.1.4.1 Verhouding tussen diepte van grondwatervlak en dikte van Kalaharilae

In 'n formasie met 'n lae deurlatentheid sal die grondwatervlak naastenby die topografie volg indien daar oral aanvulling vanaf die oppervlak plaasvind. Indien aanvulling nie oral plaasvind nie sal die grondwatervlak die hoogste (of vlakste) wees waar daar wel aanvulling

plaasvind (kyk hoofstuk 5.1). Die graniet is in die algemeen (kyk hoofstuk 4.2.2.5) 'n baie ondeurlatende gesteente en dit kan verwag word dat aanvulling aangedui sal word deur die diepte van die grondwatervlak. Die verhouding tussen die dikte van die Kalaharilae op graniet en die diepte van die watervlak is op Figuur 111 uitgestip. Hiervolgens is daar 'n verandering in die gradiënt van die lyn wat die verhouding aantoon; by 'n dikte van die Kalaharilae van ongeveer 15 m, wat moontlik aandui dat daar 'n verandering in die algemene aard van die grondwateriaanvulling plaasvind by hierdie dikte van die bedekking. Hierdie is moontlik die maksimum-diepte waarby daar nog aanvulling tot die grondwater plaasvind.

8.1.5 Vlak grondwatervlak in Kalaharilae as aanduiding van aanvulling

Die grondwatervlak is gewoonlik baie diep waar dit in Kalaharilae geleë is (kyk Fig. 23 en Fig. 35) en die Kalaharilae in die komme vorm sponse waarnatoe die grondwater vanuit die aangrensende formasies dreineer (kyk hoofstuk 5.4.1 en Figure 16, 17 en 37). In al hierdie gebiede word nooit enige water bokant die kleilaag in boorgate getref nie, wat duidelik wys dat daar geen direkte aanvulling vanaf die oppervlak is nie, soos ook deur Martin (1961) gevind is in die Kalaharilae in die Gobabisgebied.

Plekke waar water op 'n relatiewe klein diepte in dik Kalaharilae gevind word is waar daar direkte aanvulling vanaf die oppervlak plaasvind, soos uit die Moloporivier en die Moshawengrivier tydens vloede. In die Moshawengrivier is daar byv. 'n tydelike verhewe watervlak (± 2 m) in die rivierafsettings wat d.m.v. putte benut word, maar wat gewoonlik 'n paar maande na die laaste reëns verdwyn. Die kleilaag is in hierdie deel gewoonlik op riviervlak (kyk Fig. 17 K).

Die watervlak is nie so vlak in die Moloporivier (± 60 m) as in die Moshawengrivier nie omdat daar langs die rivier 'n dik sandsteen van die Kalaharilae onder die sand en direk bo-op die onderliggende ouer gestente voorkom (kyk Fig. 16 A, 16B, 16C). Die watervlak is egter relatief vlakker langs die rivier as verder weg.

Die ander plekke waar aanvulling vanaf die oppervlak in Kalaharilae dikker as 15 m plaasvind is in die Morokwenreservaat, oos en suidoos van Tsieneng en net noord van Sishen, waar kalkreet aan die oppervlak voorkom (kyk Fig. 11) sonder 'n bedekking van sand. In hierdie plekke is die

grondwatervlak vlakker as 15 m en vind aanvulling uit reën plaas. In al hierdie plekke is die Kalaharilae dikker as 15 m en sou daar onder normale omstandighede moontlik nie aanvulling plaasgevind het nie as dit nie was vir die blootlegging van kalkreet nie. Hierdie is eintlik die teenoorgestelde as wat Martin (1961, p. 457) postuleer in die Gobabisgebied, nl. dat die beste aanvulling op die Kalaharilae plaasvind waar die kalkreet bedek is met minder as 1,2 m sand, aangesien die watervlak daar die vlakste is. Die geval is moontlik eerder dat daar wel 'n hoër persentasie aanvulling op die blootgelegde kalkreet plaasvind as op die deel waar dit 1,2 m sand bedek is, maar dat die verdamping uit die kalkreet onder die sand minder is as waar die kalkreet blootgelê is.

8.1.6 Aanvulling aangedui deur kwaliteit van grondwater

'n Ontleding van die chemiese kwaliteit van die grondwater wat in die verskillende formasies en onder verskillende omstandighede aangetref word is in hoofstuk 7.17 en 7.19 saamgevat. Hiervolgens is die grondwater wat in die gesteentes oer as die Kalaharilae voorkom (hoofstuk 7.17 en Fig. 90) tydelike harde waters waar dit in die dagsoomgebiede voorkom of waar die formasie bedek is met Kalaharilae dunner as 15 m. Waar die bedekking meer as 15 m is het die water gewoonlik 'n primêre of 'n sekondêre saliniteit. Grondwater wat uit vloede in die riviere aangevul word is gewoonlik tydelike harde waters. Water wat in die benedelope van die riviere ongereeld aangevul word is gewoonlik herkenbaar as waters met 'n primêre alkaliniteit. Hierdie tipe water kom voor in die oer formasies in die laer dele van die Moloporivier en die Moshawengrivier.

Socs beskryf in hoofstuk 7.19 (kyk ook Fig. 110) verskil grondwater van die Kalaharilae wat direk vanaf die oppervlak aangevul word as kwaliteit van die wat lateraal aangevul word. Grondwater wat direk vanuit reëns of gereelde vloede aangevul word is gewoonlik 'n tydelike harde water. Hierdie water word aangetref in die bolope van die Moshawengrivier en Moloporivier en in die kalkreet in die Morokwenreservaat en in die gebied oos van Tsieneng. Ongereelde en swak aanvulling uit vloede in die benedelope van die Molopo- en Moshawengrivier lewer 'n water met 'n kwaliteit tussen 'n tydelike harde water en water met 'n primêre alkaliniteit.

Indien dit lateraal deur die onderliggende formasies aangevul word vanaf die Kalaharilae het dit of 'n primêre saliniteit of het dit 'n kwaliteit tussen 'n sekondêre alkaliniteit en 'n sekondêre saliniteit.

8.1.7 Aanvulling volgens skommeling in grondwatervlak

'n Ontleding van die grondwaterskommeling volgens gereelde watervlakmetings in boorgate in gebiede waar die watervlak in die oer formasies is onder verskillende diktes van Kalaharilae is in hoofstuk 5.3.2 bespreek. Volgens die gegewens is daar blykbaar geen direkte verband tussen reënval en die watervlakverandering nie waar die grondwatervlak in die onderliggende formasies is en die bedekking meer as 10-20 m is nie (kyk Fig. 51). Daar is wel 'n korrelasie tussen watervlakskommeling en reënval by watervlakdieptes kleiner as 10-20 m. Dit is ook bepaal dat die invloed van reën op die grondwatervlak in gebiede waar die bedekking minder as 10-20 m is, ongeveer 3 keer kleiner is as wat dit in die dagsoomgebiede is.

8.1.8 Omlýning van gebiede waar aanvulling plaasvind

Uit die voorafgaande hoofstukke kan dit aanvaar word dat daar aanvulling tot die grondwatervlak voorkom in die volgende gebiede:

1. In dagsoomgebiede van gesteentes oer as die Kalaharilae.
2. In gebiede waar die watervlak in die oer gesteentes is en die bedekking van Kalaharilae dunner as 15 m is.
3. In gebiede waar die watervlak in kalkreet van die Kalaharilae is en vlakker as 15 m is.
4. In riviere uit vloedwaters wat met tye afkom (Moloporivier en Moshawengrivier).

Die gebiede (uitgesonderd die rivierbeddings van die Molopo- en Moshawengrivier) is op Figuur 112 aangedui. Indien die jaarlikse gemiddelde aanvulling uitgedruk as 'n persentasie van die jaarlikse gemiddelde reënval bekend is kan die jaarlikse totale aanvulling kwantitatief bereken word in die verskillende gebiede.

8.2 Grondwateraanvulling in verhouding tot reënval

8.2.1 Aanvulling in Moloporivier

In hoofstukke 7.13, 7.18.10, 8.1.5 en 8.1.6 is aangedui dat daar aanvulling tot die grondwater in Kalaharilae plaasvind vanuit die lope van die Molopo- en Moshawengrivier. Op Fig. 112 kan gesien word dat daar byna geen aanvulling in die Molopo-grondwatereenheid is nie, as gevolg van die gebrek aan dagsome van die ouer gesteentes en ook as gevolg van die dik bedekking van Kalaharilae. Die Moloporivier vloei by tye en aanvulling moet plaasvind soos aangedui deur die kwaliteit van die water in boorgate langs die rivier (kyk Fig. 61).

8.2.1.1 Vloei van rivier gedurende 1973/74-seisoen

Die Moloporivier het gedurende die 1973/74-seisoen die eerste keer gevloei vanaf die middel tot die einde van November 1973, as gevolg van goeie reëns in die opvanggebied in die Mafekinggebied. Die vloed het die plaas Daly's Pan (16 M) bereik nadat die dam by Mabule (16 N) met 'n berekende inhoud van $0,56 \times 10^6 \text{ m}^3$, oorgeloop het. Die rivier het ongeveer oor 'n afstand van 60 km gevloei, bereken vanaf die laaste dagsome by Phitshane (16 Q).

Die tweede vloed het vanaf die middel van Desember 1973 tot in die middel van Januarie (30 dae) geduur en die water het vanaf Daly's Pan tot op Good Hope wes van Kirstonia gevloei nadat die dam op Blackheath (16 L) met 'n berekende inhoud van $1,68 \times 10^6 \text{ m}^3$, oorgeloop het. Die vloed was hoofsaaklik afkomstig uit die opvanggebied van die Setlagolerivier en het oor 'n afstand van 165 km gevloei, bereken vanaf die laaste dagsome by Logaging (15 O).

'n Derde vloed het voorgekom vanaf die middel van Januarie 1974 tot die 13 Maart 1974, die datum waarop die vloed Koedoesdraai (18 D) 100 km wes van Good Hope bereik het. Die water het oor 'n afstand van 300 km beweeg en was afkomstig uit die opvanggebied van die Setlagolerivier en Moloporivier.

Skrywer het gedurende Maart 1974 die gebied besoek en terwyl die water nog by Blackheath oor die damwal gevloei het, het die punt van die vloed glad nie meer beweeg nie (Smit, 1974).

8.2.1.2 Berekening van totale volume van vloed en insyfering uit rivier

Op die 13de Maart 1974 is die merkwaardige toestand tydens die derde vloed bereik waartydens die vloei by die oorloop van die dam op Blackheath, gemeet is as $0,109 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$, terwyl die punt van die vloedwater wat Koedoesdraai, 190 km vanaf Blackheath, bereik het gladnie meer verder beweeg het nie. 'n Toestand is toe m.a.w. bereik waar die verliese uit die rivier as gevolg van insyfering (Q_s) en evapotranspirasie (Q_v) gelyk was aan $0,109 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ oor die afstand van 190 km, wat gelyk is aan $574 \text{ m}^3/\text{d}/\text{km}$.

Verdamping in die gebied is gemiddeld $2286 \text{ mm}/\text{j}$ (kyk Fig. 5) of 6 mm per dag. Die gemiddelde wydte van die rivier oor die afstand is $+ 30 \text{ m}$. Die totale verdamping (transpirasie buite rekening gelaat) is dus ongeveer $0,03 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ of $158 \text{ m}^3/\text{d}/\text{km}$.

Die verliese aan insyfering (Q_s) alleen is dus $574 - 158 \text{ m}^3/\text{d}/\text{km}$ of $416 \text{ m}^3/\text{d}/\text{km}$ wat ongeveer 72 persent van die totale verliese uit die rivier is.

Die volume van die vloed kan dus bereken word op grond van die tempo waarteen die verliese ($Q_s + Q_v$) plaasvind, vermenigvuldig met die tydsduur (t) wat die tyd is wat dit die vloed geneem het om die eindpunt te bereik, plus die tyd wat dit sal neem vir die water wat dan nog in die rivier is om weg te syfer en te verdamp, plus die volumes van die damme by Mabule en Blackheath.

Die tyd wat dit neem vir die vloedwater om die eindpunt te bereik kan bereken word van die afstand (a) waaroor die water gevloei het en die spoed van die stroom.

Dit is vasgestel dat die eerste vloed 7 dae geneem het om van Daly's Pan na Redmondshoek, 'n afstand van 28 km te beweeg, wat 'n spoed van $4 \text{ km}/\text{dag}$ is. Die tweede vloed het 22 dae geneem om van Blackheath tot by Good Hope te beweeg, 'n afstand van 100 km, wat 'n spoed van $4,5 \text{ km per dag}$ is. Die derde vloed het 40 dae geneem om vanaf Good Hope na Koedoesdraai te beweeg wat 'n spoed is van $2,5 \text{ km}/\text{dag}$. Die spoed waarteen die vloedwater van 'n individuele vloed beweeg is dus gemiddeld $3,7 \text{ km}/\text{dag}$. Dit neem die vloedwater dus $\frac{a}{3,7}$ dae om 'n afstand a te vloei.

Nadat die vloedwater die eindpunt bereik het is daar steeds water in die rivier. Die gemiddelde diepte is ongeveer 0,3 meter en die wydte 30 m. Daar is dus ongeveer $1000 \times 30 \times 0,3 = 9000 \text{ m}^3$ water in die rivier per km. Teen 'n verliestempo van $574 \text{ m}^3/\text{d}/\text{km}$ sal dit dus 16 dae duur vir die water om te verdwyn nadat die vloedwater tot stilstand gekom het. Die volle tydsduur van die vloed sal wees $(\frac{a}{3,7} + 16)$ dae.

In die Moloporivier is twee stoordamme nl. by Mabule met 'n kapasiteit van $0,56 \times 10^6 \text{ m}^3$ en by Blackheath met 'n kapasiteit van $1,68 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Indien die volume van die vloed bereken word in gevalle waar die damme voegeloop het sal hierdie volumes in berekening gebring moet word.

Die totale vloed se volume kan dus bereken word volgens die formule $Q_s + Q_v \times a \times t + Q_M + Q_B$ waar

Q_s = Tempo van insyfering uit rivier nl. $416 \text{ m}^3/\text{d}/\text{km}$

Q_v = Tempo van verdamping uit rivier nl. $158 \text{ m}^3/\text{d}/\text{km}$

a = afstand waaroor water gevloei het, gemeet vanaf Phitshane op die Moloporivier of Logaging op die Setlagolerivier.

t = tyd wat dit geneem het vir die vloed om sy eindpunt te bereik en vir die water om daarna heeltemal op te droog, met $t = (\frac{a}{3,7} + 16)$

A_M = volume van dam by Mabule = $0,56 \times 10^6 \text{ m}^3$

Q_B = volume van dam by Blackheath = $1,68 \times 10^6 \text{ m}^3$

Insyfering sal wees

$$Q_s \times a \times t + (Q_M + Q_B) \times \frac{72}{100} \quad \text{en}$$

Verdamping sal wees

$$Q_v \times a \times t + (Q_M + Q_B) \times \frac{28}{100}$$

Die totale volume van die drie vloede is hiervolgens bereken as $24 \times 10^6 \text{ m}^3$.

8.2.1.3 Herhaling van vloede

Die vloedwaters van die Moloporivier is afkomstig uit die opvanggebiede van die Moloporivier self in die omgewing van Mafeking en uit die opvanggebied van die Setlagolerivier in die omgewing van Setlagole, 'n gebied wat gesamentlik ongeveer 8366 km^2 beslaan. Die gemiddelde reënval in die opvanggebied is 511 mm per jaar soos bereken volgens reënvalsifers (Weerburo, 1965) by weerstasie Mafeking (508/261) en Setlagole (470/196).

Die reënval vir 1973/74 in die gebied wat 'n totale vloed van $24 \times 10^6 \text{ m}^3$ veroorsaak het was 624 mm.

In die afgelope 14 jaar het die Moloporivier in werklikheid 5 keer tot by Kirstonia gevloei, 3 keer tot by Watersend en net een keer tot by Arizona. Die vloedwaters het Arizona nog net 2 keer in menseheugenis bereik nl. in 1870 en in 1967. Vloedwaters bereik die samevloeiing van die Setlagole en Moloporiver omtrent elke tweede jaar.

8.2.1.4 Vloedvolumes uitgedruk as persentasie van reënval in opvanggebied

Die jare wat die Moloporivier afgekome het stem ooreen met die reënval in die opvanggebied bokant die gemiddeld van 511 mm.

Die reënval vir die jare 1960-1974 met die tye en afstande wat die Moloporivier gevloei het word op Tabel 80a saamgevat. Die rivier vloei net in die jare met 'n reënval bo die gemiddeld, soos te wagte kan wees vir 'n rivier wat nie standhoudend is nie. Vloede het voorgekom in 1961, 1963, 1967, 1971, 1972 en 1974.

Die volumes van die verskillende vloede wat voorgekom het is bereken volgens die formule gegee in hoofstuk 8.2.1.2. Hiervolgens was die volumes van die verskillende vloede in die algemeen 1,5 persent van die reënval bokant die langtermyn-gemiddeld. Die afloop uitgedruk as 'n gemiddelde jaarlikse volume is ongeveer 0,2 persent van die gemiddelde jaarlikse reënval oor die langtermyn (511 mm).

Hierdie afloop kan moontlik gebruik word om die afloop uit die Moshawengrivier se opvanggebied te bereken.

8.2.1.5 Berekening van aanvulling

Dit word aanvaar dat al die infiltrasie uit die vloedwater die grondwater aanvul en dat evapotranspirasie nie 'n belangrike rol speel nie. Die infiltrasie kan bereken word as $(Q_s) \times a \times t + (Q_M + Q_B) \times \frac{72}{100} \text{ m}^3$ en sal dus 'n maksimum wees.

Die totale aanvulling uit die rivier tussen 1960 en 1974 is hiervolgens bereken as $78,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ of $5,60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$.

Hierdie aanvulling is net 0,13 persent van die gemiddelde reënval in die opvanggebied.

Tabel 81. — Vloedvolumes van Moloporivier in verhouding tot reënval in opvanggebied

Jaar	Reënvalstasies		Gem. reënval in opvanggebied (mm)	Reënval bokant gemiddeld van 511 mm (mm)	Voorkoms van vloed		Volume van vloed (Afloop) m ³ x 10 ⁶	Volume reën bokant gem. in opvanggebied m ³ x 10 ⁶	Vloedvolume (afloop) as persentasie van reënval bo gemiddeld	Infiltrasie uit vloed m ³ x 10 ⁶	Aanvulling per km uit rivier m ³ x 10 ⁶
	Mafe-king	Setlag-ole			Plek bereik	Afstand gevloei (km)					
	Reënval (mm)										
1960/61	832	726	779	268	Water-send	355	25,1	2271	1,1	18,1	0,05
1961/62	408	513	460	-	-	-	-	-	-	-	-
1962/63	519	536	528	17	Same-vloei-ing	60	3,3	142	2,3	2,4	0,04
1963/64	487	286	387	-	-	-	-	-	-	-	-
1964/65	469	412	441	-	-	-	-	-	-	-	-
1965/66	455	387	421	-	-	-	-	-	-	-	-
1966/67	798	610	704	293	Ariz-ona	415	32,7	2451	1,3	23,7	0,06
1967/68	467	469	468	-	-	-	-	-	-	-	-
1968/69	413	444	428	-	-	-	-	-	-	-	-
1969/70	396	296	346	-	-	-	-	-	-	-	-
1970/71	594	513	554	42	Kirs-tonia	205	10,6	351	3,0	7,7	0,04
1971/72	707	717	712	201	Water-send	355	25,1	1681	1,5	18,1	0,05
1972/73	377	292	334	-	-	-	-	-	-	-	-
1973/74	605	643	624	113	Daly's Pan Good Hope Koedoes-draai	305	24,0	945	2,5	17,5	0,06
Totaal			-	-	-	-	120,8	7841	-	78,5	-
Gemiddeld per jaar				511			8,6		1,5 ^{**}	5,6	-

♠ Opvanggebied = 8366 km²

♣ Berken volgens $Q_s \times a_{xt} + \frac{72}{100} (Q_M + Q_B)$

* Bereken volgens $(Q_s + Q_v) \times a_{xt} + (Q_M + Q_B)$

** Gemiddeld vir reënval meer as 511 mm per jaar

Die aanvulling is natuurlik nie eweveel oor die hele lengte van die rivier nie, hoewel dit gemiddeld $0,05 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}$ is in die verskillende jare wat die rivier gevloei het.

Die Moloporivier het 6 keer in die 14 jaar (kyk Tabel 81) gevloei tot by die samevloeiing (oor 60 km) met die Setlagolerivier. Die aanvulling was dus $0,05 \times 6 = 0,30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/14$ jaar, of $0,021 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/\text{jaar}$.

In die deel van die rivier tussen die samevloeiing en Kirstonia (oor 145 km) het die rivier 5 keer in 14 jaar gevloei, wat 'n totale aanvulling van $5 \times 0,05 = 0,25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/14$ jaar is, of $0,0185 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/\text{jaar}$.

In die deel van die Moloporivier tussen Kirstonia en Watersend (150 km) het die rivier 3 keer gevloei met 'n totale aanvulling van $3 \times 0,05 = 0,15 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/14$ jaar, of $0,011 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/\text{jaar}$.

In die benedeloop van die rivier tussen Watersend en Arizona (60 km) het die rivier net een keer oor die afgelope 100 jaar gevloei. Die aanvulling was dus $1 \times 0,05 = 0,05 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/100$ jaar, of $0,0005 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}/\text{jaar}$.

8.2.2 Aanvulling in Moshawengrivier

Die vloede wat met die Moshawengrivier afkom kan bereken word op 'n soortgelyke basis as beskryf vir die Moloporivier, nl. as 1,5 persent van die reënval bokant die gemiddeld in 'n gebied van 2325 km^2 wat die opvanggebied in die dagsoomgebied beslaan.

Die gemiddelde reënval by weerstasie Bothithong (kyk Fig. 5) is 420 mm (Weerburo, 1965).

Die gegewens wat betrekking het op die afloop uit die opvanggebied is op Tabel 81 saamgevat.

Die Moshawengrivier het in werklikheid 5 keer gevloei tussen 1960 en 1974 (kyk hoofstuk 2.2) tot ongeveer by Severn en net twee keer (1967 en 1974) tot by Vanzylarus. In 1974 het dit selfs verder as Vanzylarus gevloei. Die totale vloedvolumes oor die afgelope 14 jaar is $41,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ of $3,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$.

Volgens Tabel 81 is die aanvulling in die Moloporivier omtrent 65% van die totale vloedvolumes en indien dit op die Moshawengrivier toegepas word is die totale aanvulling oor die 14 jaar ongeveer $27,1 \times 10^6 \text{ m}^3$, of $1,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$.

Tabel 82.- Vloedvolumes van Moshawengrivier volgens reënval in opvanggebied

Jaar	Jaarlikse reënval Bothithong (mm)	Reënval bokant gem. van 420 mm (mm)	Volume reën bokant gem. m ³ x 10 ⁶	Afloop as 1,5% van reën bokant gem. m ³ x 10 ⁶	Afstand. gevloei en plek (benaderd)	Aanvulling as 65% van afloop in m ³ x 10 ⁶	Aanvulling per km m ³ x 10 ⁶
1960/61	468	48	112	1,7	Severn (110)	1,1	0,01
1961/62	255	-	-	-	-	-	-
1962/63	612	192	446	6,7	Eldorado (130)	4,4	0,03
1963/64	219	-	-	-	-	-	-
1964/65	178	-	-	-	-	-	-
1965/66	340	-	-	-	-	-	-
1966/67	633	213	495	7,4	Vanzylsrus (210)	4,8	0,02
1967/68	385	-	-	-	-	-	-
1968/69	259	-	-	-	-	-	-
1969/70	330	-	-	-	-	-	-
1970/71	490	70	163	2,4	Severn (110)	1,6	0,01
1971/72	692	272	632	9,5	Severn (110)	6,2	0,06
1972/73	253	-	-	-	-	-	-
1973/74	818	398	925	13,8	Vanzylsrus en verder (210+)	9,0	0,04
Totaal		-	-	41,5	-	27,1	-
Gemiddeld per jaar		-	-	3,0	-	1,9	-

Die aanvulling is 'n gemiddelde van $0,03 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}$ vir die jare dat dit wel gevloei het.

In die boloop van die rivier, d.i. stroomop van Severn, het die rivier 6 keer oor die afgelope 14 jaar gevloei en aanvulling in hierdie deel is dus $6 \times 0,03 \text{ m}^3 \times 10^6/\text{km}/14$ jaar of $0,01 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}$ jaar.

In die onderste deel het dit 2 keer in die afgelope 14 jaar gevloei en aanvulling was hier dus $2 \times 0,03 \text{ m}^3 \times 10^6$ per km/14 jaar, of $0,004 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}$ jaar.

8.2.3 Aanvulling op dolomiet van die Ghaapplate

'n Referaat oor grondwateraanvulling op die dolomiet van die Ghaapplate by Kuruman is in 1975 deur skrywer voorgedra tydens 'n grondwatersimposium van SARCCUS (Southern Africa Regional Council for the Conservation and Utilization of the Soil) in Bulawayo (Smit, 1975a).

Die gebied waarin die grondwateraanvulling bepaal is lê op die dolomiet van die Ghaapplate suid van Kuruman. Daar is geen afloop uit die gebied, wat ongeveer 1140 km^2 beslaan nie, en die ondergrondse water word deur etlike vloeiende fonteine (oë) uit die gebied gedreineer. Die grondwaterkompartement se westelike grens word gevorm deur die Kurumanberge terwyl die suidelike, noordelike en oostelike grense gevorm word deur dolerietgange (kyk Figuur 113).

Die plategebied word beslaan deur dolomiet met lense van kalksteen en chert en die berge langs die wesgrens deur jaspiliet. Ongeveer tien persent van die oppervlakte is bedek met puin en sand.

Die topografiese hoogte op die dolomiet varieer tussen 1490 m langs die suidelike waterskeiding en 1310 m by Kuruman. Die hoogte styg tot 1800 m in die Kurumanberge.

Die grondwatervlak op die dolomiet in die algemeen varieer volgens die topografie (kyk Fig. 27.2 en Fig. 27.3) terwyl die diepte varieer tussen nul en 200 m (kyk Fig. 35).

Die grondwaterkompartement word in ongeveer 52 sub-kompartemente verdeel deur 'n groot aantal dolerietgange wat in die algemeen NNO en NNW strek.

Die algemene ondergrondse en bogrondse dreinasië is noordwaarts en die Kurumangoog is die laagste topografiese punt in die kompartement.

Die Departement van Waterwese het in 1959 meetsluis by die vernaamste fontein opgerig, nl. by Kuruman en Manyeding B en die vloei is sedert daardie datum gereeld gemeet. Die vloei van die twee oë is

op Figuur 39 A en Figuur 39 E geplot, en toon 'n ooreenkoms met die algemene reënval oor dieselfde tydperk, uitgedruk as 'n kumulatiewe afwyking van die langtermyn-gemiddeld (kyk Fig. 39 B). Ander fontein wat sedert 1959 gevloei het is die Tweede-Oog en Manyeding C. Die ander oë nl. Groot Kees, Khaw en Manyeding A (kyk Fig. 113) het selde gevloei.

Al die dolerietgange is nie ondeurlatend nie aangesien elke gang nie geassosieer is met 'n fontein of oog nie. Boorgate in doleriet het egter gewoonlik baie lae lewerings (kyk hoofstuk 4.2.7.5).

Berekening van aanvulling

In die berekeninge van grondwateraanvulling word aanvaar dat ondergrondse lekkasie deur die dolerietgange wat die oostelike, noordelike en suidelike grens van die kompartement vorm, asook die jaaspiliet wat die westelike waterskeiding vorm, weglaatbaar min is relatief tot die vloei van die oë wat die kompartement dreineer.

Ander grondwaterverliese uit die grondwaterkompartement wat in aanmerking geneem is, is die verbruik deur mense en diere, evapotranspirasie uit rietbegroeiende waterpoele, verdamping uit suipdamme en verliese as gevolg van besproeiing.

Die hidrograwe vir die Kurumanoog (Fig. 39 A) en Manyeding B-Oog (Fig. 39 E) wys 'n afname in die vloei tussen die jare 1963 en 1968 waarna dit redelik konstant gebly het. Die reënval het volgens die kromme vir die kumulatiewe afwyking van die reënval van die langtermyn-gemiddeld (Fig. 39 B) ooreenkomstiglik afgeneem. Die vloei van die fontein soos gemeet na 1968 was naastenby in ewewig met die reënval oor die tydperk 1963-1970, wat 'n gemiddeld was van ongeveer 346 mm per jaar. Die vloei van die fontein was voor 1963 ook in ewewig met die hoër gemiddelde reënval van 520 mm per jaar. Die konstante vloei by die verskillende fontein in die tydperk 1963-1970 is bekend maar nie al die fontein se vloei is gedurende die tydperk voor 1963 gemeet nie, en die konstante totale vloei kan dus nie vir hierdie tydperk bereken word nie.

Die aanvulling kan bereken word deur die normale grondwaterverliese uit die gebied, insluitende die ewewigsvloei van die betrokke oë, te vergelyk met die gemiddelde reënval wat betrekking het op die ewewigsvloei van die oë.

Grondwaterverliese uit kompartemente

1.	Normale huishoudelike gebruik: (bereken volgens mensegetalle en 'n water- verbruik van 100 l /d/Blanke en 20 l /d/Nie-blanke)	= 102 x 10 ³ m ³ /j
2.	Normale veeverbruik: (bereken volgens veegetalle en 'n verbruik van 45 l /d/grootvee-eenheid en 4,5 l /d/kleinvee-eenheid)	= 277 x 10 ³ m ³ /j
3.	Normale verdamping uit grondwaterpoele en reservoirs vir suiping: (bereken volgens blootgestelde oppervlaktes en 'n verdamping van 2286 mm/j)	= 41 x 10 ³ m ³ /j
4.	Evapotranspirasie uit rietbegroeide dele: (bereken volgens oppervlaktes en 'n evapotranspirasie van 840 mm per jaar)	= 39 x 10 ³ m ³ /j
5.	Verliese as gevolg van besproeiing: (bereken volgens oppervlaktes en 'n waterbehoefte van 908 mm (lusern))	= 1550 x 10 ³ m ³ /j
6.	Konstante vloei van oë Kuruman, Manyeding B, Tweede Dog en Manyeding C:	= <u>7848 x 10³ m³ /j</u>
	TOTAAL	9857 x 10 ³ m ³ /j

Reënval

Gemiddelde jaarlikse reënval	= 346 mm
Oppervlakte van grondwaterkompartement	= 1140 x 10 ⁶ m ²
Volume reënwater	= 394 x 10 ⁶ m ³ /j

Aenvulling

Aangesien die vloei van die fonteine op 'n konstante vlak gestabiliseer het is daar geen effek van moontlike verandering van die stoorkapasiteit oor die tydperk nie en sal die grondwaterverliese normale aenvulling na die grondwatervlak verteenwoordig, wat bereken is as 2,5 persent van 'n gemiddelde jaarlikse reënval van 346 mm. Hierdie waarde sal 'n minimum verteenwoordig aangesien daar heel moontlik 'n sekere mate van lekkasie deur die dolerietgange, wat die grense vorm van die kompartement, plaasvind, wat nie in aanmerking geneem is by die berekening

van die grondwaterverliese nie. Daar is ook nie toegelaat vir
moontlike evapotranspirasie uit die grondwatervlak deur freatofiete nie.
Die waarde soos bereken vergelyk goed met waardes vir aanvulling wat
deur Enslin (1970, Fig. 1) bereken is.

8.2.4. Aanvulling bereken volgens Thornthwaite-metode

Grondwateraanvulling kan bereken word volgens die Thornthwaite-metode (Thornthwaite, 1948) waarvolgens die gemiddelde maandelikse potensiële evapotranspirasie bereken en vergelyk word met die maandelikse gemiddelde reënval, om die surplus water te bepaal wat beskikbaar is vir afloop en aanvulling tot die grondwatervoorraad. Indien daar geen afloop is nie sal die surplus water wat op die metode bereken word, alles beskikbaar wees vir aanvulling.

Die maandelikse potensiële evapotranspirasie word bereken volgens die formule (Henzen, 1974, p. 54).

$$e = 16 \left(\frac{10t}{I} \right)^2, \text{ waar}$$

t = Gemiddelde maandelikse temperatuur in °C

I = Hitteindeks wat gelyk is aan die som van die indekse vir elk van die twaalf maande van die jaar (i) bereken volgens formule $i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}$

$$a = (6,75 \times 10^{-7} \times I) - (7,71 \times 10^{-5} \times I^2) + (1,7921 \times 10^{-2} \times I) + 0,49239$$

Die potensiële evapotranspirasie word verder gekorrigeer vir breedtegraad om 'n faktor in te bring vir dagligdurasie.

Die werklike potensiële evapotranspirasie is daardie hoeveelheid reën wat verdamp of getranspireer word uit die grond onder sekere klimaatstoestande waar daar voldoende grondvog beskikbaar is vir die behoeftes van die plantegroei.

Die berekening van die surplus water berus op die volgende veronderstellings.

1. Grondvoggebruik is afhanklik van die plantegroei en die stoorkapasiteit. Volgens Thornthwaite (1948, p. 65) is die behoefte vir tenvolle-ontwikkelde wortelstelsels gemiddeld 100 mm. In dagsoomgebiede waar die sekondêre poreusheid klein is sal dit minder wees.
2. As die maandelikse reënval groter is as die potensiële evapotranspirasie, is die werklike evapotranspirasie gelyk aan die potensiële evapotranspirasie.

3. As die potensiële evapotranspirasie groter is as die maandelikse reënval dan is die werklike evapotranspirasie gelyk aan die reënval, plus 'n deel van die vog wat in die grond aanwesig is.
4. As die beskikbare grondvog nul is en die potensiële evapotranspirasie is groter as die reënval is die werklike evapotranspirasie gelyk aan die reënval.

Aangesien langtermyn-meteorologiese waarnemings nodig is vir die berekening van die maandelikse gemiddelde reënval en temperatuur kan die berekenings net gemaak word in lokaliteite waar hierdie data beskikbaar is, soos aangedui op Fig. 5. Twee weerstasies is gekies in die suidelike deel van die gebied nl. Kuruman (nr. 393/778) en Bothithong (nr. 394/574), twee in die noordoostelike gebied, nl. Mafeking (nr. 508/261) en Lichtenburg (nr. 472/279) en Tsabong (nr. 464/783) in Botswana net buite die westelike deel van die Molopogebied. (Bothithong se gegewens is bereken as vergelyking met Kuruman deur l.g. se gemiddelde maandelikse temperatuur te aanvaar).

Die gemiddelde maandelikse reënval en potensiële evapotranspirasie soos bereken vir die verskillende weerstasies in die gebied is op Figuur 114 geplot. Die potensiële evapotranspirasie is net vir Lichtenburg vir die maande Januarie, Februarie en Maart (Fig. 114.5) minder as die gemiddelde reënval. In al die ander lokaliteite is die potensiële evapotranspirasie hoër as die reënval en sal daar geen watersuplus wees nie. Daar vind wel aanvulling plaas soos in die vorige hoofstukke bespreek, wat aandui dat die toestande soos weerspieël in die krommes nie realisties is nie..

Dit is bekend dat die reënval, asook die intensiteit van individuele buie in die gebied, en trouens in die grootste dele van die Republiek, baie wisselvallig is en die meeste van die tyd voorkom as donderbuie.

Die benadering is derhalwe ietwat gewysig deur te veronderstel dat die reënval heel moontlik meer veranderlik is as die temperatuur, en in plaas van die gemiddelde maandelikse reënval te gebruik is die werklike reënval gebruik om die surplus water te bepaal.

Volgens die kumulatiewe afwykingskurwe van die reënval vir Reënvaldistrikte 17 en 9 (kyk Figuur 8) (kyk hoofstuk 2.6) het die maksimum kumulatiewe variasie plaasgevind tussen die jare 1940 en 1970, wat deel is van 'n 50-60 jaar siklus. Hierdie patroon is ook te sien

in die reënvalvariasie vir Mafeking (Fig. 9 A) en Khosis (Fig. 9 B) en ook vir al die ander reënvalstasies, (wat nie gewys word nie).

Indien die werklike jaarlikse reënval dus vergelyk word met die potensiële evapotranspirasie oor die tydperk 1940-1970 sal die berekende watersurplusse 'n goeie gemiddelde waarde gee.

Die surplus water is vervolgens bereken by elk van die weerstasies (Kuruman, Bothithong, Tsabong, Mafeking en Lichtenburg) op grond van die berekende potensiële evapotranspirasie en die werklike reënval t.o.v. elke jaar oor die periode 1940-1970. Die berekenings is gedoen vir grondvogbehoefte van 50, 100 en 200 mm. Die surplusse by Kuruman word in Tabel 83 saamgevat, by Bothithong in Tabel 84, by Mafeking in Tabel 85, by Lichtenburg in Tabel 86 en by Tsabong in Tabel 87.

'n Grafiese voorstelling van die verloop van die grondvogtoestand of m.a.w. die verloop van die verhouding tussen die algemene potensiële evapotranspirasie en werklike reënval vir 'n grondvogbehoefte van 100 mm vir sekere jare by Kuruman, wanneer surplusse voorgekom het, word op Figuur 115 geïllustreer.

Tabel 83.- Watersurplus by Kuruman, bereken volgens die potensiële evapotranspirasie en reënval

Jaar	Maand	Watersurplus as mm reën			Seisoens- reën (mm)
		Grondvogbehoefte	Grondvogbehoefte	Grondvogbehoefte	
		50 mm	100 mm	200 mm	
1940/41		0	0	0	388
- /42		0	0	0	243
- /43	April	9	0	0	628
- /44		0	0	0	585
- /45		0	0	0	258
- /46		0	0	0	385
- /47		0	0	0	366
- /48	Maart	8	0	0	497
- /49		0	0	0	204
- /50	April	168	118	18	698
	Mei	22	22	22	-
	Junie	17	17	17	-
- /51	Aug.	36	36	36	644
- /52		0	0	0	250
- /53	April	75	25	0	539
- /54		0	0	0	400
- /55	Maart	35	0	0	731
	April	124	109	9	-
	Mei	17	17	17	-
- /56	Maart	135	85	0	725
- /57	Junie	68	18	0	505
- /58		0	0	0	520
- /59		0	0	0	418
- /60		0	0	0	349
- /61	April	13	0	0	593
	Mei	3	0	0	-
	Junie	42	8	0	-
- /62	Julie	9	9	0	376
- /63	Jan.	21	0	0	543
- /64		0	0	0	253
- /65		0	0	0	193
- /66		0	0	0	378
- /67	April	1	0	0	460
	Mei	31	0	0	-
- /68		0	0	0	335
- /69	Febr.	26	0	0	471
	April	5	0	0	-
- /70	Mei	19	0	0	332
1940/70	Totaal	884	464	119	13267
persentasie van jaarlikse reënval		6,66	3,50*	0,9	

jaarlikse gemiddelde reënval = 442 mm

* Berekenings vir 1943, 1950, 1955, 1957, 1961 is aangedui op Figuur 115).

Tabel 84.- Watersurplus by Bothithong, bereken volgens die potensiele evapotranspirasie en reënval

Jaar	Maand	Watersurplus as mm reën			Seisoensreën (mm)
		Grondvogbehoefte 50 mm	Grondvogbehoefte 100 mm	Grondvogbehoefte 200 mm	
1940/41		0	0	0	405
- /42		0	0	0	259
- /43		0	0	0	524
- /44	Junie	8	0	0	593
- /45		0	0	0	323
- /46		00	0	0	353
- /47		0	0	0	253
- /48		0	0	0	499
- /49		0	0	0	256
- /50	April	90	40	0	711
	Mei	63	63	0	-
	Junie	19	19	0	-
- /51	Aug.	52	52	42	591
	Des.	77	27	0	-
- /52	Okt.	7	0	0	357
- /53	Febr.	14	0	0	344
- /54		0	0	0	322
- /55		0	0	0	341
- /56	Maart	31	0	0	498
- /57	Junie	18	0	0	365
- /58	Julie	16	0	0	376
	Sêpt.	58	42	0	-
- /59		0	0	0	264
- /60		0	0	0	403
- /61	Maart	25	0	0	468
	April	33	8	0	-
- /62	Julie	51	51	0	255
- /63	Jan.	9	0	0	612
	Junie	5	0	0	-
- /64		0	0	0	219
- /65		0	0	0	178
- /66		0	0	0	340
- /67	Jan.	5	0	0	633
	Mei	15	0	0	-
- /68		0	0	0	385
- /69		0	0	0	259
- /70		0	0	0	330
1940/70	Totaal	596	302	24	11716
Persentasie van jaarlikse reënval		5,09	2,58	0,02	

Gemiddelde jaarlikse reënval = 391 mm

Tabel 85.- Watersurplus by Mafeking bereken volgens die potensiële evapotranspirasie en reënval

Jaar	Maand	Watersurplus as mm reën			Seisoens- reën (mm)
		Grondvogbehoefte 50 mm	Grondvogbehoefte 100 mm	Grondvogbehoefte 200 mm	
1940/41	Des.	80	30	0	773
	Jan.	86	86	16	-
	Febr.	29	29	29	-
- /42	Maart	3	0	0	579
- /43	Des.	103	3	0	744
- /44	Junie	32	0	0	772
- /45	Maart	34	0	0	498
- /46		0	0	0	436
- /47		0	0	0	415
- /48	April	1	0	0	641
- /49		0	0	0	477
- /50	Mei	23	0	0	587
- /51	April	3	0	0	465
	Mei	12	0	0	-
- /52	Febr.	30	0	0	540
- /53		0	0	0	527
- /54		0	0	0	529
- /55		0	0	0	594
- /56		0	0	0	635
- /57		0	0	0	672
- /58		0	0	0	750
- /59		0	0	0	612
- /60	Des.	15	0	0	513
- /61	Maart	72	22	0	832
	April	30	30	0	-
	Mei	20	20	0	-
- /62		0	0	0	408
- /63	Nov.	45	0	0	519
- /64		0	0	0	487
- /65		0	0	0	469
- /66		0	0	0	455
- /67	Jan.	155	105	5	798
	April	79	79	79	-
- /68		0	0	0	467
- /69		0	0	0	413
- /70		0	0	0	396
1940/70	Totaal	852	404	129	17003
Persentasie van jaarlikse reënval		5,01	2,38	0,76	

Gemiddelde jaarlikse reënval = 566 mm

abel 86.- Watersurplus by Lichtenburg, bereken volgens die potensiële
evapotranspirasie en reënval

Jaar	Maand	Watersurplus as mm reën			Seisoens- reën (mm)
		Grondvogbehoefte 50 mm	Grondvogbehoefte 100 mm	Grondvogbehoefte 200 mm	
1940/41		0	0	0	557
- /42	Jan.	38	0	0	613
- /43	Des.	154	104	4	822
	Jan.	51	51	51	-
	April	18	0	0	-
- /44	Okt.	20	0	0	909
	Nov.	22	0	0	-
	Febr.	102	34	0	-
	Junie	39	0	0	-
- /45	Okt.	26	0	0	696
	Maart	66	0	0	-
- /46	Maart	2	0	0	447
- /47	Febr.	9	0	0	615
	Maart	44	3	0	-
	April	9	9	0	-
- /48		0	0	0	553
- /49		0	0	0	428
- /50	Des.	29	0	0	854
	Jan.	31	10	0	-
	Maart	66	59	0	-
	April	34	34	0	-
	Mei	25	25	0	-
	Junie	9	9	0	-
- /51	April	14	0	0	623
	Mei	14	0	0	-
- /52	Des.	21	0	0	486
- /53	April	62	18	0	683
- /54		0	0	0	566
- /55		0	0	0	455
- /56	Des.	3	0	0	521
	Jan.	19	0	0	-
- /57	Sept.	24	0	0	715
	Okt.	22	0	0	-
- /58	Nov.	12	0	0	786
- /59		0	0	0	497
- /60		0	0	0	459
- /61	Maart	25	0	0	827
	April	74	49	0	-
	Mei	10	10	0	-
- /62	Nov.	28	0	0	485
- /63		0	0	0	572
- /64		0	0	0	410
- /65		0	0	0	376
- /66	Febr.	35	0	0	513
- /67	Jan.	94	44	0	1015
	Febr.	64	64	8	-
	Maart	85	85	85	-
	April	110	110	110	-
	Mei	13	13	13	-
- /68		0	0	0	544
- /69		0	0	0	538
- /70		0	0	0	423
40/70	Totaal	1497	701	271	17988
	persentasie van jaarlikse reënval	8,32	3,90	1,51	
	Gemiddelde jaarlikse reënval =	600 mm.			

Tabel 87.- Watersurplus by Tsabong, bereken volgens die potensiële evapotranspirasie en reënval

Jaar	Maand	Watersurplus as mm reën			Seisoens- reën (mm)
		Grondvogbehoefte	Grondvogbehoefte	Grondvogbehoefte	
		50 mm	100 mm	200 mm	
1940/41		0	0	0	231
- /42		0	0	0	203
- /43		0	0	0	240
- /44		0	0	0	417
- /45		0	0	0	142
- /46		0	0	0	198
- /47		0	0	0	156
- /48		0	0	0	266
- /49		0	0	0	174
- /50	April	5	0	0	575
- /51		0	0	0	320
- /52		0	0	0	178
- /53		0	0	0	287
- /54		0	0	0	225
- /55		0	0	0	345
- /56		0	0	0	357
- /57		0	0	0	164
- /58	Sept.	17	0	0	378
- /59		0	0	0	173
- /60		0	0	0	228
- /61	Maart	37	0	0	448
- /62		0	0	0	239
- /63		0	0	0	304
- /64		0	0	0	178
- /65		0	0	0	87 ^x
- /66		0	0	0	252
- /67		0	0	0	206
- /68		0	0	0	149
- /69		0	0	0	221
- /70		0	0	0	71
1940/70	Totaal	59	0	0	7410
	persentasie van jaarlikse reënval	0,8	0	0	

gemiddelde jaarlikse reënval = 247 mm

Reënval by Vanzylsrus (nr. 427/83) geneem na 1964

8.2.4.1 Grondvogbehoefte van toepassing in dagsoomgebiede

Aangesien Kuruman en Bothithong so naby aan mekaar lê, kan die gemiddelde waardes vir watersurplus in die Kurumangebied geneem word nl. 5,88% vir 'n grondvogbehoefte van 50 mm, 3,04% vir 100 mm en 0,6% vir 'n grondvogbehoefte van 200 mm (kyk Figuur 116.1).

Die grondwateraanvulling is op die dolomiet van die Ghaapplato by Kuruman (hoofstuk 8.2.3) bepaal as 2,5% van die gemiddelde jaarlikse reënval van 346 mm. Aangesien daar geen afloop uit die gebied is nie sal die aanvulling die totale watersurplus verteenwoordig. Indien hierdie waarde ingeplaas word op die grafiek op Fig. 116.1 stem dit ooreen met 'n grondvogbehoefte van \pm 110-mm. Hierdie waarde stem baie goed ooreen met die waarde van 100 mm wat volgens Thornthwaite (1948, p. 65) onder normale toestande van toepassing is en dit kan dus hier ook gebruik word in dagsoomgebiede.

Op Figuur 116.1 kan gesien word dat by 'n grondvogbehoefte van ongeveer 300 mm, daar nie meer grondwatersurplusse sal voorkom nie. Indien dit in verband gebring word met 'n sandbedekking met 'n veldkapasiteit van 8-10% (kyk hoofstuk 8.1.2.) sal dit meen dat by 'n dikte van meer as ongeveer 3,5 m daar geen watersurplus sal wees nie.

8.2.4.2 Persentasie aanvulling in dagsoomgebiede volgens watersurplusse

Volgens die tabelle (82, 83, 84, 85, 86) word die grootste watersurplusse by alle grondvogbehoefte aangetref by Lichtenburg en die kleinste by Tsabong. Die waardes by die verskillende lokaliteite is op Figuur 116.2 uitgestip. By Lichtenburg sal daar watersurplusse wees vir grondvogbehoefte so veel as 400 mm en sal daar aanvulling moontlik wees by groter sanddiktes.

Die watersurplusse vir 'n 100 mm grondvogbehoefte is ook uitgestip of Figuur 117. teenoor die gemiddelde jaarlikse reënval in die lokaliteit waar die watersurplus bereken is.

Die watersurplus sal die aanvulling tot die grondwater verteenwoordig as daar geen afloop is nie. In die dagsoomgebied van die Molopo- en Setlagolerivier is dit bereken (kyk hoofstuk 8.2.1.4) dat die periodieke afloop wat wel plaasvind net 0,2 % van die jaarlikse gemiddelde reënval is, wat in werklikheid net ongeveer 8 persent van

die watersurplus verteenwoordig; die afloop van die riviere is dus nie in hierdie berekenings in aanmerking geneem nie. Hierdie afloop kom ook net lokaal voor en die watersurplus kan derhalwe beskou word as gelyk aan die aanvulling.

Punt A (Fig. 117) is die aanvulling soos bereken op grond van fonteinvloei op die dolomiet suid van Kuruman en die persentasie aanvulling in verhouding tot die gemiddelde jaarlikse reënval word deur die lyn verteenwoordig wat deur punt A gaan. Die berekenings vir Tsabong en Mafeking val nie mooi op die lyn nie en die watersurplusse is blykbaar meer as wat in werklikheid bereken is.

Volgens die berekenings (Tabel 87) is daar geen watersurplusse by Tsabong nie; watersurplusse behoort egter wel voor te kom op dagsome waar die effektiewe stoorkapasiteit van die bolaag klein is, die plantegroep min is en die grondvogbehoefte dus laag is.

Grondwateraanvulling in die Molopogebied sal plaasvind volgens die verhouding aangegee in Fig. 117 en kwantitatiewe berekenings kan op hierdie verhouding gebaseer word.

Die grondvogbehoefte van 100 mm het betrekking op dagsoomgebiede soos vergelyk met aanvulling op die Ghaapplate en hierdie aanvulling tot die grondwater het dus net betrekking op dagsoomgebiede.

8.2.5 Aanvulling in gebiede waar Kalaharilae voorkom.

Soos aangedui in die voorafgaande hoofstukke vind grondwateraanvulling net plaas in dagsoomgebiede en waar die Kalaharilae soos aangedui op Fig. 15 dunner as 15 m is. Ten einde die grondwaterpotensiaal van die gebied te bepaal is dit noodsaaklik dat aanvulling in die gebiede waar die Kalaharilae tussen 0 -15 m dik is gekwantifiseer word.

Volgens die watervlakskommeling in boorgate in gebiede waar die watervlak in die oerformasies onder verskillende diktes van Kalaharilae is (kyk hoofstuk 8.1.7), is die aanvulling tot die grondwatervlak, waar die bedekking tussen 0 en 15 m is, ongeveer 3 keer minder as in dagsoomgebiede. In die vorige hoofstuk is dit aangedui dat aanvulling in dagsoomgebiede ongeveer 2,5 persent is van 'n gemiddelde jaarlikse reën van 350 mm, wat beteken dat aanvulling in die sandbedekte dele (0-15m) ongeveer 0,8 % is.

Volgens Fig. 116 is daar op grond van die reënvalpatroon en potensiële evapotranspirasie geen watersurplus by 'n grondvogbehoefte van meer as 300 mm nie. Dit verteenwoordig 'n bedekking van net 3,5 m sand. In die dagsoomgebiede waar die aanvulling 2,5% is, is 100 mm grondvogbehoefte geldig wat ongeveer 1,2 m sand verteenwoordig. Die moontlike persentasie aanvulling uit reën sal dus varieer tussen

0 en 2,5% tussen 'n bedekking van 3,5 m (300 mm grondvogbehoefte) en 1,2 m (100 mm grondvogbehoefte). By 'n bedekking van 2,4 m (200 mm grondvogbehoefte) is aanvulling 0,6%.

Waar die Kalaharilae tussen 0 en 15 m dik is (Fig. 15) is daar dele waar die bedekking wel dunner as 1,2 m of 3,5 m is hoewel daar geen dagsome voorkom nie. In hierdie gebied is daar 1 831 boorgate waarin die Kalaharilae dunner as 15 m is. As mens aanvaar dat die boorgate eweredig oor die gebied gespaseer is sal die persentasie van hierdie boorgate waar die dikte minder as 1,2 m is dus proporsioneel die grootte van die gebied aandui waar die aanvulling steeds 2,5% is.

Volgens die boorgatgegevens is die Kalaharilae in 153 boorgate dunner as 1,2 m, m.a.w. in 8% van die gebied tussen die 0- en 15 m-isopaglyn sal die aanvulling 2,5% wees. In 186 boorgate is die bedekking tussen 1,2 m en 3,5 m dik en dus sal in 10% van die gebied die aanvulling ongeveer 0,6% wees (aanvulling by 200 mm grondvogbehoefte of by 'n bedekking van 2,4 m sand). Die gemiddelde aanvulling in die gebied waar die Kalaharilae tussen 0 en 15 m dik is sal dan wees

$$\frac{8 \times 2,5 + 10 \times 0,6 + 82 \times 0}{100}$$

$$= 0,26 \text{ persent.}$$

Hierdie waarde is minder as die 0,8 persent wat bereken is volgens die watervlakskommeling. Die 0,8% is moontlik 'n maksimum aangesien daar dalk laterale aanvulling in betrokke mag wees. Die 0,26% is moontlik ook nie korrek nie aangesien die boorgate moontlik nie eweredig versprei is nie. Die gemiddelde van die twee waardes, nl. 0,5% aanvulling tot die grondwatervlak in gebiede waar die Kalaharilae tussen 0 en 15 m dik is, sal moontlik van toepassing wees.

8.3 Kwantitatiewe berekening van grondwateraanvulling in die verskillende grondwatereenhede

8.3.1 Aanvulling as persentasie van reënval gebruik by berekening van jaarlikse grondwateraanvulling

Volgens hoofstukke 8.2.3 en 8.2.4.2 sal die jaarlikse gemiddelde grondwateraanvulling in dagsoomgebiede varieer volgens die reënval, nl. 4,0% in die ooste by Lichtenburg met 'n reënval van 600 mm per jaar en 2,2 persent in die westelike deel van die gebied met 'n reënval van 300 mm per jaar.

In hoofstuk 8.2.5 is aangedui dat die aanvulling in die gebied tussen die 0 en 15 m - isopaglyn vir die Kalaharilae ongeveer 0,5 persent van die gemiddelde jaarlikse reënval sal wees.

Die gegewens vir gemiddelde reënval en persentasie aanvulling wat betrekking het op die verskillende grondwatereenhede (kyk Fig. 5, Fig. 112 en Fig. 117) word in Tabel 88 saamgevat.

Tabel 88.- Reënval en persentasie aanvulling van toepassing op die verskillende grondwatereenhede

Grondwatereenheid	Gemiddelde jaarlikse reënval (mm)	Aanvulling as persentasie van reënval		
		Dagsoomgebied	Kal.lae 0-15 m*	Kal.lae >15m
Mafeking	550	3,8	0,5	0
Piet Plessis	450	3,3	0,5	0
Blok B	350	2,6	0,5	0
Pioneer	300	2,2	0,5	0
Ghaapplato	400	3,0	0,5	0
Molopo	300	2,2	0,5	0
Pomfret	350	2,6	0,5	0
Gamogara	350	2,6	0,5	0

* Sluit in gebiede waar watervlak vlakker as 15 m is.

8.3.2 Oppervlakes van gebiede waar aanvulling plaasvind

Die oppervlakes wat betrekking het by die berekening van grondwateraanvulling in die verskillende grondwatereenhede word in Tabel 89 saamgevat. (kyk Fig. 112).

Tabel 89.- Oppervlakes m.b.t. grondwateraanvulling in grondwatereenhede

Grondwater- eenheid (Fig. 112)	Totale oppervlakte	Oppervlakes in km ²		
		Dagsoomgebiede	Kal.lae 0-15 m	Kal.lae 15>m
Mafeking	4858	2717	2115	26
Piet Plessis	11003	1132	6360	3511
Blok B	13833	2572	2504	8757
Pioneer	679	217	133	329
Ghaaplato	4934	2614	2016	304
Molopo	4364	5	0	4359
Pomfret	8270	708	892	6670
Gamogara	10212	4359	2160	3693
Totaal	58153	14324	16180	27649

8.3.3 Volumes reënwater wat jaarliks tot die grondwater gevoeg word

Behalwe die volumes reënwater wat jaarliks die grondwater aanvul in dagsoomgebiede, waar die Kalaharilae 0-15 m dik is en waar die grondwatervlak vlakker as 15 m is, vind daar ook periodieke aanvulling plaas uit die Molopo- en Moshawengrivier soos bespreek in hoofstuk 8.2.1 en 8.2.2. Die aanvulling uit die riviere met betrekking tot die verskillende grondwatereenhede word in Tabel 90 saamgevat.

Tabel 90.- Jaarlikse gemiddelde grondwateraanvulling uit die Molopo- en Moshawengrivier tydens vloede

Grondwatereenheid (Fig. 112)	Aanvulling uit Moloporivier per jaar (m ³ x10 ⁶)	Aanvulling uit Moshawengrivier per jaar. (m ³ x10 ⁶)	Totaal per jaar (m ³ x10 ⁶)
Piet Plessis	60 [*] x0,021 ⁺ plus 60 [*] x0,0185 ⁺	-	2,4
Pomfret	-	35 [*] x0,004 ⁺ = 0,14	0,14
Molopo	180 [*] x0,011 ⁺ plus 30 [*] x0,0005 ⁺	-	2,0
Blok B	-	90 [*] x0,01 ⁺ = 0,9	0,9

+ Aanvulling uit rivier in m³ x10⁶/km/jr (hoofstuk 8.2.1.5 en 8.2.2)
* Lengte van rivier in km in grondwatereenheid.

Die jaarlikse grondwateraanvulling in die verskillende grondwater-eenhede is in Tabel 9 saamgevat.

Tabel 9f.- Totale grondwateraanvulling in die verskillende grondwater-eenhede.

Grondwater-eenheid (Fig. 112)	Aanvulling in m ³ x 10 ⁶ per jaar			Totaal
	Dagsoom-gebiede	Kal.lae 0-15 m	Uit Moloporivier en Moshaweng-rivier	
Mafeking	56,8	17,5	0	74,3
Piet Plessis	16,8	14,3	2,4	33,5
Blok B	23,5	4,4	0,9	28,8
Pioneer	1,4	0,2	0	1,6
Ghaapplato	31,4	4,0	0	35,4
Molopo	0	0	2,0	2,0
Pomfret	6,4	1,6	0,1	8,1
Gamogara	39,7	3,8	0	43,5
Totaal	176,0	45,8	5,4	227,2

9. GRONDWATERVERBRUIK EN -VERLIESE

9.1 Algemene basis van berekening

Onder grondwaterverbruik en -verliese is die volgende ingeduit:-

1. Verbruik deur diere.
2. Verbruik deur Blanke populasie op platteland
3. Verbruik deur Nie-blanke populasie op platteland in Blanke gebiede.
4. Verbruik deur Nie-blanke populasie op platteland in Tuisland.
5. Verbruik deur Nie-blanke populasie in dorpe in Tuisland.
6. Verbruik deur Blanke en Nie-blanke populasie in dorpe in Blanke gebiede.
7. Verbruik deur myne (op myn en in myndorp).
8. Verliese by fonteine en oë as gevolg van evapotranspirasie en besproeiing.
9. Verliese as gevolg van besproeiing uit boorgate.
10. Verliese uit plaasreservoirs (suiptamme) deur verdamping.

Die waterverbruik is in twee kategorieë ingedeel nl. plattelandse verbruik en verbruik by individuele lokaliteite.

Huishoudelike verbruik deur mense en diere op die platteland, besproeiing uit boorgate en verdamping uit plaas-reservoirs is beskou as plattelandse verbruik wat egalig versprei is oor die hele distrik. Die verbruik is bereken as m^3/km^2 ten opsigte van die distrikte (soms vir 'n deel van 'n distrik soos waar daar in een deel baie meer besproei word as in 'n ander) en Stamgebiede in die Tuisland waar daar variasies in die digtheid van die bevolking vee bestaan.

Die verbruik deur myne, dorpe en spoorwegstasies asook verliese by fonteine en oë is as individuele lokaliteite beskou wat nie in 'n algemene verbruik ingereken kan word nie weens die feit dat hierdie verliese nie egalig oor die gebied versprei is nie. Hierdie lokaliteite is op Figuur 118 aangetoon sowel as die totale verliese op die platteland en in lokaliteite in die afsonderlike dele van distrikte en Tuislande in elke grondwater-eenheid.

9.1.1 Basis vir berekening van plattelandse verbruik

9.1.1.1 Waterverbruik deur diere

Die waterverbruik is geneem as 45 l/d per grootvee-eenheid (G.V.E.), wat beeste, perde, muile en donkies insluit en 4,5 l/d per kleinvee-eenheid (K.V.E.) wat bokke, skape en varke insluit (Beampte van Landbou-tegniese Dienste, Kuruman- persoonlike mededeling). Met betrekking tot die waterverbruik is 1 G.V.E. dus = 10 KVE.

Die veegetalle in die distrikte is verkry uit die Landbou-sensus nr 34 van 1960 (Buro vir Statistiek, 1960), terwyl die veegetalle in die Tuisland en Stamgebiede by die Kantore van die Departement van Bantoe-administrasie en -Ontwikkeling by Kuruman, Vryburg, Mafeking en Lichtenburg gekry is en betrekking het op 1973.

9.1.1.2 Waterverbruik deur mense

Waterverbruik is geneem volgens die verslag van die Waterbeplanningskomitee vir Wes-Transvaal oor die vraag en aanbod van water in die Wes-Transvaal- en Postmasburg- Mafekinggebied tot die jaar 2000 (Komitee, 1975), nl. as volg.

1. Blankes in Blanke gebiede = 455 l/d/persoon
2. Nie-blankes in Blanke gebiede = 136 l/d/persoon
3. In Tuisland = 45 l/d/persoon.

Die getalle van Blankes en Nie-blankes in Blanke gebiede is geneem uit die bevolkingsensus van 1970 (Departement van Statistiek, 1970).

9.1.1.3 Waterverbruik deur besproeiing uit boorgate

Die aantal hektare onder besproeiing op die platteland is verkry uit die Landbousensus van 1960 (Buro vir Statistiek, 1960). Die besproeiing is gewoonlik ten opsigte van 'n klein groentetuintjie, vrugtebome en 'n bietjie lusern by elke plaashuis.

'n Spesiale opname is in 'n gebied van 393 km² suid van Kuruman op die dolomiet van die Ghaapplate gemaak. Hiervolgens was die normale besproeiing ongeveer 21 ha per 393 km².

Besproeiing onder oë is nie hierby ingereken nie, maar is as verbruik by individuele lokaliteite beskou.

Die waterverbruik (Wv) is bereken (Dept. Landbou-tegniese Dienste, 1968, p. 40) volgens die formule $Wv = KxEa$ waar

K = 'n empiriese konstant gelyk aan 0,65 vir lusern en groente

Ea = verdamping (in dm) vir 'n Klas A bak.

Die besproeiingsbenodighede (in duim) word dan bereken deur die effektiewe reënval (Ef) hiervan af te trek, waar Ef = 50 persent van die gemiddelde reënval.

Die besproeiingsbehoefte is hiervolgens bereken as 1321 mm per jaar ($0,0132 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{j}$) in die distrikte Vryburg, Kuruman en Postmasburg en in die Stamgebiede van die Thlaro, Thlaping en Borolong. In die distrikte Lichtenburg, Mafeking en Marico en in die Tuisland wes van Mafeking is dit bereken as 1219 mm per jaar ($0,0122 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{j}$).

9.1.1.4 Verdamping uit plaasreservoirs

Verdamping is geneem as 2286 mm per jaar in die distrikte van Kuruman, Postmasburg en Vryburg en in die Stamgebiede van die Thlaping, Thlaro en Borolong. In die distrikte van Lichtenburg, Marico en Mafeking en die Tswanagebied is dit as 2032 mm per jaar geneem. (kyk verdampingslyne op Fig. 5).

Die plaasreservoirs is gewoonlik sinkdamme vir veesuijing en is gemiddeld 9,14 m in diameter. Die aantal reservoirs in die distrikte is verkry uit die Landbousensus nr. 34 van 1960 (Buro vir Statistiek, 1960). Die aantal reservoirs in die Tuisland is geneem dieselfde as die getal boorgate wat gebruik word aangesien dit algemene praktyk is dat elke boorgat 'n reservoir voed.

Die verdamping per reservoir sal wees $\pi r^2 \times h$ m³/j waar h= jaarlikse verdamping en r = 4,57 m, wat 'n volume van 150 m³/j is in die westelike dele en 133 m³/j in die oostelike helfte van die gebied.

9.1.2 Basis vir berekening van waterverbruik by individuele lokaliteite

9.1.2.1 Waterverbruik by myne, spoorwegstasies en dorpe

Die waterverbruik is eerstehands van die betrokke instansies ingewin en het betrekking op die verbruik in 1973.

Vir die dorpe Piet Plessis en Rooigrond is dit bereken volgens die populasie (Departement van Statistiek, 1970). Die onttrekking in Olifantshoek en Dibeng is met opnames bepaal.

Die waterverbruik in die Tuislanddorpe Itsoseng by Mafeking en Seodin by Kuruman is ook bereken volgens die populasie vir 1970 wat van die Departement van Bantoe-administrasie en -Ontwikkeling van Kuruman, Mafeking en Lichtenburg gekry is. Die waterverbruik van Mothibistad by Kuruman is volgens werklike pompsyfers vir 1973 verkry van die Dept. Bantoe-administrasie en -Ontwikkeling, Kuruman.

Die per kapita waterverbruik vir die populasie van dorpe in die Blanke gebiede, insluitende alle rasse, is geneem as 190 l/d/persoon en vir die stedelike populasie in die Tuisland is die geneem as 136 l/d/persoon (Komitee, 1975, p. 35-37).

Die waterverbruik by die individuele plekke verwys na die verliese of onttrekking van grondwater wat by 'n bepaalde plek voorkom. Die hoeveelheid wat onttrek word, word nie noodwendig op dieselfde plek benut nie. Die verbruik van Olifantshoek byv.

sal net daardie grondwater wees wat lokaal onttrek word. Daardie gedeelte van die water wat vanaf Sishen gepomp word sal by die waterverbruik (verliese) by Sishen, die punt van onttrekking, ingesluit wees. Etlike myne pomp water vir myn- en huisgebruik uit boorgate wat v^{er} van die myn geleë is. In hierdie gevalle ook is die individuele lokaliteit nie die myn waar die water gebruik word nie maar die plek waar die water uitgepomp word.

9.1.2.2 Verliese by fonteine en oë

Al die oë en fonteine in die Morokwenreservaat, by Heuningvlei en in die Kurumangebied is in 1973 besoek en die vloei van daardie fonteine wat nie deur die Departement van Waterwese gereeld gemeet word nie is individueel met behulp van 'n V-keep gemeet. Die lewerings is aangegee in Tabel 15, hoofstuk 5.2 (kyk ook Fig. 38).

By al die fonteine is die wateroppervlakte gemeet en die verdamping bereken. Die areas om die fonteine wat met riete begroei is, is ook individueel opgemeet of geskat ten einde evapotranspirasie te bereken.

Die jaarlikse potensiële evapotranspirasie soos bereken volgens die Thornthwaite-formule (hoofstuk 8.2.4.) as 840 mm* in die Kuruman-gebied is geneem as die jaarlikse grondvogbehoefte vir riete wat nie in die water staan nie. Waar riete wel in die water staan is die totale waterverliese as gevolg van evapotranspirasie geneem as gelyk aan verdamping.

Indien die vloei van die oog ten volle benut word vir besproeiing is die totale vloei beskou as 'n grondwaterverlies.

Die grondwaterverlies by oë waar geen ontwikkeling gedoen word nie en waar dit nie bepaal is nie word aanvaar as 'n gemiddeld van 15 persent van die natuurlike vloei soos bepaal in hoofstuk 5.2.5.

* Die som van die maandelikse potensiële evapotranspirasie soos aangedui in Fig. 115.

9.2 Grondwaterverliese in distrikte in Molopogebied

9.2.1 Grondwaterverliese in distrik Postmasburg

Die totale oppervlakte van die distrik = 14942 km².

Die oppervlakte van die distrik in die Molpogebied is 4279 km² of 28,63% van die hele distrik.

9.2.1.1 Waterverbruik op platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste = 137769	= 137769 G.V.E. = $2,226 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Mulle, donkies, perde = 6450	= 6450 G.V.E. = $0,106 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Bokke = 44309	= 4430 G.V.E. = $0,073 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Skape = 324198	= 32420 G.V.E. = $0,532 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Varke = 654	= 65 G.V.E. = $0,001 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Totaal	= $2,938 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Waterverbruik deur mense

Blankes = 3348 @ 455 l/d/pers.	= $0,556 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Nie-blankes = 20592 @ 136 l/d/pers.	= $1,022 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Totaal	= $1,578 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Waterverliese uit reservoïre deur verdamping

In die distrik is 1098 reservoïre. Totale waterverlies deur verdamping is $1098 \times 133 = 0,165 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$.

Waterverlies deur besproeiing uit boorgate

Daar is 230 ha onder besproeiing met 'n totale waterverbruik van $230 \times 0,0132 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j} = 3,036 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die totale verliese op die platteland is dus:

$$\text{Vee} = 2,938 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$$

$$\text{Mense} = 1,578 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$$

$$\text{Verdamping uit reservoïre} = 0,165 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$$

$$\text{Besproeiing} = 3,036 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$$

$$\text{Totaal} = 7,717 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$$

$$= 516 \text{ m}^3 / \text{km}^2$$

9.2.1.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

(* Die nommer verwys na die nommer op Fig. 118)

Dorpe

1st Olifantshoek (uit boorgate vir verbruik) = $0,076 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Myne

2. Lohatla (uit boorgate vir verbruik) = $0,228 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

3. Bishop (uit boorgate vir verbruik) = $0,080 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

4. Lyleveld (uit boorgate vir verbruik) = $0,009 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

5. Sishen = $2,175 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

(Water word uit die oopgroef en uit boorgate in die groef gepomp. Deel van die water word gebruik deur die SAS by Sishenstasie, 'n deel word na Olifantshoek gepomp vir dorpsgebruik, 'n deel word deur die myn self by Sishen gebruik, 'n deel word na panne by Kathu gepomp waar dit verdamp en die res word in 'n kanaal gepomp en weggelei na die Gamogarrivier. Die verliese as gevolg van verdamping by Kathu is volgens die grootte van die panne bereken as 48% van die hoeveelheid wat losgelaat word. Dieselfde verliese sal in die kanaal plaasvind. Verliese is dus:

Olifantshoek en SAS, Sishen	= $0,940 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$ vir verbruik
Sishenmyn	= $0,820 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$ vir verbruik
Kathu	= $48\% \times 0,2 = 0,100 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$ (evapotranspirasie)
Kanaal	= $48\% \times 0,66 = 0,315 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$ (evapotranspirasie)
Totaal	= $2,175 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

6. Noordhoek = $0,030 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

(Pomp uit myn $0,196 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$ en laat wegsyfer in sand. Verlies deur evapotranspirasie is $15\% \times 0,196$).

7. Bostrand = $0,058 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

(Pomp uit myn $0,353 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{h}$ en laat wegsyfer in sand. Verlies deur evapotranspirasie is 15% - hoofstuk 5.2.5)

Spoorwegstasies

8. Lohatlha (vir gebruik) = $0,002 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Verliese by fonteine

9. MaCarthy = $0,010 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

(verlies deur evapotranspirasie is
15% van vloei - hoofstuk 5.2.5)

9.2.2 Grondwaterverliese in distrik Kuruman

Totale oppervlakte = 20269 km²

Oppervlakte van distrik in Molopogebied = 10410 km² of

51,35 persent van totale oppervlakte.

9.2.2.1 Waterverbruik op platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste	= 236689	= 226689 G.V.E.	= $3,888 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Mulle, donkies, perde	= 7434	= 7434 G.V.E.	= $0,122 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Skape	= 174152	= 17415 G.V.E.	= 0,286 "
Bokke	= 39960	= 3996 G.V.E.	= 0,066 "
Verke	= 1060	= 106 G.V.E.	= 0,002 "

Totaal = $4,364 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Waterverbruik deur mense

Blankes = 1275 @ 455 l/d/pers. = $0,212 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Nie-blankes = 8537 @ 136 l/d/pers. = $0,424 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Totaal = $0,636 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Waterverliese by reservoirs deur verdamping

Daar is 1248 reservoirs in die distrik met 'n totale verlies
aan verdamping van $1248 \times 150 = 0,187 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$.

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Besproeiing vind hoofsaaklik op die dolomiet van die Ghaapplateo
plaas en is bepaal as 21 ha/393 km². Die dolomietgebied beslaan
2020 km² wat proporsioneel 110 ha onder besproeiing sal hê
met 'n totale waterverbruik van $110 \times 0,0132 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
= $1,453 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$.

Hierdie verbruik kan nie oor die hele distrik versprei word nie maar eerder net in die deel van die distrik wat in die Molopogebied lê, nl. in 10 410 km².

Gemiddelde plattelandse verliese

Aangesien die besproeiingsverbruik net oor die 10 145 km² versprei moet word wat in die Molopogebied lê moet die ander verbruike eers bereken word vir dieselfde 10 410 km².

Die totale verliese op die platteland is dus:

$$\text{Vee} = 50,05\% \times 4,364 = 2,184 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{Mense} = 50,05\% \times 0,636 = 0,318 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{Verdamping uit reservoirs} = 50,05\% \times 0,187 = 0,094 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{Besproeiing} = 1,453 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{Totaal} = 4,049 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$= 389 \text{ m}^3/\text{km}^2$$

9.2.2.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

(* Die nommer verwys na die nommer op Fig. 118)

Dorpe

10.* Kuruman = $6,964 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

(Dorpsgebruik uit oog : 1,200

Dorpsgebruik uit boorgate = 0,082

Pomp uit boorgate Seodin vir gebruik = 0,200

Besproeiing, Seodin, uit oog = 5,370

Pomp uit boorgate, Wrenchville vir gebruik = 0,100

Evapotranspirasie uit oog = 0,012

Totaal = 6,964).

11. Dibeng (pomp uit boorgate vir gebruik) = $0,191 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Myne

12. Wessels = $0,528 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

(Water word uit myn gepomp en aan die

opv. gelos om te verdamp. Verlies deur

evapotranspirasie moontlik 48% x $1,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

13. Black Rock = $0,067 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
(Geen water uit myn maar word uit boorgate op Belgravia, Nchwaning en Black Rock om myn gepomp vir gebruik).
14. Nchwaning (pomp uit skag vir gebruik) = $0,018 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
15. Hotazel (pomp uit myn vir gebruik) = $0,020 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
16. Langdon (pomp uit boorgate by myn vir gebruik) = $0,005 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
17. Devon (pomp uit myn en boorgate vir gebruik) = $0,012 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
18. Kameelaar (pomp uit boorgate vir Devon- en Adamamyn vir gebruik) = $0,007 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
19. Adams (pomp uit myn vir gebruik) = $0,005 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
20. Mamatwan (pomp uit myn en boorgate vir gebruik) = $0,428 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
21. Eldoret (pomp uit boorgate vir gebruik) = $0,039 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
22. Riries A (pomp uit myn vir gebruik) = $0,196 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
23. Riries B (pomp uit myn vir gebruik) = $0,131 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
24. Depressie (pomp uit myn vir gebruik) = $0,100 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
25. Witbank A (pomp uit boorgate by myn vir gebruik) = $0,051 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
26. Asbes A (pomp uit boorgate by myn vir gebruik) = $0,010 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
27. Asbes B (pomp uit boorgate weg van myn vir gebruik. Water aangelê). = $0,054 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
28. Hartlands (uit boorgate naby myn vir gebruik) = $0,005 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
29. Corheim (water aangelê vanaf boorgate weg van myn vir gebruik) = $0,022 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
30. Strelley (pomp uit boorgate by myn vir gebruik) = $0,041 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
31. Bretby (pomp uit boorgate by myn vir gebruik) = $0,016 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
32. Greyling (pomp uit boorgate by myn vir gebruik) = $0,060 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
33. Jebolo (pomp uit boorgate by myn vir gebruik) = $0,009 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Verliese by fonteine

34. Groot Koning = $0,630 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
 (Besproei. Vloei teen $0,6205 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$. Evapotranspirasie = $0,00782 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
 Totaal = $0,630 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$)
35. Koning = $0,170 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
 (Verlies deur evapotranspirasie 15% van vloei van $0,17 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$)
36. Klein Koning = $0,001 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
 (Evapotranspirasie = $0,0006 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$, verdamping uit poel is $0,000234 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$ en besproeiing is $0,000181 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
 Totaal = $0,001055 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$).

9.2.3 Grondwaterverliese in noordelike deel van distrik Vryburg (noord van Ganyesa)

Oppervlakte van distrik = 23168 km^2

Oppervlakte van noordelike deel van distrik in Molopogebied = 12374 km^2 wat 53,41 % is van die oppervlakte van die hele distrik.

9.2.3.1 Waterverliese op die platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste	= 376374	= 376374 G.V.E.	= $6,182 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Muile, perde, donkies	= 11742	= 11742 G.V.E.	= 0,193 "
Skape	= 152575	= 15258 G.V.E.	= 0,251 "
Bokke	= 25448	= 2545 G.V.E.	= 0,042 "
Varke	= 6681	= 668 G.V.E.	= <u>0,011</u> "
		Totaal	$6,679 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Waterverbruik deur mense

Blankes	= 4748 @ 455 l/d/pers. = 0,789 x 10 ⁶ m ³ /j
Nie-blankes	= 38554 @ 136 l/d/pers. = <u>1,914</u> "
Totaal	2,703 x 10 ⁶ m ³ /j

Waterverliese uit reservoirs deur verdamping

Daar is 2677 reservoirs in die hele distrik met 'n totale verdamping van 2677x150x10⁶m³/j
= 0,397 x 10⁶m³/j.

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Daar is geen besproeiing in die gebied nie. Alle besproeiing het betrekking op die suidelike deel van die distrik.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die verliese op die platteland is dus:

Vee	= 6,679 x 10 ⁶ m ³ /j
Mense	= 2,703 x 10 ⁶ m ³ /j
Verdamping uit reservoirs	= <u>0,397</u> x 10 ⁶ m ³ /j
Totaal	= 9,779 x 10 ⁶ m ³ /j = 422 m ³ /km ² .

9.2.3.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Daar is geen fonteine in die gebied waar grondwaterverliese kan plaasvind nie en daar is ook geen dorpe waar enige noemenswaardige hoeveelhede grondwater verbruik word nie.

Myne

- 37. Pomfret A (pomp uit boorgate by myn vir gebruik)
= 0,265x10⁶m³/j
- 38. Pomfret B (pomp uit mynskag op plaas Innes vir gebruik)
= 0,066x10⁶m³/j

9.2.4 Grondwaterverliese in suidelike deel van distrik Vryburg (suid van Ganyesa)

Oppervlakte van distrik = 23168 km²

Oppervlakte van suidelike deel van distrik is 10313 km² waarvan 1738 km² in die Molopogebied lê. Die suidelike deel se opv. is 44,51 persent van die opv. van die hele distrik.

9.2.4.1 Waterverliese op platteland

Waterverbruik deur vee

Verbruik deur vee in die distrik is $6,679 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
(hoofstuk 9.2.3.1).

Waterverbruik deur mense

Verbruik deur mense is $2,703 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$ (hoofstuk 9.2.3.1)

Waterverliese uit reservoïre deur verdamping

Verdamping uit reservoïre is $0,397 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$ (hoofstuk 9.2.3.1)

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Die totale gebied wat uit boorgate besproei word in die distrik is 622 ha. en is beperk tot die suidelike deel van die distrik van 10313 km^2 . Besproeiingsbehoefte vir 622 ha is $622 \times 0,0132 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$.
 $= 8,210 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$.

Gemiddelde plattelandse verliese

Aangesien die besproeiing hoofsaaklik beperk is tot die suidelike deel van die distrik en net oor die 10313 km^2 versprei moet word, moet die ander verliese ook eers bereken word vir dieselfde 10313 km^2 .

Die totale verliese op die platteland vir hierdie deel van die distrik is dus:

Vee	= $44,51\% \times 6,679 = 2,973 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Mense	= $44,51\% \times 2,703 = 1,203 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Verdamping uit reservoïre	= $44,51\% \times 0,397 = 0,177 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Besproeiing	= $8,210 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$
Totaal	= 12,563
	= $1218 \text{ m}^3 / \text{km}^2$.

9.2.4.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Daar is geen dorpe of myne of fonteine in die gebied waar buitengewone grondwaterverliese plaasvind nie.

9.2.5 Grondwaterverliese in westelike deel van distrik Mafeking

Totale oppervlakte van distrik = 7340 km² en die westelike deel in die Molopogebied is 103 km², wat 96,77% is van die opv. van die hele distrik.

9.2.5.1 Waterverliese op die platteland

Beeste	= 134644 =	134644 G.V.E. =	2,212 × 10 ⁶ m ³ /j
Mulle, perde, donkies	= 2766 =	2766 G.V.E. =	0,045 "
Skape	= 58210 =	5821 G.V.E. =	0,096 "
Bokke	= 7904 =	790 G.V.E. =	0,013 "
Varke	= 4978 =	498 G.V.E. =	0,008 "
		Totaal	= 2,374 × 10 ⁶ m ³ /j

Waterverbruik deur mense

Blankes	= 2427 @ 455 l/d/pers. =	0,403 × 10 ⁶ m ³ /j
Nie-blankes	= 21685 @ 136 l/d/pers. =	1,076 "
Totaal		= 1,479 × 10 ⁶ m ³ /j

Waterverliese uit reservoirs deur verdamping

Daar is 818 reservoirs in die distrik met 'n totale verlies deur verdamping van 818 × 133 × 10⁶ m³ /j
= 0,109 × 10⁶ m³ /j.

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Daar word 72 ha in die distrik besproei met 'n totale waterverbruik van 72,0,0122 × 10⁶ m³ /j
= 0,878 × 10⁶ m³ /j.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die gemiddelde plattelandse verliese is as volg:

Vee	= 2,374 × 10 ⁶ m ³ /j
Mense	= 1,479 × 10 ⁶ m ³ /j
Verdamping uit reservoirs	= 0,109 × 10 ⁶ m ³ /j
Besproeiing	= 0,878 × 10 ⁶ m ³ /j
Totaal	4,840 × 10 ⁶ m ³ /j = 659 m ³ /km ² .

9.2.5.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Dorpe

39. Piet Plessis vir gebruik = $0,027 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Spoorwegstasies

40. Mareetsane vir gebruik = $0,031 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

(pomp uit putte)

9.2.6 Grondwaterverliese in die oostelike deel van die distrik Mafeking

Oppervlakte van distrik = 7340 km^2 en oppervlakte van oostelike deel van die distrik wat in die Molopogebied lê is 260 km^2 .

9.2.6.1 Waterverliese op platteland

Die gemiddelde plattelandse verliese sal soos vir die westelike deel van die distrik (hoofstuk 9.2.5), $659 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ wees.

9.2.6.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Dorpe

41. Rooigrond (vir gebruik) = $0,032 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Spoorwegstasies

42. Mafeking (vir gebruik) = $0,024 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

(pomp uit boorgate in Mafeking).

9.2.7. Grondwaterverliese in die distrik Lichtenburg

Die oppervlakte van die distrik is 5763 km^2 en die deel in die Molopogebied beslaan 983 km^2 .

9.2.7.1 Waterverliese op platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste = 113179 = 113179 G.V.E. = $1,859 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Mule, donkies, perde 4802 = 4802 G.V.E. = 0,079 "

Skape = 142980 = 14298 G.V.E. = 0,235 "

Bokke = 1838 = 184 G.V.E. = 0,003 "

Varke = 13405 = 1340 G.V.E. = 0,022 "

Totaal = $2,198 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{j}$

Waterverbruik deur mense

Blankes = 5162 @ 455 l/d/pers. = $0,857 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Nie-blankes = 53713 @ 136 l/d/pers. = $2,666 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Totaal = $3,523 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverliese uit reservoirs deur verdamping

Daar is 2035 reservoirs in die distrik waarvan 187 elk 'n inhoud van 1500 m^3 het i.p.v. die 150 m^3 soos in ander gebiede. Die 187 reservoirs is m.a.w. dus ekwivalent aan 1870 van die gewone reservoirs. Daar is dus $2035 - 187 + 1870 = 3718$ gewone reservoirs met 'n totale verlies aan verdamping van $3718 \times 133 = 0,494 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Daar is 1178 ha wat in die distrik besproei word uit boorgate wat 'n totale waterverbruik van $1178 \times 0,0122 = 14,372 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ verteenwoordig.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die gemiddelde plattelandse verliese is as volg:

Vee	=	2,198	$\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Mense	=	3,523	$\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Verdamping uit reservoirs	=	0,494	$\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Besproeiing	=	<u>14,372</u>	$\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Totaal	=	20,587	$\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
	=	3572	m^3/km^2

9.2.7.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Verliese by fonteine

43. Grootfontein = 2,567 $\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

(Pomp na Mafeking vir gebruik)

=1,655,

Besproei = 0,727

Evapotranspirasie uit poel = 0,023

Waterverliese uit oorloop deur

evapotranspirasie = 15% $\times 1,077 = 0,162$

Totaal = 2,567 $\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$).

44. Mooimeisiesfontein = 0,042 $\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

(Grondwaterverlies deur evapo-

transpirasie geneem as 15% van

vloei = 15% $\times 0,28 = 0,042 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$)

45. Molopoosooig = 1,141 $\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Grondwaterverlies deur evapo-

transpirasie geneem as 15% van vloei =

15% $\times 7,605 = 1,141 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$).

9.2.8 Grondwaterverliese in die distrik Marico

Die oppervlakte van die distrik is 5141 km^2 en die van die deel wat in die Molopogebied lê is net 760 km^2 .

9.2.8.1 Waterverliese op platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste	= 98102 = 98102 G.V.E.	= $1,611 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Perde, muile, donkies	= 4224 = 4224 G.V.E.	= $0,069 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Skape	= 52979 = 5298 G.V.E.	= $0,087 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Bokke =	= 7263 = 726 G.V.E.	= $0,012 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Varke	= 2790 = 279 G.V.E.	= $0,005 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
	Totaal	= $1,784 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverbruik deur mense

Blankes	= 4800 @ 455 l/d/pers.	= $0,797 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Nie-blankes	= 33858 @ 136 l/d/pers.	= $1,681 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
	Totaal	= $2,478 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverliese uit reservoires deur verdamping

Daar is 778 reservoires in die distrik waarvan 78 m inhoud van 1500 m^3 het en dus 10 keer groter is as die normale reservoires en die verliese deur verdamping in hierdie reservoires sal dus 10 keer meer wees. Daar sal dus die ekwivalent van $778 - 78 + 780 = 1480$ gewone reservoires wees met 'n totale verlies aan verdamping van $1480 \times 133 = 0,197 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Daar word 442 ha uit boorgate besproei wat 'n totale waterverbruik is van $442 \times 0,0122 = 5,392 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die gemiddelde plattelandse verliese sal wees:

Vee	= $1,784 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Mense	= $2,478 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Verdamping uit reservoires	= $0,197 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Besproeiing	= $5,392 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
	Totaal = $9,851 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
	= $1709 \text{ m}^3/\text{km}^2$

9.2.8.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Myne

46. Slurry (vir gebruik) = $0,032 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
(verbruik volgens Komitee, 1975)

Verliese by fonteine

47. Olievendraai = $0,980 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
(Vloei van $0,98 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ word
gebruik vir besproeiing).

48. Weltevreden = $0,073 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
(Vloei van $0,073 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ word
alles gebruik vir besproeiing).

9.3 Grondwaterverliese in Tuisland in Molopogebied

9.3.1 Grondwaterverliese in Gathloereservaat

Die getalle vir mense en diere het betrekking op 1972 soos verkry van die Departement van Bantoe-administrasie en -Ontwikkeling, Kuruman.

Die gebied is sedert 1973 vervreem as deel van die Tuisland en is die inwoners na ander gebiede verskuif.

Die gebied beslaan 637 km^2 en lê geheel en al in die Molopogebied.

9.3.1.1 Waterverliese op platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste	= 2726 = 2726 G.V.E. = $0,045 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Mulle, donkies, perde	= 1849 = 1849 G.V.E. = $0,030 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Kleinvee	= 17598 = 1760 G.V.E. = $0,029 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
	Totaal = $0,104 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverbruik deur mense

5600 @ 45 l/d/pers. = $0,092 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverliese uit reservoires deur verdamping

Daar is 52 boorgate in die gebied wat gebruik word, elk met 'n reservoir vir suiping. Die verliese deur verdamping is $52 \times 150 = 0,008 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Geen besproeiing uit boorgate vind plaas nie.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die gemiddelde verliese op die platteland is:

Vee	= $0,104 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Mense	= $0,092 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Verdamping uit reservoires	= $0,008 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Totaal	= $0,204 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ = $320 \text{ m}^3/\text{km}^2$

9.3.1.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Verliese by fonteine

49. Gathlose

$$= 0,005 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$$

(verlies geneem as 15% van vloei
van $0,035 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$)

9.3.2 Grondwaterverliese in Thlapinggebied

Die gebied beslaan 3398 km^2 en lê in geheel in die Molopogebied.

9.3.2.1 Waterverliese op platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste, perde, muile, donkies = 43158 G.V.E. = $0,709 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Varke, bokke, skape = 60795 = 6080 G.V.E. = 0,100 "

Totaal = $0,809 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverbruik deur mense

24355 @ 45 ℓ /d/pers. = $0,400 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverliese uit reservoiers deur verdamping

Daar is 380 boorgate in gebruik, elk met 'n windpomp en reservoir vir veesuiping, met 'n totale verlies deur verdamping van $380 \times 150 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j} = 0,057 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Daar vind geen besproeiing uit boorgate plaas nie.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die gemiddelde verliese op die platteland is as volg:

Vee = $0,809 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Mense = $0,400 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Verdamping uit reservoiers = $0,057 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Totaal = $1,266 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

= $371 \text{ m}^3/\text{km}^2$

9.3.2.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Dorpe

50. Mothibistad = $0,161 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
(verbruik volgens pompsyfers)
51. Seodin (verbruik bereken volgens getalle. Water uit 2 boorgate 11 000 mense @ 22 l/d/pers.) = $0,088 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Myne

52. Witbank B (water hiervandaan aangelê na myn vir gebruik) = $0,083 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverliese by fonteine

53. Wesselsvlei (net verdamping) = $0,0001 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
54. Manyeding B (Besproei met vloei van $1,679 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$. Verdamping uit poel = $0,002 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$) = $1,681 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
55. Manyeding C. (Besproei met vloei van $0,148 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$. Verdamping en evapotranspirasie is $0,0003 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$) = $0,1483 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
56. Tseelengwe (net verdamping) = $0,001 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
57. Skietmekaar (Natuurlike evapotranspirasie is $0,022 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$. Geen besproeiing) = $0,022 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
58. Bothetheletse (Besproei met vloei = $1,064 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$. Verdamping is $0,003 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$) = $1,067 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
59. Motloeng (net verdamping) = $0,010 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
60. Kikahela (net verdamping) = $0,006 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
61. Bushy Park (net verdamping) = $0,010 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
62. Bally Brith (Twee fonteine. Net verdamping) = $0,001 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
63. Motiton (ses fonteine. Word nie gebruik nie. Verliese net deur verdamping) = $0,005 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

64. Botiton = $0,028 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
(Twee fonteine. Verlies deur
besproeiing is $0,022 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ en
verdamping uit poel is $0,006 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$)
65. Cardington (net verdamping) = $0,001 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
66. Kookfontein (net verdamping) = $0,001 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
67. Lebutsane (net verdamping) = $0,0005 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
68. Lotlhakani (net verdamping) = $0,001 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
69. Kgatlagomo (net verdamping) = $0,002 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
70. McCwetsaneng (evapotranspirasie) = $0,030 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

9.3.3 Grondwaterverliese in Thlarogebied

Die gebied beslaan 6072 km^2 en lê geheel en al in die Molopogebied.

9.3.3.1 Waterverliese op platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste, perde, muile, donkies = 40171 G.V.E. = $0,660 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Bokke, skape, varke = 99042 = 9904 G.V.E. = $0,163 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Totaal = 0,823 "

Waterverbruik deur mense

20459 @ 45 l/d/pers. = $0,336 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverliese uit reservoirs deur verdamping

Daar is ongeveer 360 boorgate, elk met 'n reservoir vir veesuiping, in gebruik in die gebied en die totale verliese deur verdamping sal $360 \times 150 = 0,054 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ wees.

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Daar is nie besproeiing uit boorgate nie.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die gemiddelde verliese op die platteland is as volg:

Vee	= 0,823 x 10 ⁶ m ³ /j
Mense	= 0,336 x 10 ⁶ m ³ /j
Verdamping uit reservoirs	= <u>0,054</u> x 10 ⁶ m ³ /j
Totaal	= 1,213 x 10 ⁶ m ³ /j
	= 200 m ³ /km ²

9.3.3.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Myne

71.	Riries C (Pomp vanaf ou myn op White Rock na Ririesmyn vir gebruik)	= 0,153x10 ⁶ m ³ /j
72.	Hotazel C (Pomp uit boorgate na Hotazelmyn vir gebruik)	= 0,157x10 ⁶ m ³ /j
73.	Engeland (Pomp uit boorgate na Engeland vir gebruik)	= 0,027x10 ⁶ m ³ /j
74.	Koretsi (Pomp uit boorgate na Koretsimyn vir gebruik)	= 0,005x10 ⁶ m ³ /j
75.	Hotazel B (Pomp uit boorgate na Hotazelmyn vir gebruik)	= 0,088x10 ⁶ m ³ /j
76.	Bute A (Pomp uit boorgate by myn vir gebruik)	= 0,0005x10 ⁶ m ³ /j
77.	Bute B (Pomp uit boorgate vir myndorp vir gebruik)	= 0,0005x10 ⁶ m ³ /j

Verliese by fontseine

78. Maruping = $0,384 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
(Verliese a.g.v. besproeiing is
vloei van $0,372 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ en
evapotranspirasie is $0,012$
 $\times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.)
79. Bathlaros. = $0,017 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
(Net evapotranspirasie)
80. Tsineng = $0,002 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
(Net verdamping)
81. Heuningvlei = $0,019 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
(Net verdamping)

9.3.4 Grondwaterverliese in Borolonggebied

Die gebied beslaan 5619 km^2 en lê geheel en al in die Molopogebied.

9.3.4.1 Waterverliese op platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste, perde, muile, donkies = 57514 G.V.E. = $0,780 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$
Bokke, skape, varke = 51271 = 5127 G.V.E. = 0,084 "
Totaal = $0,864 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverbruik deur mense

26344 @ 45 l/d/pers. = $0,432 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$

Waterverliese uit reservoirs deur verdamping

Daar is 313 boorgate in gebruik, elk met 'n reservoir
en die totale verliese deur verdamping is $313 \times 150 =$
 $0,047 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.

Waterverliese deur besproeiing uit boorgate

Daar is geen besproeiing uit boorgate nie.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die gemiddelde verliese op die platteland is as volg:

Vee	= 0,864 x 10 ⁶ m ³ /j
Mense	= 0,432 x 10 ⁶ m ³ /j
Verdamping uit reservoirs	<u>0,047</u> x 10 ⁶ m ³ /j
Totaal	= 1,343 x 10 ⁶ m ³ /j
	= 239 m ³ /km ²

9.3.4.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Daar is nie plekke in die gebied waar daar besondere groot hoeveelhede grondwater onttrek word nie.

9.3.5 Grondwaterverliese in Tswana-gebied

Die gebied in geheel beslaan 4713 km² maar die gedeelte wat in die Molopogebied lê is 4520 km².

9.3.5.1 Waterverliese op platteland

Waterverbruik deur vee

Beeste, perde, muile, donkies = 73330 G.V.E. = 1,204 x 10⁶ m³/j
Bokke, skape, varke

Waterverbruik deur mense

82642 @ 45 l/d/pers. = 1,357 x 10⁶ m³/j

Waterverliese uit reservoirs deur verdamping

In die Moloporeservaat, 'n gebied van 2128 km² is daar 122 boorgate, elk met 'n reservoir in gebruik. In die Itsoengarea is daar volgens 'n opname 42 boorgate en reservoirs in 'n gebied van 343 km². Die digtheid van boorgate (en reservoirs) is dus 15 km² is daar 314 reservoirs. Die totale verlies uit die reservoirs deur verdamping is dus 314 x 133 = 0,042 x 10⁶ m³/j.

Waterverbruik deur besproeiing uit boorgate

Daar is geen besproeiing uit boorgate nie.

Gemiddelde plattelandse verliese

Die gemiddelde verliese op die platteland is:

Vee	=	1,204	$\times 10^6$	m^3/j
Mense	=	1,357	$\times 10^6$	m^3/j
Verdamping uit reservoirs	=	0,042	$\times 10^6$	m^3/j
Totaal	=	2,603	$\times 10^6$	m^3/j
	=	576	m^3/km^2	

9.3.5.2 Waterverliese by individuele lokaliteite

Dorpe (en ander lokaliteite)

82. Montshiwa (verbruik volgens hoeveelheids gepomp uit boorgate)	=	0,168	$\times 10^6$	m^3/j
83. Itsoseng (Verbruik bereken volgens populasie 7068 @ 136 l/d/pers.)	=	0,351	$\times 10^6$	m^3/j
84. De Hoop (Pomp uit boorgate na hospitaal op Gelukepan vir gebruik)	=	0,201	$\times 10^6$	m^3/j
85. Shiela (Pomp uit boorgate vir hospitaal op Shiela vir gebruik)	=	0,201	$\times 10^6$	m^3/j

Spoorwegstasies

86. Sethopo (S.A.S. pomp uit boorgate vir gebruik)	=	0,002	$\times 10^6$	m^3/j
87. Kraaipan (S.A.S. pomp uit boorgate vir gebruik)	=	0,061	$\times 10^6$	m^3/j

88. Madibogo = 0,042 × 10⁶ m³/j
(S.A.S. pomp uit boorgate vir
gebruik)

Verliese by fonteine

89. Polfontein = 0,270 × 10⁶ m³/j
(Waterverlies deur evapotranspirasie
bereken as 15% van vloei van
1,798 × 10⁶ m³/j).

9.4 Grondwaterverliese in die verskillende grondwatereenhede in die Molopogebied

Die grondwaterverliese is vervolgens bereken vir elkeen van die individuele grondwatereenhede met betrekking tot die volgende verbruike en verliese.

Waterverliese op platteland

1. Verbruik deur mense
2. Verbruik deur diere
3. Verbruik deur besproeiing uit boorgate
4. Verliese deur verdamping uit reservoirs

Waterverliese by individuele lokaliteite

1. Verbruik deur dorpe, spoorwegstasies en ander enkele plekke.
2. Verbruik deur myne en myndorpe.
3. Verbruik by fonteine (besproeiing)
4. Verliese deur water wat uit myne gepomp word en nie benut word nie.
5. Verliese by fonteine a.g.v. evapotranspirasie.

Die berekenings m.b.t. die onderskeie grondwatereenhede is op Tabelle 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98 en 99 aangegee en op Tabel 100 saamgevat.

Die verliese op die platteland t.o.v. diere, mense, besproeiing uit boorgate en verdamping uit reservoirs is bereken volgens die proporsionele oppervlakte van die verskillende distrikte en Stangebiede in die betrokke grondwatereenheid. Die totale verliese is op Figuur 118 aangedui vir die dele van die distrikte waaruit die grondwatereenhede bestaan.

Die individuele lokaliteite waar grondwaterverliese voorkom is ook op Figuur 118 aangedui. Die grondwaterverliese by hierdie lokaliteite getel by die plattelandse verliese sal die totale grondwaterverliese verteenwoordig soos aangegee.

Tabel 92.- Grondwaterverliese in Mafeking-grondwatereenheid

Distrikte in grondwatereenheid	Waterverliese op platteland per jaar				Waterverliese by individuele lokaliteite per jaar					Totale waterverliese. m ³ x 10 ⁶
	Verbruik deur mense m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur diere m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur be- sproeiing uit boorgate m ³ x 10 ⁶	Verliese deur ver- damping uit reservoirs m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur dorpe en spourwag m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur myne m ³ x 10 ⁶	Verbruik by fonteine m ³ x 10 ⁶	Verliese by myne deur verdamping m ³ x 10 ⁶	Verliese by fonteine deur ver- damping m ³ x 10 ⁶	
Mafeking (oos)	0,052	0,084	0,031	0,004	0,056	-	-	-	-	0,227
Marico	0,366	0,263	0,797	0,029	-	0,032	1,053	-	-	2,540
Lichtenburg	0,601	0,375	2,451	0,084	1,655	-	0,727	-	1,368	7,261
Mafeking (wes)	0,088	0,141	0,052	0,006	-	-	-	-	-	0,287
Tswanagebied	0,697	0,618	0,000	0,022	1,193	-	-	-	-	2,530
Totaal	1,804	1,481	3,331	0,145	2,904	0,032	1,780	-	1,368	12,845
Totaal		6,761 x 10 ⁶ m ³					6,084 x 10 ⁶ m ³			12,845

Tabel 93.- Grondwaterverliese in Piet Plessis-grondwatereenheid

Distrikte in grondwatereenheid	Waterverliese op platteland per jaar				Waterverliese by individuele lokaliteite per jaar				Totale waterverliese p.j. m ³ x 10 ⁶	
	Verbruik deur mense m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur diere m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur be- sproeiing uit boorgste m ³ x 10 ⁶	Verliese deur ver- damping uit reservoirs m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur dorpe en spoorweë m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur myne m ³ x 10 ⁶	Verbruik by fonteine m ³ x 10 ⁶	Verliese by myns deur verdamping m ³ x 10 ⁶		Verliese by fonteine deur ver- damping m ³ x 10 ⁶
Tswanagebied	0,605	0,536	-	0,022	0,103	-	-	-	-	1,266 ^x
Mafeking (wes)	1,305	2,101	0,777	0,096	0,058	-	-	-	-	4,341
Vryburg (suid)	0,057	0,142	0,392	0,008	-	-	-	-	-	0,599
Borolonggebied	0,020	0,040	-	0,002	-	-	-	-	-	0,062
Vryburg (noord)	0,193	0,476	-	0,028	-	-	-	-	-	0,697
Totaal	2,184	3,295	1,169	0,156	0,161	-	-	-	-	6,965
Totaal		6,804 x 10 ⁶ m ³					0,161 x 10 ⁶ m ³			6,965

^x 0,570 x 10⁶m³/j in noordelike deel en 0,696 x 10⁶m³/j in suidelike deel.

Tabel 94.- Grondwaterverliese in Blok B - grondwaterseenheid

Distrikte in grondwaterseenheid	Waterverliese op platteland per jaar				Waterverliese by individuele lokaliteite per jaar					Totale waterverliese p.j. m ³ x 10 ⁶
	Verbruik deur mense m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur diere m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur be- sprceeing uit boorgate m ³ x 10 ⁶	Verliese deur ver- damping uit reservoirs m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur dorpe en spoorweë m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur myne m ³ x 10 ⁶	Verbruik by fonteins m ³ x 10 ⁶	Verliese by myne deur verdamping m ³ x 10 ⁶	Verliese by fonteins deur ver- damping m ³ x 10 ⁶	
Vryburg (noord)	0,210	0,520	-	0,031	-	-	-	-	-	0,761
Berzalonggebied	0,363	0,726	-	0,039	-	-	-	-	-	1,128
Thlarsgebied	0,204	0,499	-	0,033	-	0,001	-	-	0,019	0,756
Thlapinggebied	0,149	0,302	-	0,021	-	-	0,022	-	0,016	0,510
Vryburg (suid)	0,143	0,359	0,992	0,021	-	-	-	-	-	1,515
Kuruman	0,035	0,240	0,080	0,010	-	-	-	-	-	0,365
Totaal	1,104	2,646	1,072	0,155	-	0,001	0,022	-	0,035	5,035
Totaal		4,977 x 10 ⁶ m ³					0,058 x 10 ⁶ m ³			5,035

Tabel 95.- Grondwaterverliese in Pioneer-grondwatereenheid

Distrikte in grondwatereenheid	Waterverliese op platteland per jaar				Waterverliese by individuele lokaliteite per jaar					Totale waterverliese p.j. m ³ x 10 ⁶
	Verbruik deur mense m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur diere m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur be- sproeiing uit boorgate m ³ x 10 ⁶	Verliese deur ver- damping uit reservoire m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur dorpe en oopvande m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur myne m ³ x 10 ⁶	Verbruik by fontaine m ³ x 10 ⁶	Verliese by mynne deur verdamping m ³ x 10 ⁶	Verliese by fontaine deur ver- damping m ³ x 10 ⁶	
Tlharogebied	0,020	0,012	-	-	-	-	-	-	-	0,032
Kuruman	0,019	0,128	0,083	0,005	-	0,009	-	-	-	0,244
Totaal	0,039	0,140	0,083	0,005	-	0,009	-	-	-	0,276
Totaal		0,267 x 10 ⁶ m ³				0,009 x 10 ⁶ m ³				

Tabel 96.- Grondwaterverliese in Ghaapplate-grondwatereenheid

Distrikte in grondwatereenheid	Waterverliese op platteland per jaar				Waterverliese by individuele lokaliteite per jaar					Totale waterverliese p. m ³ x 10 ⁶
	Verbruik deur mense m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur diere m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur be- sproeiing uit boorgate m ³ x 10 ⁶	Verliese deur ver- damping uit reservoirs m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur dorpe en spoorweë m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur myne m ³ x 10 ⁶	Verbruik by fonteine m ³ x 10 ⁶	Verliese by myne deur verdamping m ³ x 10 ⁶	Verliese by fonteine deur ver- damping m ³ x 10 ⁶	
Thlapinggebied	0,251	0,507	-	0,036	0,249	0,083	2,893	-	0,089	4,108
Thlarogebied	0,065	0,160	-	0,011	-	0,430	0,372	-	0,031	1,069
Kuruman	0,051	0,349	0,226	0,015	1,582	0,115	5,991	-	0,191	8,520 ^x
Totaal	0,357	1,016	0,226	0,062	1,831	0,626	9,256	-	0,311	13,697
Totaal		1,671 x 10 ⁶ m ³					12,026 x 10 ⁶ m ³			

x 0,122 x 10⁶m³/j in noordelike deel en 8,398 x 10⁶m³/j in suidelike deel

Tabel 97.- Grondwaterverliese in Molopo-grondwatereenheid

Distrikte in grondwatereenheid	Waternverliese op platteland per jaar				Waternverliese by individuele lokaliteite per jaar					Totale waternverliese p.j. m ³ x 10 ⁶
	Verbruik deur mense m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur diere m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur be- spreiing uit boorgate m ³ x 10 ⁶	Verliese deur ver- damping uit reservoire m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur dorpe en spoorweë m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur myne m ³ x 10 ⁶	Verbruik by fonteine m ³ x 10 ⁶	Verliese by mynne deur verdamping m ³ x 10 ⁶	Verliese by fonteine deur ver- damping m ³ x 10 ⁶	
Kuruman	0,017	0,120	0,078	0,005	-	-	-	-	-	0,220
Vryburg (noord)	0,444	1,098	-	0,065	-	-	-	-	-	1,607
Totaal	0,461	1,218	0,078	0,070	-	-	-	-	-	1,827
Totaal		1,827 x 10 ⁶ m ³								1,827

Tabel 98.- Grondwaterverliese in Pomfret-grondwatereenheid

Distrikte in grondwatereenheid	Waterverliese op platteland per jaar				Waterverliese by individuele lokaliteite per jaar					Totale waterverliese P.J. m ³ x 10 ⁶
	Verbruik deur mense m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur diere m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur be- sproeiing uit boorgate m ³ x 10 ⁶	Verliese deur ver- damping uit reservoirs m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur dorpe en spoorweë m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur myne m ³ x 10 ⁶	Verbruik by fonteine m ³ x 10 ⁶	Verliese by myne deur verdamping m ³ x 10 ⁶	Verliese by fonteine deur ver- damping m ³ x 10 ⁶	
Kuruman	0,039	0,265	0,172	0,011	-	-	-	-	-	0,487
Thlarogebied	0,062	0,152	-	0,010	-	0,001	-	-	-	0,225
Vryburg (noord)	0,060	1,474	-	0,088	-	0,331	-	-	-	1,953
Borolonggebied	0,049	0,098	-	0,005	-	-	-	-	-	0,152
Mafeking(wes)	0,035	0,056	0,021	0,003	-	-	-	-	-	0,115
Totaal	0,245	2,045	0,193	0,117	-	0,332	-	-	-	2,932
Totaal		2,600 x 10 ⁶ m ³					0,332 x 10 ⁶ m ³			2,932

Tabel 99.- Grondwaterverliese in Gamagara-grondwatereenheid

Distrikte in grondwatereenheid	Waterverliese op platteland per jaar				Waterverliese by individuele lokaliteite per jaar					Totale waterverliese P.J. m ³ x 10 ⁶
	Verbruik deur mense m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur diere m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur be- sproeiing uit boorgate m ³ x 10 ⁶	Verliese deur ver- damping uit reservoirs m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur dorpe en spoorweë m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur myne m ³ x 10 ⁶	Verbruik by fonteine m ³ x 10 ⁶	Verliese by myne deur verdamping m ³ x 10 ⁶	Verliese by fonteine deur ver- damping m ³ x 10 ⁶	
Postmasburg	0,452	0,841	0,868	0,047	1,018	1,137	-	0,503	0,010	4,876
Gathlose	0,092	0,104	-	0,008	-	-	-	-	0,005	0,209
Kuruman	0,017	1,140	0,739	0,049	0,191	1,172	-	0,528	-	3,836
Totaal	0,561	2,085	1,607	0,104	1,209	2,309	-	1,031	0,015	8,921
Totaal		4,357 x 10 ⁶ m ³						4,564 x 10 ⁶ m ³		8,921

Tabel 100.- Grondwaterverliese in die verskillende grondwatereenhede in Molopoogebied

Grondwatereenheid	Waterverliese op platteland per jaar				Waterverliese by individuele lokaliteite per jaar					Totale waterverliese p.j. m ³ x 10 ⁶
	Verbruik deur mense m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur diere m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur besproeiing uit boorgate m ³ x 10 ⁶	Verliese deur verdamping uit reservoirs m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur dorpe en spoorweë m ³ x 10 ⁶	Verbruik deur myne m ³ x 10 ⁶	Verbruik by fontein m ³ x 10 ⁶	Verliese by myne deur verdamping m ³ x 10 ⁶	Verliese by fontein deur verdamping m ³ x 10 ⁶	
Mafeking	1,804	1,481	3,331	0,145	2,904 [†]	0,032	1,780	-	1,368	12,845
Piet Plessis	2,184	3,295	1,169	0,156	0,161	-	-	-	-	6,965
Blok B	1,104	2,646	1,072	0,155	-	0,001	0,022	-	0,035	5,035
Pioneer	0,039	0,140	0,083	0,005	-	0,009	-	-	-	0,275
Ghaapplato	0,367	1,016	0,226	0,062	1,831 [✕]	0,628	9,256	-	0,311	13,697
Molopo	0,461	1,218	0,078	0,070	-	-	-	-	-	1,827
Pomfret	0,245	2,045	0,193	0,117	-	0,332	-	-	-	2,932
Gamogara	0,561	2,085	1,607	0,104	1,209	2,309	-	1,031	0,015	8,921
Totaal	6,765	13,926	7,759	0,814	6,105	3,311	11,058	1,031	1,729	52,498
Totaal		29,264 x 10 ⁶ m ³				23,234 x 10 ⁶ m ³				52,498

✕ 1,200 x 10⁶ m³/j uit fontein

† 1,555 x 10⁶ m³/j uit fontein

-327-

Volgens Tabel 100 word die grootste grondwaterverliese gevind in die Mafeking-, Ghaapplato- en Gamogara-grondwatereenhede.

Die grootste verliese van water in die gebied is tewynte aan veeverbruik nl. 27% van die totale waterverliese. Die tweede-grootste verliese is deur besproeiing en evapotranspirasie by fonteine wat nl. 24% van die totale verliese uitmaak, maar vind uitsluitlik plaas in die Mafeking- en Ghaapplato-grondwatereenhede.

Die totale verliese net deur evapotranspirasie en verdamping uit fonteine, reservoïre en uit water wat uit myne gepomp word is $3,574 \times 10^6 \text{ m}^3$, of 7% van die totale waterverliese. Hierdie verliese kan verhelp word deur beter benutting van die water by myne soos Sishen (nr. 5, Fig. 118), Wessels (nr. 12, Fig. 118), Noordhoek (nr. 6, Fig. 118) en Bosrand (nr. 7, Fig. 118) en ook by fonteine waar gedurende evapotranspirasie uit die poele plaasvind. Die verliese by fonteine maak 48% uit van die totale verliese van 7% deur evapotranspirasie en die verliese op hierdie manier by myne is 29% en by reservoïre 23%.

Die waterverliese deur myne wat 8% van die totale verliese is, is die grootste in die Gamogara-grondwatereenheid nl. 70% van die totale mynverbruik in die Molopogebied.

Die verbruik deur besproeiing is die hoogste in die Mafeking-grondwatereenheid as gevolg van die intensiewe besproeiing uit boorgate in die distrikte Marico en Lichtenburg (kyk Tabel 92 en hoofstukke 9.2.7 en 9.2.8).

Daar word $36,856 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ (70%) van die grondwaterverliese uit boorgate en mynskagte onttrek terwyl $15,642 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ (30%) van die grondwaterverliese by natuurlike fonteine en oë plaasvind. Die plattelandse verliese wat uitsluitlik deur boorgate onttrek word beloop $29,264 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ (79%) teenoor die $7,592 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ (21%) wat by individuele lokaliteite soos dorpe, spoorwegstasies en myne onttrek word, in verhouding tot die totale verliese van $36,856 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.

Die totale hoeveelheid van $36,856 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ word d.m.v. 6125 boorgate onttrek in die gebied van 58153 km^2 , wat 'n boorgatdigtheid van $9,5 \text{ km}^2/\text{boorgat}$ is en 'n onttrekkingstempo van $6017 \text{ m}^3/\text{bg}/\text{j}$. Daar word dus net $633 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{j}$ d.m.v. boorgate onttrek. Die totale benutting van grondwater is $903 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{j}$.

10. GRONDWATERBALANS

10.1 Algemeen

Uit 'n praktiese oogpunt kan dit aanvaar word dat daar geen oppervlakafloop uit die gebied plaasvind nie en ook nie uit enige van die grondwatereenhede nie. Daar is wel periodieke afloop uit sekere van die grondwatereenhede soos die Mafeking-eenhede, maar soos aangedui in hoofstuk 8.2.1.4 is dit op die langtermyn net 0,2 persent van die jaarlikse gemiddelde reënval.

Die watervlakke in boorgate, waarvan sommige sedert 1961 gereeld gemeet is (kyk hoofstuk 5.3 en Figure 44 tot 53) toon geen dalende tendense nie, wat aandui dat daar nie meer grondwater onttrek word op die lang duur as wat die langtermyn-aanvulling is nie. Die onttrekking wat van toepassing is het m.a.w. geen langtermyn nadelige effek op die grondwatervlak of die lewerings, of die kwaliteit nie. Die ontginningspotensiaal van die gebied word dus moontlik nog nie ten volle benut nie.

Daar vind geen ondergrondse vloei na die grondwatereenhede Mafeking, Piet Plessis, Blok B, Pomfret, Ghaapplato, Gamogara en Pomfret plaas nie (kyk Fig. 55). Daar mag, volgens die grondwaterkontoere (kyk Fig. 54), ondergrondse vloei na die Molopo-grondwatereenheid plaasvind. Hierdie vloei is nie bepaal nie en kan onder omstandighede nie bepaal word nie.

Daar vind ondergrondse vloei uit al die grondwatereenhede plaas (kyk Fig. 55) maar is nêrens met behulp van pomptoetse in werklikheid bepaal nie. 'n Aantal boorgate is in 1970 in die gebied oos van Severn aanbeveel (Smit. 1970) om die vloei deur die Kalaharilae uit Blok B-grondwatereenheid te bepaal m.b.v. pomptoetse. As gevolg van die geohidrologiese toestande was dit egter nie moontlik om die totale ondergrondse vloei te bepaal nie. Daar is aanvanklik gemeen dat die ondergrondse vloei net deur die Kalaharilae plaasvind wat op ondeurlatende lawa van die Formasie Ongeluk lê. Die boordery het getoon dat hoogs-deurlatende tilliet van die Formasie Makgayene onder die Kalaharilae aanwesig is en dat ondergrondse vloei ook daardeur sal plaasvind.

Dit was dus nie moontlik om met boorgate en pomptoetse die vloei deur die lawa en tilliet te bepaal nie. Die profiel waarlangs die boorgate geboor is, is aangegee op Figuur 34. Die posisie van die profiellyn is aangedui as profiellyn D op Figuur 15. Die profiel, maar op 'n ander skaal, word ook aangegee op Figuur 16.

'n Verwerking van die pomptoetsgegevens (Gombar, 1973) het 'n waarde vir die transmissibiliteit (T) van die basale growwe gruis met klei gegee as $42\text{m}^2/\text{d}$ en van die hoër sone bestaande uit kleierige gruis met gruislae as $22\text{m}^2/\text{d}$. Volgens die wydtes van die sone en die gradiënt van die grondwatervlak is die totale ondergrondse vloei deur die Kalaharilae bereken as $172\text{m}^3/\text{d}$. Die jaarlikse ondergrondse vloei deur die Kalaharilae uit Blok B-grondwatereenheid is hiervolgens dus $0,063 \times 10^6\text{m}^3$. Die jaarlikse aanvulling in die eenheid is $28,8 \times 10^6\text{m}^3$ (Tabel 91) en die jaarlikse verliese is $5,035 \times 10^6\text{m}^3$ (Tabel 94). Die surplus grondwater is dus $23,765 \times 10^6\text{m}^3/\text{j}$ wat baie meer is as die vloei deur die Kalaharilae uit die grondwatereenheid. Die kwaliteit van die water vergelyk met dié van water wat uit die Moshawengrivier aangevul is (hoofstuk 7.18.6.4). Op hierdie stadium is dit nie seker waar die ondergrondse vloei uit die grondwatereenheid plaasvind nie.

In 1972 is aanbevelings ook gemaak om boorgate in die Gamogara-grondwatereenheid te boor om d.m.v. pomptoetse die vloei deur die Kalaharilae uit die grondwatereenheid te bepaal (Smit, 1972a). Die Geologiese Opname het reeds in 1975 begin met so 'n ondersoek maar geen resultate is nog behaal nie aangesien die boorprogram nog nie voltooi is nie en geen pomptoetse gedoen is nie. (Aangesien die grondwaterfunksie van die Geologiese Opname in 1977 na die Departement van Waterwese oorgedra is, is die ondersoek sedertdien deur lg. Departement behartig.)

10.2 Vergelyking tussen waterwinste en waterverliese in die verskillende grondwatereenhede

Die balans tussen die waterwinste en die waterverliese in die verskillende grondwatereenhede sal 'n aanduiding gee van die ondergrondse vloei uit die gebied. Die grondwaterwinste of aanvulling is aangegee op Tabel 91. Die grondwaterverliese is aangegee op Tabel 100.

'n Vergelyking tussen die waterwinste en waterverliese word saamgevat op Tabel 101.

Die totale jaarlikse waterverbruik (of grondwaterverliese) in die Molopogebied beloop 23% van die totale jaarlikse aanvulling. Enslin (1970) het aangedui dat dit twyfelagtig is of meer as 10-20 persent van die bruto grondwateraanvulling in stolrotse en Voorkambriese sedimente benut kan word. In die gebied as geheel word $36,856 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ of 16% onttrek d.m.v. boorgate en 7% word verloor by fonteine.

In die grondwatereenhede Piet Plessis en Gamagara is die benutting 21% van die aanvulling. Die benutting in die Ghaaplato-grondwatereenheid is 39% van die aanvulling. As grondwaterverliese by fonteine egter buite rekening gelaat word is die benutting d.m.v. boorgate net 12% van die beskikbare potensiaal.

Die grondwaterbenutting in die Pomfret-grondwatereenheid is 36 persent en alles word d.m.v. boorgate onttrek. Die hoë benutting is moontlik te wyte daaraan dat in 'n groot deel van die gebied water in die Kalaharilae gevind word en dat water uit boorgate oor 'n baie groter gebied onttrek word as in die ouer gesteentes met 'n sekondêre poreusheid.

Die buitengewone hoë benutting in die Molopo-grondwatereenheid dui moontlik op addisionele laterale aanvulling vanaf Botswana.

Tabel 101.- Grondwaterbalans in die verskillende grondwaterseenhede in die Molopoogebied

Grondwaterseenheid	Oppervlakte in km ²	Totale grondwaterverliese m ³ x 10 ⁶ /j (van Tabel 100)	Grondwaterverliese as m ³ /km ² /j	Totale grondwateraanvulling in m ³ x 10 ⁶ /j (van Tabel 91)	Grondwateraanvulling as m ³ /km ² /j	Grondwaterverliese as persentasie van grondwateraanvulling per jaar
Mafeking	4858	12,845	2644	74,3	15294	17
Piet Plessis	11003	6,965	633	33,5	3044	21
Blok B	13833	5,035	364	28,8	2082	17
Pioneer	679	0,276	406	1,6	2356	17
Ghaapplato	4934	13,697	2776	35,4	7174	39
Molapo	4364	1,827	419	2,0	458	91
Pomfret	8270	2,932	355	8,1	979	36
Samogara	10212	8,921	874	43,5	4260	21
Totaal	58153	52,498	903	227,2	3907	23

11. EVALUASIE VAN GRONDWATERPOTENSIAAL

11.1 Benuttingspotensiaal van grondwater

Die hoeveelheid grondwater wat deur middel van boorgate uit 'n opvanggebied of formaasie onttrek kan word is in die meeste gevalle 'n onbekende faktor. Volgens Enslin (1970) is dit twyfelagtig of meer as 10-20 persent van die bruto aanvulling benut kan word in stolorotse en Voorkambriese gesteentes, maar in kleiner opvanggebiede kan dit tot 50% wees en in dolomiet en in alluviale waterdraers kan die ontginningspotensiaal so hoog as 100% wees. In die Molopogebied se verakillende grondwatereenhede kan dit derhalwe varieer tussen 10 en 100 persent aangesien al die genoemde gehidrologiese toestande hier bestaan.

In groot gedeeltes van die grondwatereenhede Blok B, Molopo, Pomfret en Gamogara kom die grondwater voor in Kalaharilae (verg. Fig. 23 en Fig. 55). Al die grondwater in hierdie grondwatereenhede vloei ondergronds na die Kalaharilae en met boorgate in die Kalaharilae behoort dit moontlik te wees om 'n baie groot deel van die bruto grondwateraanvulling te benut.

In die grondwatereenhede Blok B, Ghaapplato, Gamogara, Pomfret en Mafeking is dolomiet aanwesig wat ook 'n relatiewe hoë ontginningspotensiaal in die eenhede tot gevolg moet hê. Dit is net in die Piet Plessis-grondwatereenheid waar daar baie min waterdraende Kalaharilae en dolomiet voorkom en in die Pioneer-eenheid, waar die ontginningspotensiaal moontlik ongeveer 50% kan wees.

Die berekening van die bruto grondwateraanvulling in die gebied is hoofsaaklik gebaseer op die aanvulling wat op grond van fonteinvloei op die dolomiet van die Ghaapplato in die Kurumangebied bepaal is as 2,5% van die jaarlikse reënval. Die fonteinvloei verteenwoordig die normale aanvulling in die kompartement nadat normale evapotranspirasie deur die natuurlike plantegroei, reeds plaasgevind het. Die persentasie aanvulling soos toegepas in die gebied (Tabel 88) is 'n waarde waarin daar alreeds toegeleat is vir evapotranspirasie en sal hierdie verliese nie van toepassing wees by die berekening van die ontginningspotensiaal nie.

11.2 Toekomstige waterverbruik

Die digtheid van grootvee-eenhede (G.V.E.) in die gebied as geheel is 6,5 ha/G.V.E., met 5,9 ha/G.V.E. in die Blanke gebiede en

8,0 ha/G.V.E. in die Tuislandgebiede. Die Departement van Landbou-
tegniese Dienste (1966) het vir die doeleindes van die herwinningskema van
1967 bepaal dat die draakrag van die veld in die oostelike dele van die
Molopogebied 7 ha/G.V.E. is, in die sentrale dele 9 ha/G.V.E.
en in die westlike dele 10 ha/G.V.E. Met 'n belading van 6,5 ha/G.V.E.
lyk dit nie of daar groot uitbreiding in die veeboerdery moontlik is
nie. Volgens die Departement van Landbou-tegniese Dienste (1968)
word daar ook geen uitbreiding in die waterverbruik deur die landbou voorsien
nie.

Volgens 'n verslag van die Departement van Beplanning (Hulpkomitee,
1967, tabel vir streek 27) is die verwagte toename in die waterverbruik
deur myne, spoorweë, nywerhede, kragstasies en plaaslike besture in die
gebied tussen die jare 1975 en 2 000 ongeveer 3,4 % per jaar. Volgens
die verslag van die Waterbeplanningskomitee van die Minister van Waterwese
(Komitee, 1975, p. 55 en 89) is die verwagte toename in die waterverbruik
in die hele gebied vir die jare 1970 tot 2000 ongeveer 2,3% per jaar
met 'n toename van 1,7% per jaar in die Blanke dele en 8,5% per jaar in die
Tuislandgebiede.

In die lig van die huidige situasie is dit miskien realisties
om die toename in die waterverbruik te neem as 1,5% per jaar in die Blanke
gebied en 8% per jaar in die Tuislandgebied.

Die verbruik in die verskillende grondwatereenhede soos vooruit
geskat word op Tabel 102 aangegee.

As aanvaar word dat in dolomietgebiede en waar waterdraende
Kalaharilae voorkom in die betrokke grondwatereenheid, die ontginnings-
potensiaal 100% is en waar graniet of ouer Voorkambriese sedimente met 'n
sekondêre poreusheid voorkom dit 50% is, kan die ontginningspotensiaal
met betrekking tot die verskillende grondwatereenhede as 'n liberale benadering
as volg aanvaar word.

Mafeking-grondwatereenheid	=	63%*	ontginningspotensiaal
Piet Plessis-grondwatereenheid	=	50%	"
Blok B-grondwatereenheid	=	100%	"
Pioneer-grondwatereenheid	=	50%	"
Ghaapplate-grondwatereenheid	=	100%	"
Molopo-grondwatereenheid	=	100%	"
Pomfret-grondwatereenheid	=	100%	"
Gamogara-grondwatereenheid	=	100%	"

* Bereken volgens die relatiewe verhouding van oppervlakktes van dele
met verskillende ontginningspotensiaal.

Volgens bogenoemde liberale benadering sal daar genoeg grondwater in die Mafeking-grondwatereenheid wees tot na die jaar 2000. In die Piet Plessis-eenheid is daar genoeg grondwater tot die jaar 1998. In die grondwatereenhede Pioneer, Ghasaplato, Pomfret en Gamogara is daar ook genoeg grondwater tot die jaar 2000. In die Molopo-grondwatereenheid is daar net voldoende water tot die jaar 1990 as daar geen addisionele ondergrondse vloei na die kompartement plaasvind nie.

Tabel 102.- Toekomstige grondwaterverbruik in Molopogebied

Grondwaterseenheid		Verbruik in 1973 m ³ x 10 ⁶	Persentasie van bruto aanvulling per jaar (1973)	Verbruik in 1990 ^x	Persentasie van bruto aanvulling per jaar (1990)	Verbruik in 2000 ^x	Persentasie van bruto aanvulling per jaar (2000)
Mafeking	Tuisland	2,530	17	5,97	25	10,75	35
	Blank	10,315		12,95		14,89	
Piet Plessis	Tuisland	1,328	21	3,13	30	5,64	55
	Blank	5,637		7,07		12,73	
Slok B	Tuisland	2,394	17	5,65	31	10,17	49
	Blank	2,641		3,31		3,81	
Pioneer	Tuisland	0,032	17	0,08	24	0,14	31
	Blank	0,244		0,31		0,36	
Ghaapplate	Tuisland	5,177	39	12,22	65	21,99	97
	Blank	8,520		10,69		12,29	
Molopo	Tuisland	-	91	-	115	-	132
	Blank	1,827		2,29		2,63	
Pcmfret	Tuisland	0,377	36	0,89	51	1,60	65
	Blank	2,555		3,21		3,69	
Gamogere	Tuisland	0,209	21	0,49	26	0,88	31
	Blank	8,712		10,93		12,57	
Totaal	Tuisland	12,047	23	28,43	35	51,17	50
	Blank	40,451		50,76		62,97	
Totaal: Tuisland en Blank		52,498	23	79,19	35	114,14	50

x Toename 1,5% per jaar in Blanke gebiede en 8% per jaar in Tuislandgebiede

12. GEVOLGTREKKINGS

12.1 Grondwaterindeling

Die Molopogebied kan in 8 grondwatereenhede verdeel word volgens die grondwaterkontoere (Fig. 55).

12.2 Beskikbare grondwater

12.2.1 Teen die toename in die waterverbruik van 1,5% per jaar in die Blanke gebiede en 8% in die Tuislandgebiede is daar in die meeste grondwatereenhede voldoende water beskikbaar om in die behoefte tot die jaar 2000 te voorsien indien dit aanvaar word dat die jaarlikse aanvulling ten volle benut kan word (Tabel 102.)

12.2.2 Die bestaande fonteine lewer gesamentlik ($25,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$), net soveel water as die totale plattelandse verbruik. Net 62% van hierdie potensiaal word benut (Tabel 100).

12.3 Grondwateraanvulling

12.3.1 Die grondwateraanvulling in die gebied varieer volgens die intensiteit van die reënval en die dikte van die bedekking.

12.3.2 In die dagsoomgebiede varieer die grondwateraanvulling tussen 2,2% van die jaarlikse reënval van 220 mm in die weste en 3,8% van die jaarlikse reënval van 550 mm in die ooste (Tabel 88).

12.3.3 Daar vind nie aanvulling plaas tot die grondwater waar die bedekking dikker as 15 m is nie (hoofstuk 8.3).

12.3.4 In die dele van die gebied waar die bedekking tussen 0 en 15 m is, is aanvulling tussen 0,26 en 0,8%, met 'n gemiddelde van 0,5%, van die jaarlikse reënval (Tabel 88).

12.4 Grondwaterverliese

12.4.1 Die huidige totale jaarlikse grondwaterverbruik in die Molopogebied is ongeveer 23% van die bruto jaarlikse aanvulling.

12.4.2 Die grootste jaarlikse volume grondwater word in die Ghaapplatogrondwatereenheid gebruik, hoofsaaklik as gevolg van besproeiing onder oë en fonteine. Die tweede grootste grondwaterverbruik is in die Mafeking-grondwatereenheid as gevolg van besproeiing uit oë en d.m.v. boorgate. Die derde grootste verbruik is in die Gamogara-grondwatereenheid as gevolg van die hoë verbruik deur myne (Tabel 100).

12.4.3 Sewe persent van die totale grondwaterverliese vind plaas d.m.v. evapotranspirasie by fonteine op die dolomiet in die Mafekinggebied en op die Ghaapplate.

12.5 Grondwaterkwaliteit

12.5.1 Die kwaliteit van die grondwater in die dagsoomgebiede, langs die Moloporivier stroomop van Arizona, langs die Moshawengrivier stroomop van Aansluiting en waar die watervlak in die Kalaharilae op 'n diepte vlakker as 15 m is, is gewoonlik 'n bikarbonaatwater met minder as 500 d.p.m. totale opgeloste stowwe en is dit gewoonlik van 'n goeie kwaliteit (Fig. 110).

12.5.2 Die totale opgeloste stowwe in die water vermeerder progressief met die dikte van die Kalaharilae en die afstand vanaf die aanvullingsgebied.

12.5.3 Grondwater wat deur die Kalaharilae beweeg verander nie in kwaliteit betreffende die konsentrasie van totale opgeloste dele per miljoen nie en is gewoonlik vergelykbaar met die kwaliteit van die water in die aangrensende gesteentes waaruit dit na die Kalaharilae beweeg het.

12.5.4 Die Formasie Duyka se verspreiding onder die Kalaharilae en onderkant die grondwatervlak het 'n groot invloed op die kwaliteit van die water en die formasie dra gewoonlik by tot die hoë soutinhoud van die water in sekere gebiede.

12.6 Grondwatertemperatuur

12.6.1 Die temperatuur van die grondwater varieer volgens die diepte van die watervlak. Die geotermiese gradient bereken volgens die grondwatertemperature is die hoogste in lawa, jaspiliet en Kalaharilae, nl. 30, 35 en 45 m/°C, respektiewelik en die laagste in dolomiet en graniet, nl. 50 en 54 m/°C, respektiewelik.

12.7 Grondwaterbeweging

12.7.1 Volgens ouderdomsbepalings is die beweging van grondwater deur graniet in Blok B ongeveer 1 m/j (hoofstuk 5.4.3).

12.7.2 Die ondergrondse vloei wat volgens die grondwaterkontoere, uit die verkillende grondwaterseenhede plaasvind is nie kwantitatief bepaal nie en kan nie gekorreleer word met die grondwatersurplusse wat daar bestaan volgens die balansstaat van die waterwinste en waterverliese nie.

12.8 Stoorkapasiteit

12.8.1 Die effektiewe stoorkapasiteit van die gesteentes is volgens die watervlakskommelinge 'n gemiddeld van 0,10% of $100\ 000\ m^3/m/km^2$, maar varieer tussen 0,4% by 0-20 m onder die watervlak tot 0,05% op 'n diepte van 80-100 m onder die watervlak (hoofstuk 5.3.1).

12.9 Grondwatervlak

12.9.1 Die diepte van die grondwatervlak varieer tussen nul en 150 m. Die watervlak is gewoonlik die vlakste in die dagsoomgebiede en die diepste waar dit in die Kalaharilae geleë is (hoofstuk 5).

12.9.2 Daar is 100 fonteine bekend (Fig. 38) waarvan 34 vloei en 34 heeltemal droog is. Die fonteine is net geleë op dolomiet, nl. in die gebied oos van Mafeking, by Kuruman, en in Morokwenreservaat (hoofstuk 5.2).

12.10 Voorkoms van grondwater

12.10.1 Die persentasie sukses wat behaal word met boorgate is 47% (lewering meer as 450 l/h). Die hoogste persentasie suksesse (80%) word behaal in die tilliet van die Formasie Makganyene en die laagste (17%) in die Formasie Dwyka (Tabel 2).

12.10.2 Volgens 'n ontleding van die boorresultate is dit nie lonend om in enige van die formasies dieper as tot 60 m onder die watervlak te boor nie.

12.10.3 Wetenskaplike aanwysing van boorgate kan met sukses toegepas word op sekere gesteentes soos graniet, tilliet van die Formasie Makganyene, lawa van die Formasie Ongeluk, kwartsiet van die Formasies Lucknow en Matsap en dolomiet van die Formasie Ghaaplatto.

12.10.4 Boorgate in die Formasie Dwyka gee gewoonlik onbruikbare soutwater of is droog en dit is nie lonend om in die formasie te boor vir water nie.

12.10.5 In die Kalaharilae word die beste sukses behaal indien daar in die sentrale dele van die ou sloepe geboor word tot in die basale lae.

12.10.6 Dit is baie moeilik om sukses te behaal met boorgate in die gebied wes van die Makhubungrante en noord van Pomfret waar water in lawa, jaspiliet en Dwykaskalie voorkom en grondwaterontwikkeling is 'n wesenlike probleem, asook die kwaliteit van die water.

12.10.7 Die graniet in Blok B waar die Kalaharilae dikker as 15 m is (Fig. 61) is ook 'n baie moeilike gebied om sukses te behaal met boorgate, terwyl die kwaliteit boonop ook swak is. Die ontwikkeling van grondwater in hierdie gebied is 'n probleem wat een of ander tyd aandag eal moet kry.

12.10.8 In die Blok B-gebied, in die omgewing van Koudslaap is daar 'n sentrale geïsoleerde gebied (kyk Fig. 55) met baie min aanvulling en wat 'n baie lae grondwaterpotensiaal het. Met die ontwikkeling en beplanning van hierdie deel sal rekening gehou moet word met hierdie toestand.

12.11 Grondwaterbenutting

12.11.1 Dorpe en myne gebruik omtrent $10,447 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ of 20% van die totale verbruik van $52,498 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$. Hergebruik van geëiwende water sal teen die jaar 2000 'n wesenlike moontlikheid wees.

12.11.2 Dit is twyfelagtig of die bou van plaasdamme (gronddamme) van enige nut sal wees aangesien dit in die gebied waar dit moontlik is, minder aanvulling tot die grondwatervlak tot gevolg sal hê en aangesien verdamping oral so hoog is, sal die werklike benutting van hierdie water beperk wees. Oop water hou buitendien altyd 'n gevaar in vir suiping, weens 'n besoedeling deur slakke wat siektes veroorsaak.

12.11.3 Reënwater wat op die dakke van plaashuise val vorm 'n aansienlike bron vir huisgebruik. Die totale opvang van dakke is bereken as $8,05 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$, gebaseer op 2 237 plaashuise met 'n dakoppervlakte vir elk van 900 m^2 en 'n gemiddelde reënval van 400 mm. Hierdie bron word moontlik reeds tot 'n groot mate benut.

12.11.4 In 'n baie groot deel van die gebied (48%) is daar geen aanvulling tot die grondwater nie en verdamp en transpireer al die reën wat op die oppervlak val. Hierdie bron kan moontlik beter benut word d.m.v. die maak van kunsmatige opvanggebiede behoorlik beplan en gebou, soos verteenwoordig deur die bekende metode van gatdamme wat goed bekend is in die Gordoniagebied. Hierdie metode moet sterk oorweeg word vir sekere probleemgebiede, selfs onder die huidige toestande.

13. AANBEVELINGS

13.1 Evaluasie van grondwaterpotensiaal

13.1.1 Verdere studie is nodig om natuurlike aanvulling op dolomiet te bepaal deur gebruik te maak van fonteinvloei. Hierdie studie moet 'n ondersoek na die omvang van die lekkasie deur dolerietgange insluit. Die kompartement op die Ghaapplate by Kuruman is ideaal en die oë moet gereeld gemeet word en meetstasies moet op die nuwe oë wat sedert 1974 ontspring het opgerig word. Alle fonteine op die dolomiet behoort in die toekoms gereeld gemeet te word.

13.1.2 In die gebiede waar die Kalaharilae dunner as 15 m is, is verdere navorsing nodig om die aanvulling te bepaal.

13.1.3 Verdere ondersoek is nodig op die ondergrondse vloei uit die verskillende grondwatereenhede, om moontlik 'n indikasie te gee van die aanvulling wat in die grondwatereenheid plaasvind.

13.1.4 Die stoorkapasiteite van die verskillende waterdraers moet ondersoek word, insluitende die Kalaharilae, wat in 'n baie groot gebied waterdraend is. Die Kalaharilae speel 'n baie groot rol in die bepaling van die ontginningspotensiaal in die verskillende grondwatereenhede. Die grondwater in die Kalaharilae kan moontlik tot 'n groter mate benut word as wat tans die geval is.

13.1.5 Die ontginningspotensiaal van die grondwater in die verskillende formasies en grondwatereenhede moet verder ondersoek word vir die toekomstige beplanning van die ontwikkeling en benutting van die gebied se grondwaterbronne.

13.1.6 Verdere studie moet gedoen word op die reaksie van die grondwater-vlakke in die hele gebied onder al die verskillende geohidrologiese toestande wat gevind word, ten einde die kondisies waaronder aanvulling en laterale vloei plaasvind, te ondersoek.

13.2 Voorkoms van grondwater

13.2.1 Die ontwikkeling van grondwater in graniet in Blok B-grondwater-eenheid is 'n wesenlike probleem en navorsing behoort gedoen te word op die metodes en tegnieke van grondwaterontwikkeling met boorgate in graniet onder die verskillende geologiese toestande.

13.2.2 Boorgate in die grootste deel van die gebied is van primêre belang vir veesuiping. Die lewerings wat benodig word is nie noodwendig hoog nie maar dit moet darem so wees dat die potensiaal van die gewone pomptoerusting behoortlik benut word. In hierdie verband kan navorsing op die tegniek van boorgatontwikkeling om die lewering tot 'n mate te verbeter, goeie vrugte

afwerp om die boorgat meer benutbaar te maak, of selfs om party s.g. droë gate bruikbaar te maak.

13.3 Benutting van grondwater

13.3.1 In sekere gebiede, soos in die grondwatereenhede Molopo, Pomfret en Blok B, word soms onbruikbare sout water aangstref (kyk Fig. 60) en ontsouting van water vir veesuiping kan in hierdie gebiede 'n baie groot bydrae lewer tot die behoorlike benutting van die grondwater.

13.3.2 Navorsing behoort gedoen te word op die ontwerp en beplanning van kunsmatige opvanggebiede om reënwater in sekere gebiede te benut as bron van water.

SAMEVATTING

Die gebied wat 58 153 km² beslaan en waarvan ongeveer 75 persent met sand bedek is, is uitsluitlik van ondergrondse water afhanklik. Die gesteentes is hoofsaaklik in die westelike en suidelike dele blontgelê. Die Kalaharilae is tot 180 m dik en die geologiese formasies onder die Kalaharilae is volgens boorgatgegevens vasgestel.

Die diepte van die grondwatervlak varieer tussen 15 m in dagsoomgebiede en 150 m in gebiede waar die Kalaharilae die dikste is. In die westelike dele is die Kalaharilae waterdraend.

In stollingsgesteentes lewer 34 tot 50 persent van die boorgate meer as 450 l/h en in sedimentêre gesteentes, behalwe die Formasie Dwyka, 50 tot 80 persent. Boorgate wat wetenskaplik op Voor-Kalaharigesteentes gekies is lewer 10 persent hoër suksesse (lewering meer as 450 l/h) as boorgate wat op ander metodes gekies is.

In 38 boorgate is watervlakskommelinge sedert 1967 gereeld gemeet. Seisoensveranderinge is ongeveer 3 keer groter in boorgate in dagsoomgebiede as in boorgate waar die Kalaharilae tussen 0 en 15 m dik is. Waar die Kalaharilae dikker as 15 m is, is geen seisoensveranderinge waarneembaar nie.

Die gebied kan volgens die hoogtekontoere van die grondwatervlak in 8 grondwatereenhede ingedeel word wat elk 'n afsonderlike grondwater-kompartement vorm.

Die temperatuur van die grondwater varieer volgens die diepte van die grondwatervlak. Die geotermiese gradiënt is hiervolgens bereken as 54 m/°C in graniet, 50 m/°C in dolomiet, 35 m/°C in jaspiliet, 30 m/°C in lawa en 45 m/°C in Kalaharilae.

In totaal is 204 grondwatermonsters chemies ontleed en totale opgeloste stowwe is in 655 monsters bepaal. Die konsentrasie van T.O.S. in die grondwater in Voor-Kalaharigesteentes word progressief hoër met 'n toename in die dikte van die Kalaharilae. Die Kalaharilae veroorsaak nie 'n verhoging in die konsentrasie van totale opgeloste stowwe in die grondwater nie maar ionuitruiling vind wel plaas waar grondwater deur die kleilae beweeg. Die grondwater in die Voor-Kalaharigesteentes en in die Kalaharilae kan elk in 4 tipes ingedeel word volgens die chemiese samestelling en oorsprong.

Die grondwateraanvulling in dagsoomgebiede varieer tussen 2,2 persent in die weste by 'n reënval van 220 mm per jaar, tot 3,8 persent in die ooste, by 'n reënval van 550 mm per jaar. In gebiede waar die bedekking tussen 0 en 15 m is, is aanvulling moontlik 0,5 persent van die jaarlikse reënval en waar die Kalaharilae dikker as 15 m is, vind geen direkte aanvulling plaas nie. Die totale jaarlikse aanvulling tot die grondwater in die hele gebied is $227,2 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Die totale grondwaterverliese in die gebied is $52,498 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar, waarvan 70 persent uit boorgate en 30 persent uit fonteine afkomstig is. Die jaarlikse toename in die waterverbruik word beraam op 1,5 persent in Blanke gebiede en 8 persent in Tuislandgebiede. Die waterverbruik deur mense en diere verteenwoordig 39 persent van die totale grondwaterverliese, verbruik deur besproeiing 36 persent, deur dorpe en myne 20 persent en deur verdamping en transpirasie 5 persent. Net 62 persent van die totale fonteinvloei word direk benut. Die totale grondwaterverliese in die gebied verteenwoordig 23 persent van die jaarlikse bruto aanvulling, maar varieer tussen 91 en 17 persent in die verskillende grondwatereenhede. Die totale hoeveelheid water wat uit boorgate onttrek word is $36,856 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ of 16 persent van die totale jaarlikse aanvulling.

Die toekomstige waterverbruik in die gebied word beraam op $114,14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ vir die jaar 2000, wat ongeveer 50 persent van die jaarlikse potensieële aanvulling verteenwoordig. Die benutting varieer egter tussen 31 en 132 persent in die verskillende grondwatereenhede.

Ten einde die grondwaterpotensiaal beter te bepaal is verdere navorsing nodig op die natuurlike aanvulling tot die grondwater in dagsoomgebiede, die optimale dikte van die bedekking in verhouding tot aanvulling, die ondergrondse vloei deur die dolerietgange in dolomiet en op die ondergrondse vloei uit sommige van die grondwatereenhede. Ondersoek is ook nodig op die ontginningspotensiaal en stoor kapasiteit van die verskillende formasies insluitende die Kalaharilae wat oor groot gebiede 'n belangrike skuifform is.

Die ontginning van grondwater vernameklik in granietgebiede is 'n wesenlike probleem en navorsing op metodes en tegnieke van boorplek-aanwysing sowel as boorgatontwikkeling is nodig.

In groot gebiede in die noordweste is die grondwater onbruikbaar sout en ontsouting van grondwater is 'n baie belangrike aspek vir toekomstige benutting. Navorsing behoort ook gedoen te word op die ontwerp en beplanning van kunsmatige opvanggebiede ten einde reënwater in sekere gebiede direk te benut.

LITERATUURVERWYSINGS

- Besproeiing, 1948. Kaart van verdampingslyne van Departement van Besproeiing: Staatsdrukker.
- Bond, W.G., 1947. 'n Geochemiese opname van die grondwatervoorrade van die Unie van Suid-Afrika: geol. Opn. Mem. 41.
- Buro vir Statistiek, 1960. Besproeiing en watervoorsiening: Landbousensus 34,4.
- Cabrera, A.L., 1955. Arid Zone Research in Latin America: Plant Ecology Reviews of Research, UNESCO, pp 77.
- du Toit, A.L., 1927. The Kalahari and some of its problems: S.A. Journ. of Science, vol. 24, pp 88-101.
- _____, 1939. The Geology of South Africa: Oliver and Boyd, London.
- Departement van Statistiek, 1970. Verslag No 02-05-01: Bevolkingsensus, 6 Mei 1970, Republiek van Suid-Afrika, Bevolking van stede, dorpe en nie-stedelike gebiede.
- Departement van Landbou-tegniese Dienste, 1968. Waterverbruik en -bewaring deur die Landbou: Deel I, waterverbruik, voorgelê aan die Waterplankommissie.
- de Villiers, J., (samesteller), 1960. The manganese deposits of the Union of South Africa: geol. Surv., Handbook 2.
- de Villiers, S.B., 1961. Boorplekaanwysings vir water in Suidwes-Transvaal: geol. Opn. S.Afr., Bull 34.
- de Villiers, P.R., 1971. The geology and mineralogy of the Kalahari Manganese-Field north of Sishen, Cape Province: geol. Surv. Mem. 59.
- de Wet, N.P., 1940. Toeligting van Kaart 56 (Vryburg): ongepubl. verslag geol. Opn., RG 56/2.
- Enslin, J.F., 1970. Die grondwaterpotensiaal van Suid-Afrika: Waterjaar 1970, Konvensie, Water vir die Toekoms.
- _____, 1971. Notas oor die dolomitiese grondwaterbronne in die waterbeplanningsstreek, Wes-Transvaal: ongepubl. verslag, geol. Opn., Ch. 1757.

- Formmurze, H.F., 1937. The water-bearing properties of the more important geological formations in the Union of South Africa: geol. Surv. S.Afr., Mem. 34.
- Gombar, L., 1973. The underground flow on farm Poortjie, Kuruman District: unpubl. report, geol. Surv., Gh. 1973.
- Hall, A.L. and Humphrey, W.A., 1910. The geology of the country round Zeerust and Mafeking: geol. Surv. Expl. Sheet 5 (Zeerust) and Sheet 6 (Mafeking).
- Hem, J.D., 1959. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: U.S. geol. Surv. Water Supply Paper 1473.
- Henzen, M.R., 1974. Die herwinning, opberging en onttrekking van gesuiwerde rioolwater in die Kaapse Skiereiland: D.Sc-verhandeling, U.O.V.S.
- Hulpkomitee, 1967. Die huidige en toekomstige waterverbruik ten opsigte van plaaslike besture, kragstasies, myne, nywerhede en spoorweë in die Republiek: Hulpkomitee van die Beplanningsadviesraad van die Eerste Minister, vol. 5, Noord-Kaaplandstreekstudie.
- _____, 1969. Die fisiografie, klimaat, waterbronne, verkeer en toeristepotensiaal van Noord-Kaapland: Hulpkomitee van die Beplanningsadviesraad van die Eerste Minister, vol. 7, Noord-Kaaplandstreekstudie.
- _____, 1969a. Die ekonomiese struktuur en ontwikkelingsmoontlikhede van Noord-Kaapland: Hulpkomitee van die Beplanningsadviesraad van die Eerste Minister, vol. 8, Noord-Kaaplandstreekstudie.
- Jacob, C.E., 1944. Correlation of ground-water levels and precipitation on Long Island, New York: Trans. Amer. geoph. Un., Part 6, pp 928-939.
- Johnson, H., 1975. Hydrochemistry in groundwater exploration: paper presented at SARCCUS-meeting in Bulawayo.
- Kent, L.E., 1948. Diatomeë-afsettings in die Unie van Suid-Afrika met besondere vermelding van Kieselgoer: geol. Opn. Mem. 42.
- Kok, T.S., 1976. Die geohidrologie van Bloemendal-basboomplaas, Distrik Pietermaritzburg, Natal: ongepubl. versl. geol. Opn. nr. 2924.

- Komitee, 1975. Vraag na en aanbod van water in die Wes-Transvaal- en Postmasburg-Mafekinggebied tot die jaar 2000: Waterplanningskomitee vir Wes-Transvaal, van die Minister van Waterwese.
- Leggette, R.M., 1936. Long-time records of ground-water levels on Long Island, New York: Trans. Amer. geoph. Un., Part 2, pp. 341-344.
- Landbou-tegniese Dienste, 1966. Verslag oor droogte- en algemene landboustoestande; interim verslag, Dept. van Landbou-tegniese Dienste, Oranje-Vrystaatstreek.
- Malherbe, S.J., 1973. Explanatory note, Sheet 2625 A: unpubl. rep. geol. Surv. No RG 2625/A1.
- Martin, H., 1961. Hydrology and water balance of some regions covered by Kalahari sands in South-West Africa: Inter-African Conference on Hydrology, CCTA, Nairobi, Publ. 66, pp 443-449.
- Pike, D.R., 1965. Tweede verslag oor grondwaterontwikkeling vir die Dorpsbestuur van Garies, Distrik Namakwaland, Kaapprovinsie: ongepubl. versl. geol. Opn., Gh. 1266.
- Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses: Am. geoph. Un. Trans. v. 25, p. 914-923.
- Schalk, K., 1961. The water balance of the Uhlenhorst Cloudburst in South-West Africa: Inter-African Conference on Hydrology, CCTA, Nairobi, Publ. 66, pp. 443-449.
- Shulze, B.R., 1947. The climates of South Africa according to the classifications of Köppen and Thornthwaite: Proc. S.A. geogr. Soc., vol. 29, pp.32.
- Smit, P.J., 1963. Report on the occurrence of minerals in the Molopo Bantu Reserve in the Mafeking District: unpubl. report geol. Surv., Nr. Eg. 1/26.
- _____, 1964. Selection of borehole sites on Trust farms of the Makuba Range in Heuningvlei area, District Vryburg: Unpubl. rep. geol. Surv., Nr. Gh 1195.
- _____, 1965. Korrelasie van gesteentes in Koranneberge, Gebied 2722 B, Distr. Postmasburg: ongepubl. verslag, geol. Opn.

- _____, 1966. Verslag oor navorsing op waterdraende eienskappe van Ongeluktillet noord van Tsaineng: ongepubl. verslag, geol. Opn., Gh. 1377.
- _____, 1967. Die Ongeluktilletsons van die Etage Onder-Griekwastad in die Kurumanstreek: geol. Opn., ongepubl. verslag Nr. STR 45.
- _____, 1970. Geohidrologiese en geofisiese ondersoek in gebied Severn-Bromley langs Moshawengrivier, distrik Kuruman: ongepubl. verslag, geol. Opn., Nr Gh. 1517.
- _____, 1972. Grondwater in die Moloporivieropvanggebied: ongepubl. verslag, geol. Opn. Nr. Gh 1790.
- _____, 1972a. Grondwatertoestande in omgewing van Wesselsmyn, distrik Kuruman: ongepubl. verslag, geol. Opn., Nr. Gh 1725.
- _____, 1974. Moloporivier; watervlakmetings in opvanggebied: ongepubl. verslag, geol. Opn., Nr. Gh 1896.
- _____, 1974a. 1:250 000 Geologiese Kaart, Morokweng 2622: geol. Opn. met verklarende aantekeninge.
- _____, 1974 b. 1:250 000 Geologiese Kaart, Bray 2522: geol. Opn. met verklarende aantekeninge.
- _____, 1975. The Karoo System in the Kalahari of the Northern Cape Province: *Annals geol. Surv. S.A.*, Vol. 9, 1971/72, pp 79.
- _____, 1975a. Groundwater recharge on the dolomite of the Ghaap Plateau near Kuruman in the Northern Cape: unpubl. rep. geol. Surv., Nr Gh. 2829 (submitted for publication in *Water S.A.* in 1977).
- Temperley, B.N., 1973. Ground-water rest level response to rainfall variation: unpublished rep., geol. Surv.
- Theron, J.J., (sonder datum). Lysimeter experiments: *Science Bull* 288, Dept. of Agriculture, University of Pretoria.
- Thorntwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate: *geogr. Review*, Vol. 38, Nr. 1, pp 55-94.
- Tison, J., 1957. *Hydrology: Guide Book to Research Data for Arid Zone development*, UNESCO, p. 66.
- Todd, D.K., 1959. *Ground Water Hydrology*: John Wiley, New York, 1st Edition.

- Truter, F.C., Wasserstein, B., Botha, P.R., Visser, D.J.L., Boardman, L.G. and Paver, C.L., 1938. The geology and mineral deposits of the Oliphantshoek Area, Cape Province: geol. Surv. Expl. of Sheet No. 173, Oliphantshoek.
- Truter, F.C., 1939. Geologiese waarnemings, Vryburg-karteringsgebied: ongepubl. verslag, geol. Opn., Nr. Rg. 56/1.
- Van Eeden, O.R., 1972. Die geologie van die Republiek van Suid-Afrika, 'n Toeligtig van die 1:1000 000 Kaart van 1970: geol. Opn., Sp. Publ. 18.
- _____, 1955. Die verbruik en aanvulling van Ondergrondse water in die Unie van Suid-Afrika: Tydskrif vir Wetenskap en Kuns.
- Van Wyk, W.L., 1963. Ground-water studies in Northern Natal, Zululand and surrounding areas: geol. Surv. S.Afr., Mem. 52.
- Veatch, A.C., 1906. Fluctuations of the water level in wells, with special reference to Long Island, New York: U.S. geol. Surv., Water-Supply and Irrigation Paper No. 155.
- Waterwese, 1965. Isohiëtiese Kaart, 1:250 000 van Departement van Waterwese gebaseer op reënvalsyfers van die Weerkantoor oor die tydperk 1921-1960.
- Weerburo, 1960. Streekreënval: Klimaat van Suid-Afrika, Deel 5 (WB 23).
- _____, 1954. Klimaatstatistieke: Klimaat van Suid-Afrika, Deel 1 (WB 29).
- _____, 1965. Gemiddelde maandelikse reënval tot op die end van 1960: Klimaat van Suid-Afrika, Deel 9(WB 29).
- Whiplinger, O., 1953. The storage of water in sand: D.Sc-thesis, Univ. Stellenbosch.

Tabel 103.- Name en nommers van plase waarna in die teks verwys word.

Aandrus (Deel van Eden 703/46)	Caledonia 703/91
Aarpan Gr. 10/1924	Chelmsford Gr. 6/1945
Aberdare Gr. 28/1945	Chesham 289
Adams Gr. 6/1924	Clober Maf.Q. 1-12
Addlestone Ku.Q. 4-20	Clapham 65
Ainslie 434	Cork 39
Alnwick 287	Concordia 8
Ardath Ku.C.Q. 533	Cobham Ku.Q. 4-1
Arizone 1/13	Cornelion 704/5
Asbes Gr. 4/1937	Constable 189/17
Ashton 139	Collins 189/15
Avontuur 2952/1928	Constantia Gr. 25/1930
Bathurst 114	Crayfield 68
Barden 500	Cromer Gr. 34/1943
Barnet 346	Cullinan 35/42
Benoni 703/39	Cubbie Ku. C.O. 538
Bestwood Ku.Q. 4-14	Daly's Pan 94
Bendell 71	Davidson 35/16
Beryl 704/16	Delpport B. 742/1915
Bergheim B. 1106/1916	Devon Gr. 14/1945
Bishopswood Ku.Q. 10-23	Derwent 354
Blackheath 90	Dichaking Ku.Q. 3-11
Bloukrans Gr. 8/1929	Dickerson 35/6
Bocean 4/7	Dingle Vr.Q. 18-39
Boerdraai Gr. 10/1930	Distin Vr.Q. 20-1
Botha Gr. 74/1951	Dorchester 112
Boomplaas 703/52	Droëkloof Gr. 10/1945
Boxmoor Ku.Q. 5-1	Duncan 138
Bruwer Gr. 22/1930	Dutton 356
Broughton Ku.Q. 3-31	East Gr. 25/1954
Bristol 321	Eden 703/46
Bramcote Ku.Q. 6-18	Eendracht 703/38
Bute 299	Egham 297
Bull Run Vr. Q. 17-5	Eiffel 359
Byron (Deel van Westfield Ku.Q. 7-24)	Eldorado 703/47
Byfleet Ku.Q. 4-11	Elsmere Ku.Q. 50
Carrington Ku.Q. 10-4	Elgon Gr. 7/1927
	Epsom Gr. 49/1945

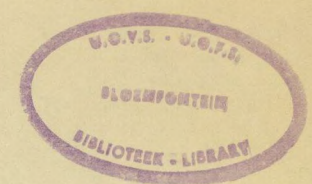
Esperance 3/2
Exeter 323
Flatlands Ku.Q. 329
Forbes 128
Frylinck 1/27
Gamagara Vr.Q. 18-37
Gamolilo Ku.F. 4-1
Galway Ku.Q. 6-13
Ganap 350
Gara Dea Ghomo Ku.Q. 1-5
Goede Hoop 1/12
Good Hope 3/12
Goold Gr. 3/1929
Gravehage 703/93
Grootdrink 703/45
Groblersvreugde 251/17
Grootverdriet Vr.Q. 6-12
Groenwater Gr. 7/1929
Hartley Vr.Q. 16-21
Hartlands Ku.Q. 7-26
Hartnols Ku.Q. 6-11
Harefield Gr. 2/1953
Haslemere Vr.Q. 20-30
Helena 703/94
Heuningdraai Gr. 23/1931
Hertford 309
Highlands 230
Howden 295
Hotazel B 1307/1914
Hugh Legg 35/20
Hurst Park 170
Idaho 1/17
Innes 189/9
Jebolo 63
Jones 35/24
Kathu Vr.Q. 19-14
Kelso 351
Kgudunkwane Gr. 45/1944
Kipling Gr. 38/1955
Klipbak Gr. 18/1928
Knapp Vr. Q. 18-33
Koedoesdraai 2/14
Kolokolani 211
Koudslaap 251/22
Langdon Gr. 30/1931
Langlaagte 703/4
Langerust Vr.Q. 10-6
Langar Ku.Q. 8-33
Laxey 42
Leanett 11/48
Leinster 363
Leeds 347
Lere Metse 366
Lewis Ku.Q. 23
Liege 193
Limebank Ku.Q. 3-20
Lizbeth B. 1300/1914
Lotlaken Ku. C.O. 3-41
Lolwanen 491
Lubbeshoop Gr. 28/1937
Lurie 352
MacMac Gr. 1/1924
Mannerheim 752/1940
Mamatwan Gr. 43/1932
Marsh Vr.Q. 19-7
Matchel (Deel van Saamwerk 2962/1928)
Mayfair 1321/1939
Minnesota 748/1940
Mooihoek Gr. 11/1946
Mons 5619/1930
Mortlake Vr.F. 2-60
Mositlane 213
Nchwaning Gr. 12/1940
Nelskop Gr. 25/1952
Neylon Vr.Q. 17-18
Noondoo Ku.Q. 9-7

Olney Ku.C.O. 3-32
Olifantshoek 5821/1950
Olive Pan 81280/191
Ontario 766/1940
Ormonde Vr.Q. 20-13
Pan Gr. 3/1924
Paddington 183
Paddapan 217
Pendeen 4/2
Pepani 232
Perth B.1304/191
Pioneer 713
Picardy Gr. 51/1952
Poortjie (Deel van Kirkby 58)
Polar 428
Rhodes Gr. 30/1947
Rockley 332
Rosenblatt 147
Saltrim 704/3
Sandhurst 162
Sark 357
Severn 36
Sekgame Ku.Q. 6-13
Shaftsbury Gr. 2/1945
Shellford Ku.Q. 6-8
Shirley Ku.Q. 10-1
Sims Vr.Q. 19-2
Sishen Vr.Q. 18-4
Simondium Gr. 18/1944
Skimmel Koppies 703/54
Smartt B 1297/1914
Smaldeel 2/4
Stonehenge Vr.Q. 20-11
Tamar 37
Terra Firma 1/31
Toledo 26
Toronto 1/3

Troubridge 333
Tweed 362
Tyne 345
Walton Ku.Q. 9-2
Wanganella 703/30
Watermeyer Ku.Q. 3-5
Watersend 1/39
Werda 3/4
Wessels Gr. 6/1947
Weston Ku.Q. 3-27
Wexford 39
Weybridge Ku.Q. 5-10
Wienan C.O.M. 2-60
Witstambult 703/22
Witteklip Maf. F. 2-15
Wormald Vr.Q. 19-12
Woodstock Ku.Q. 6-19
York Gr. 34/1953
Young Vr.Q. 19-10



1991 024 622 01 02



DIE GEOHIDROLOGIE IN DIE OPVANGGEBIED
VAN DIE MOLOPORIVIER
IN DIE NOORDELIKE KALAHARI

deur

PETRUS JURGENS SMIT

1977

Promotor: Prof. N.J. Grobler

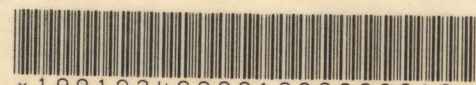
Verhandeling voorgelê ter vervulling van die vereistes
vir die graad Ph.D. in die Fakulteit van Natuurwetenskappe
aan die Universiteit van die Oranje - Vrystaat

1977
523461

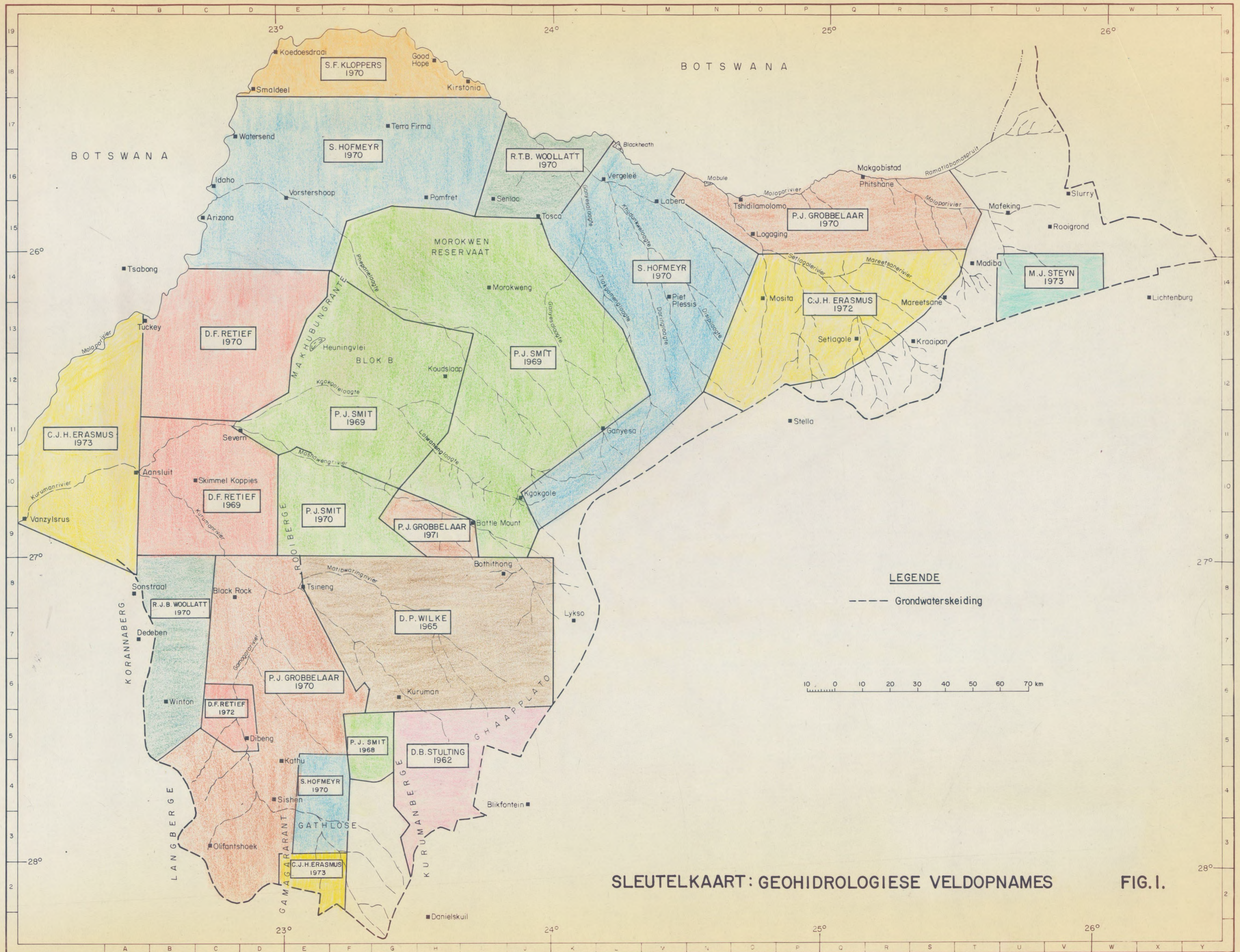
VOLUME 2

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

UOVS - BIBLIOTEK



199102462201220200018



S. F. KLOPPERS
1970

S. HOFMEYR
1970

R. T. B. WOOLLATT
1970

P. J. GROBBELAAR
1970

M. J. STEYN
1973

D. F. RETIEF
1970

S. HOFMEYR
1970

C. J. H. ERASMUS
1972

C. J. H. ERASMUS
1973

P. J. SMIT
1969

P. J. SMIT
1969

D. F. RETIEF
1969

P. J. SMIT
1970

P. J. GROBBELAAR
1971

R. J. B. WOOLLATT
1970

D. P. WILKE
1965

P. J. GROBBELAAR
1970

D. F. RETIEF
1972

P. J. SMIT
1968

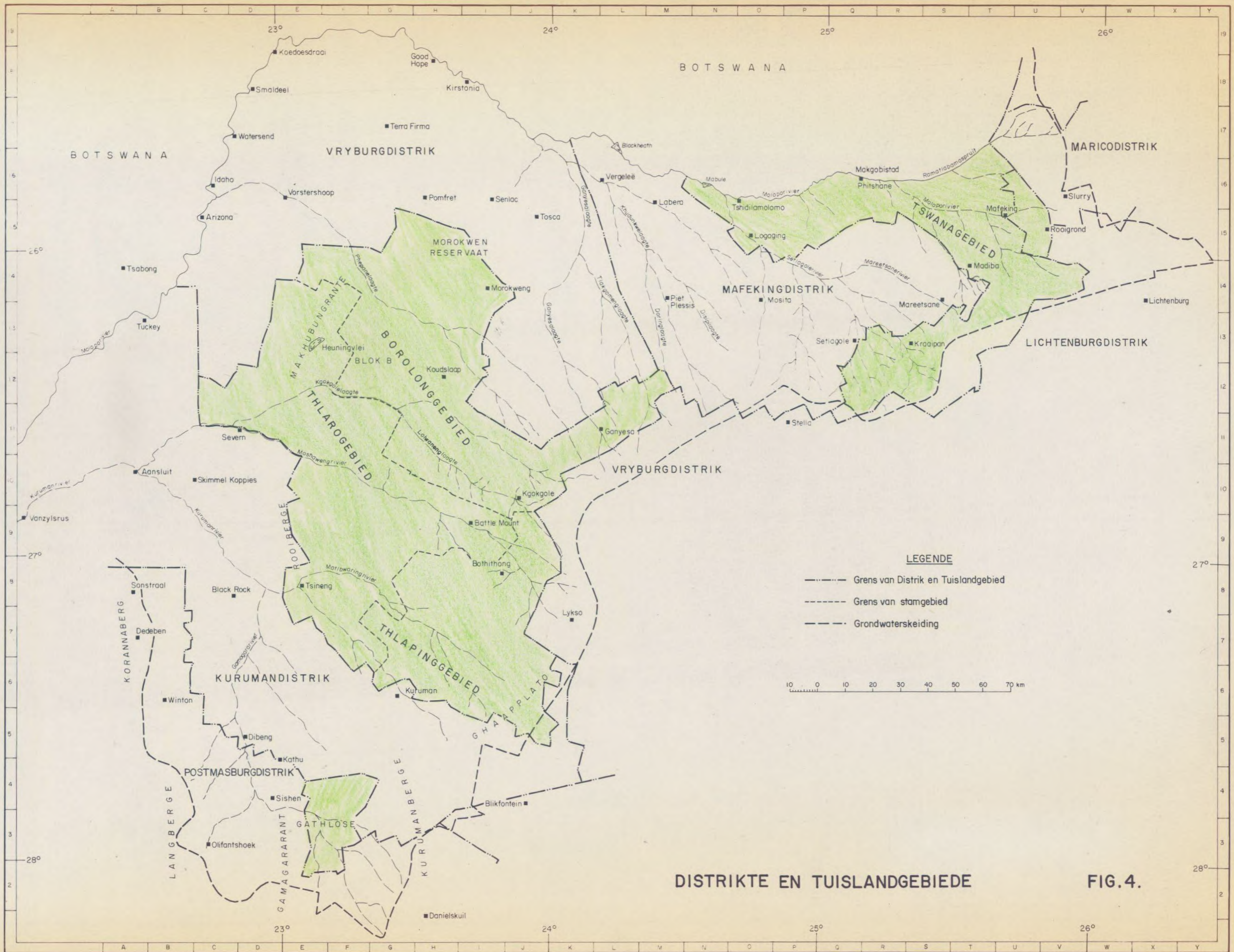
D. B. STULTING
1962

S. HOFMEYR
1970

C. J. H. ERASMUS
1973

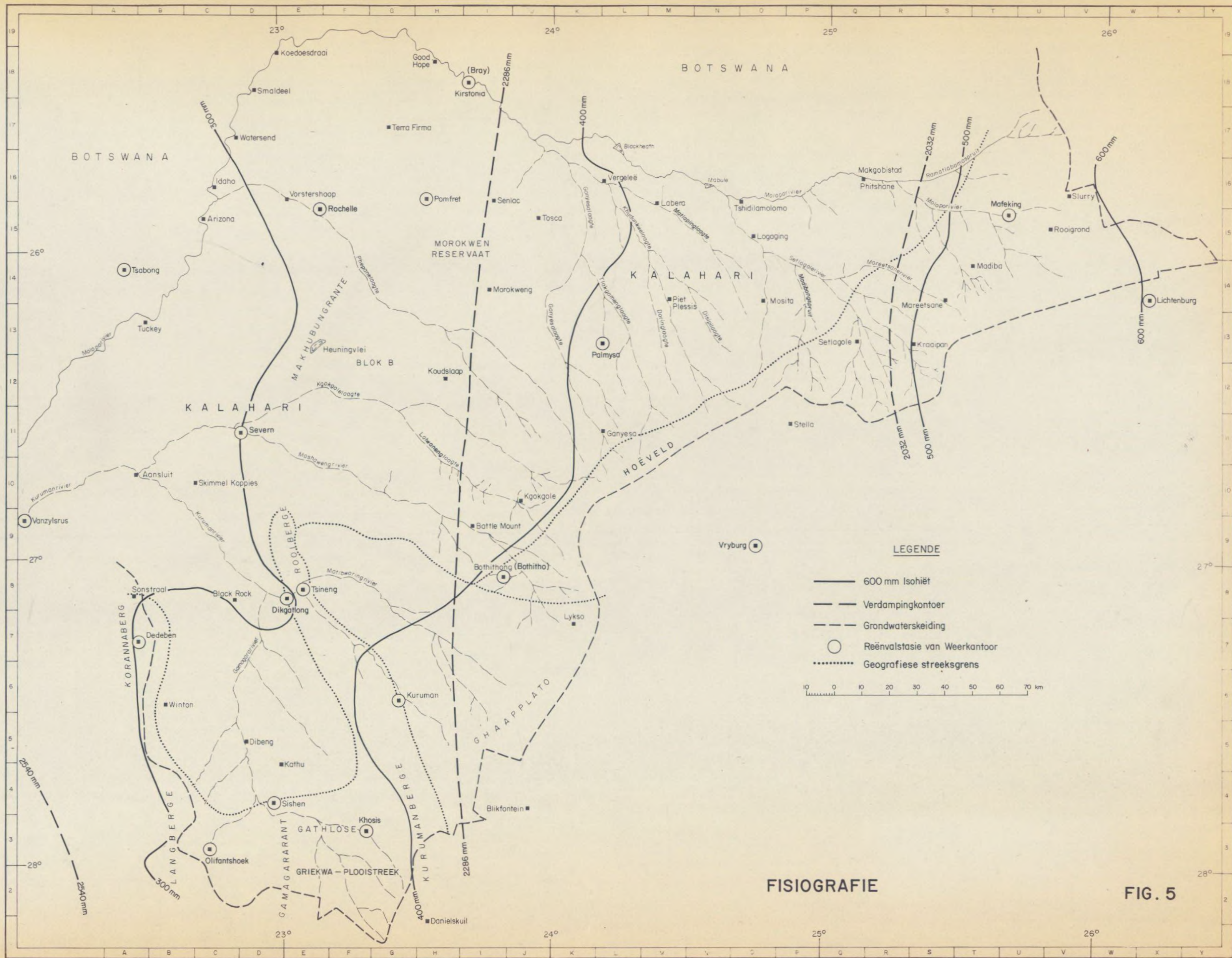


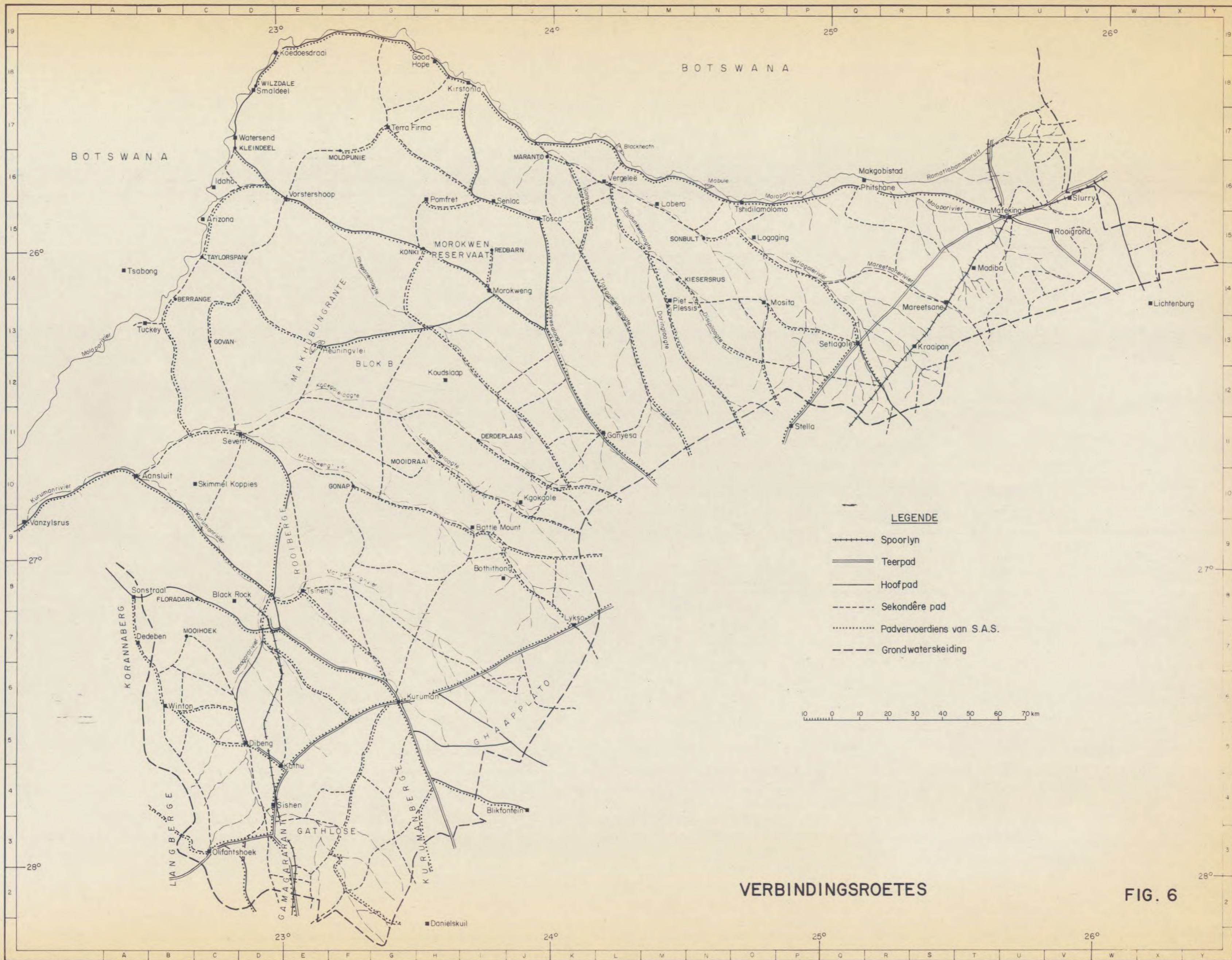




DISTRIKTE EN TUISLANDGEBIEDE

FIG.4.





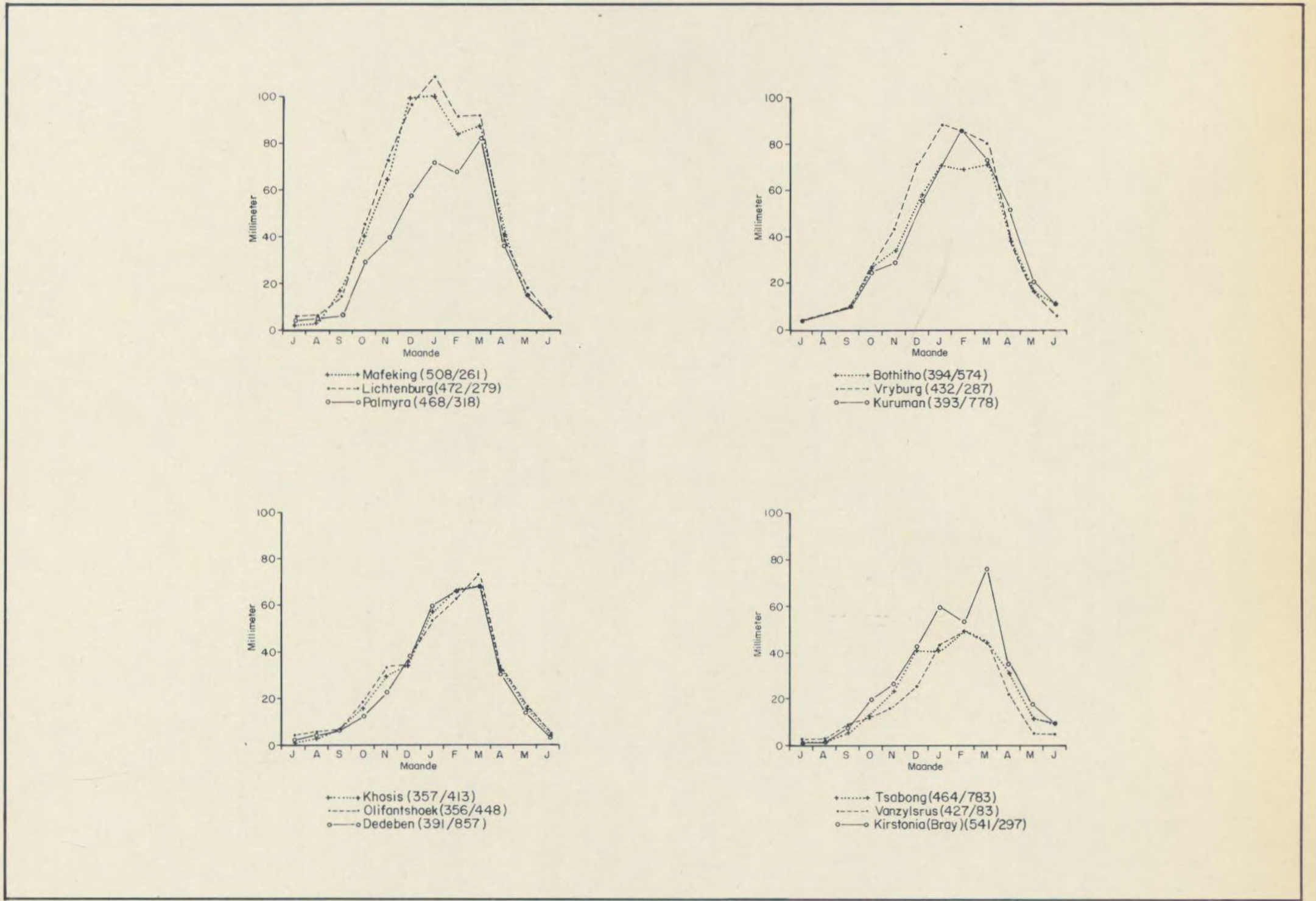


FIG.7.-Gemiddelde maandelikse reënval (Weerburo, WB 29)

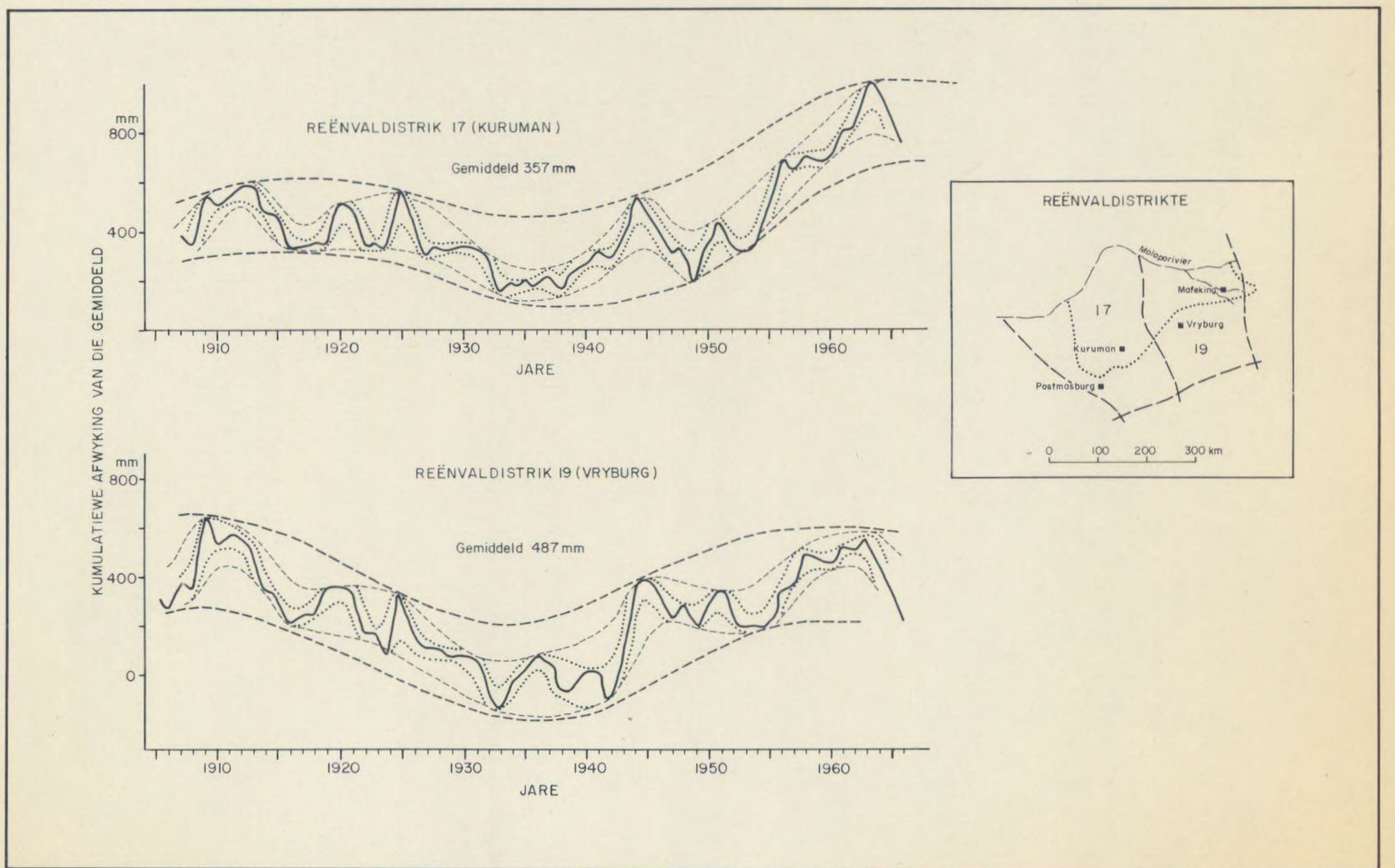


FIG.8.-Kumulatiewe afwykingskurwes vir reënvaldistrikte 17 en 19 (WB 23)

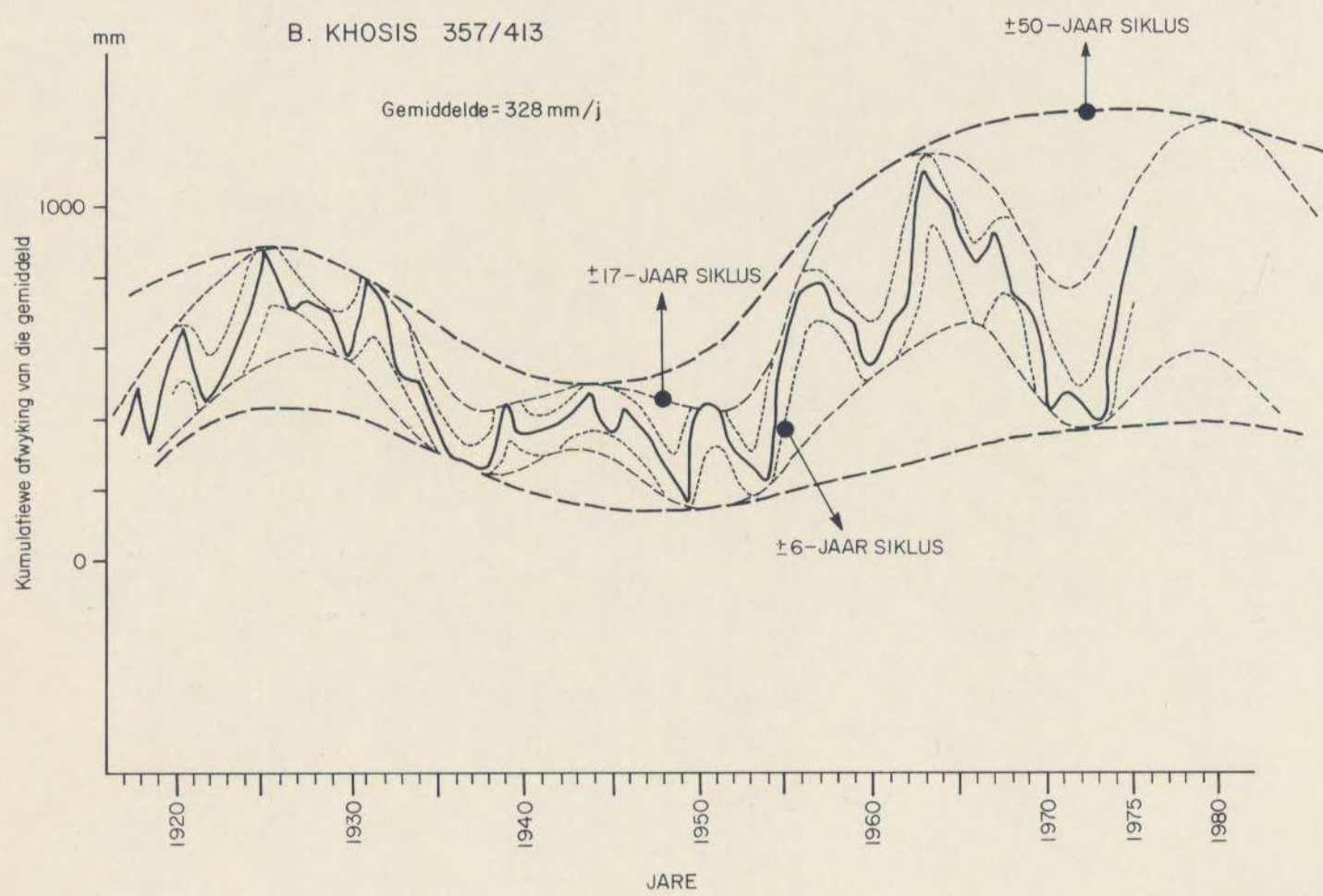
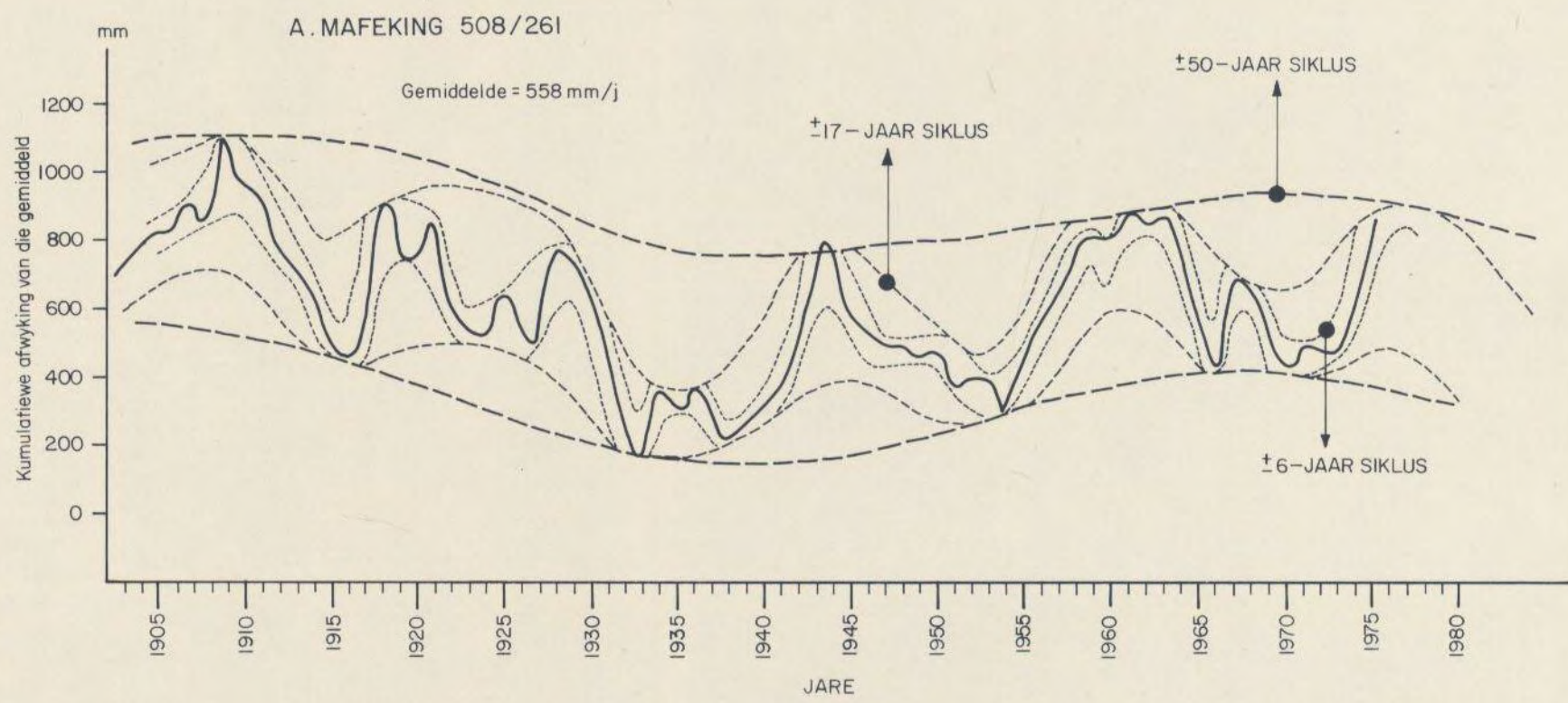


Fig. 9. - REËNVAL: Kumulatiewe afwykingskurwes by reënvalstasies Mafeking 508/261 en Khosis 357/413

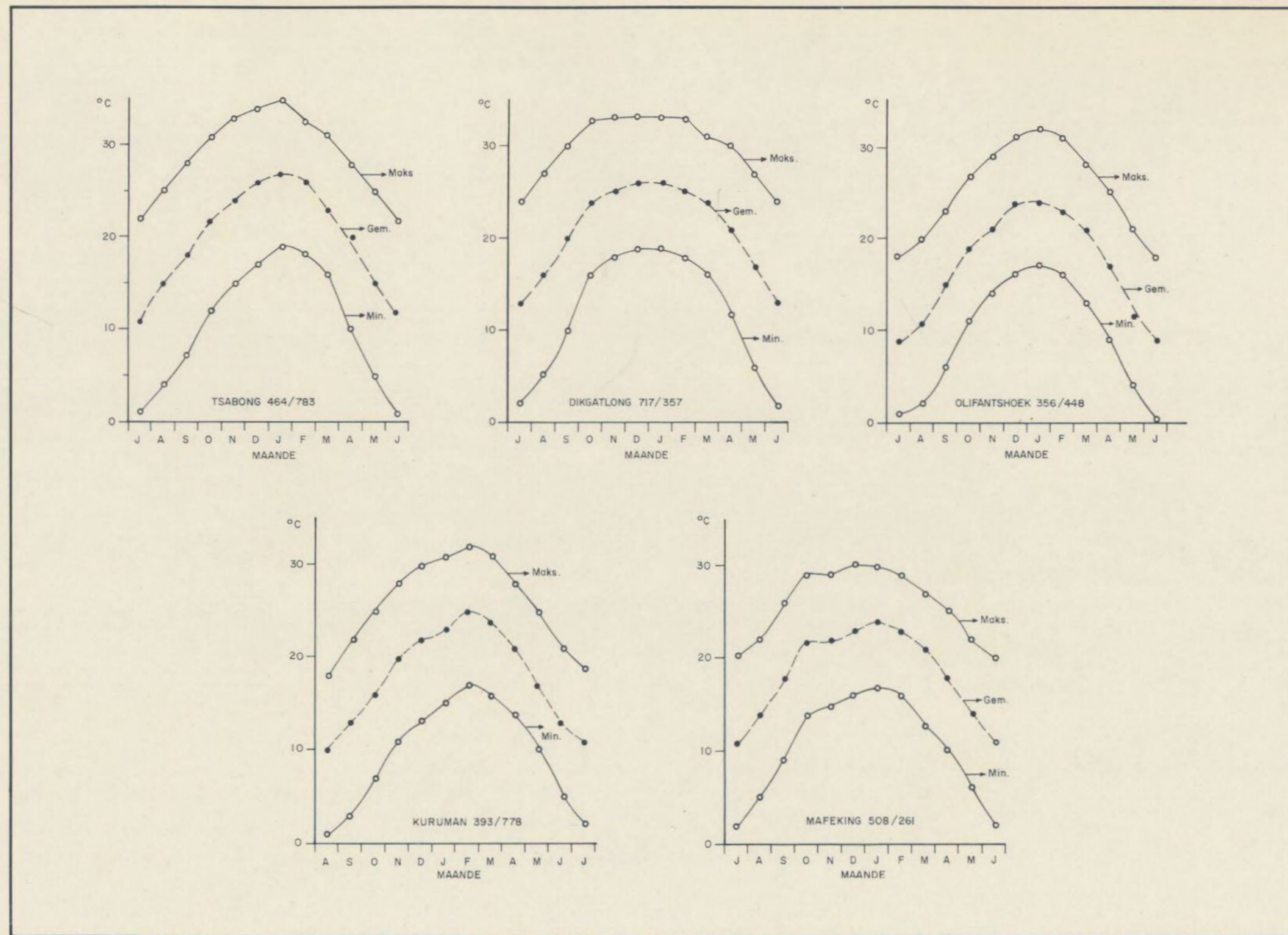
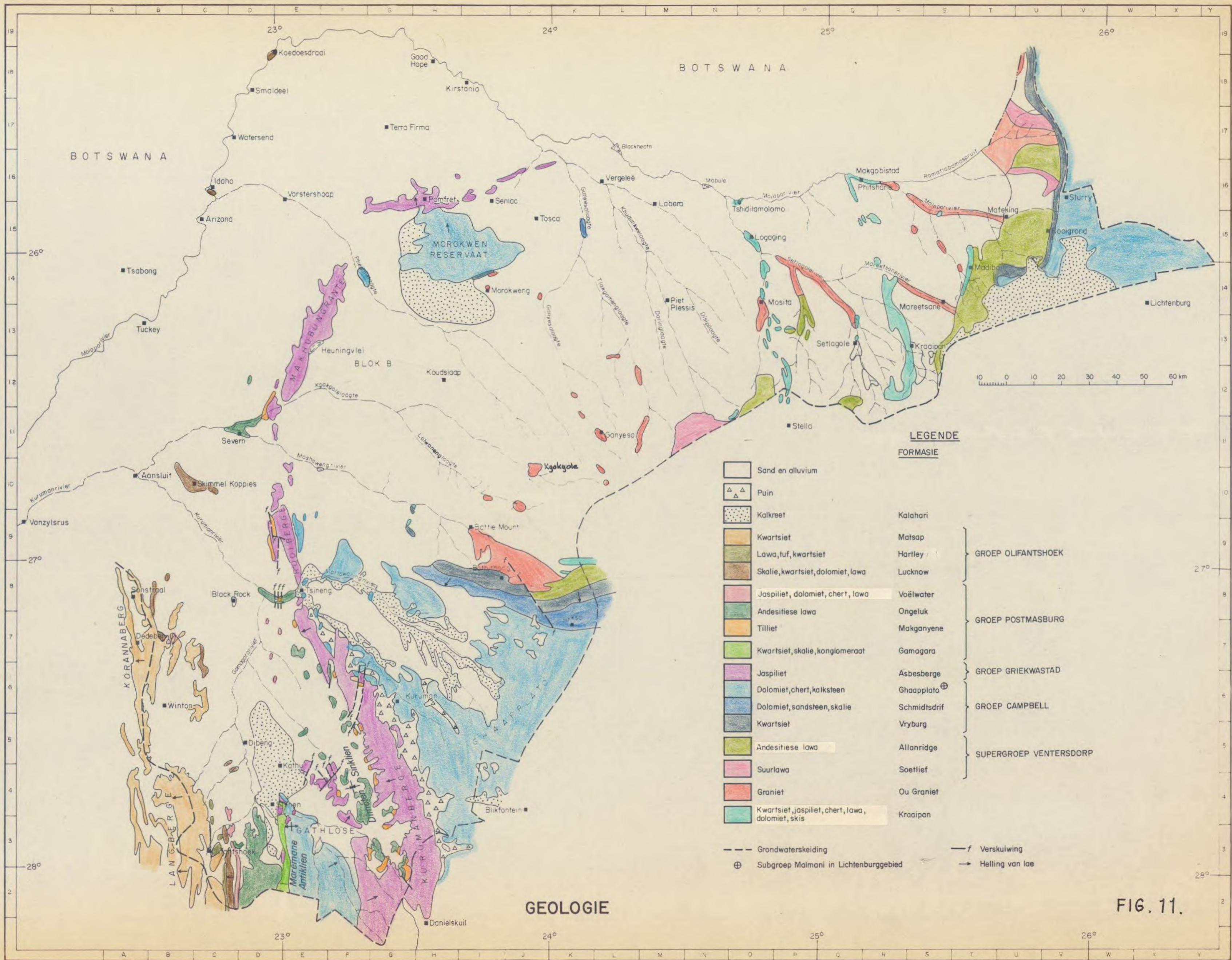
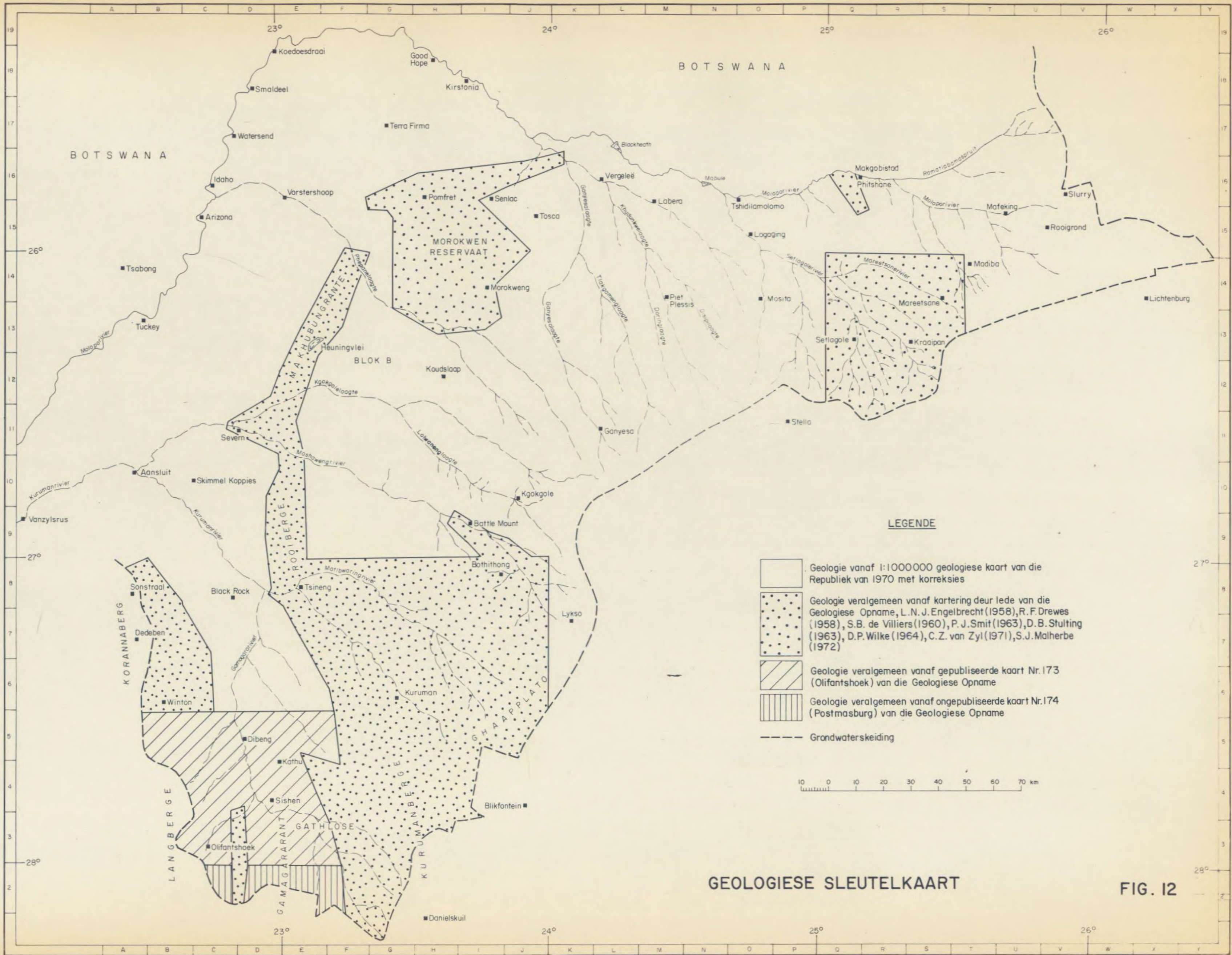
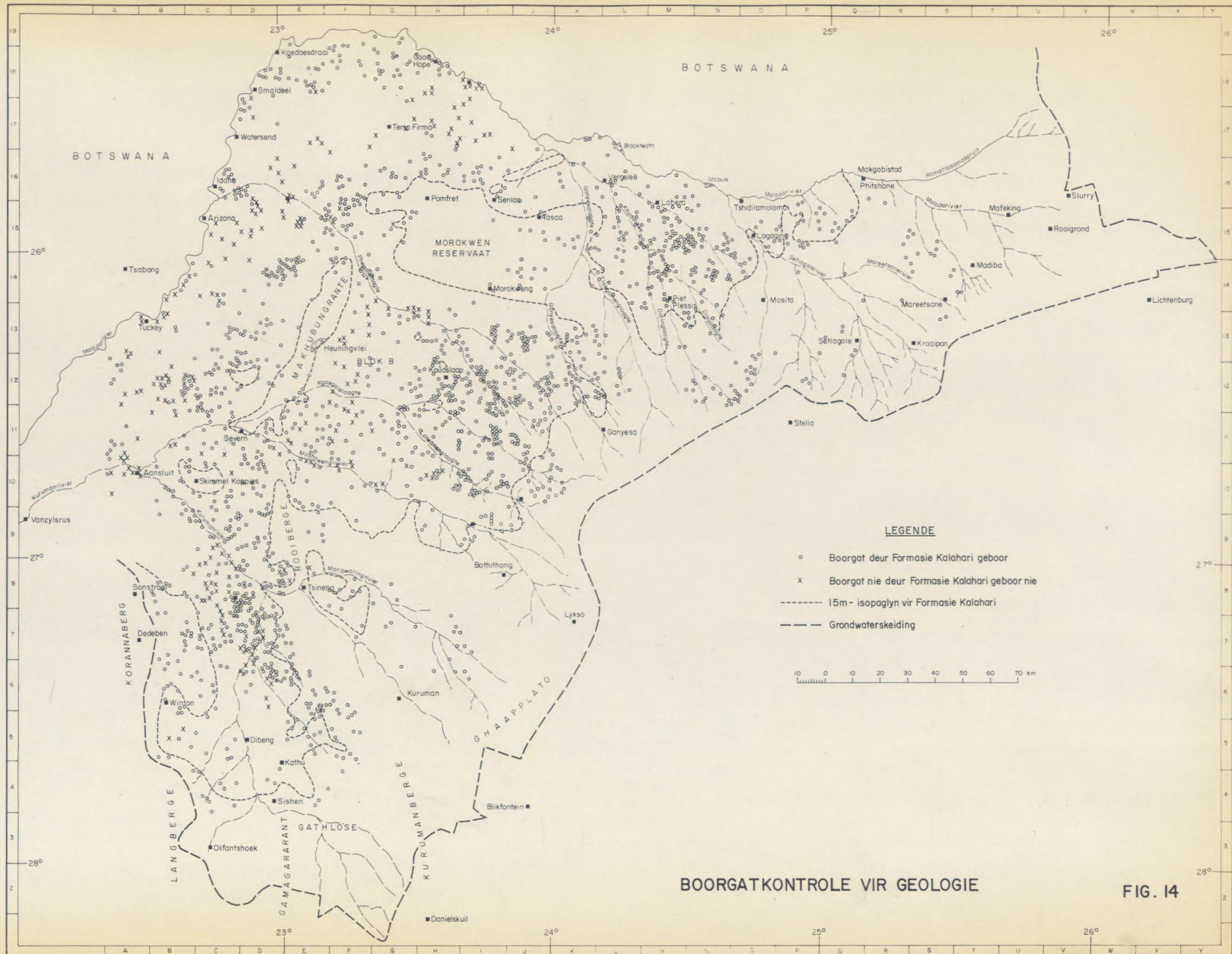


Fig.10.-Mandelikse temperatuur (Weerburo,WB19)





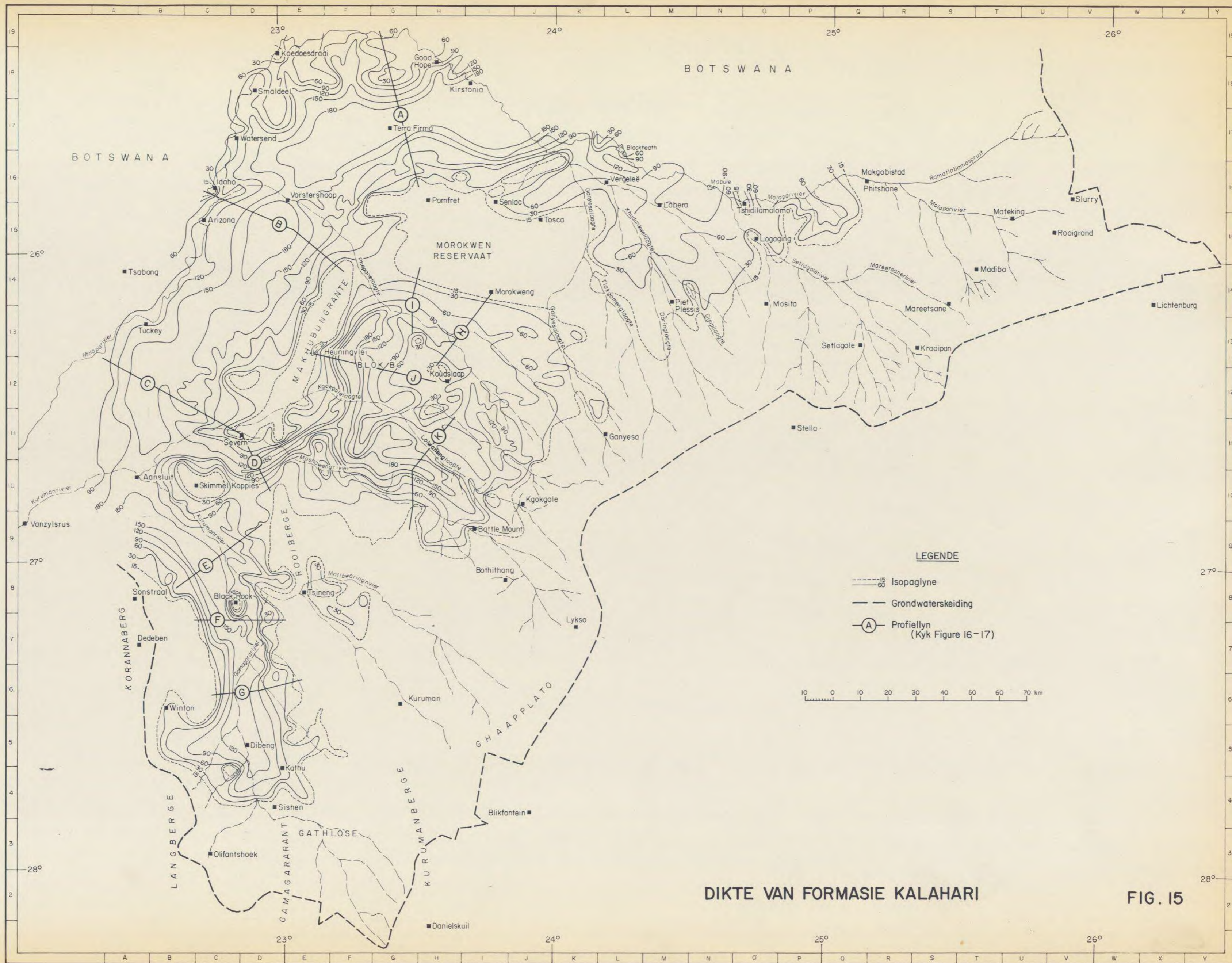


LEGENDE

- Boorgat deur Formasie Kalahari geboor
 - × Boorgat nie deur Formasie Kalahari geboor nie
 - 15m- isopaglyn vir Formasie Kalahari
 - Grondwaterskeiding
- 10 0 10 20 30 40 50 60 70 km

BOORGATKONTROLE VIR GEOLOGIE

FIG. 14



DIKTE VAN FORMASIE KALAHARI

FIG. 15

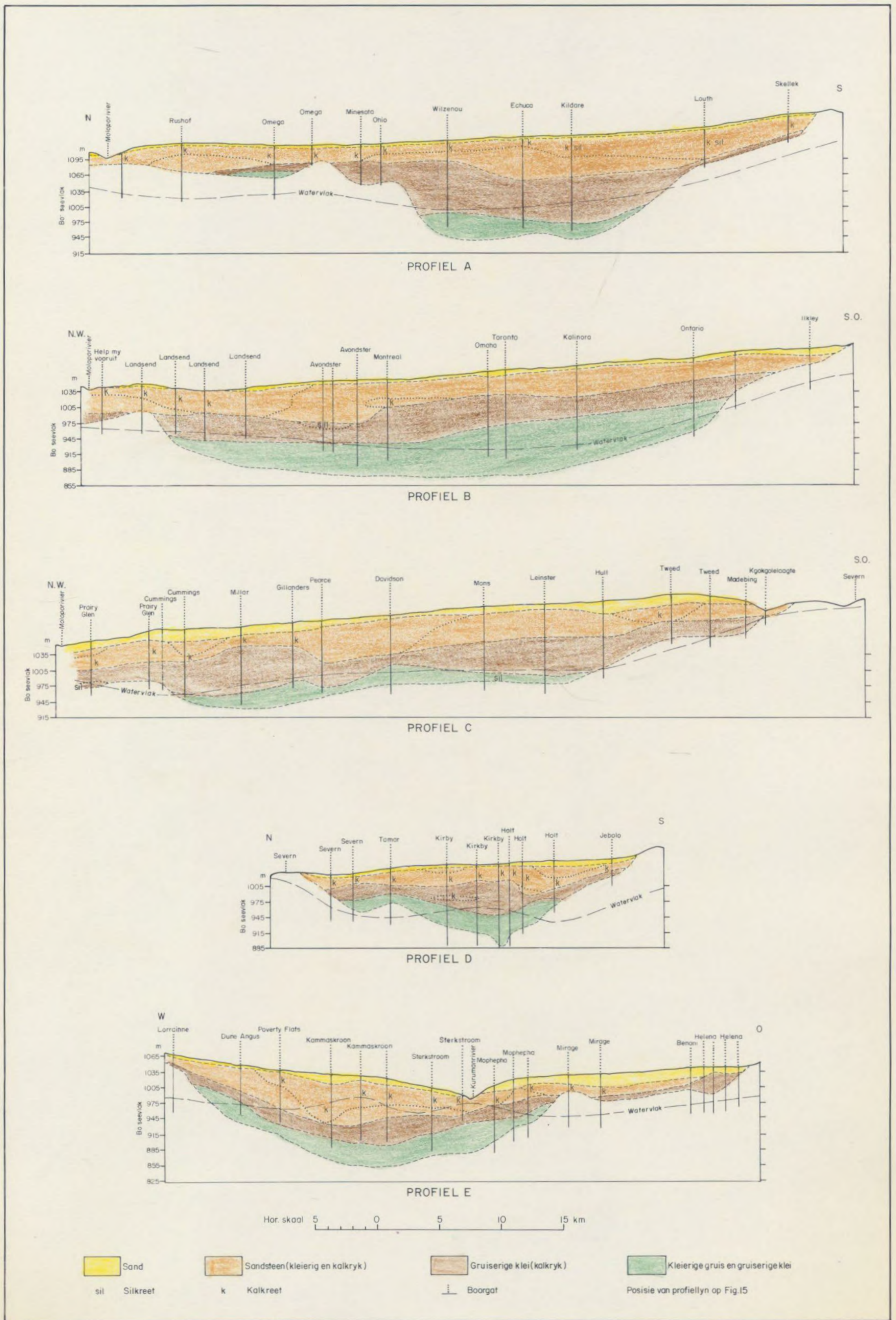


FIG. 16.

FIG. 16.- Profile A, B, C, D, E, deur die Kalaharikom in die westelike area

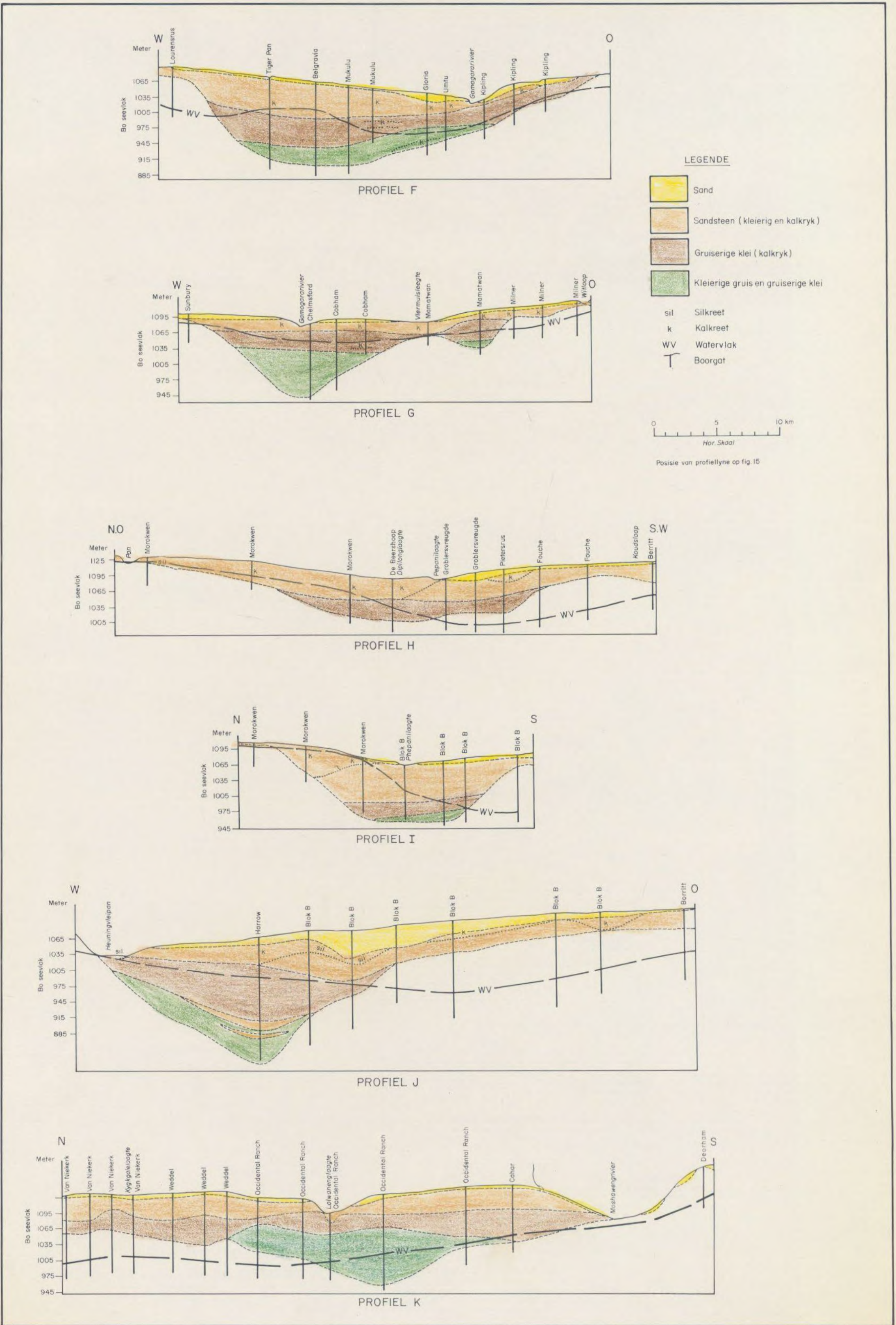
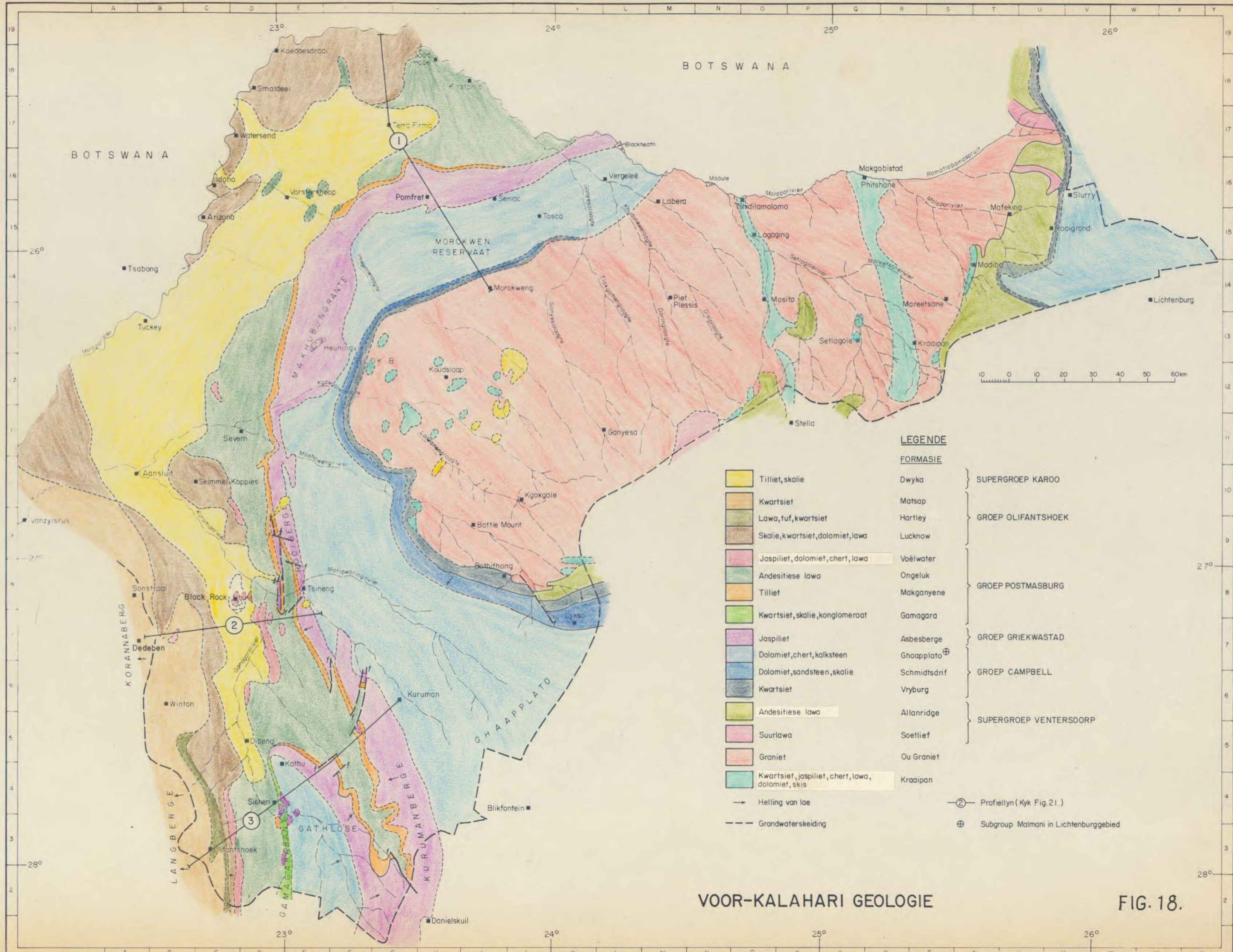


FIG. 17.

Fig. 17. - Profile F,G,H,I,J,K deur die Kalaharikom in die westelike area, en Blok B.





VOOR-KALAHARI TOPOGRAFIE

FIG. 19

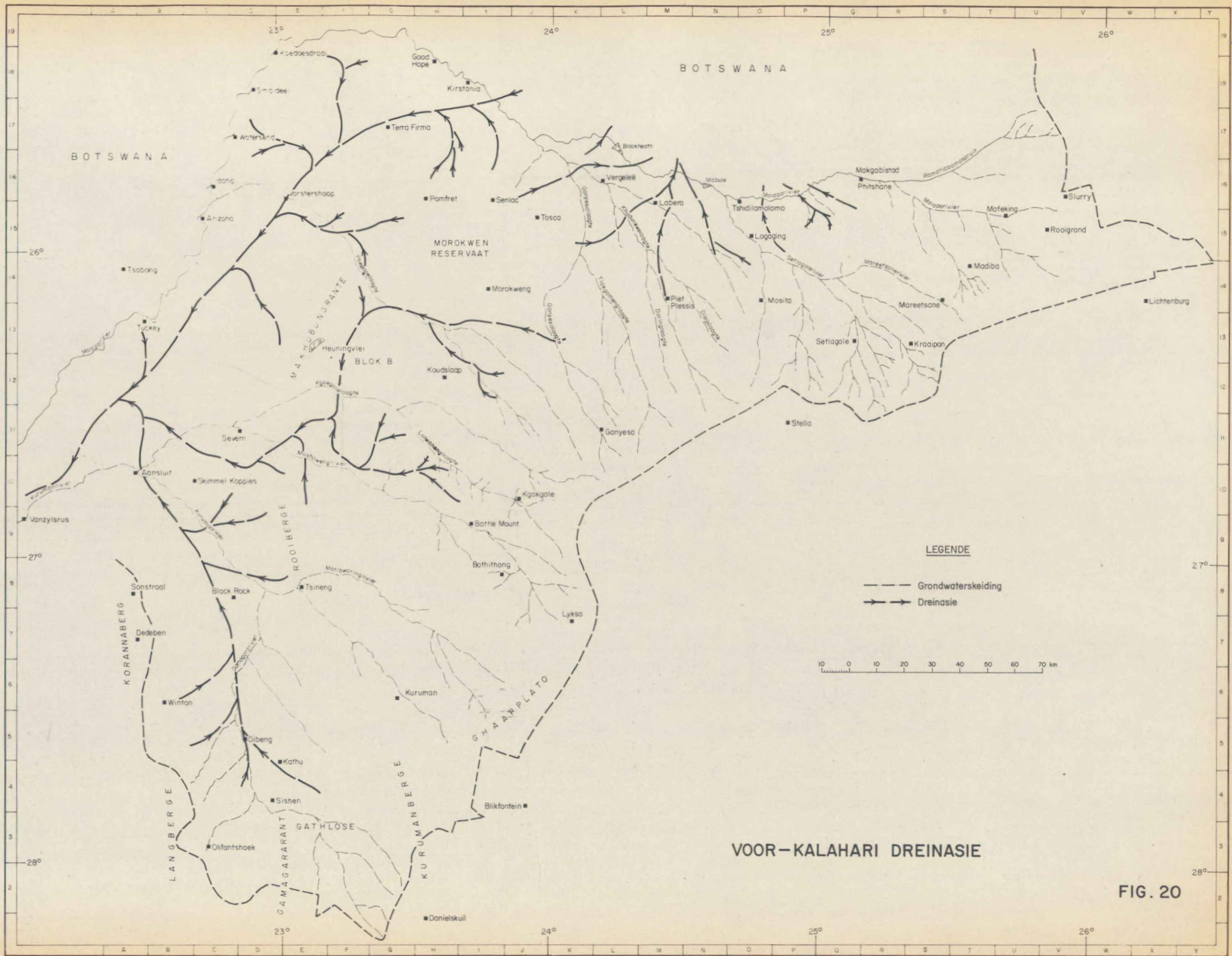
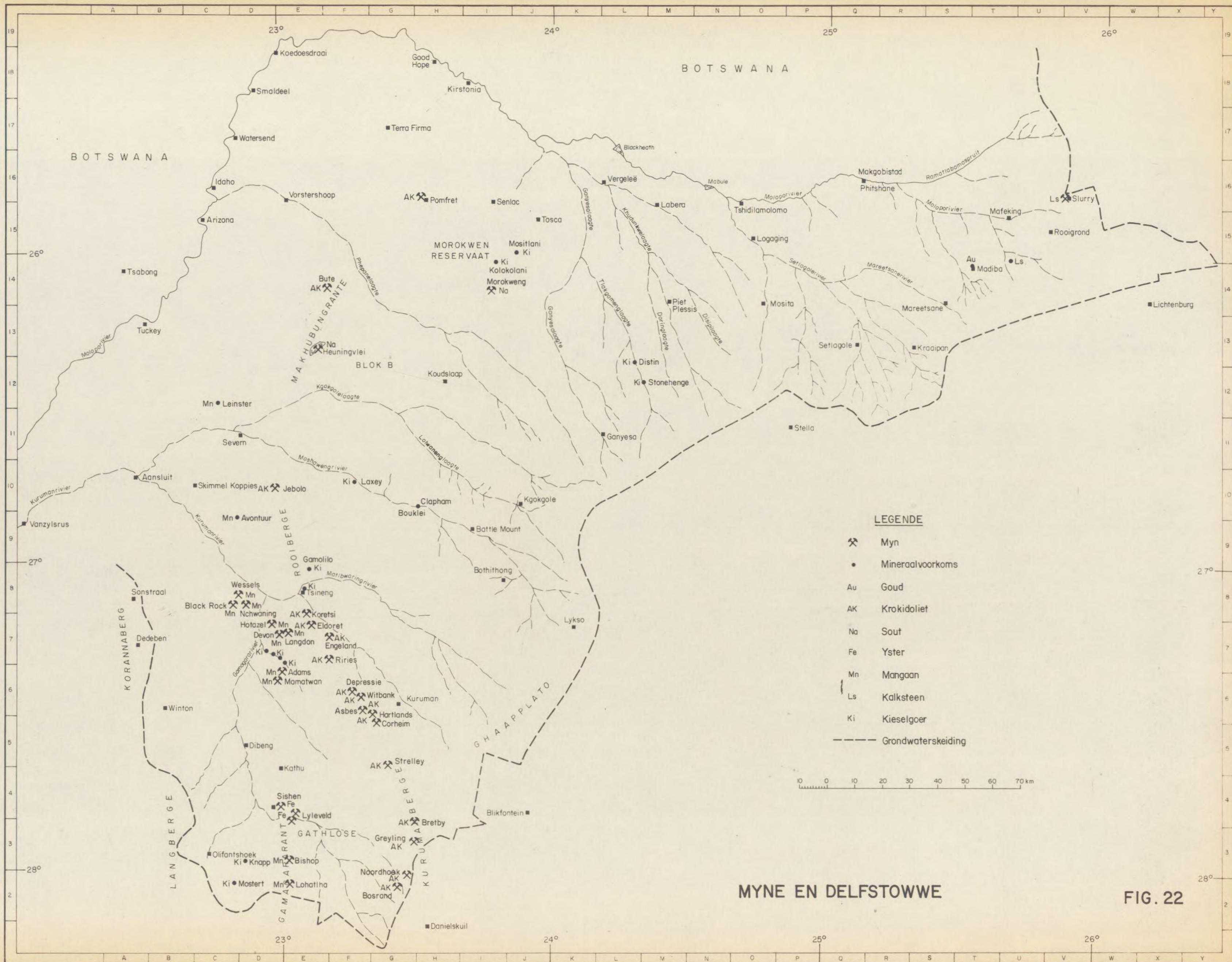
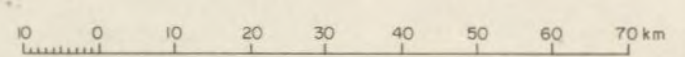


FIG. 20



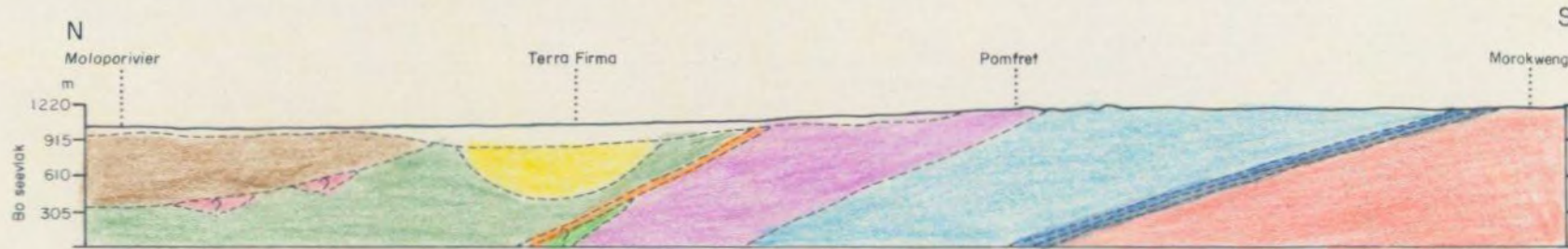
LEGENDE

- Myn
- Mineraalvoorkoms
- Au Goud
- AK Krokidoliet
- Na Sout
- Fe Yster
- Mn Mangaan
- Ls Kalksteen
- Ki Kieselgoer
- Grondwaterskeiding

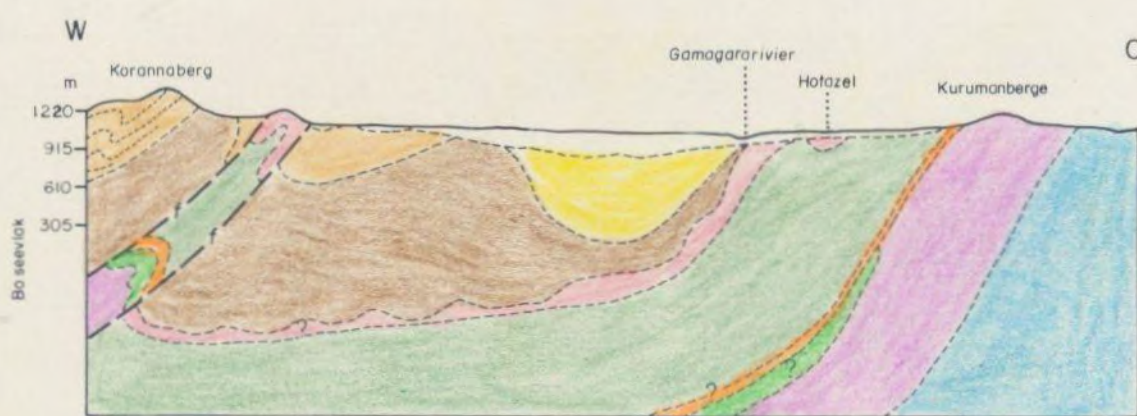


MYNE EN DELFSTOWWE

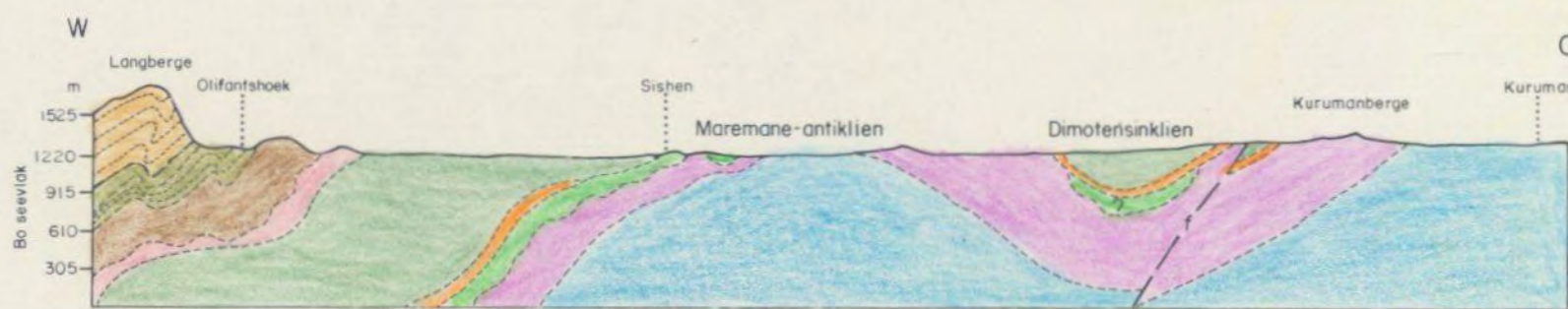
FIG. 22



PROFIEL 1



PROFIEL 2



PROFIEL 3

Hor. skaal 5 0 5 10 15 20 25 30 35 km

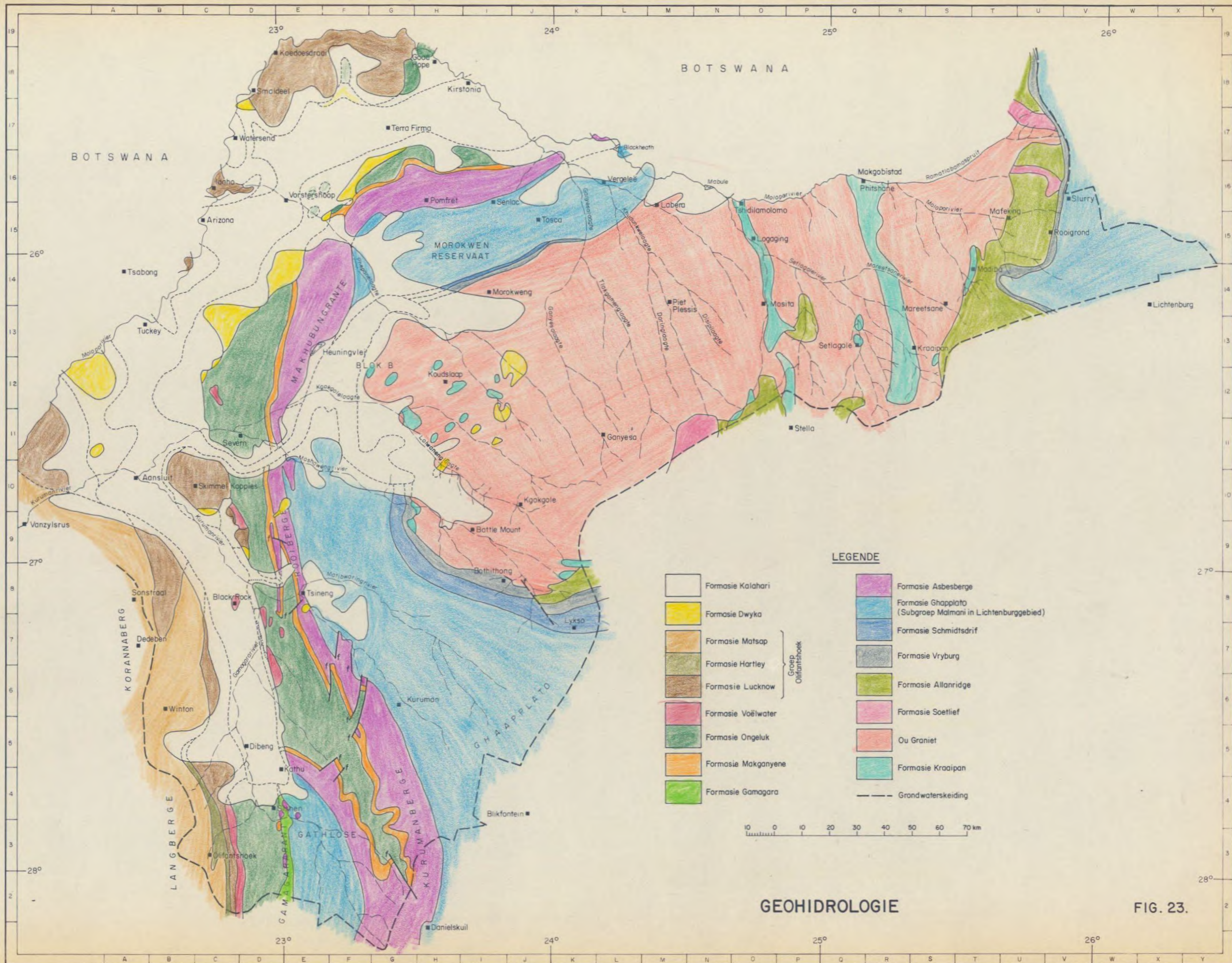
Vertikaal skaal = 10x horisontaal skaal

LEGENDE

 Formasie Kalahari	 Formasie Lucknow	 Formasie Asbesberge
 Formasie Dwyka	 Formasie Voëlwater	 Formasie Ghaapplate
 Formasie Matsap	 Formasie Ongeluk	 Formasie Schmidtsdrif
 Formasie Hartley	 Formasie Makganyene	 Formasie Vryburg
	 Formasie Gamagara	 Ou Graniet

Posisie van profiele op Fig. 18.

FIG.21.- Geologiese profiele 1,2 en 3



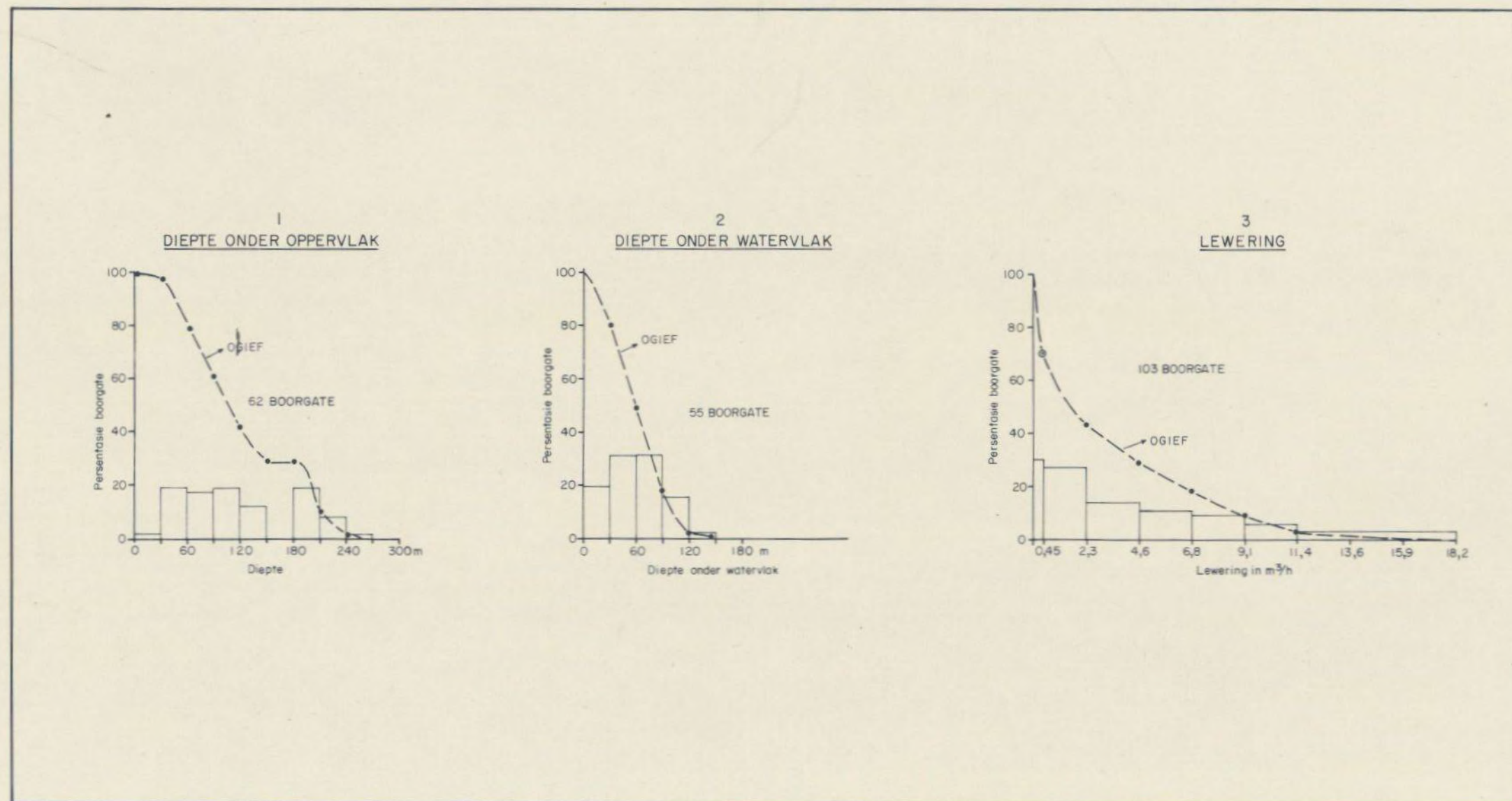


FIG. 24. - Formasie Kraaipan: boorgatstatistieke

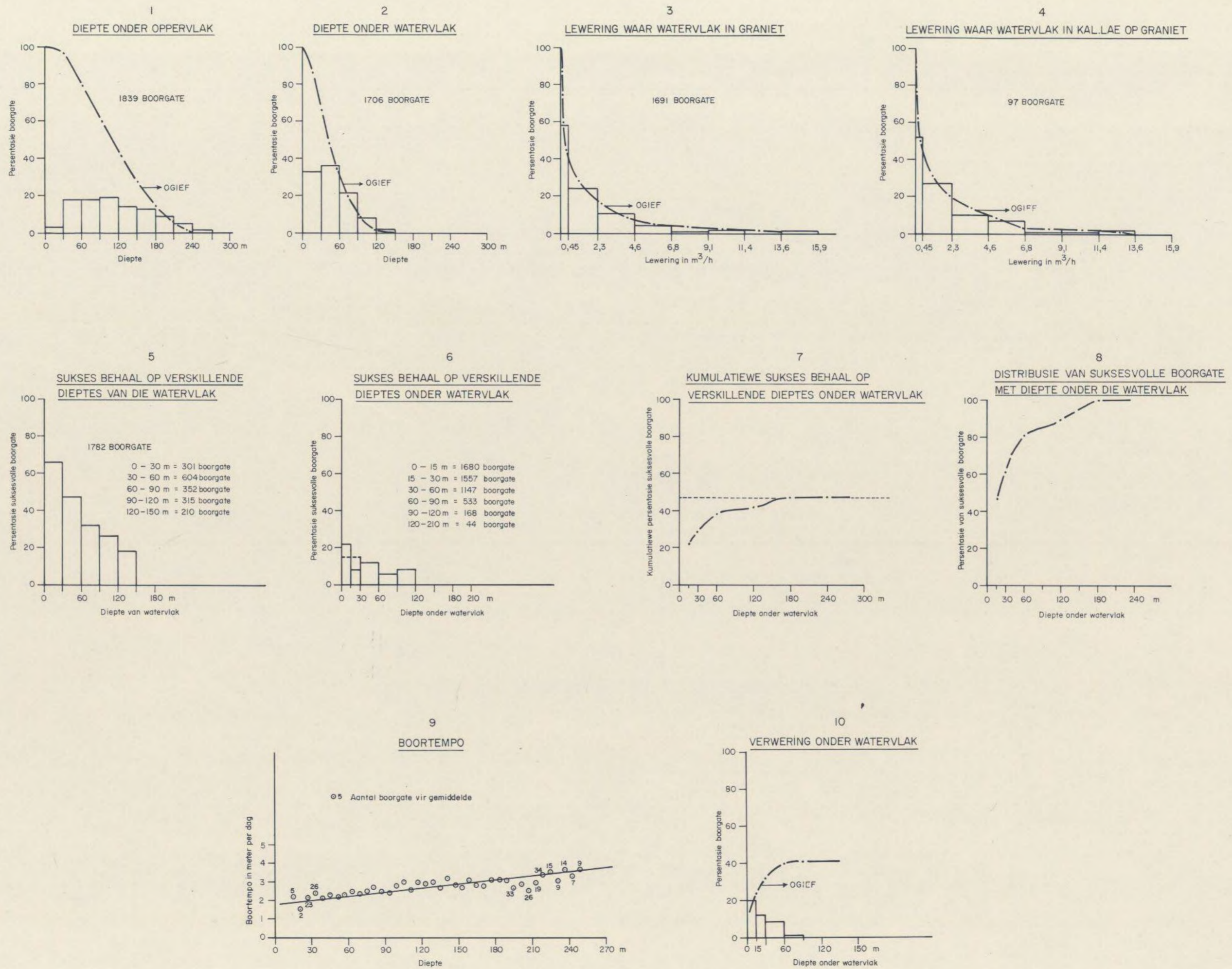


Fig. 25 Graniet: boorgatstatistieke

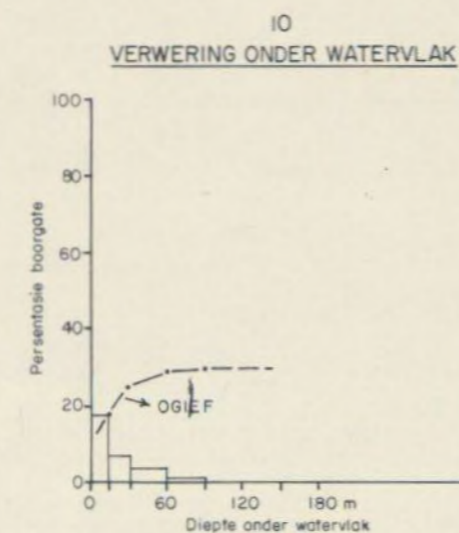
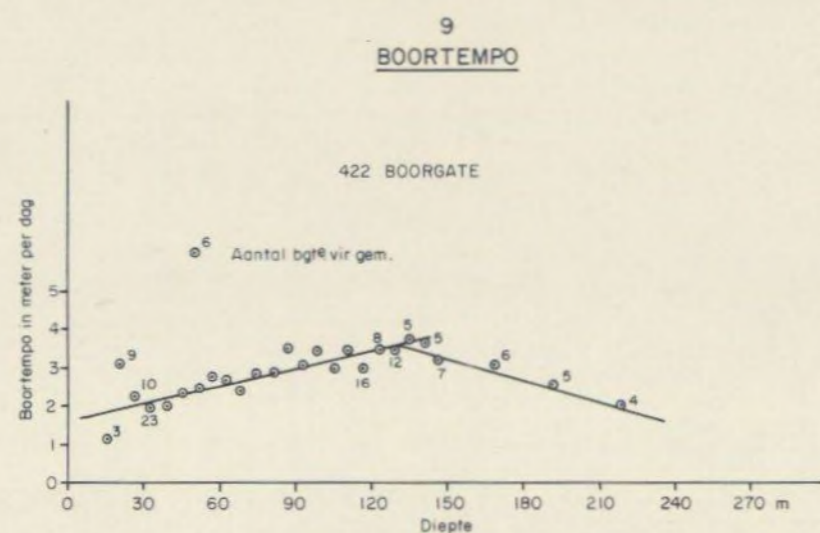
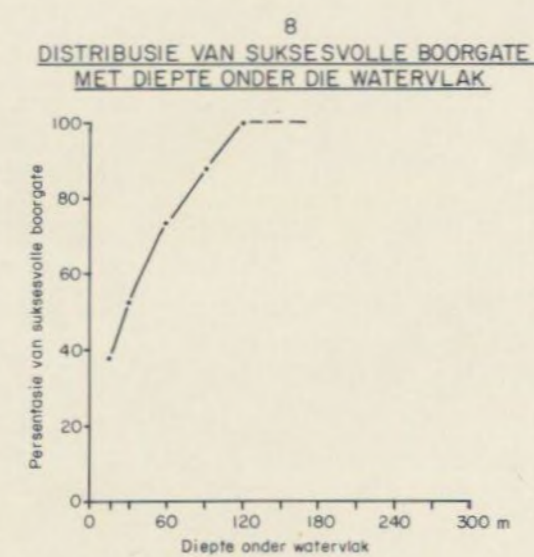
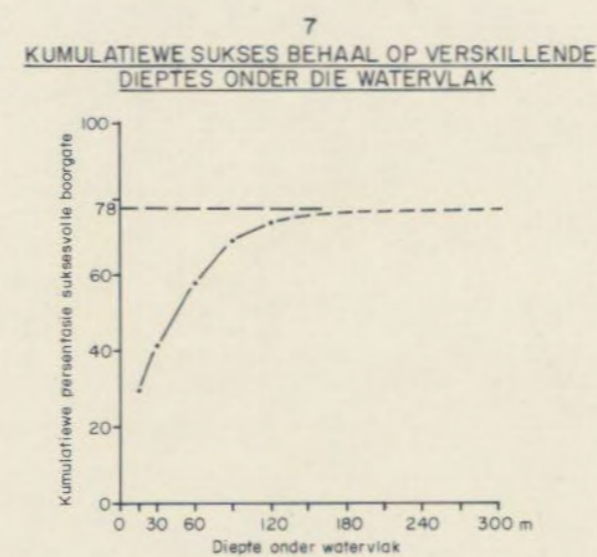
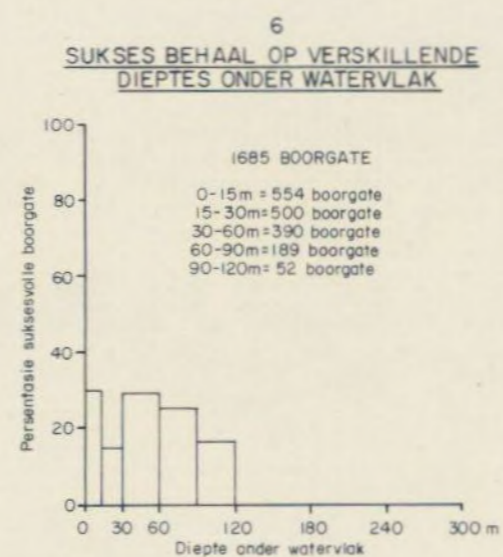
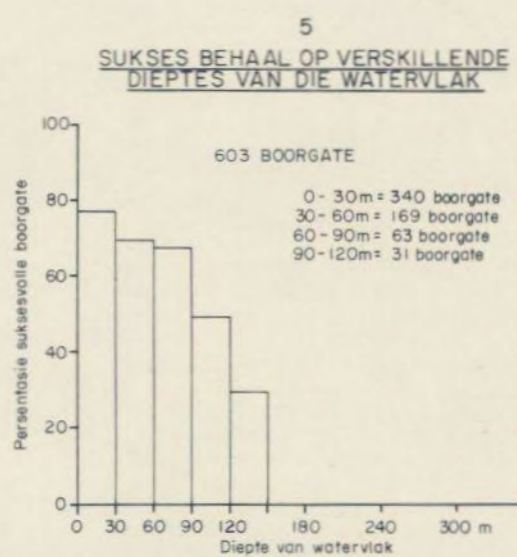
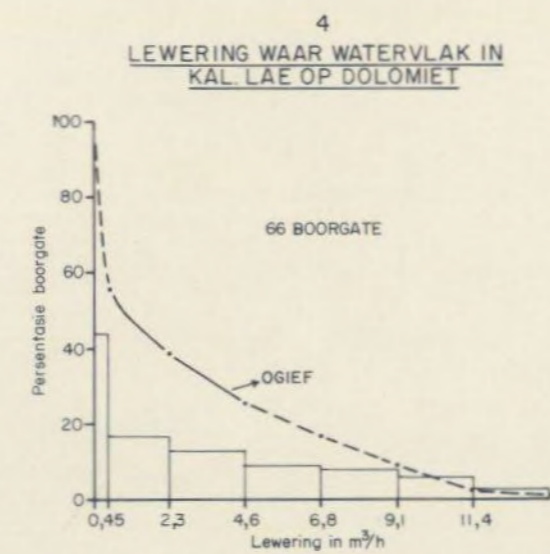
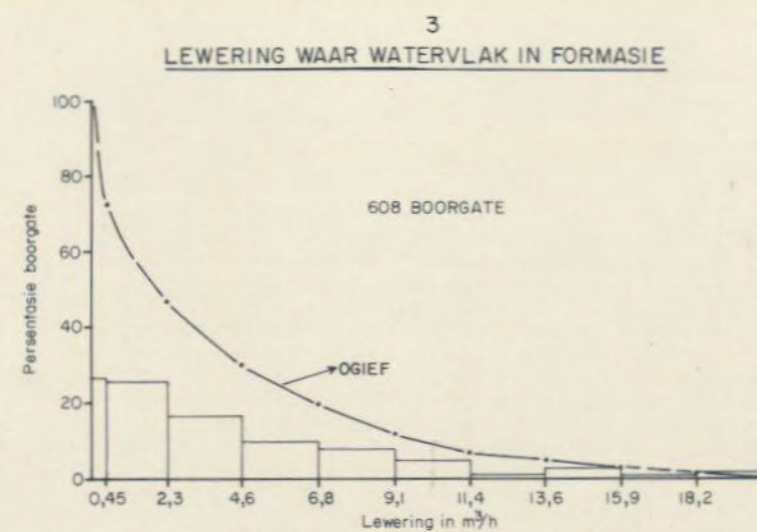
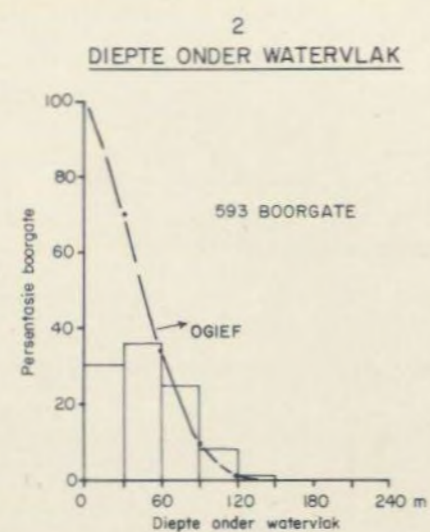
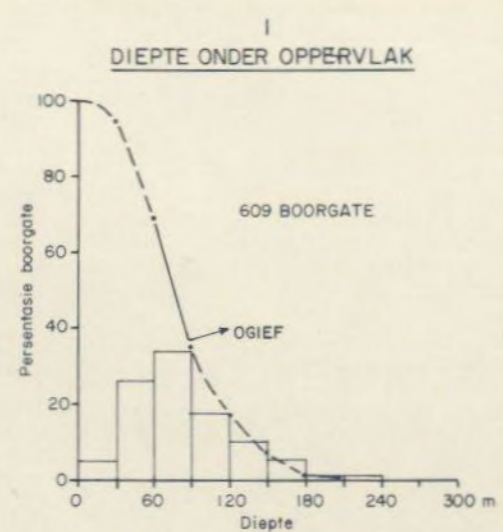
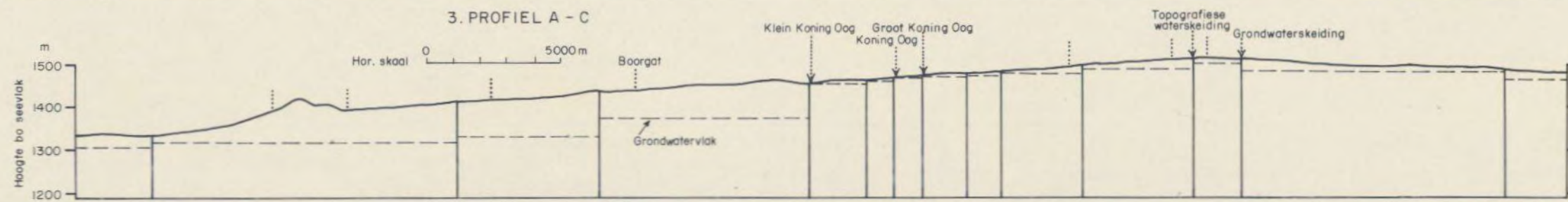
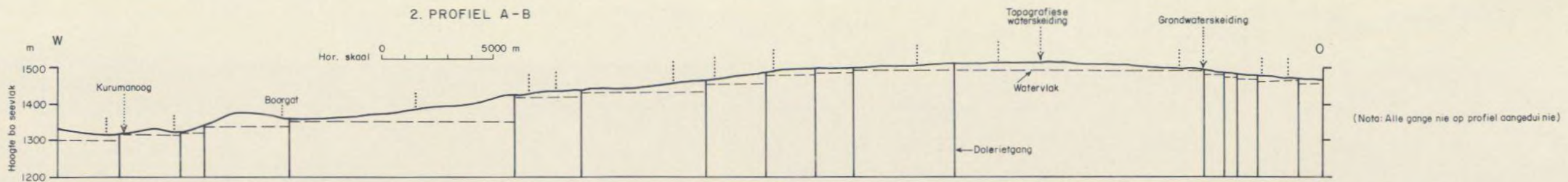
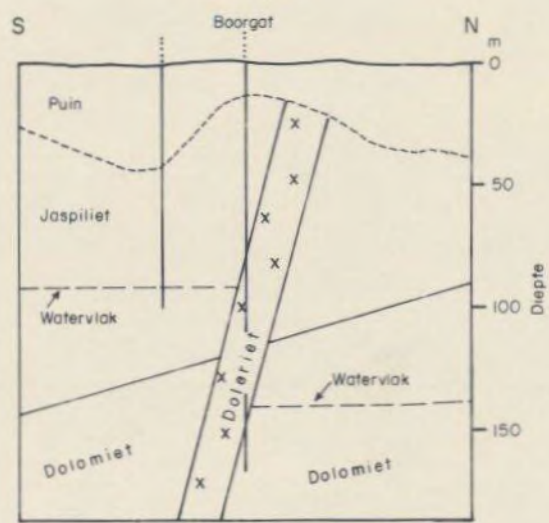


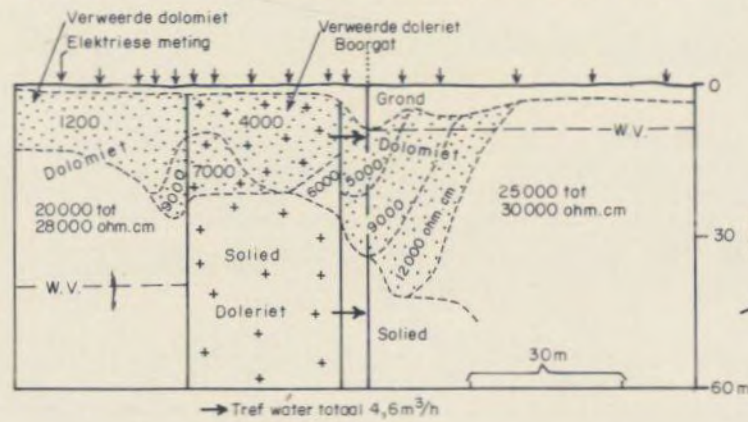
FIG.26.-Dolomiet van Formasie Ghaaplatto: boorgatstatistieke



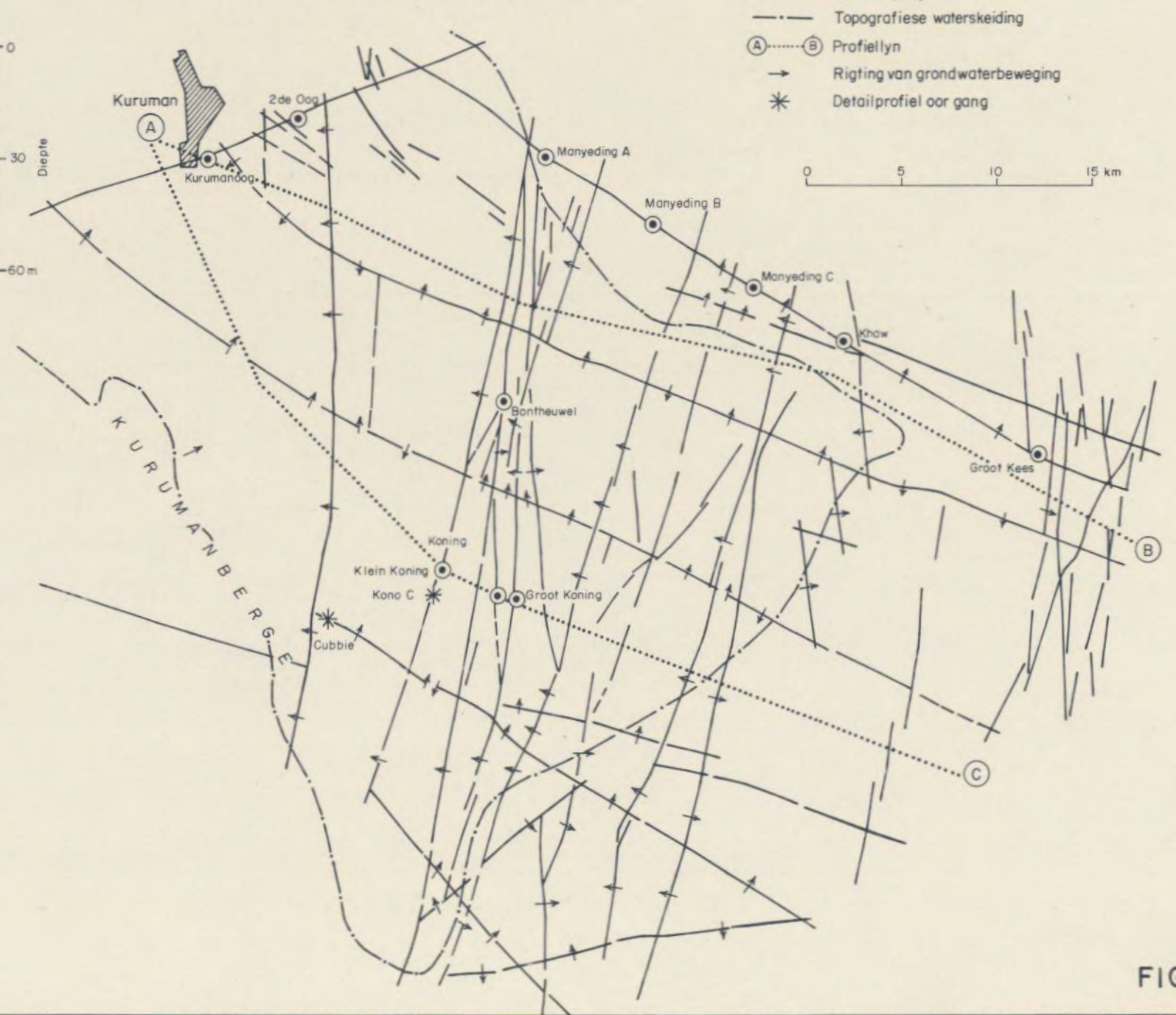
4. INVLOED VAN GANG OP GRONDWATERVLAK OP CUBBIE



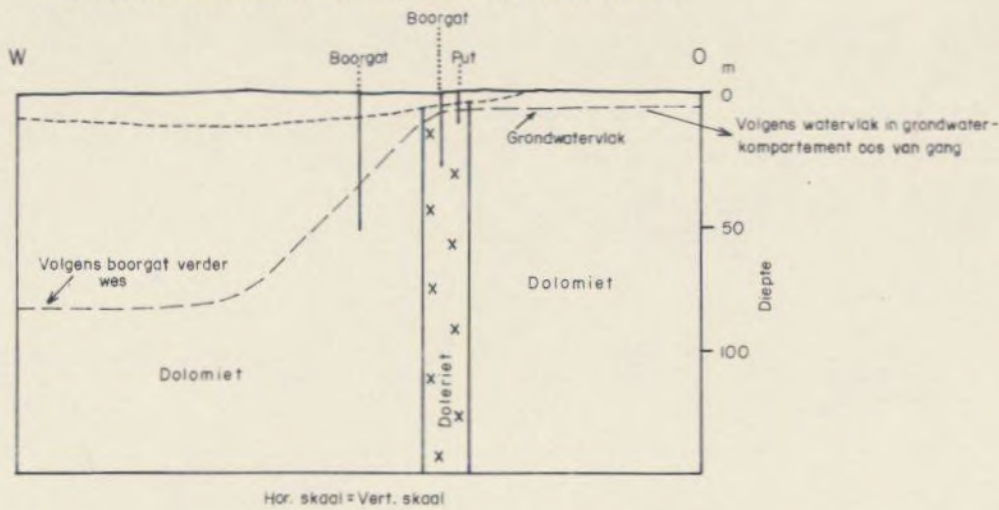
6. VERWERINGS PATROON BY GANG EN KIES VAN BOORPLEK



1. GANGE EN FONTEINE IN GEBIED SUIDOOS VAN KURUMAN



5. INVLOED VAN GANG OP GRONDWATERVLAK OP KONO C



INVLOED VAN GANGE OP GRONDWATERVLAK IN DOLOMIET VAN FORMASIE GHAAPPLATO

FIG. 27.

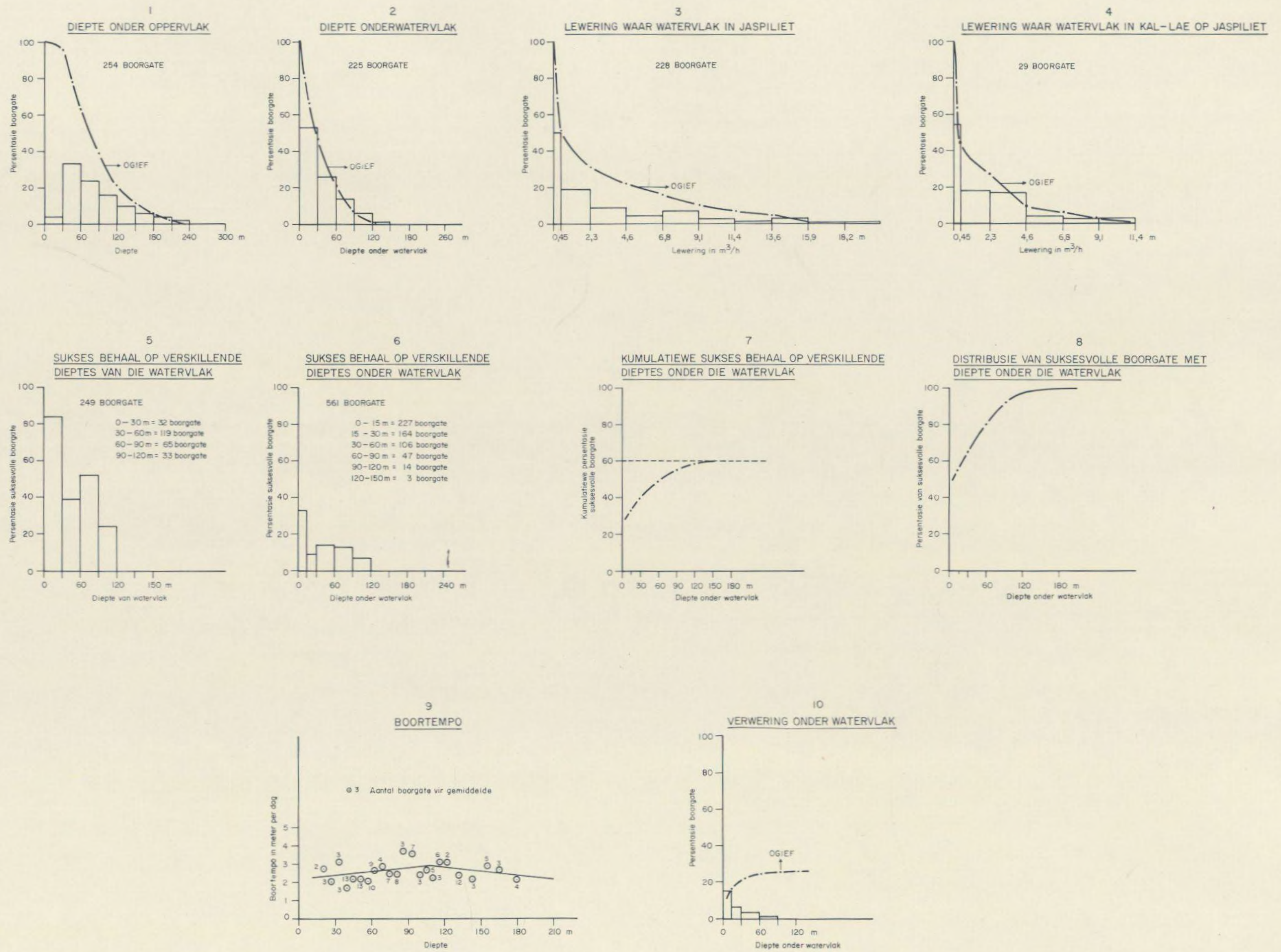


Fig 28.- Jaspiliet van Formasie Asbesberge : boorgatstatistieke

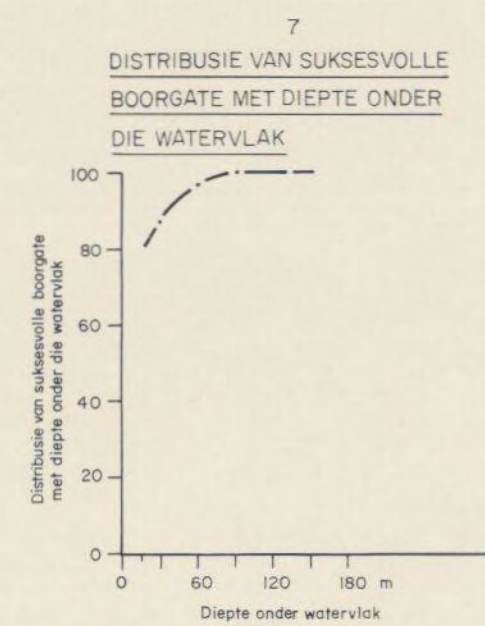
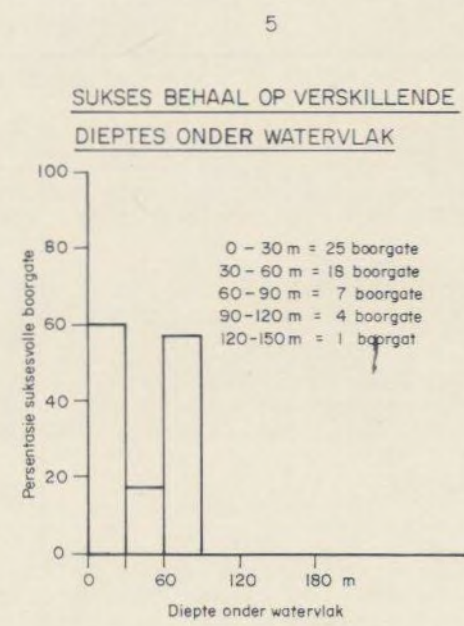
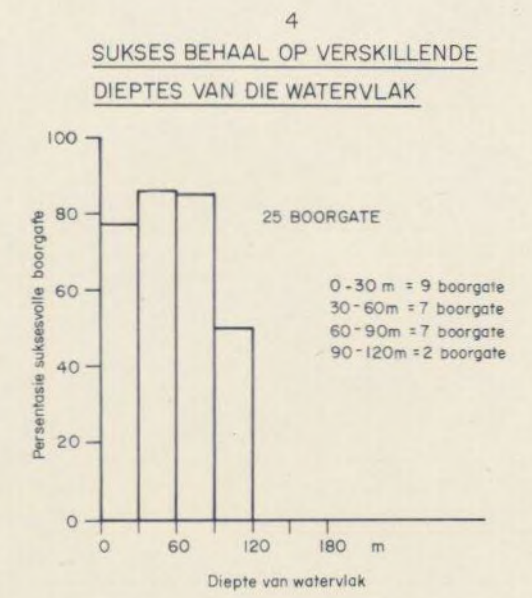
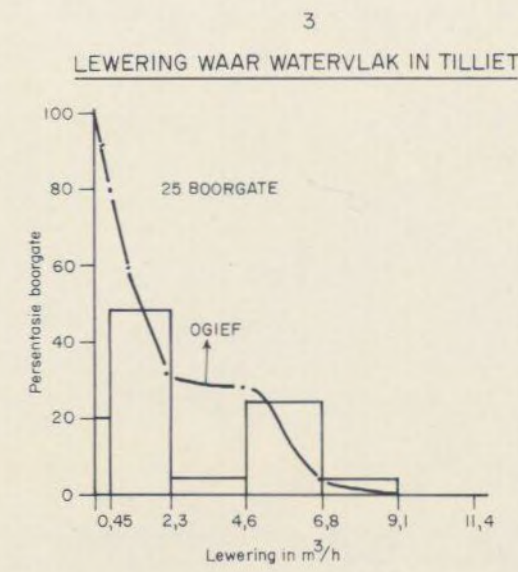
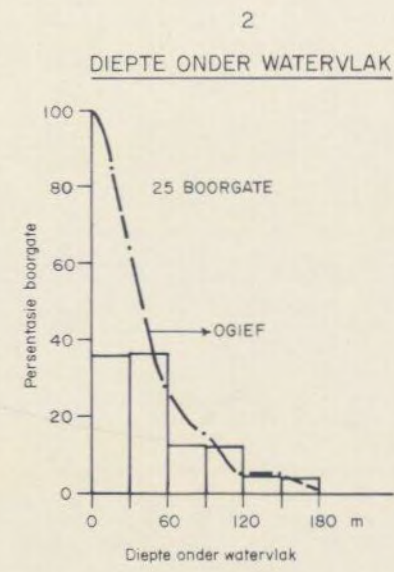
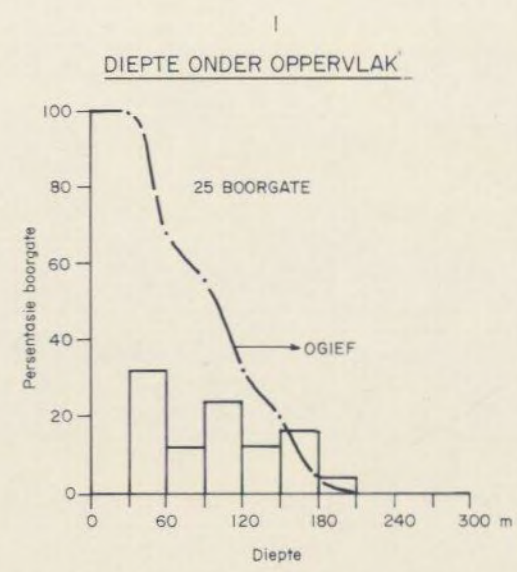


Fig.29 Tilliet van Formasie Makganyene: boorgatstatistieke

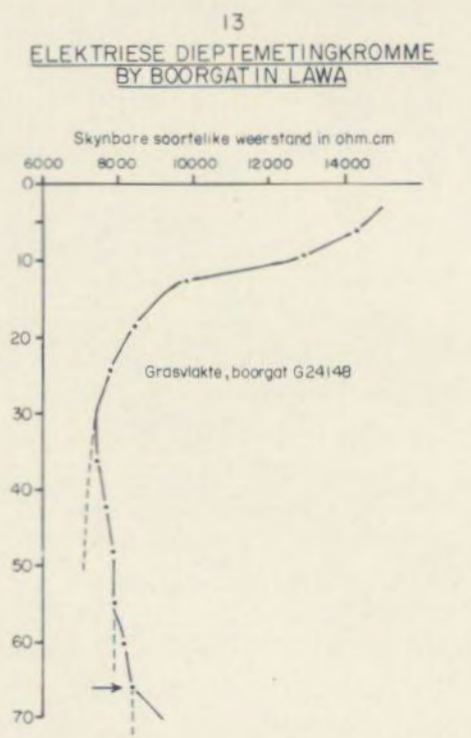
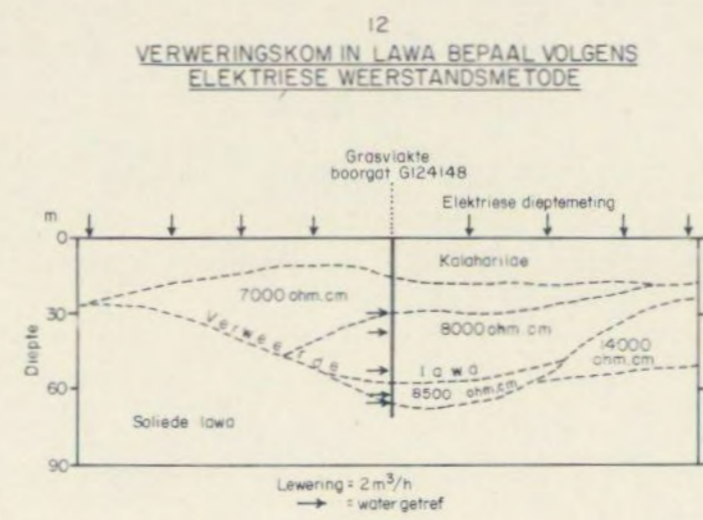
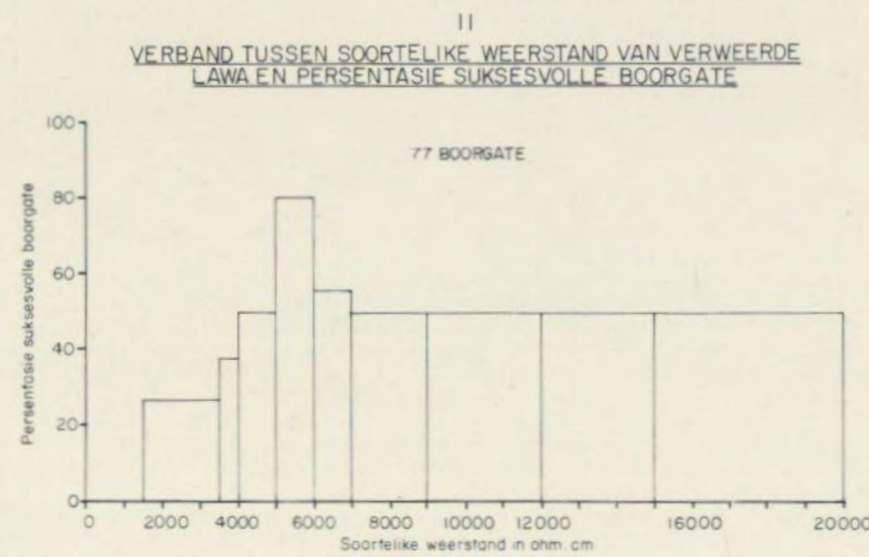
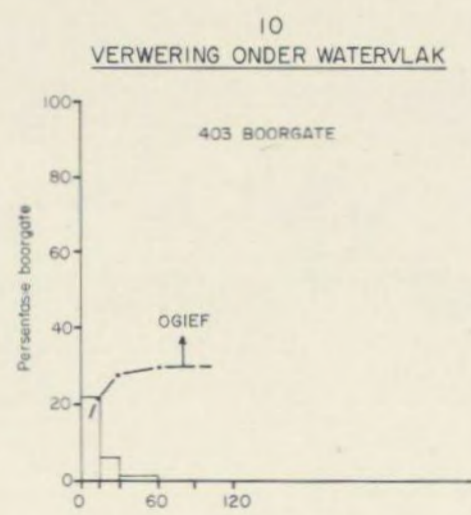
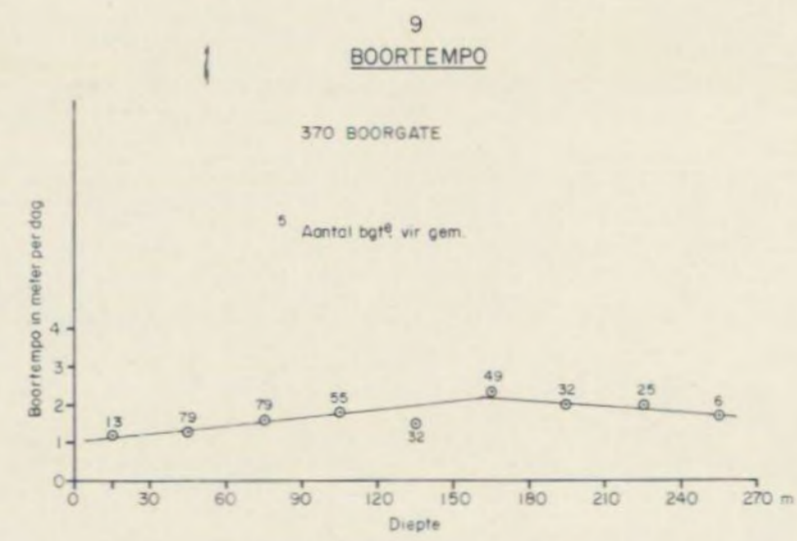
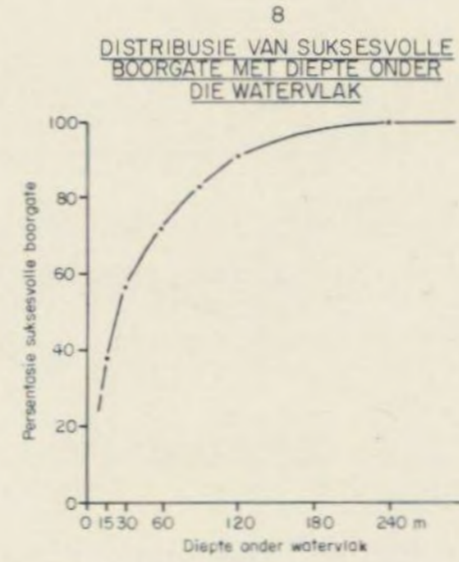
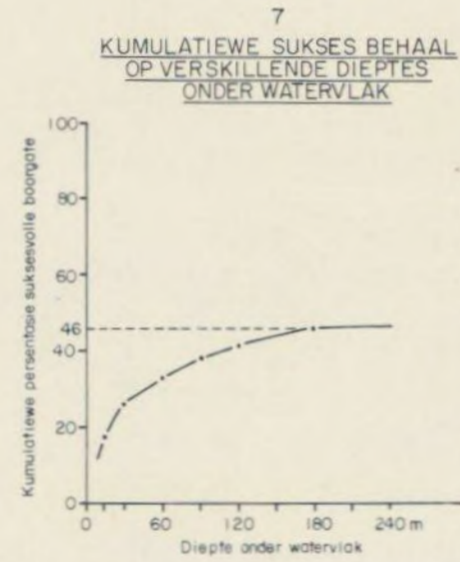
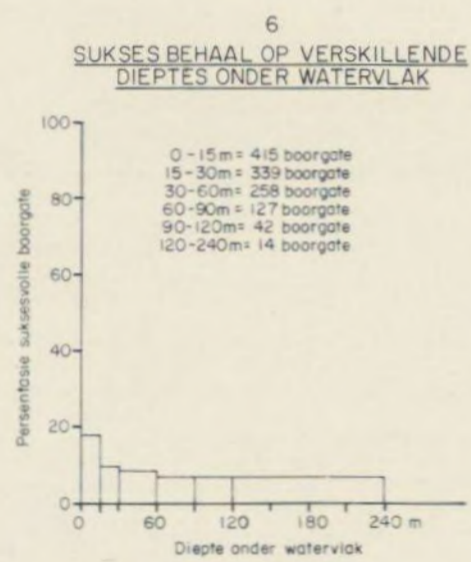
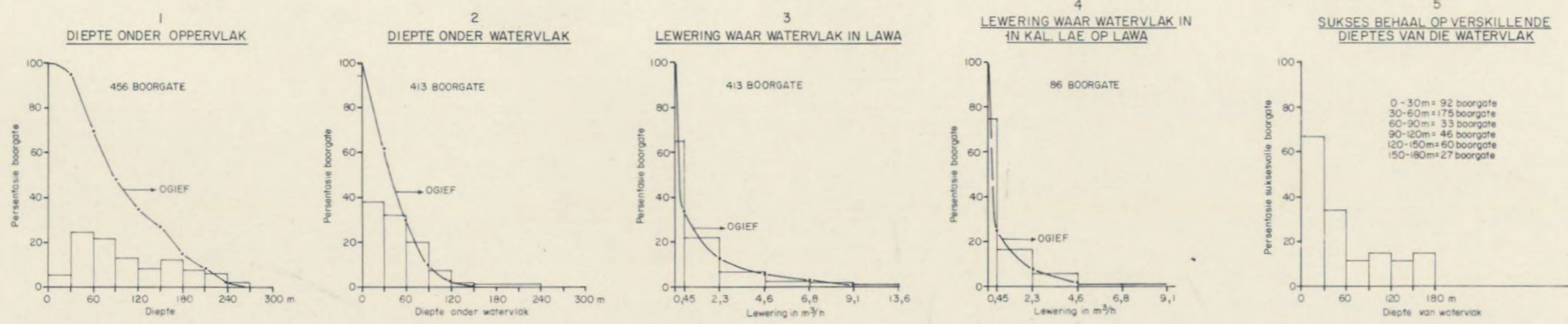


FIG. 30.- Lawa van die Formasie Ongeluk: boorgatstatistieke

FIG. 30

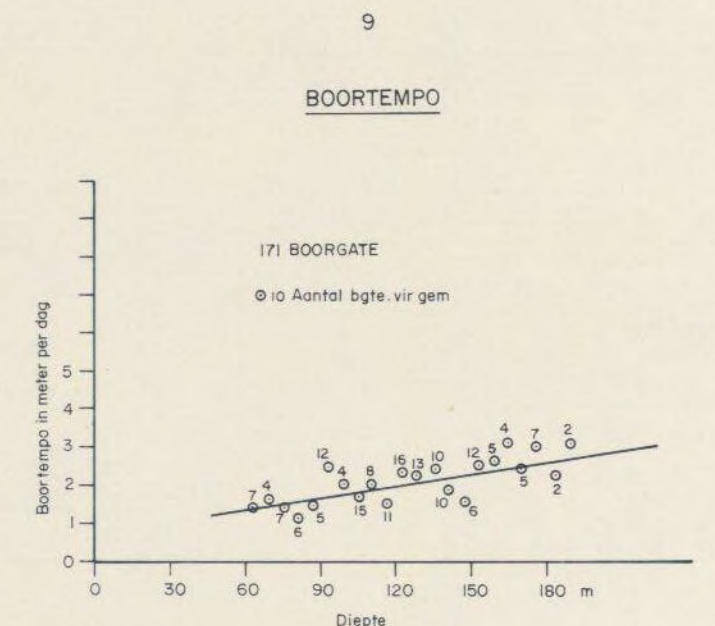
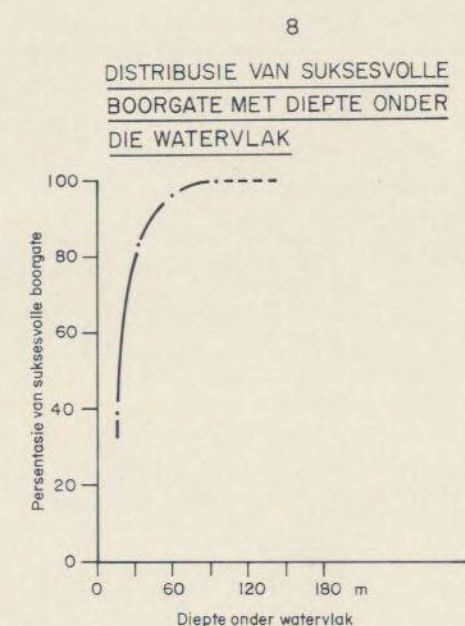
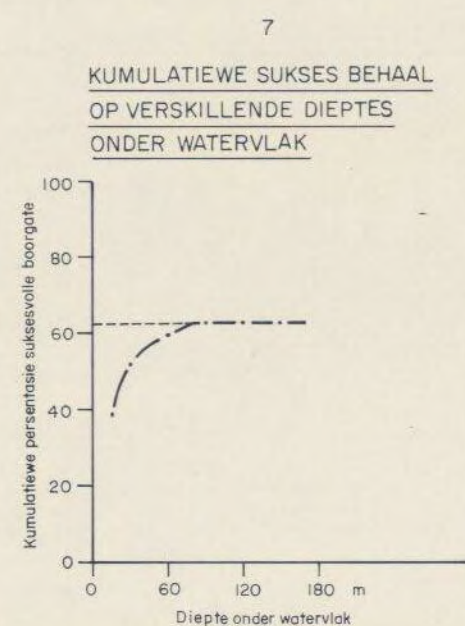
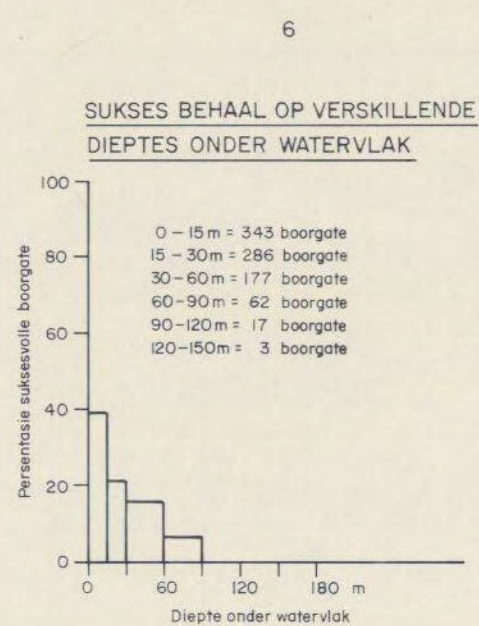
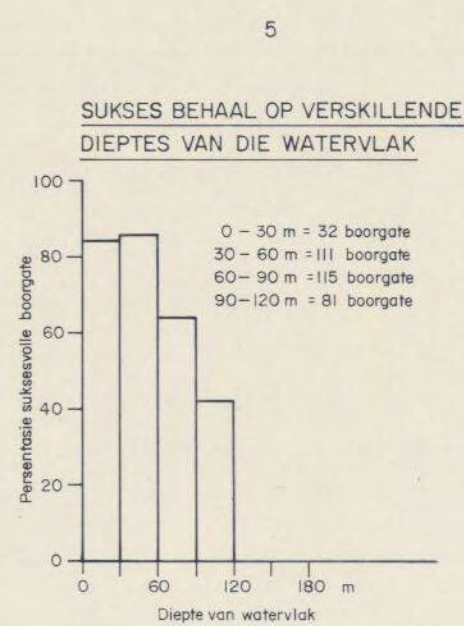
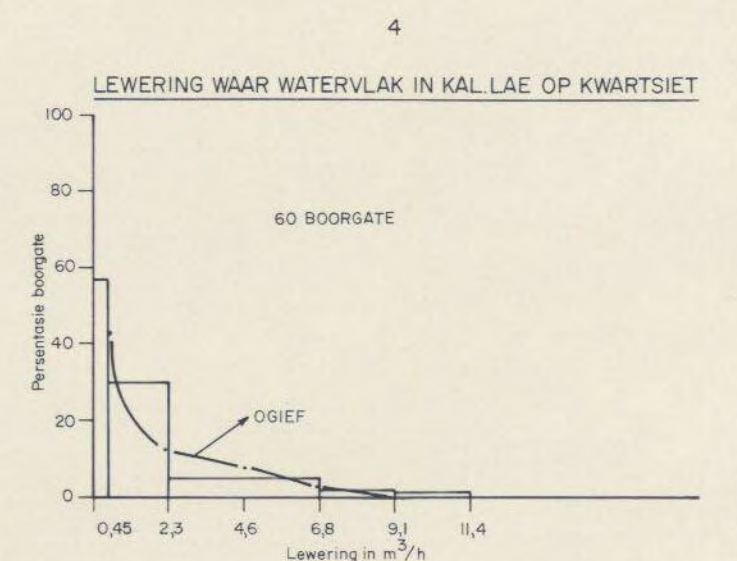
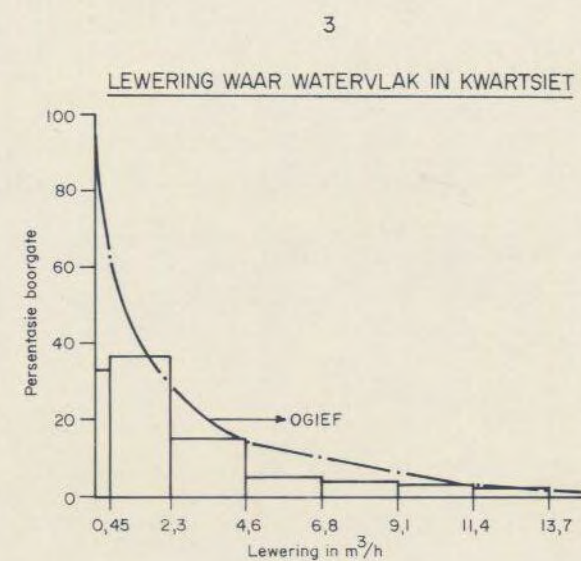
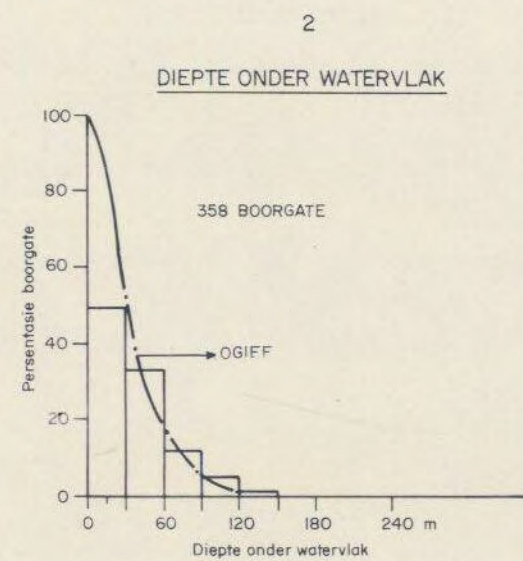
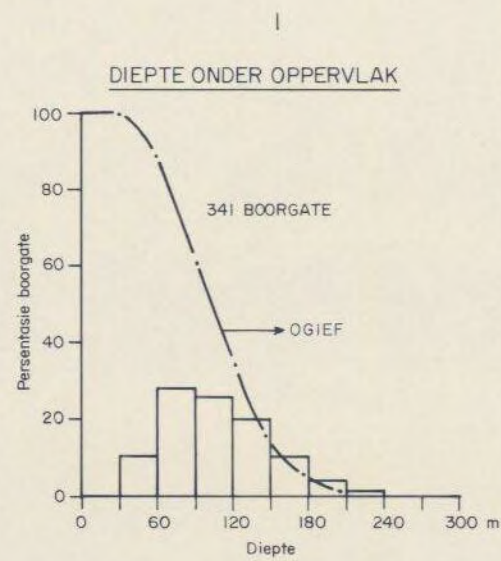


Fig. 31 Kwartsiet van Formasies Matsap en Lucknow van die Olifantshoekgroep : boorgatstatistieke

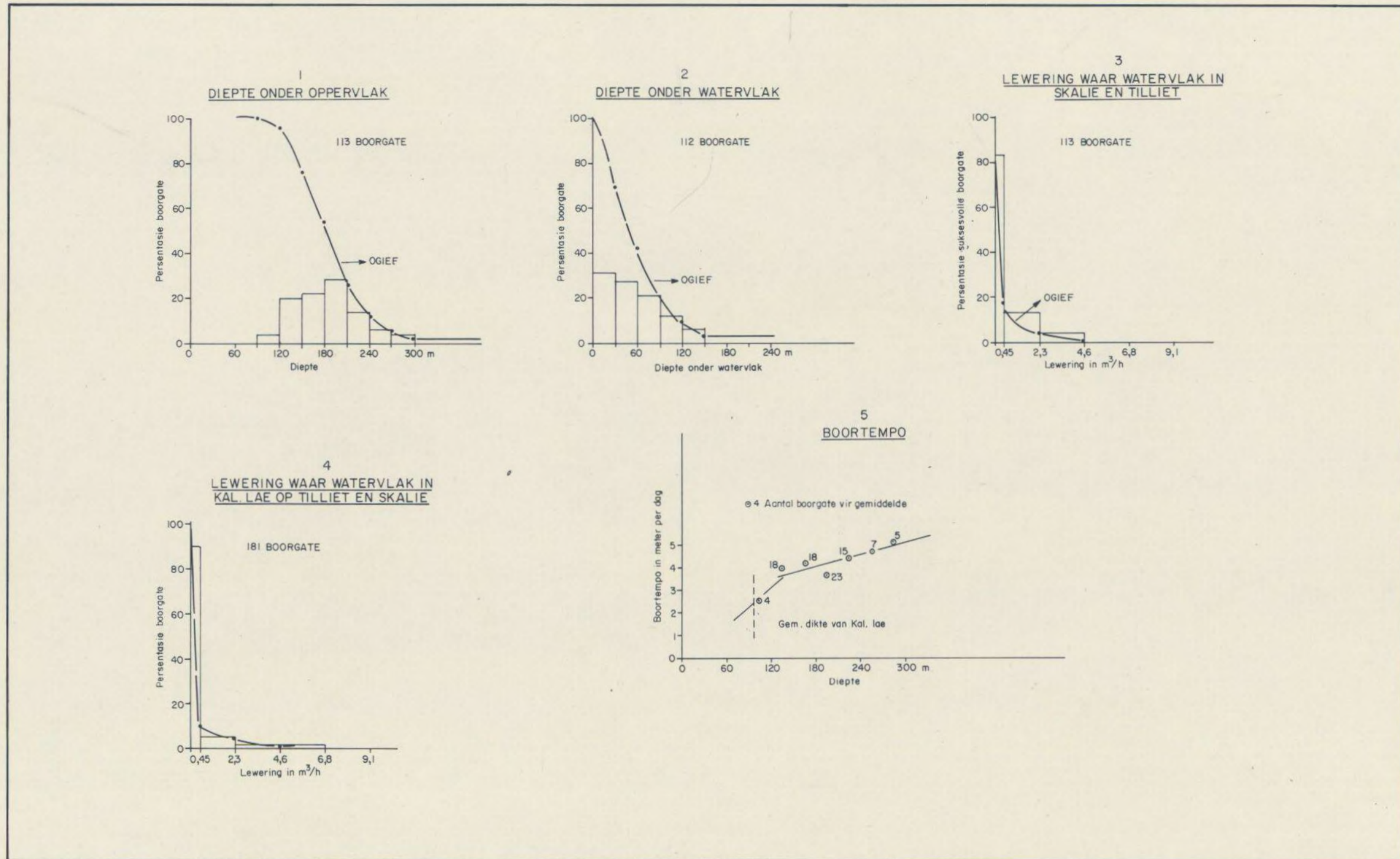


FIG. 32.- Tilliet en skalie van Formasie Dwyka: boorgatstatistieke

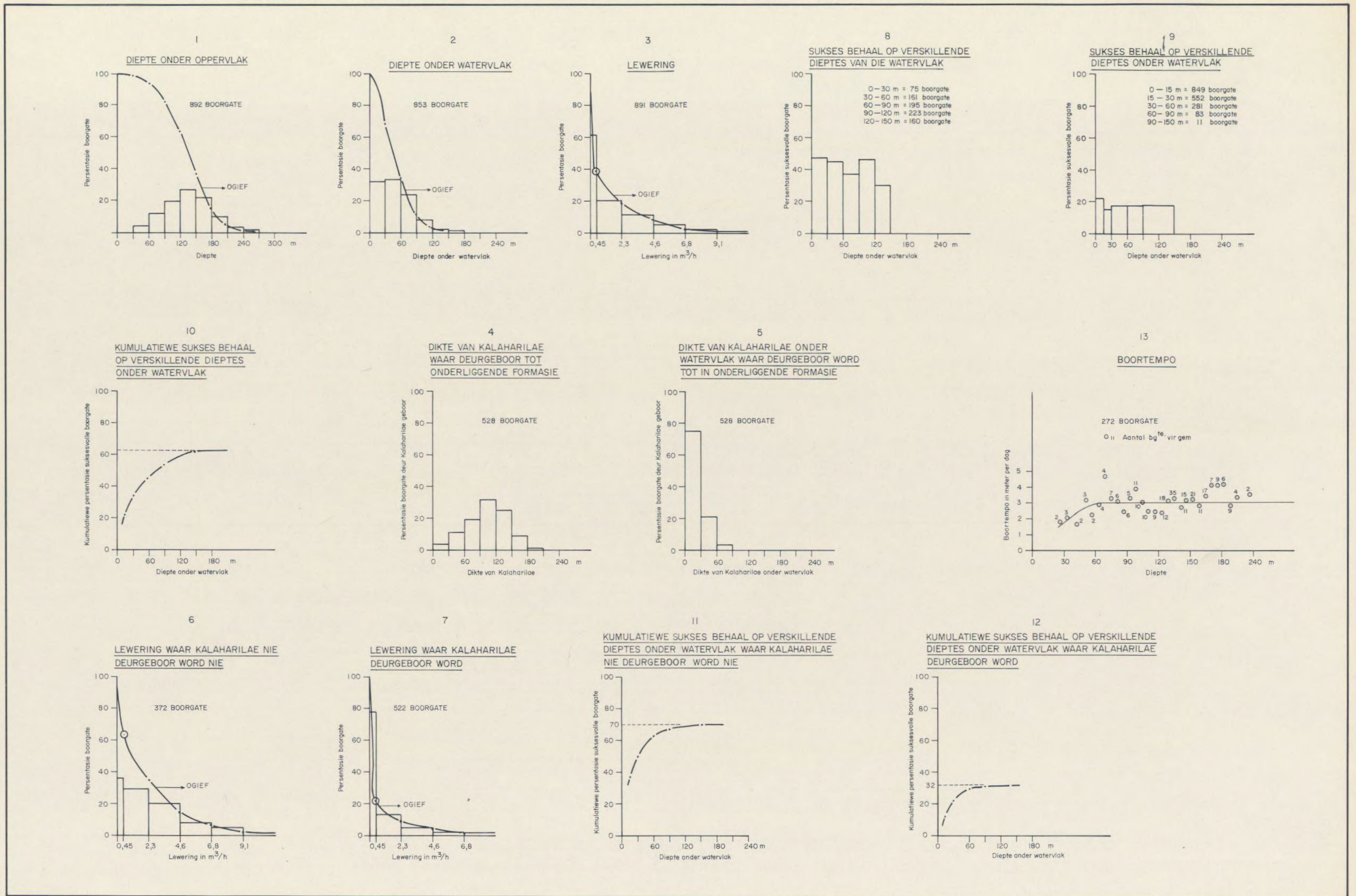


Fig. 33 Formasie Kalahari : boorgatstatistieke

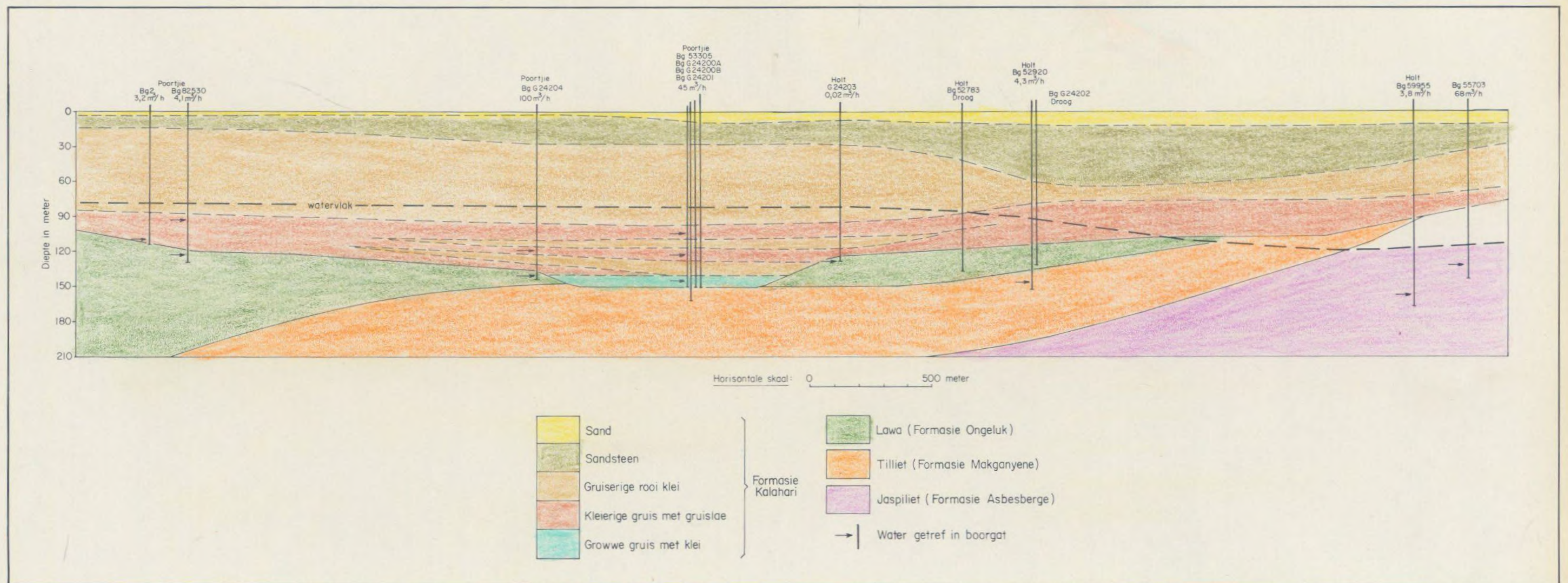
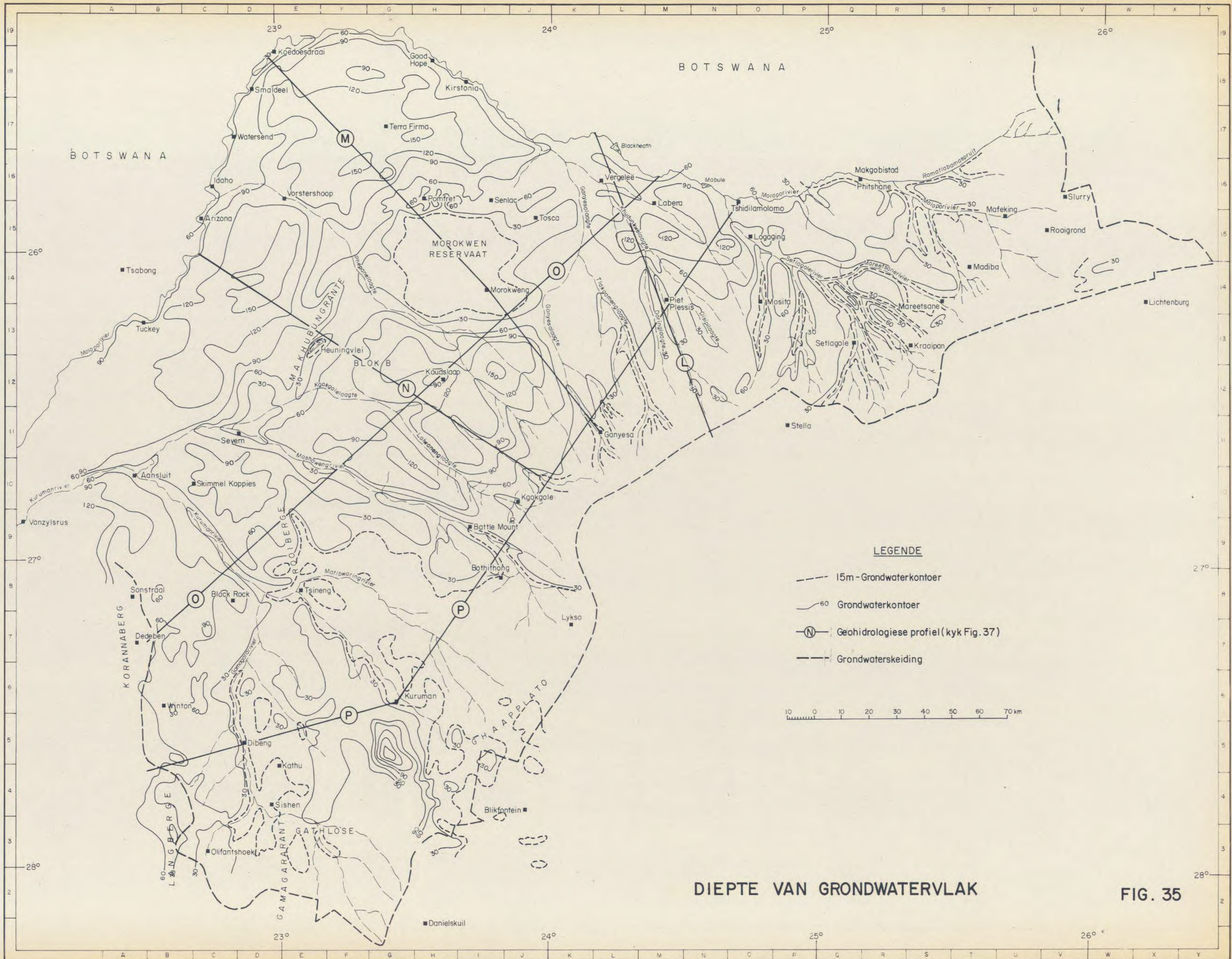


Fig.34.-Paleosloep gevul met Kalaharilae, Poortjie, Distrik Kuruman

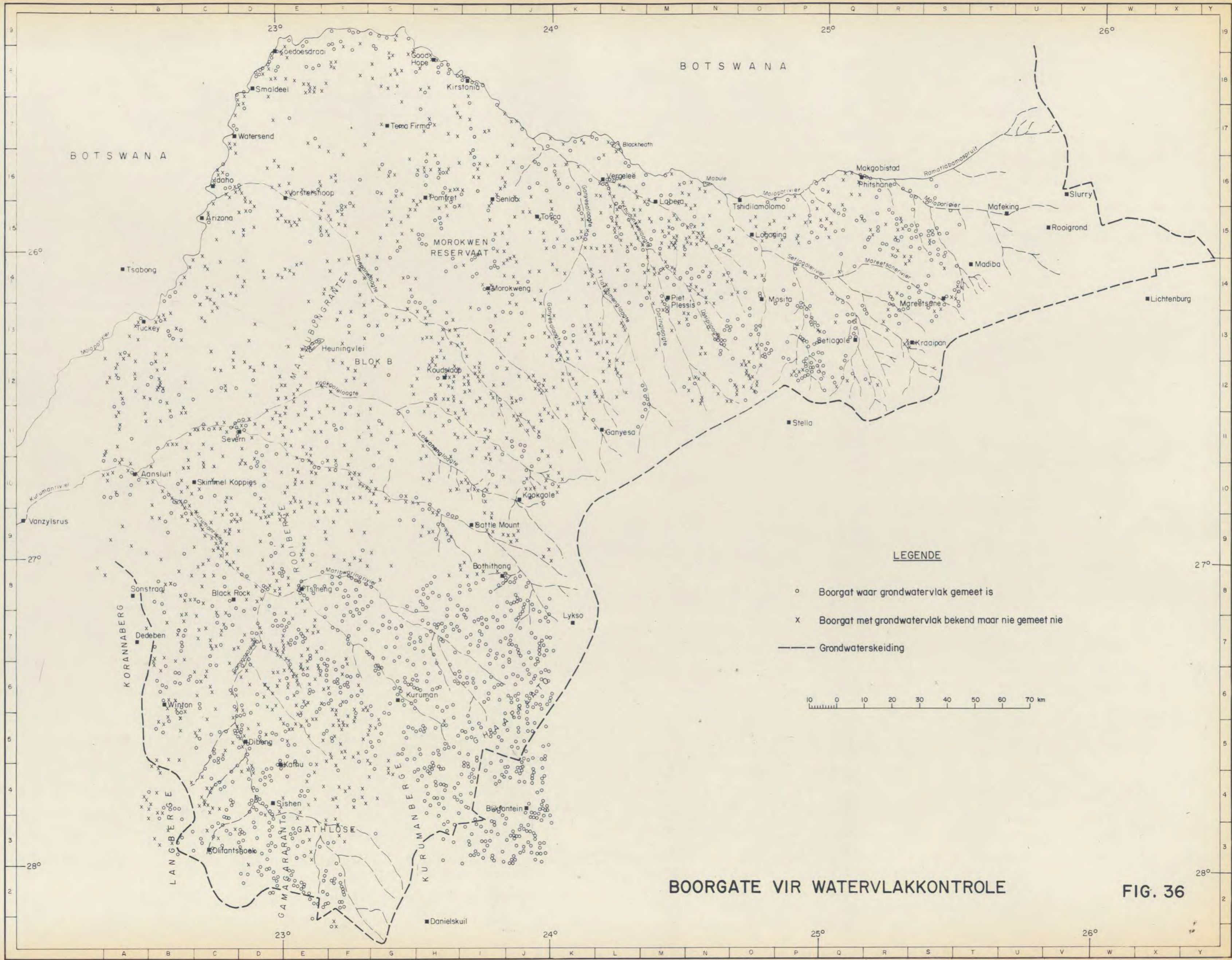
FIG.34.



LEGENDE

- 15m - Grondwaterkontoer
 - 60 Grondwaterkontoer
 - (N)— Geohidrologiese profiel (kyk Fig. 37)
 - Grondwaterskeiding
- 10 0 10 20 30 40 50 60 70 km

DIEPTE VAN GRONDWATERVLAK **FIG. 35**



BOTSWANA

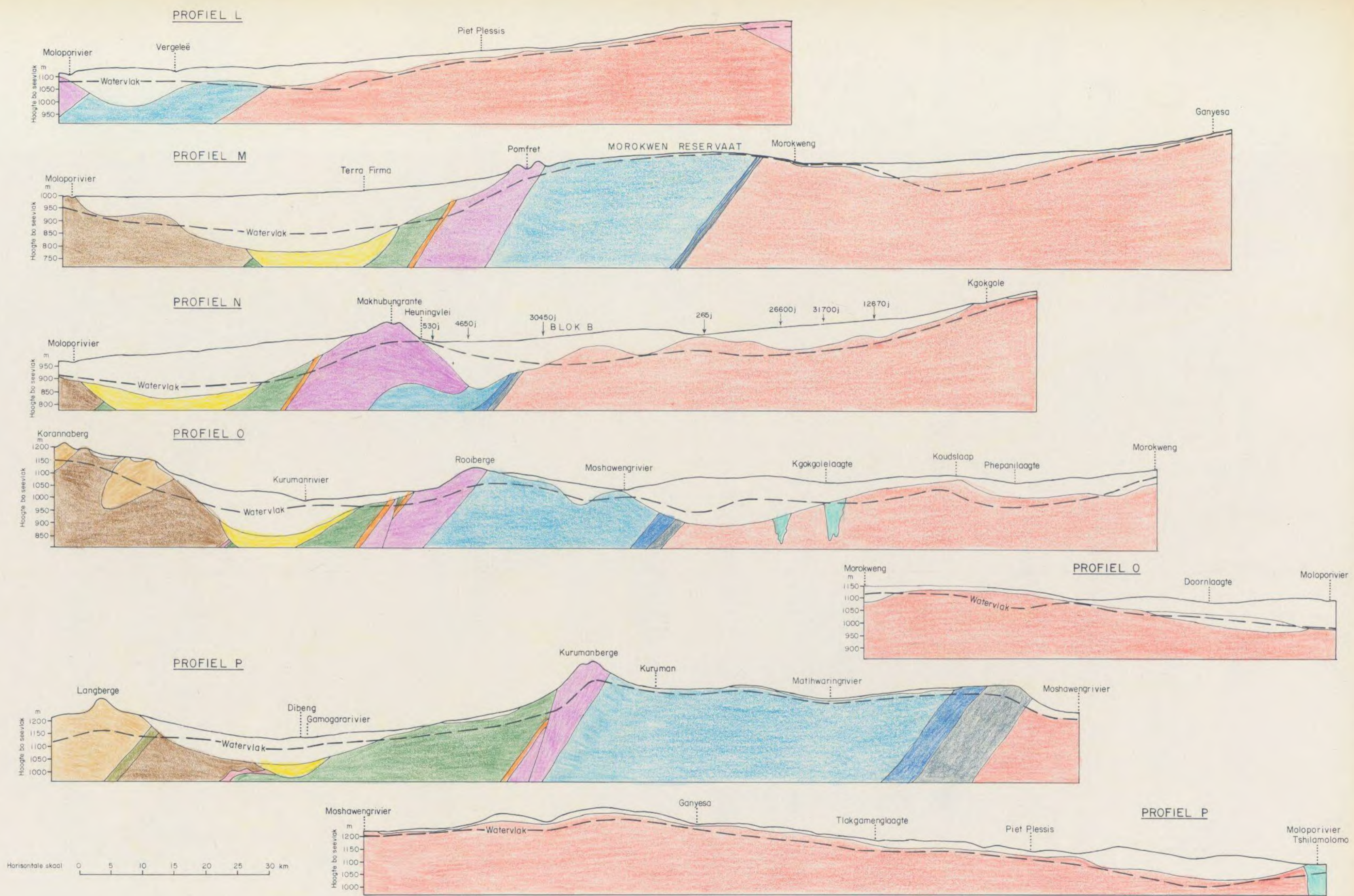
BOTSWANA

MOROKWEN
RESERVAAT

LEGENDE

BOORGATE VIR WATERVLAKKONTROLE

FIG. 36



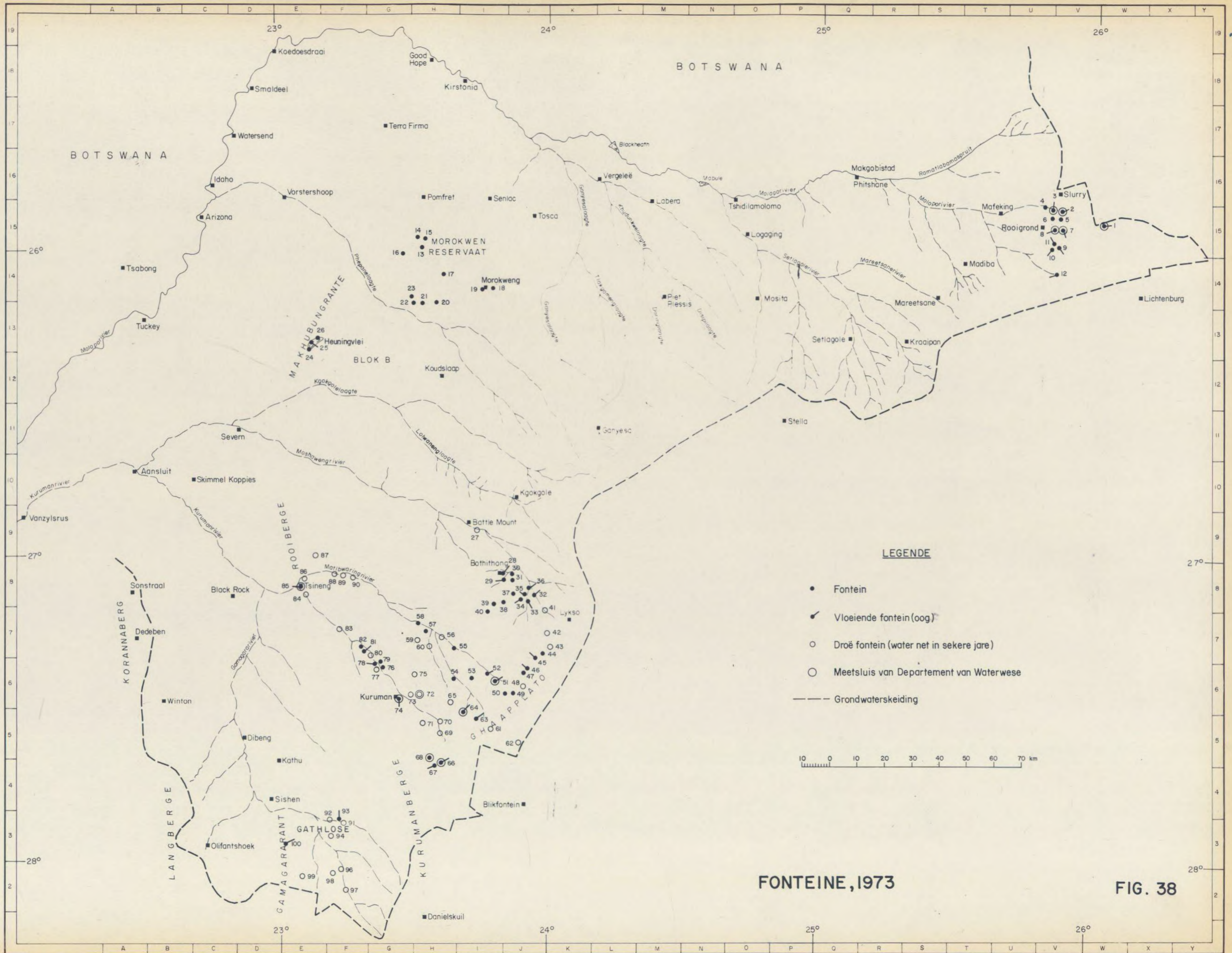
LEGENDE

Formasie Kalahari	Formasie Matsap	Formasie Voëlwater	Formasie Asbesberge	Formasie Soetlief
Formasie Dwyka	Formasie Hartley	Formasie Ongeluk	Formasie Ghaapplato	Ou Graniet
Formasie Lucknow	Formasie Makganyene	Formasie Schmidtsdrif	Formasie Vryburg	Formasie Kraaipan

Posisies van profile op Fig. 35 aangedui

FIG. 37. - Geohidrologiese profile L, M, N, O en P

FIG. 37.



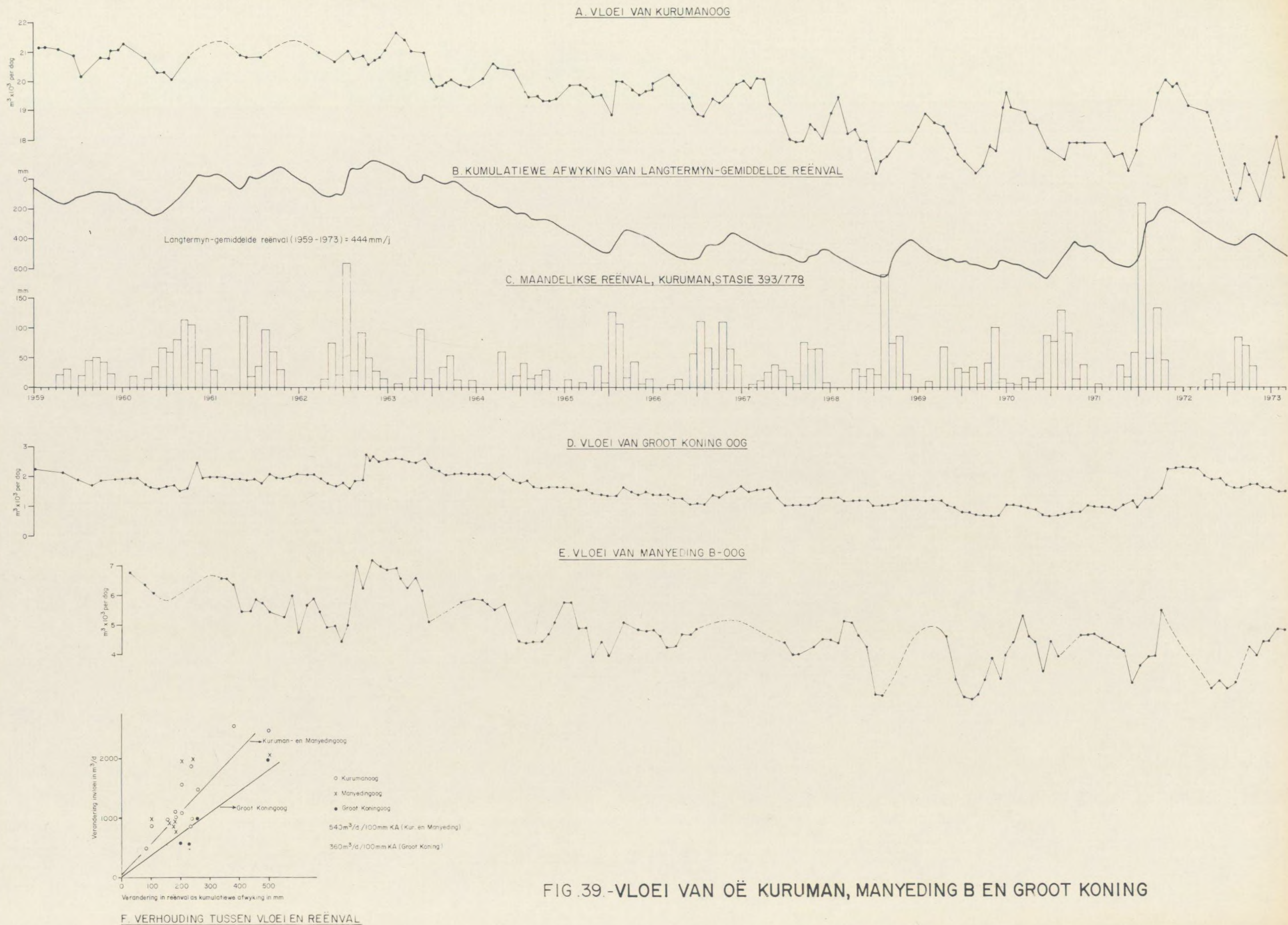


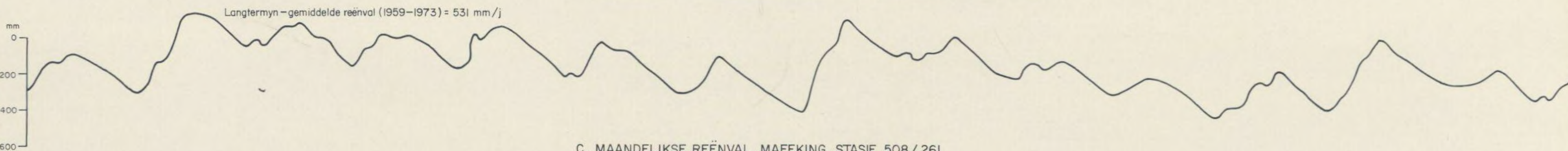
FIG. 39. -VLOEI VAN OË KURUMAN, MANYEDING B EN GROOT KONING

$m^3 \times 10^3$ per dag

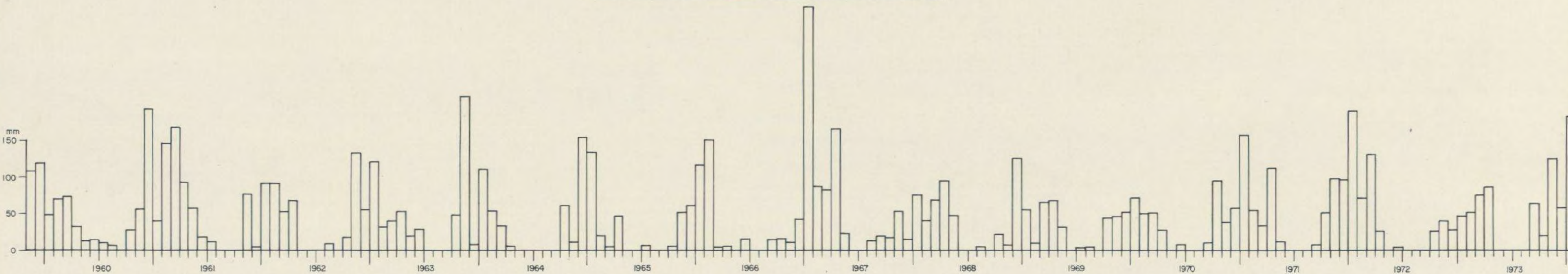
A. VLOEI VAN GROOTFONTEINOOG



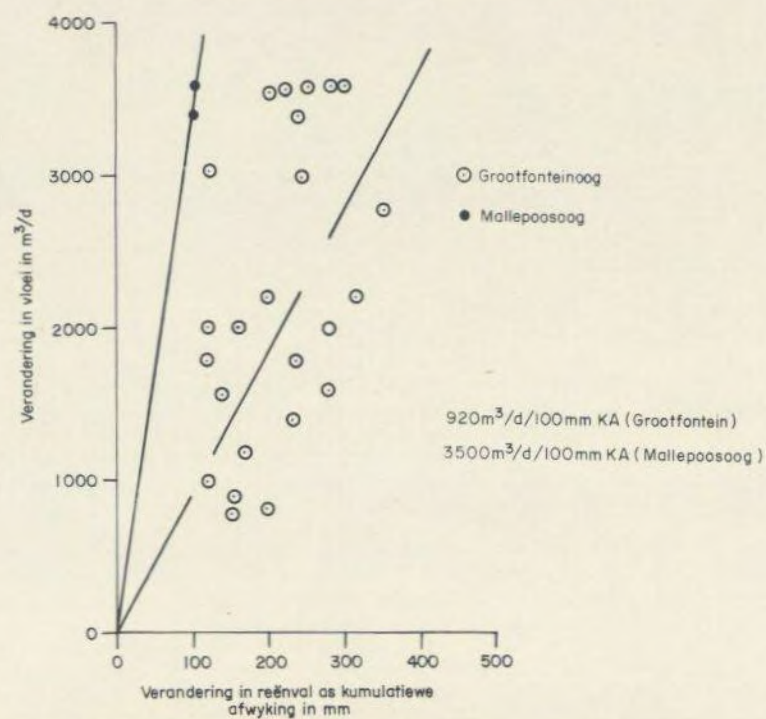
B. KUMULATIEWE AFWYKING VAN LANGTERMYN - GEMIDDELDE REËNVAL



C. MAANDELIKSE REËNVAL, MAFEKING, STASIE 508/261



E. VERHOUDING TUSSEN VLOEI EN REËNVAL



D. VLOEI VAN MALLEPOOSOOG

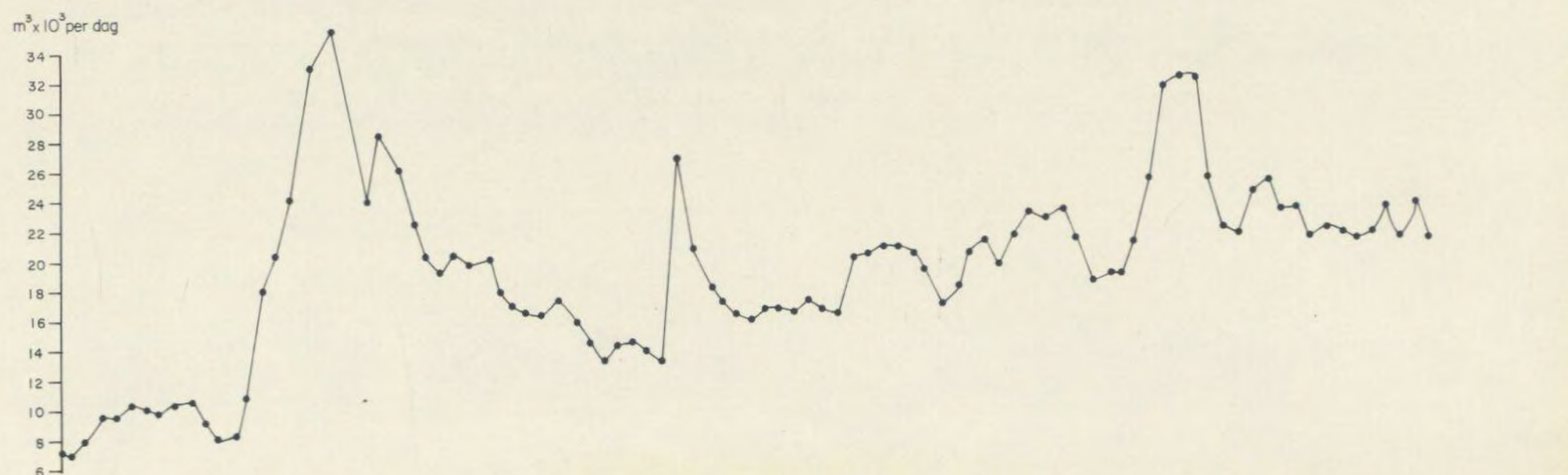


FIG.40.-VLOEI VAN OË GROOTFONTEIN EN MALLEPOO

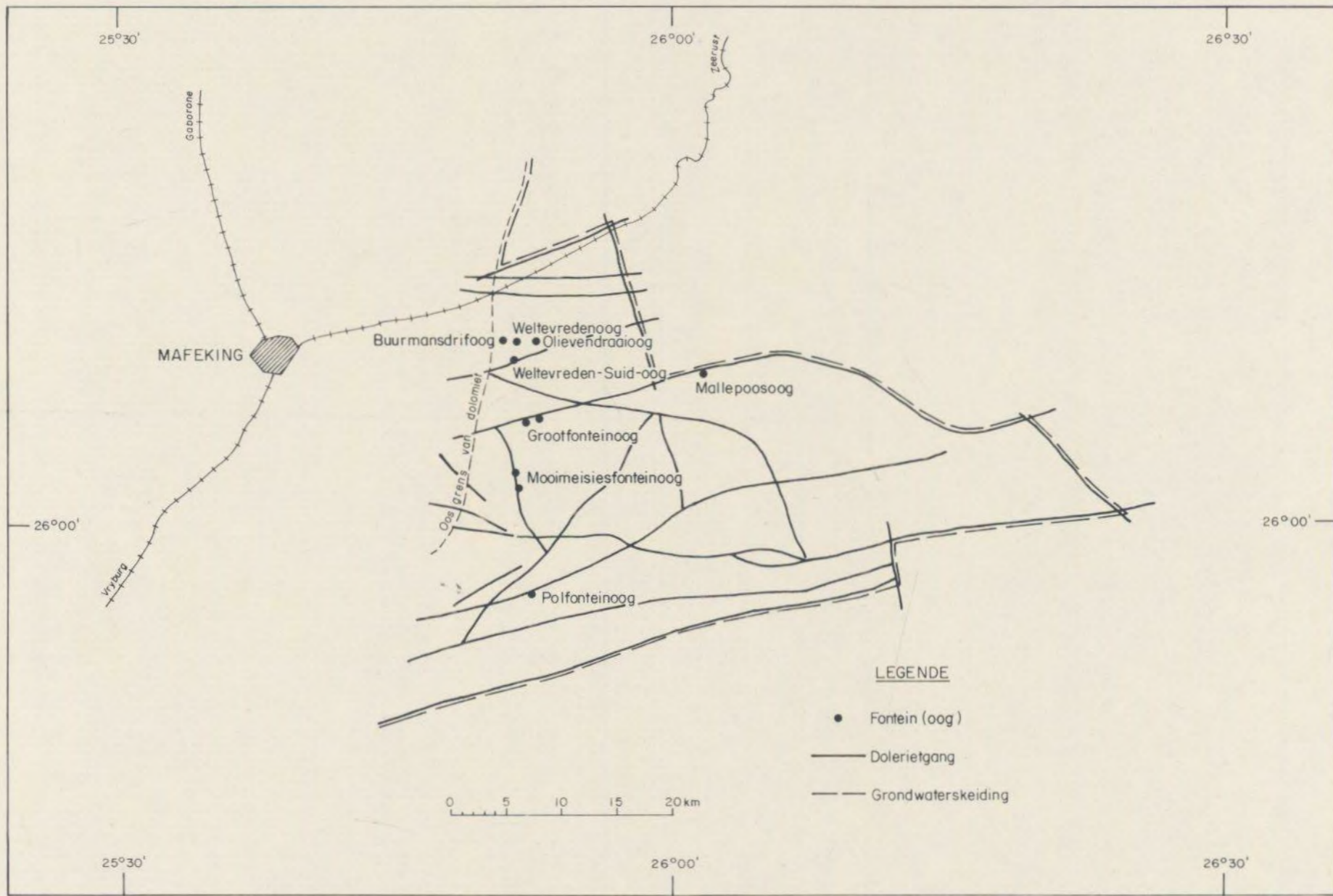


FIG.41 - Fonteine en gange op dolomiet oos van Mafeking

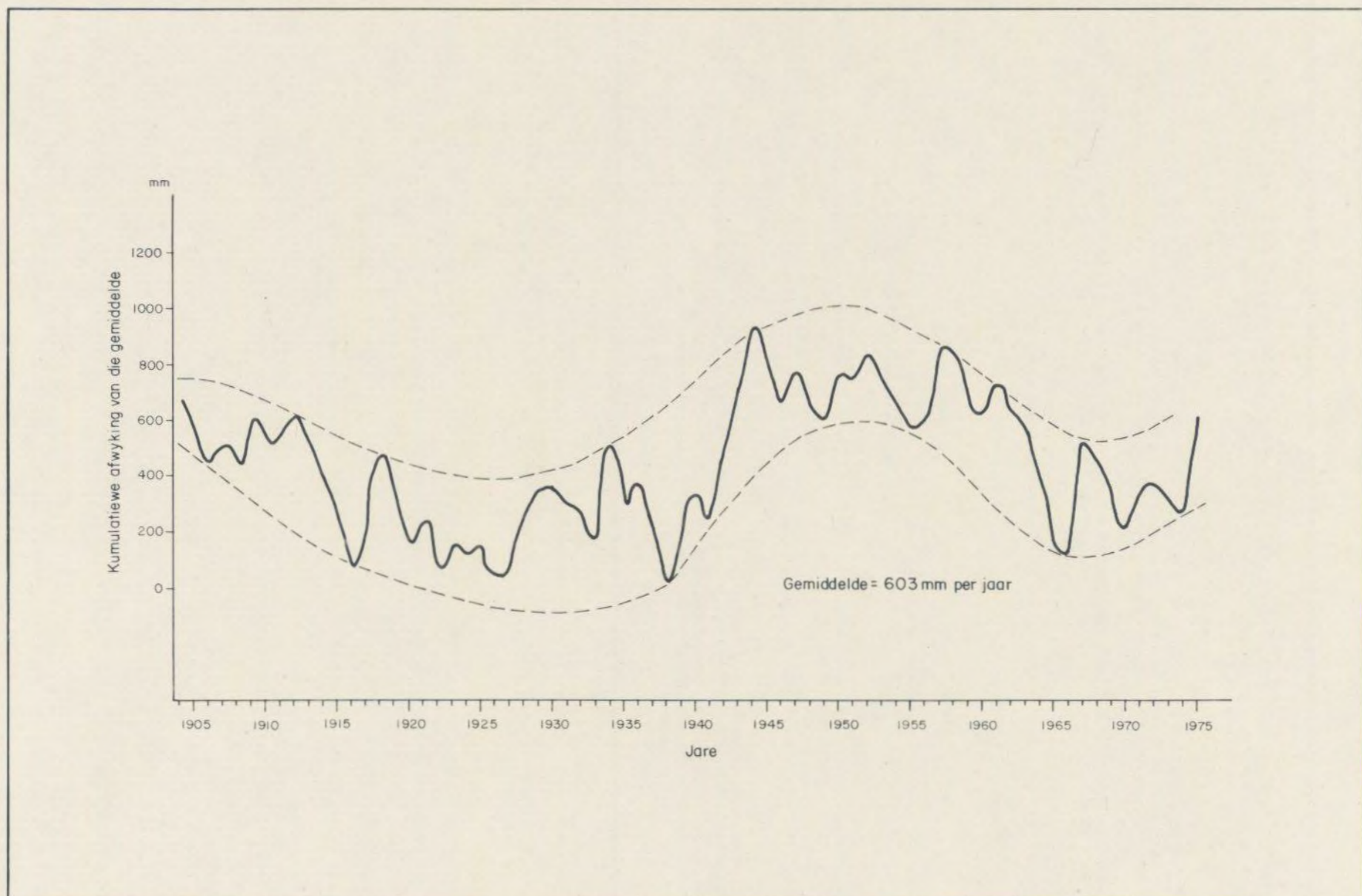
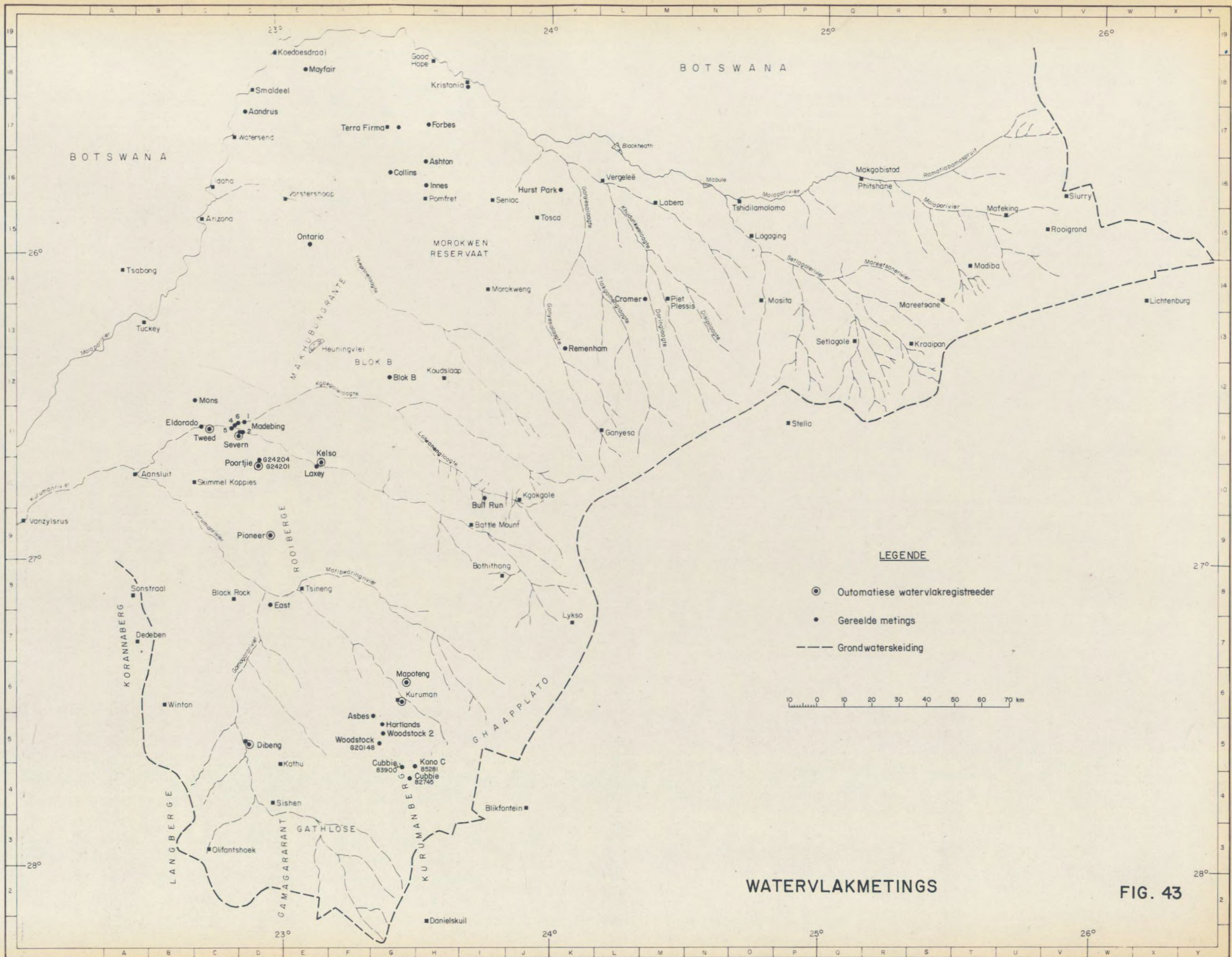


FIG. 42.-Lichtenburg reënvalstasie (472/279): kumulatiewe afwykingskurwe



BOTSWANA

BOTSWANA

MOROKWEN
RESERVAAT

WATERVLAKMETINGS

FIG. 43

M A K H U B U N G R A N T E

R O O I B E R G E

K O R A N N A B E R G

L A N G B E R G E

G A M A G A R A R A N T

K U R U M A N B E R G

G H A A P P L A T O

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

B L O K B

DOLOMIET VAN FORMASIE GHAAPPLATO

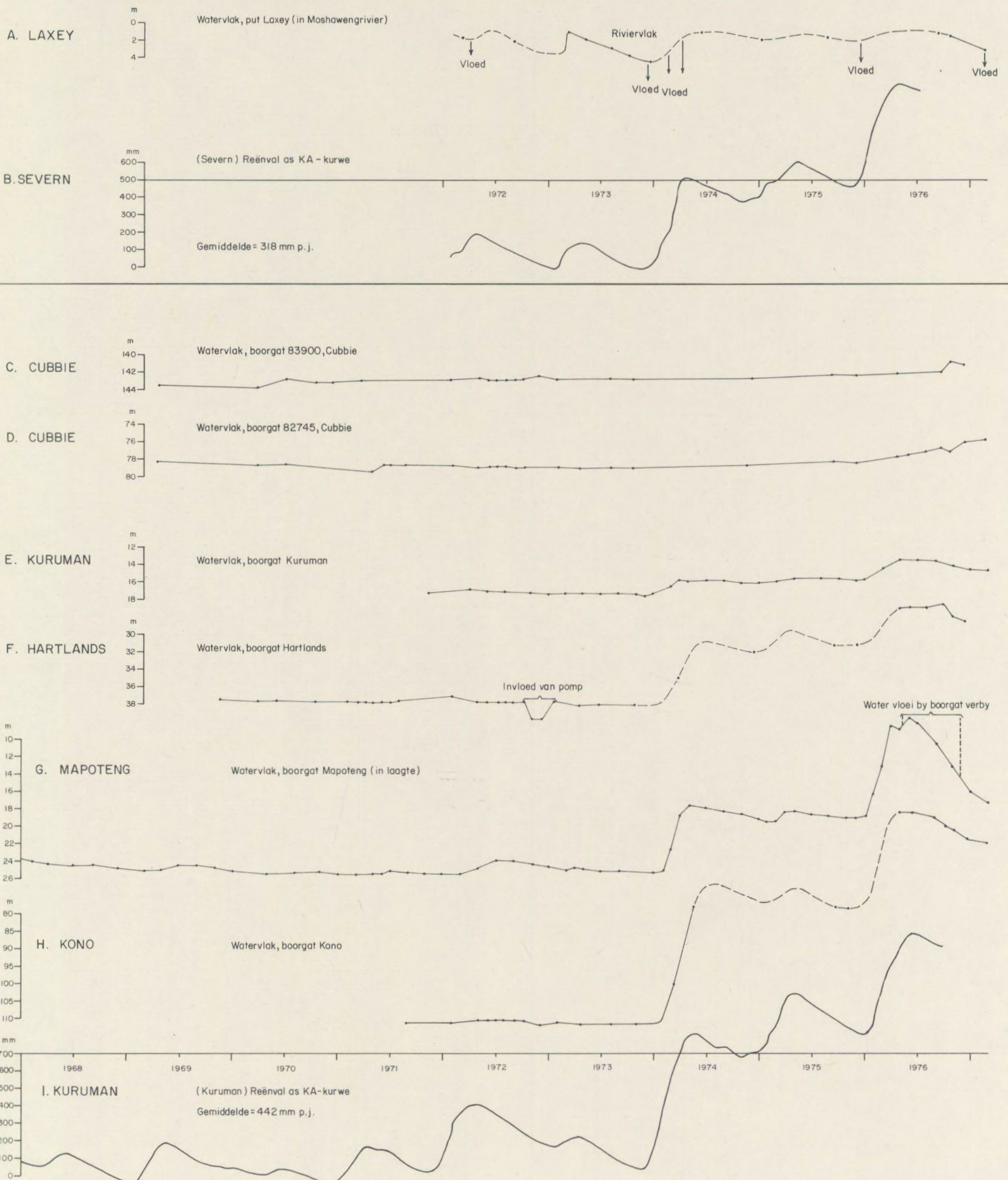
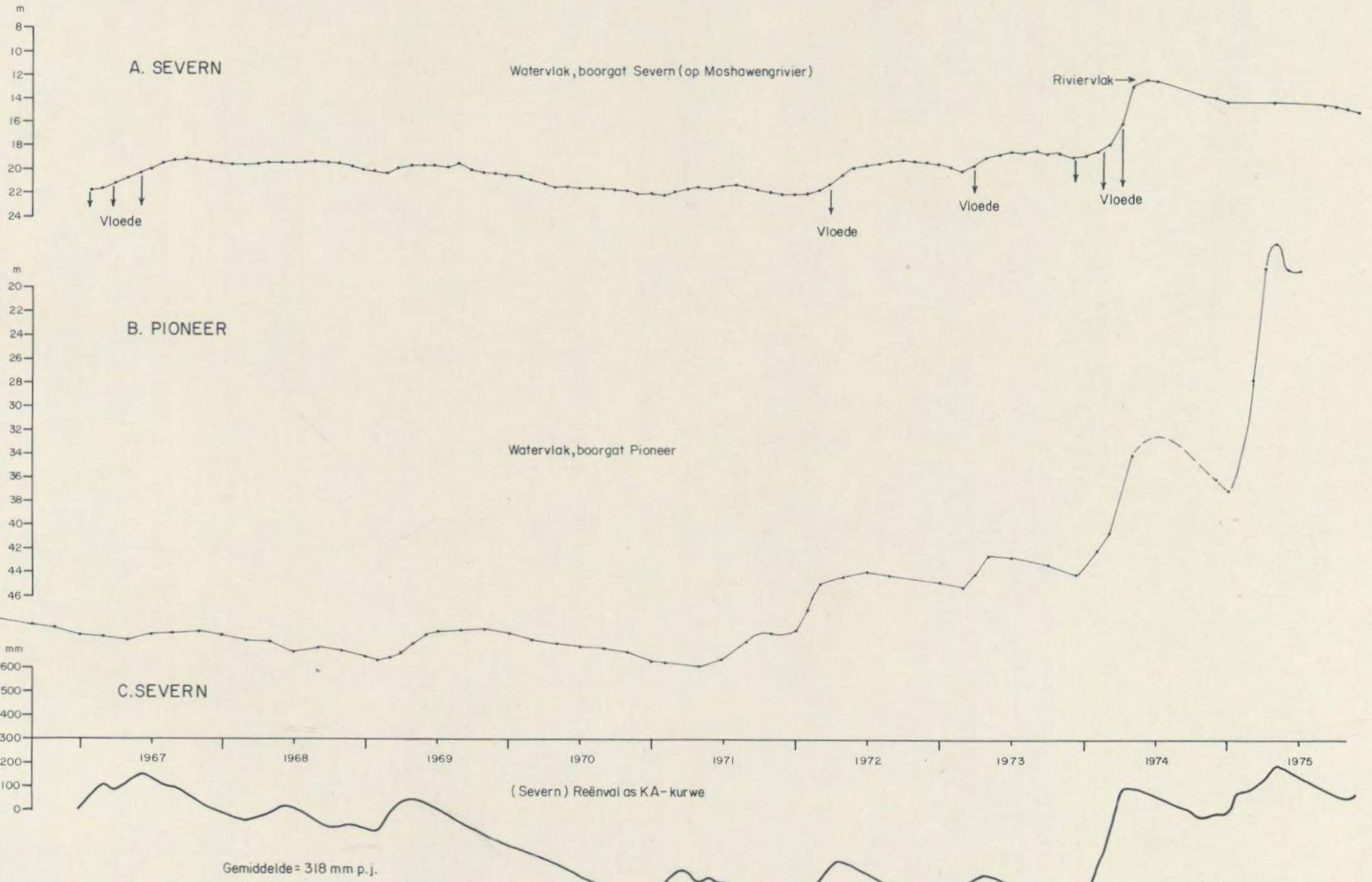


FIG 44.- Watervlaksommeling in dagsoomgebiede van dolomiet

LAWA VAN FORMASIE ONGELUK



JASPILIET VAN FORMASIE ASBESBERGE

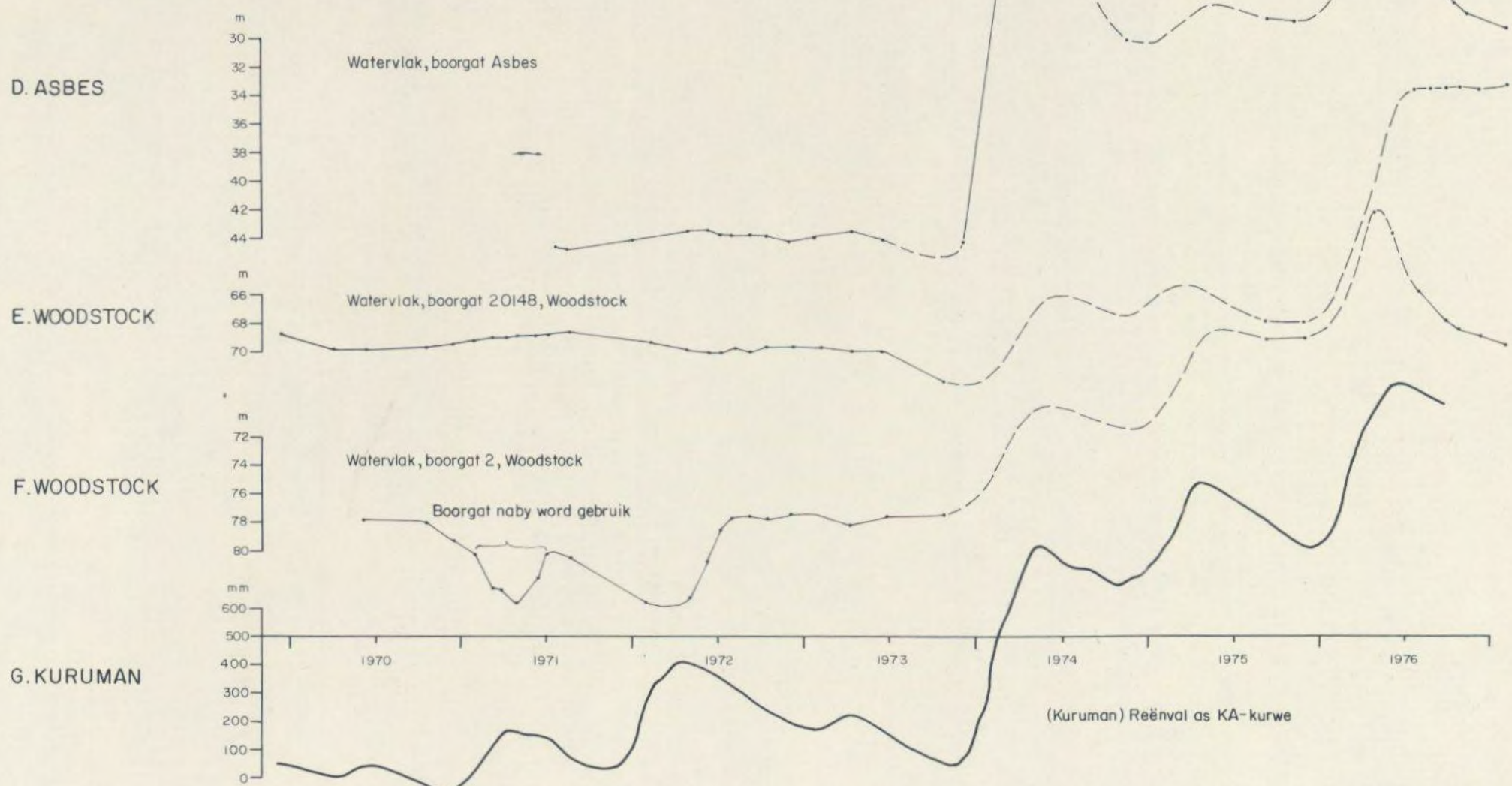


FIG.45.- Watervlakskommeling in dagsoomgebiede van lawa en jaspiliet

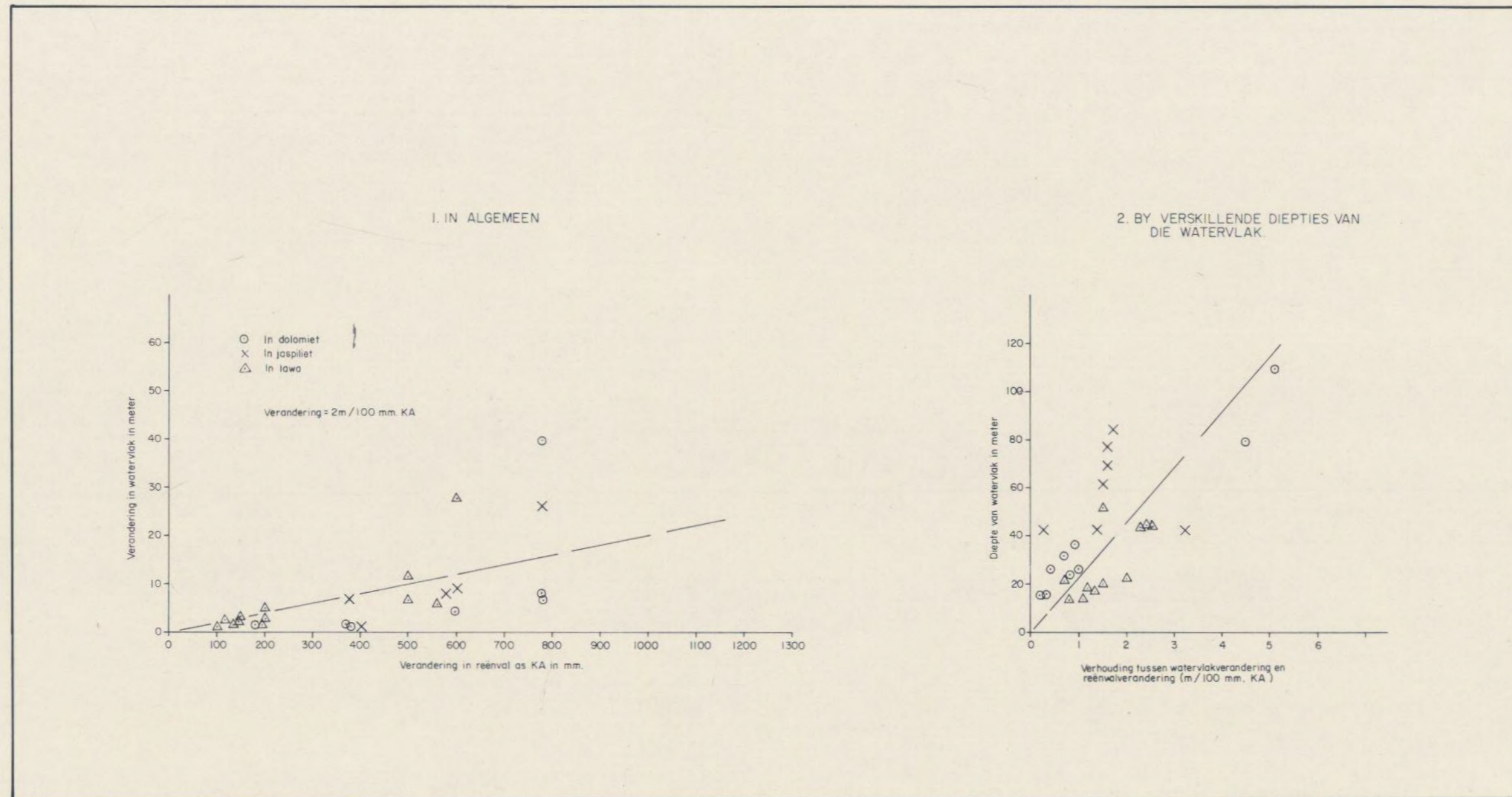


Fig.46.Verhouding tussen watervlak en reënval in dagsoomgebiede

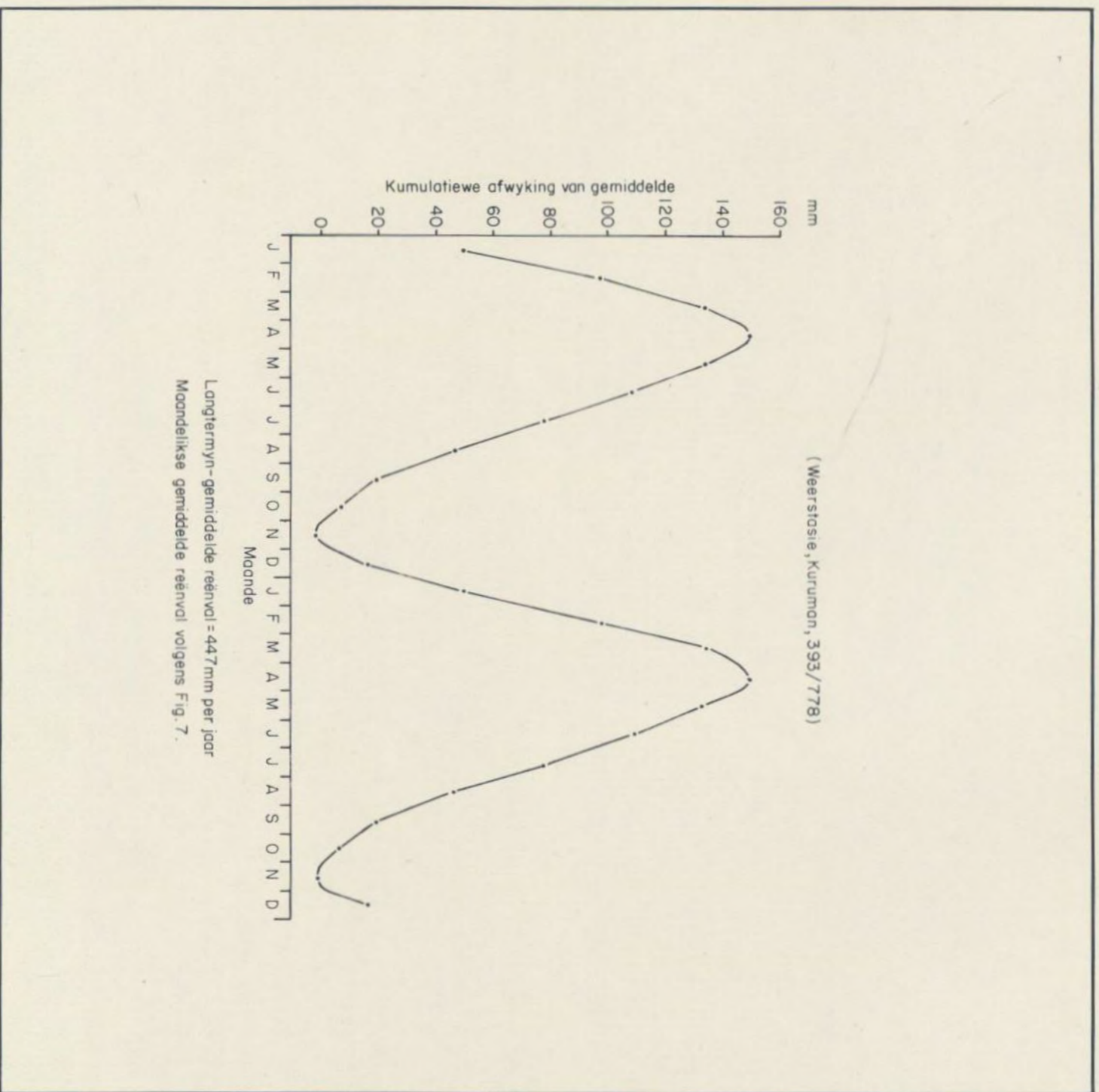


FIG. 47. - Maandelikse kumulatiewe afwyking van die reënval vir 'n gemiddelde seisoen by Kuruman

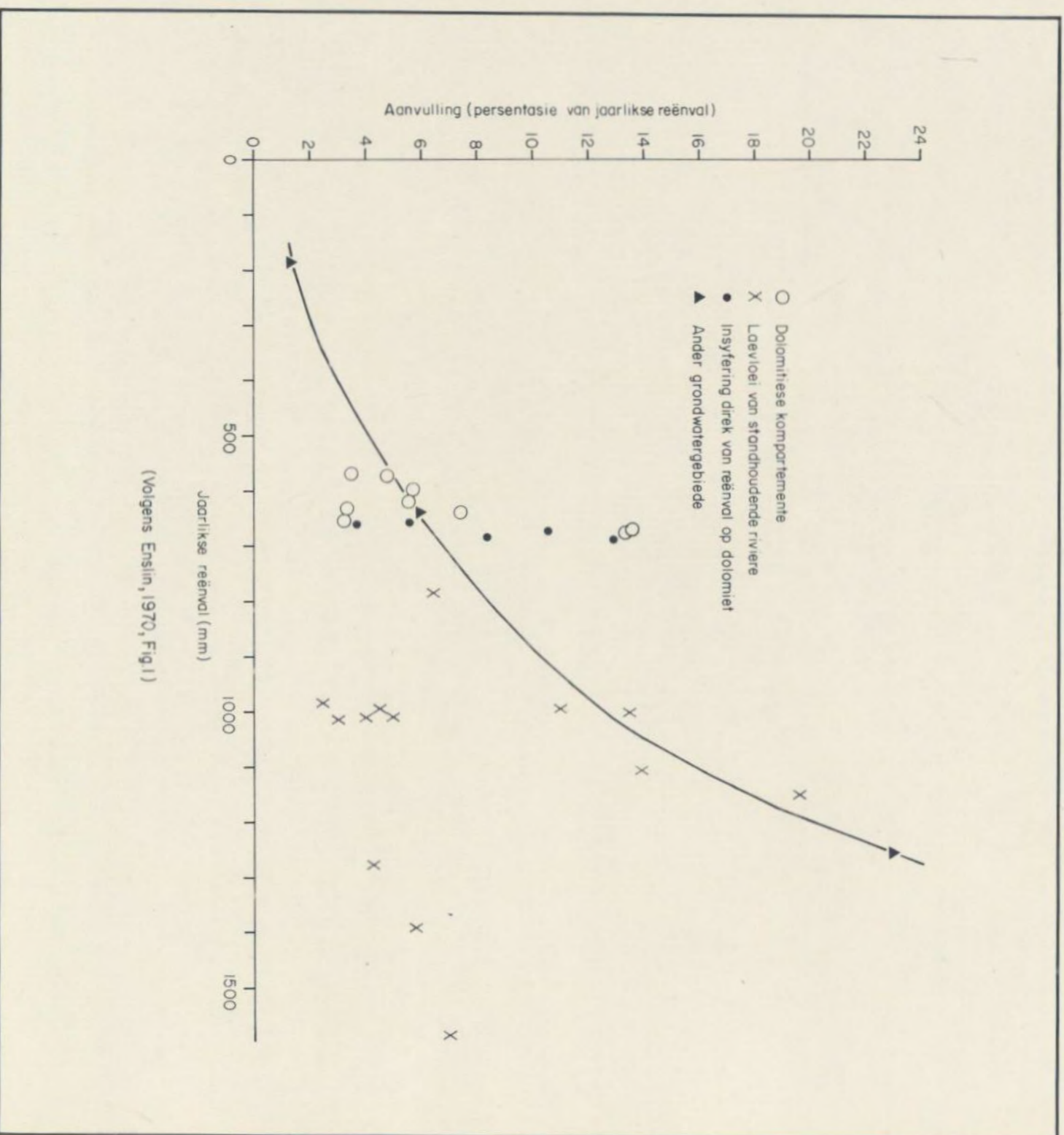
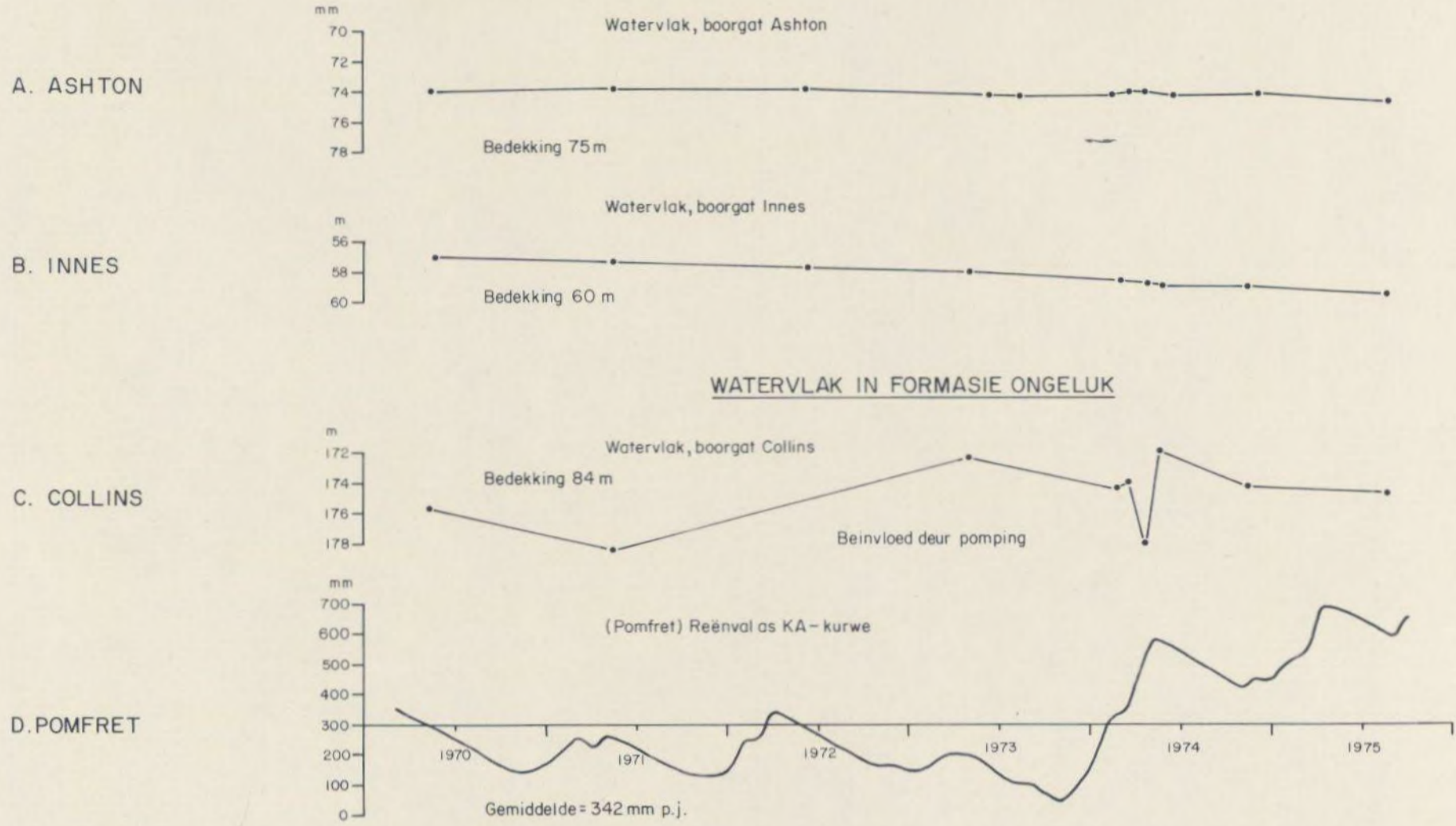
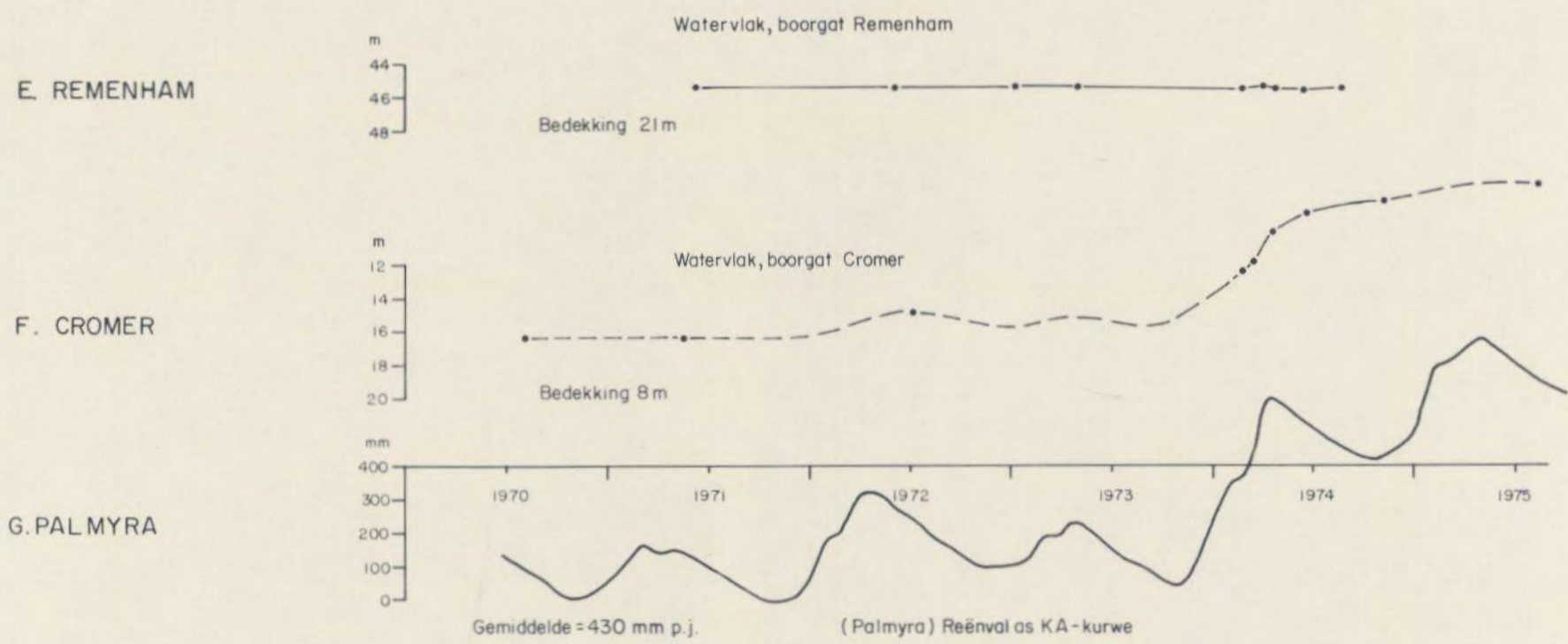


FIG. 48. - Grondwateraanvulling as 'n persentasie van die jaarlikse reënval

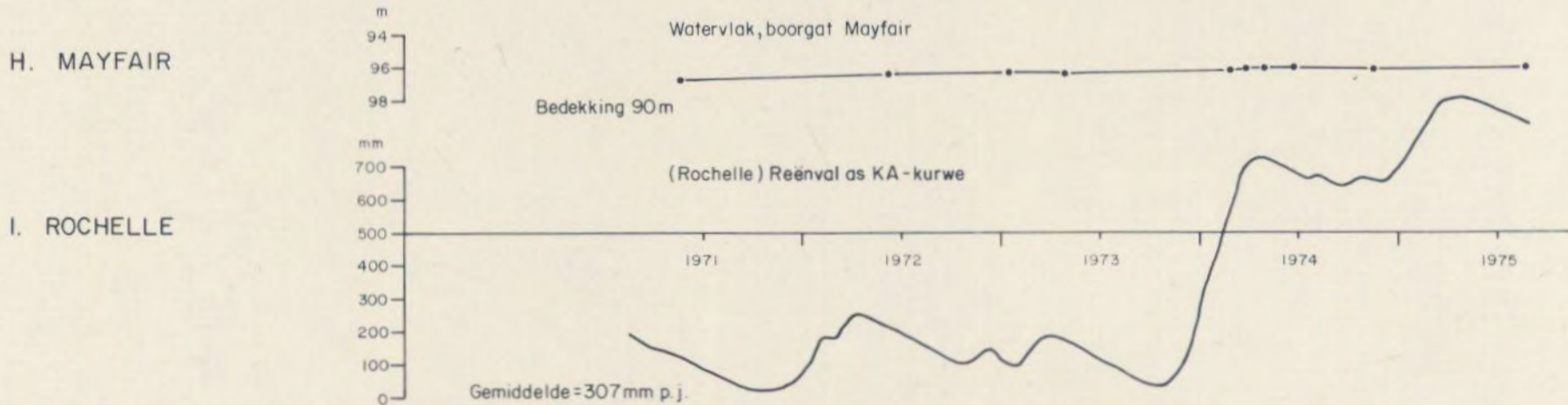
WATERVLAK IN FORMASIE ASBESBERGE



WATERVLAK IN GRANIET



WATERVLAK FORMASIE LUCKNOW



WATERVLAK IN GRANIET

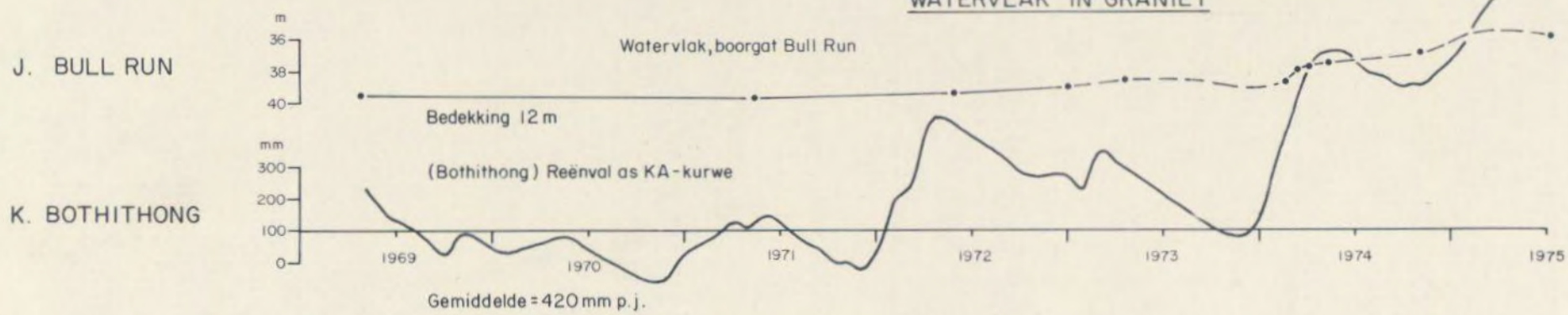


FIG.49. -Waternvlakskommeling in formasies onder bedekking van Kalaharilae

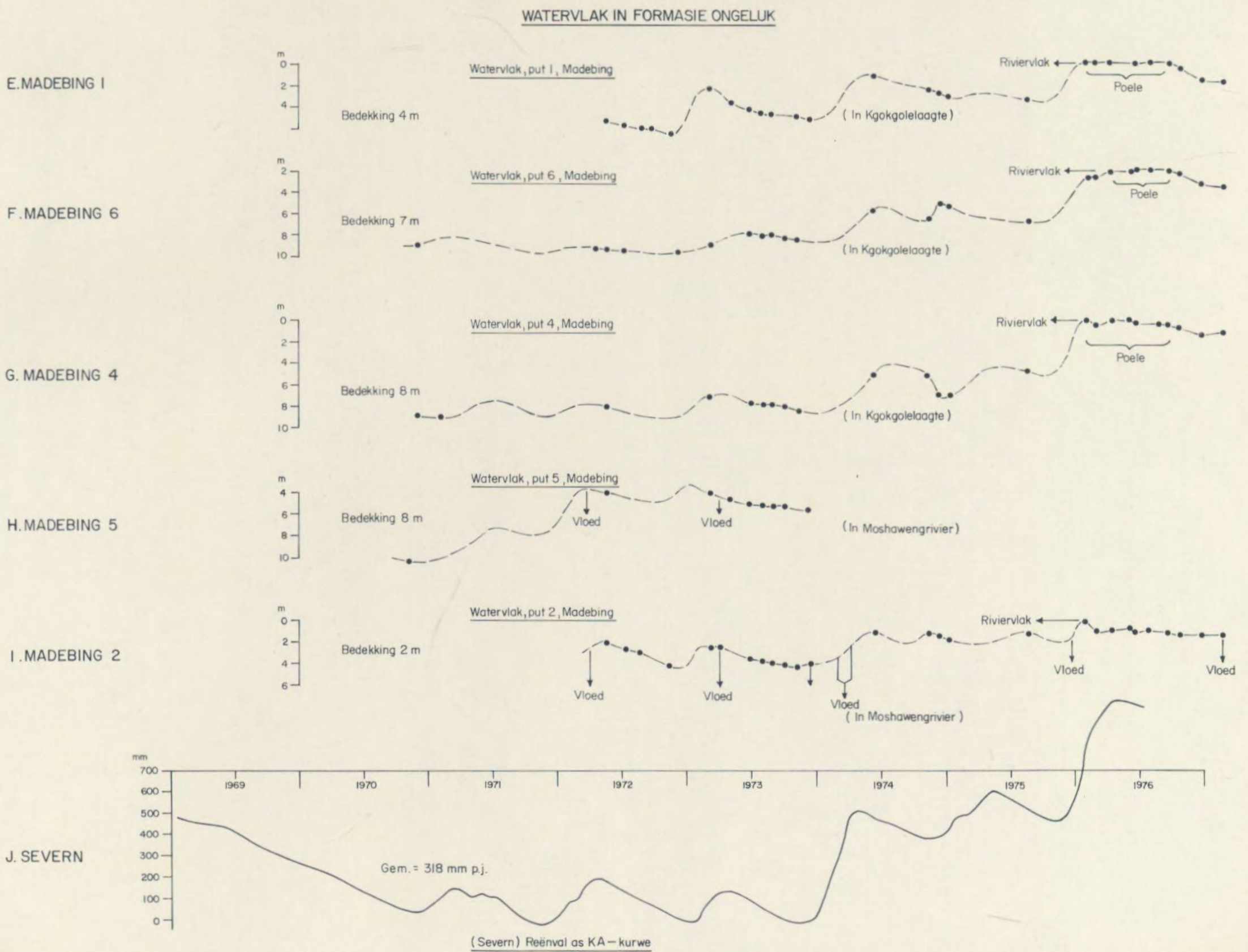
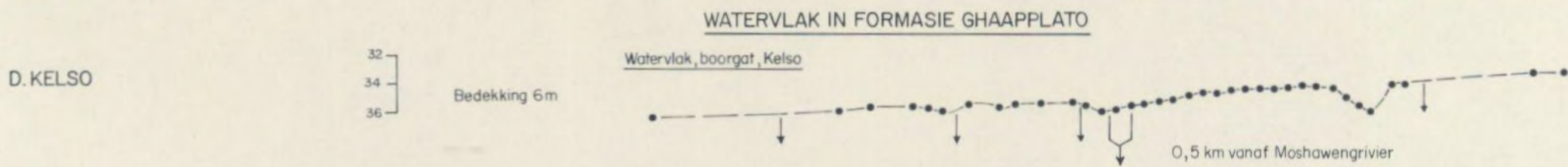
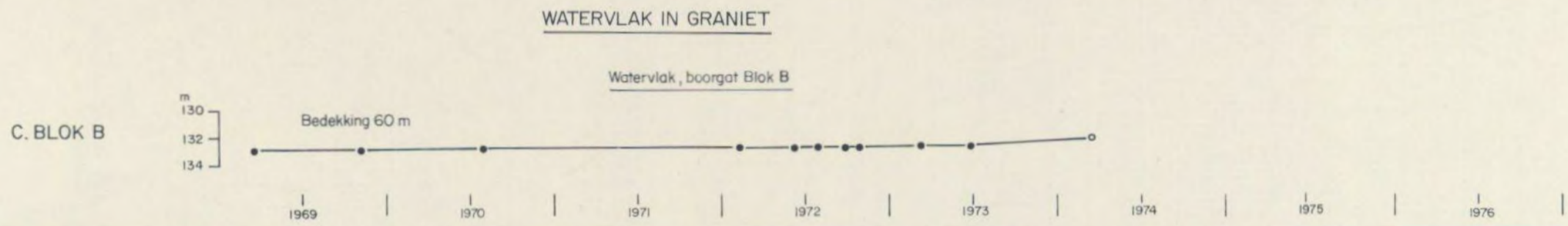
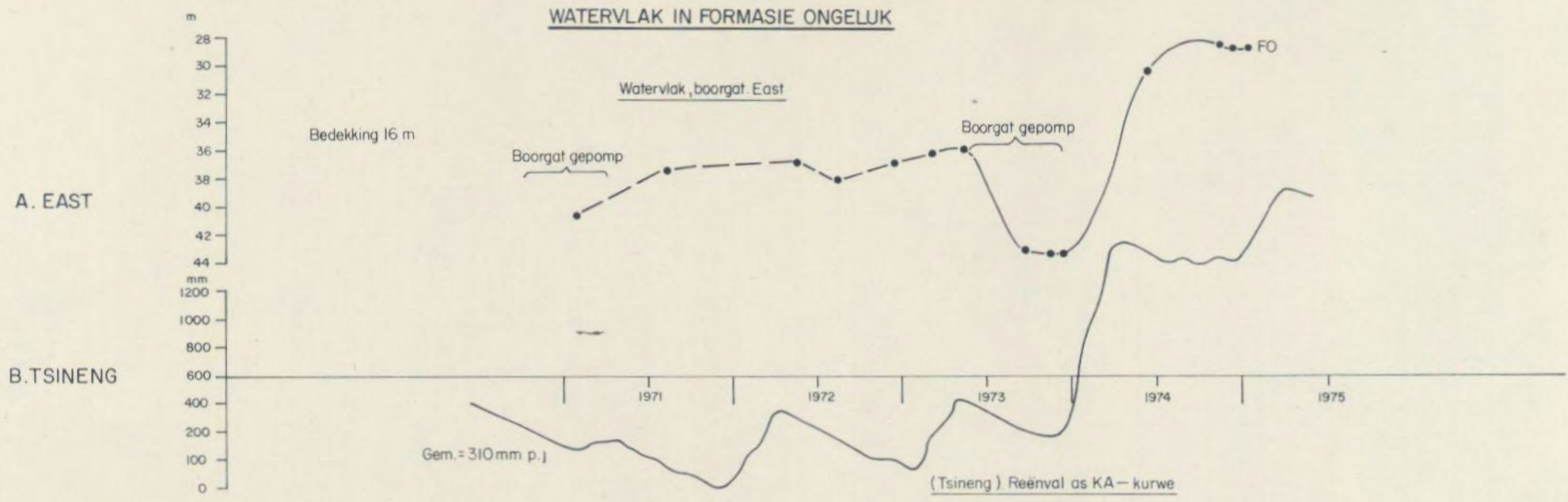
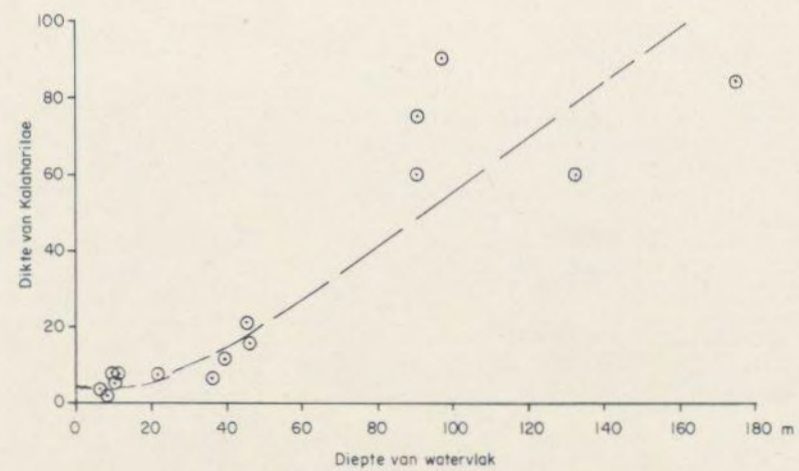


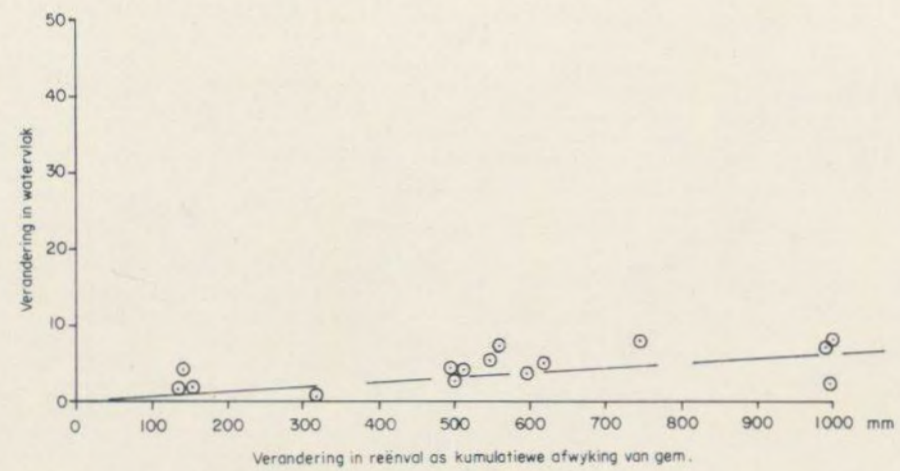
Fig.50: Watervlakskommeling in formasies onder bedekking van Kalaharilae

FIG.50

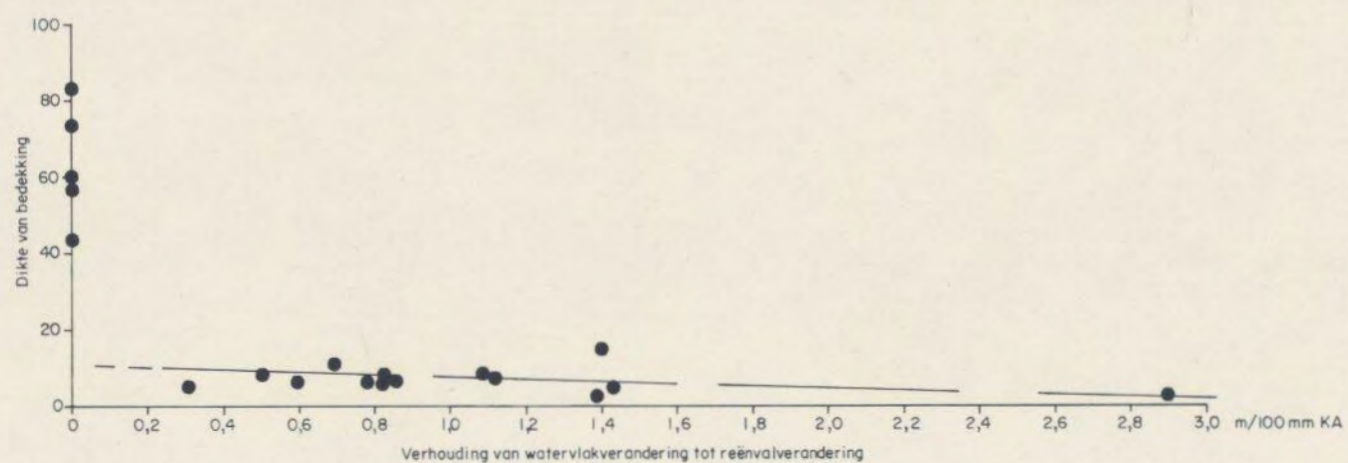
1.- WATERVLAK IN VERHOUDING TOT BEDEKKING



2.- WATERVLAK IN VERHOUDING TOT REËNVAL



3.- REËNVAL/WATERVLAK-VERHOUDING RELATIEF TOT DIKTE VAN BEDEKKING



4.- REËNVAL/WATERVLAK-VERHOUDING RELATIEF TOT DIEPTE VAN WATERVLAK

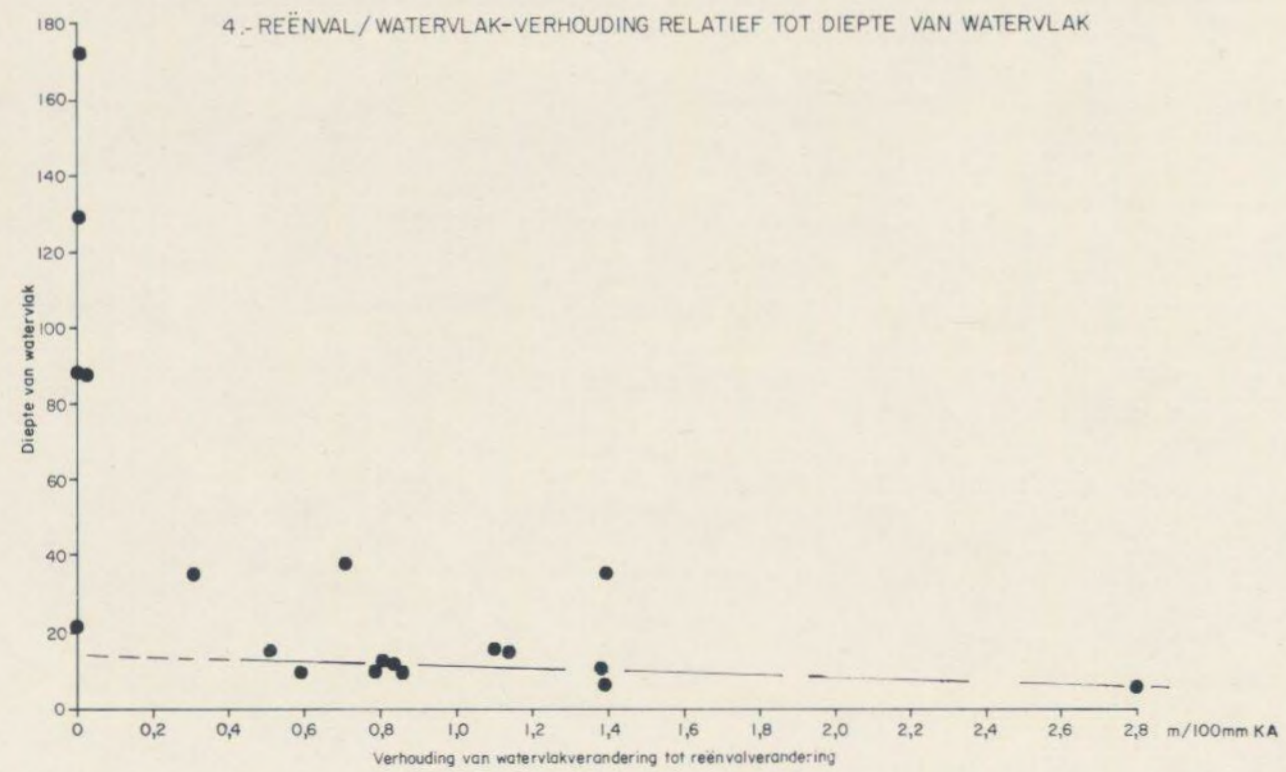
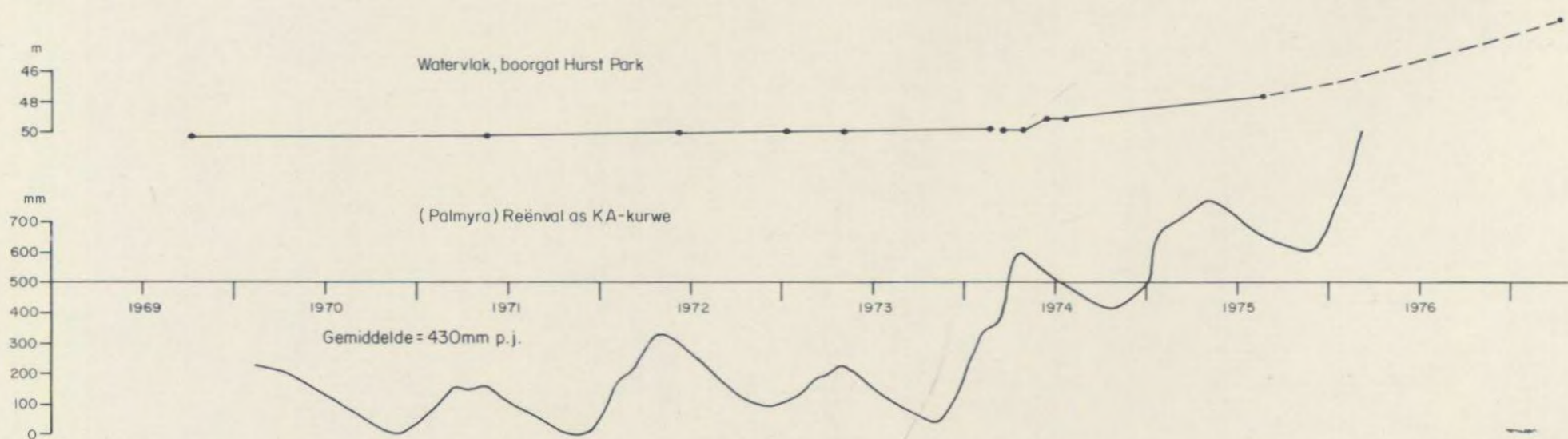


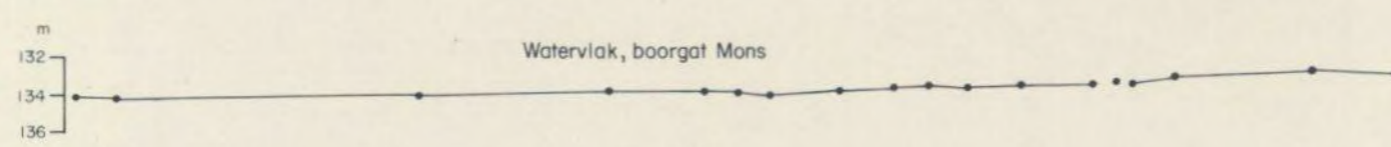
FIG.51- Watervlak in formasies onder Kalaharilae : verhouding tussen reënval, watervlak en bedekking



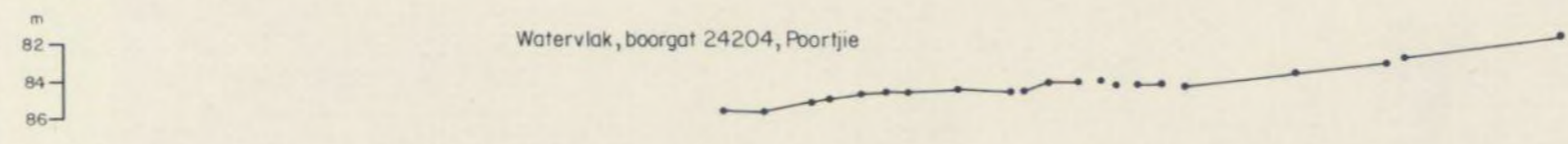
A. HURST PARK



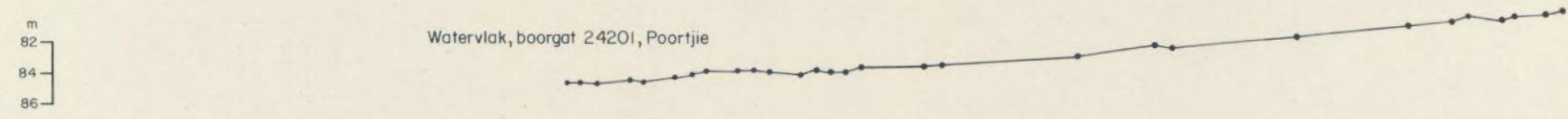
B. MONS



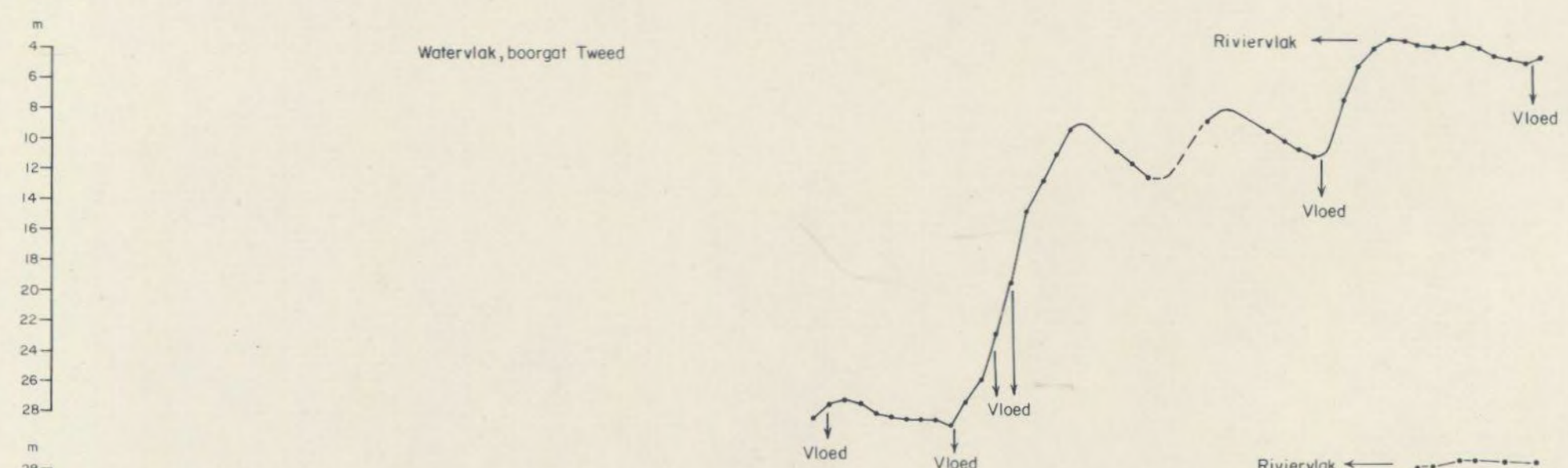
C. POORTJIE



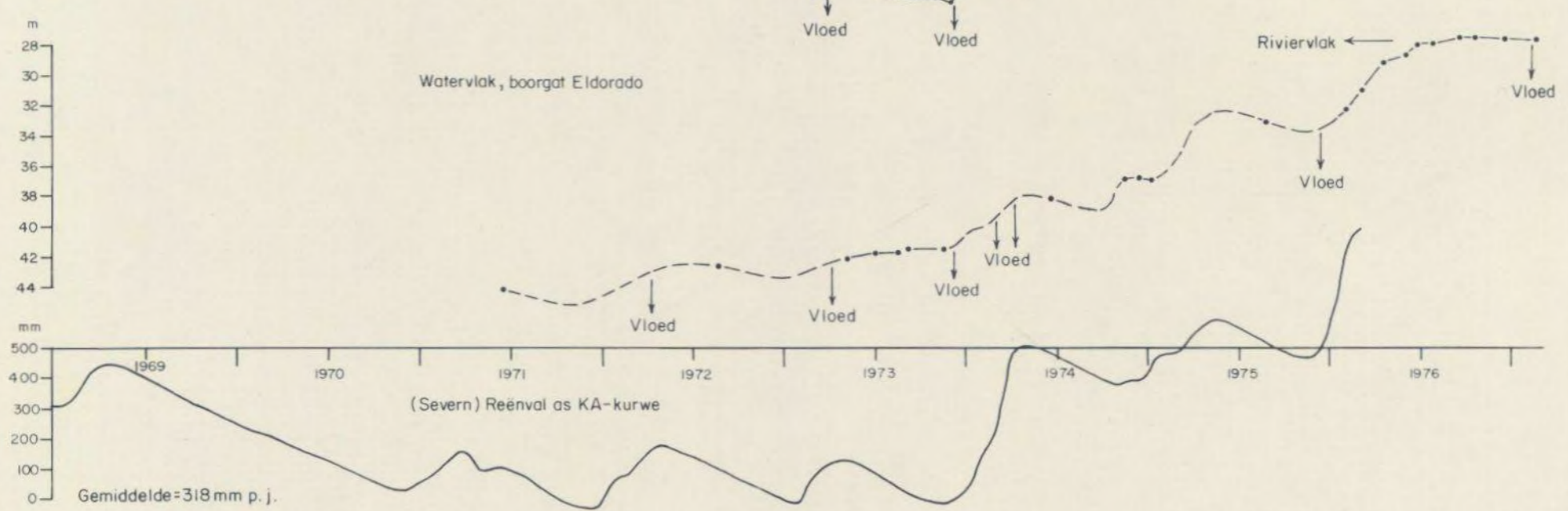
D. POORTJIE



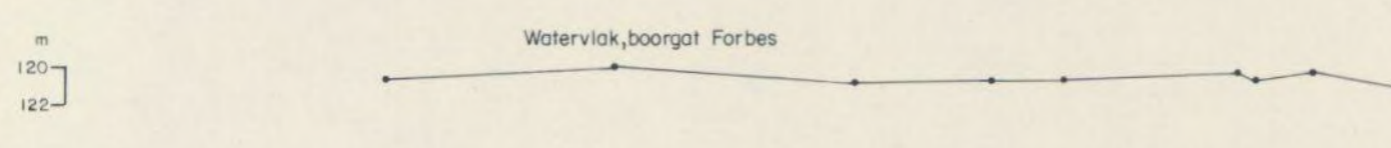
E. TWEED



F. ELDORADO



G. FORBES



H. TERRA FIRMA

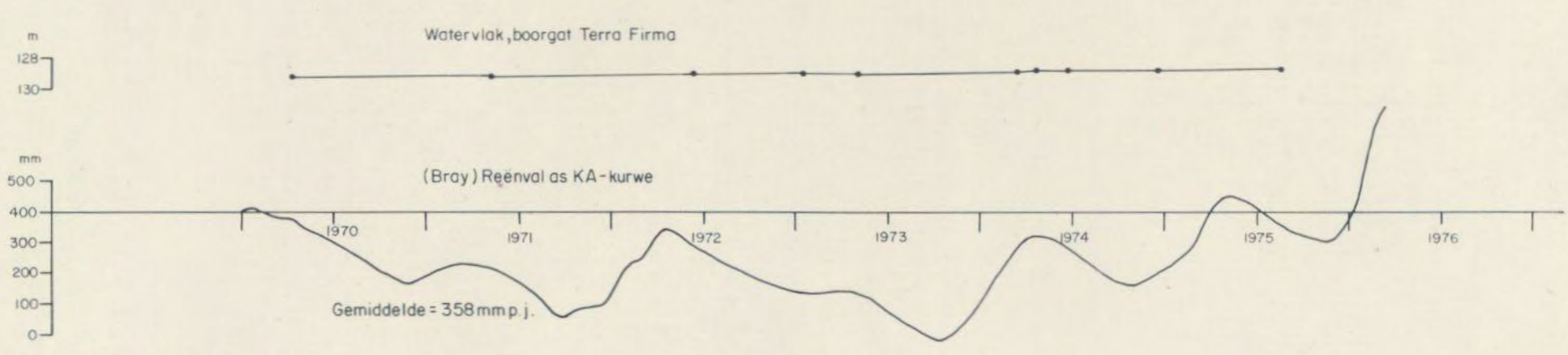
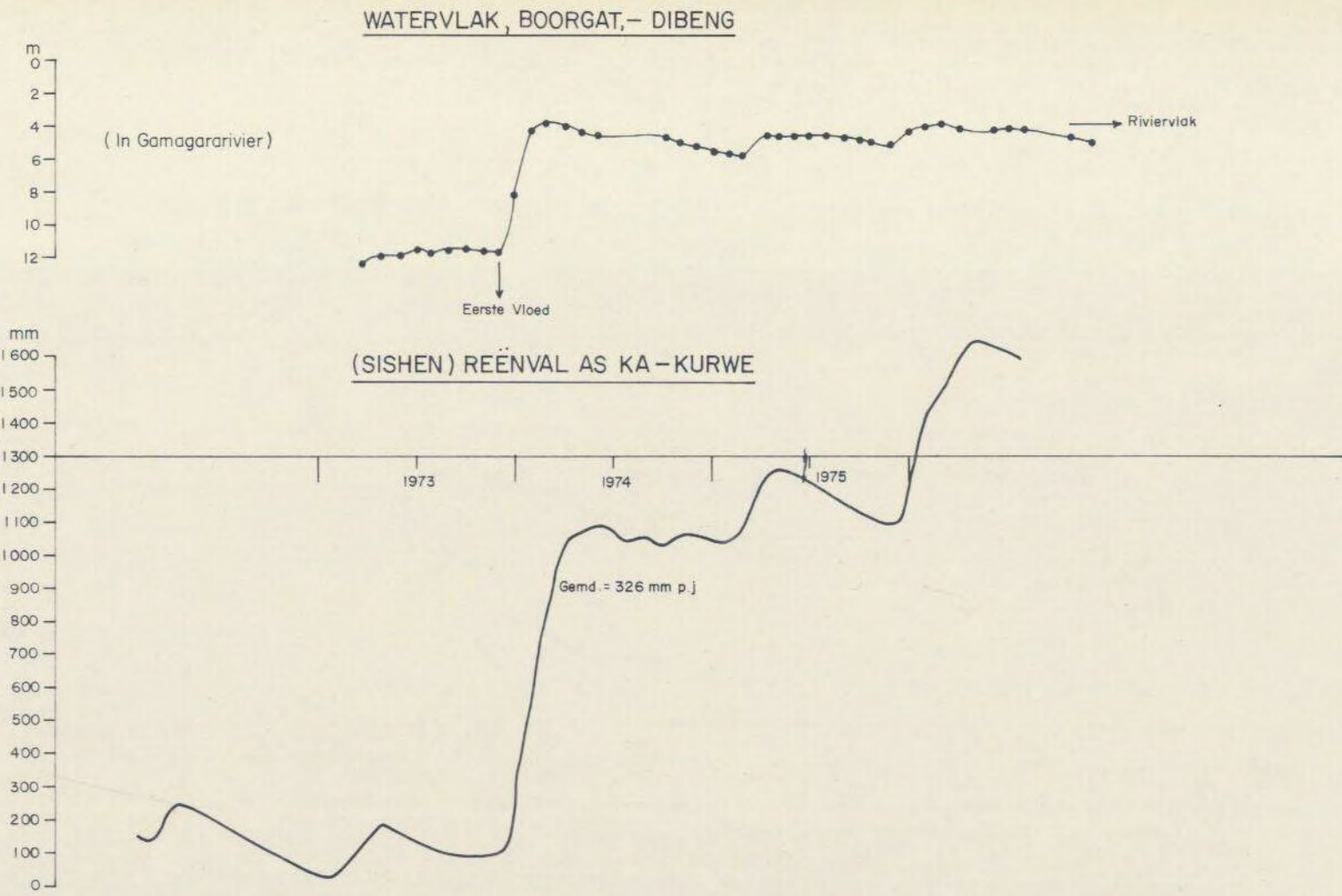


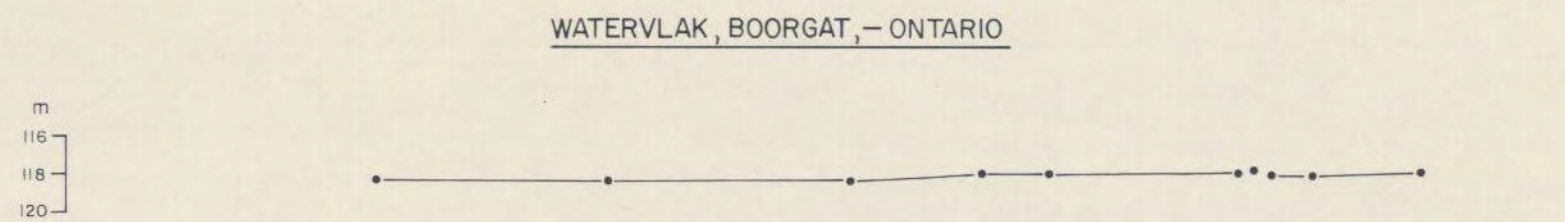
FIG.52. - Watervlaskommelige in Formasie Kalahari

FIG.52

A. DIBENG



B. ONTARIO



C. AANDRUS

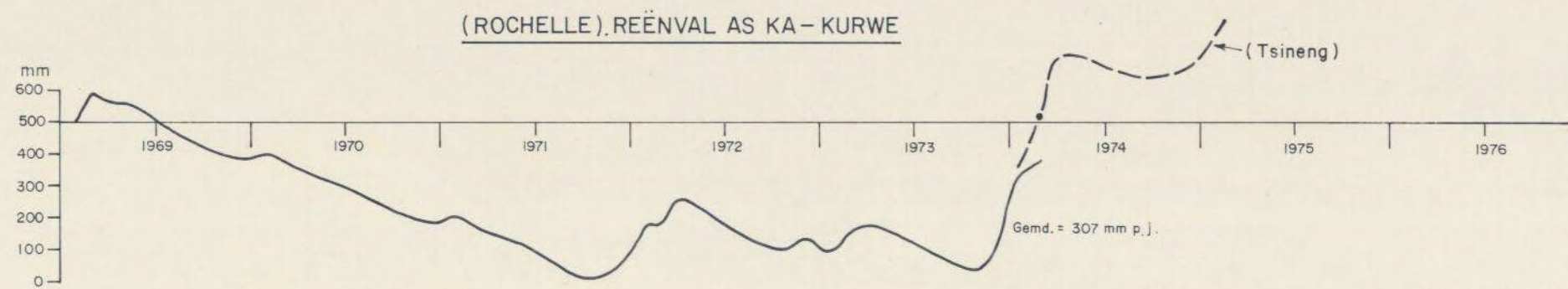
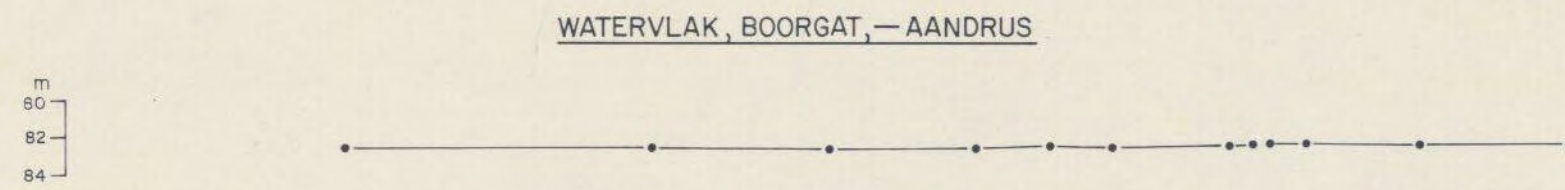
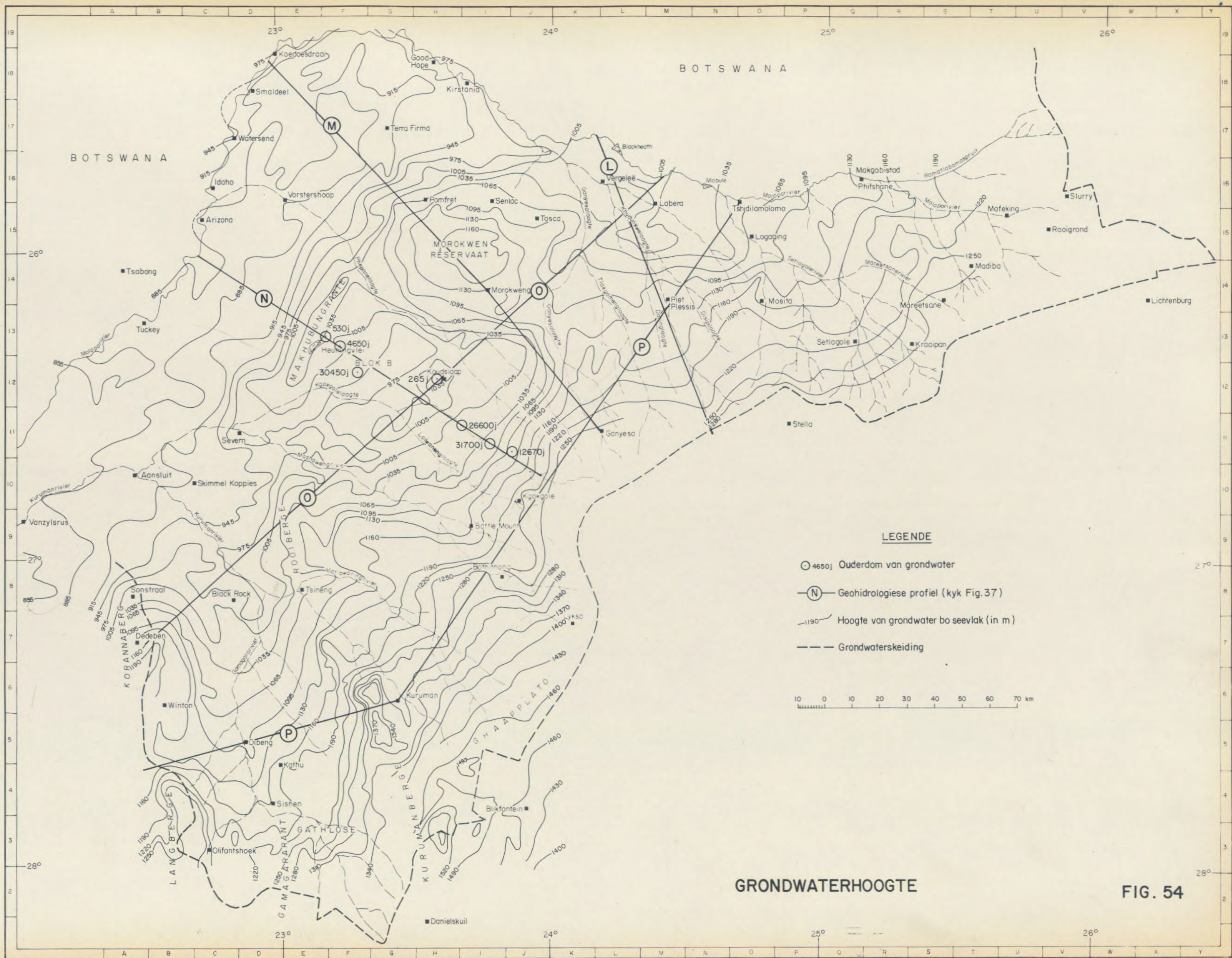


Fig.53.- Watervlaksommelinge in Formasie Kalahari.



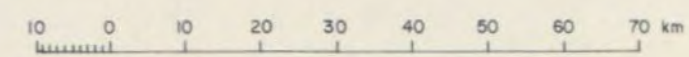
BOTSWANA

BOTSWANA

MOKWEN
RESERVAAT

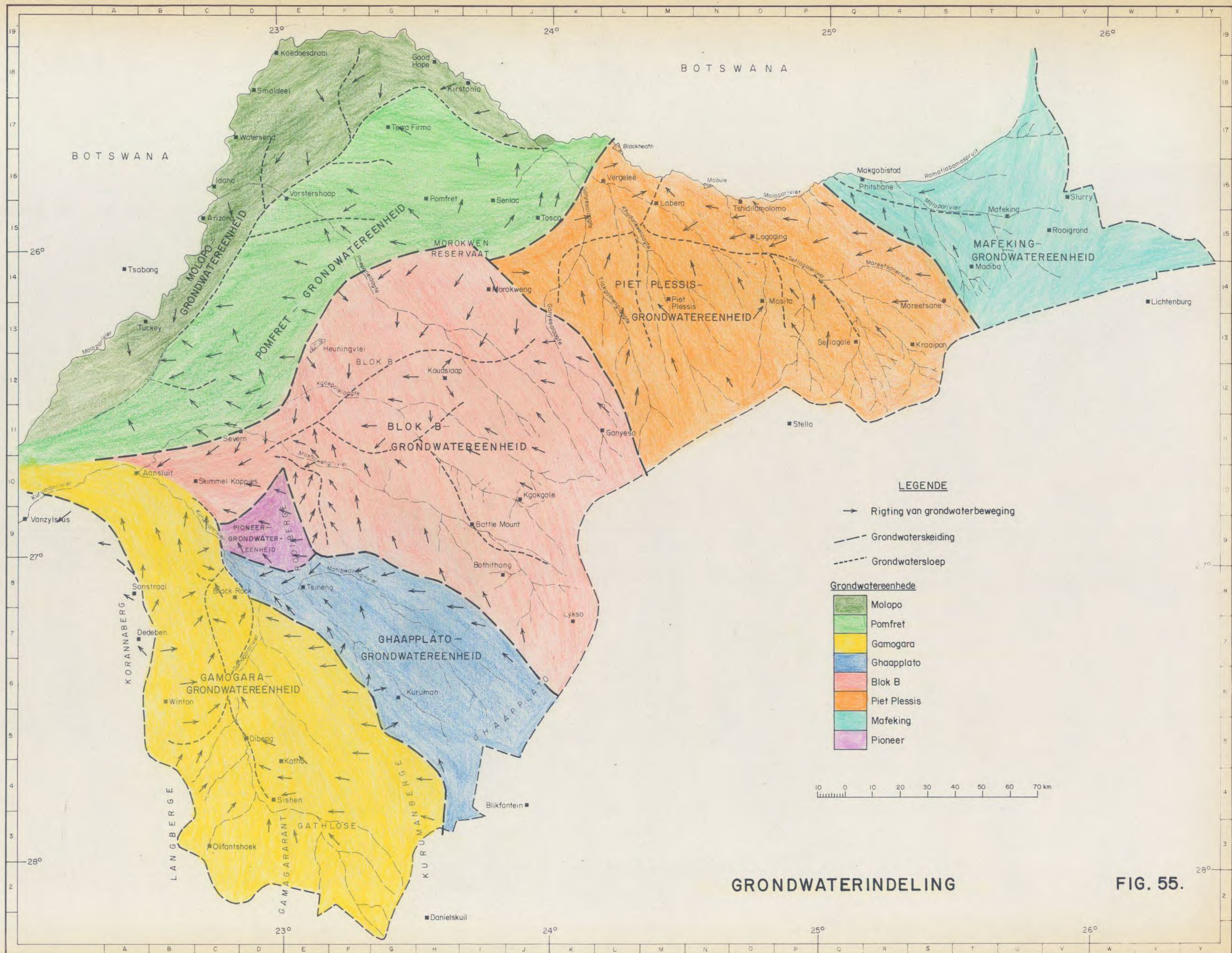
LEGENDE

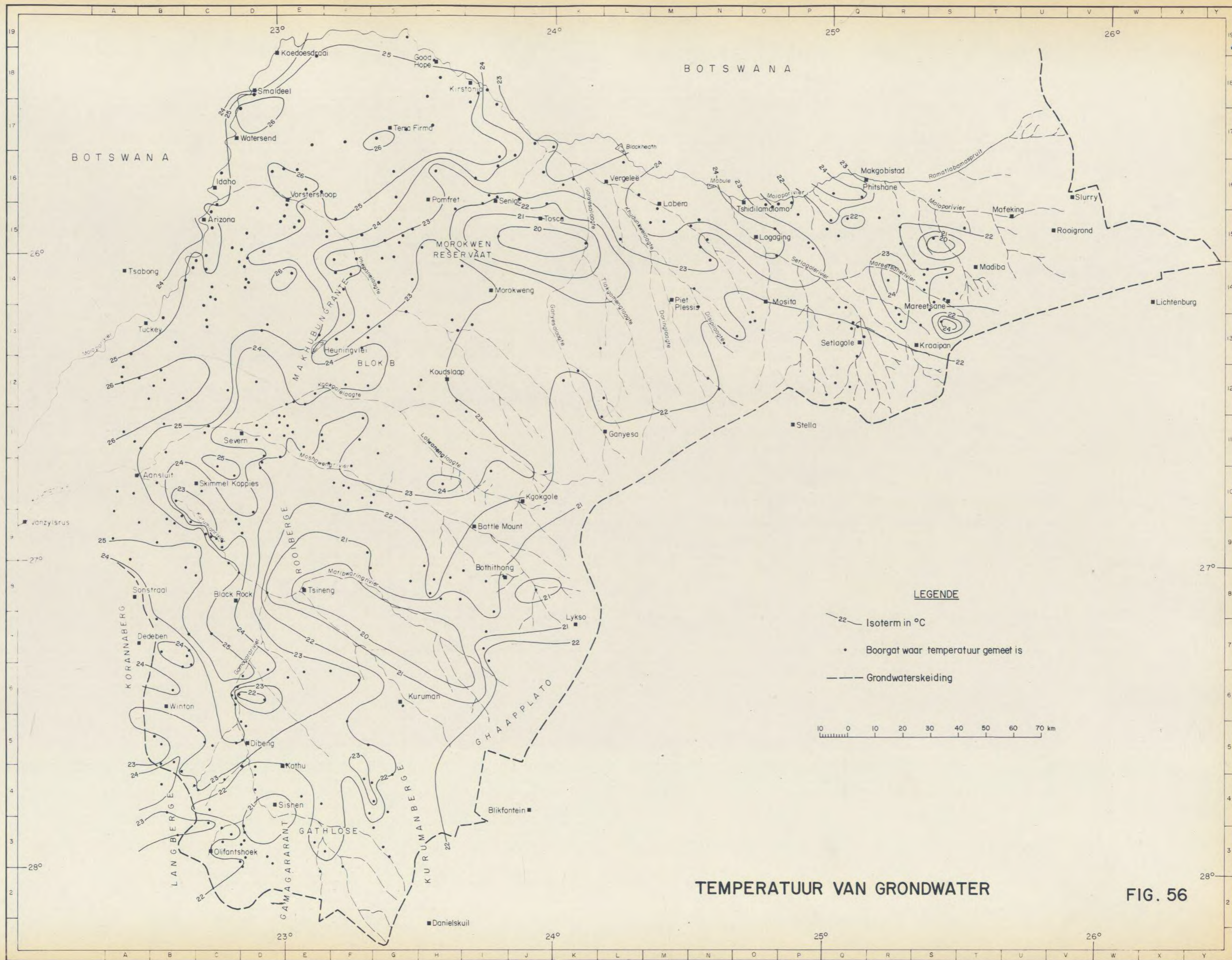
- 4650j Ouderdom van grondwater
- (N)— Geohidrologiese profiel (kyk Fig.37)
- 1190— Hoogte van grondwater bo seevlak (in m)
- - - Grondwaterskeiding



GRONDWATERHOOGTE

FIG. 54





BOTSWANA

BOTSWANA

MOROKWEN
RESERVĀAT

LEGENDE

TEMPERATUUR VAN GRONDWATER

FIG. 56

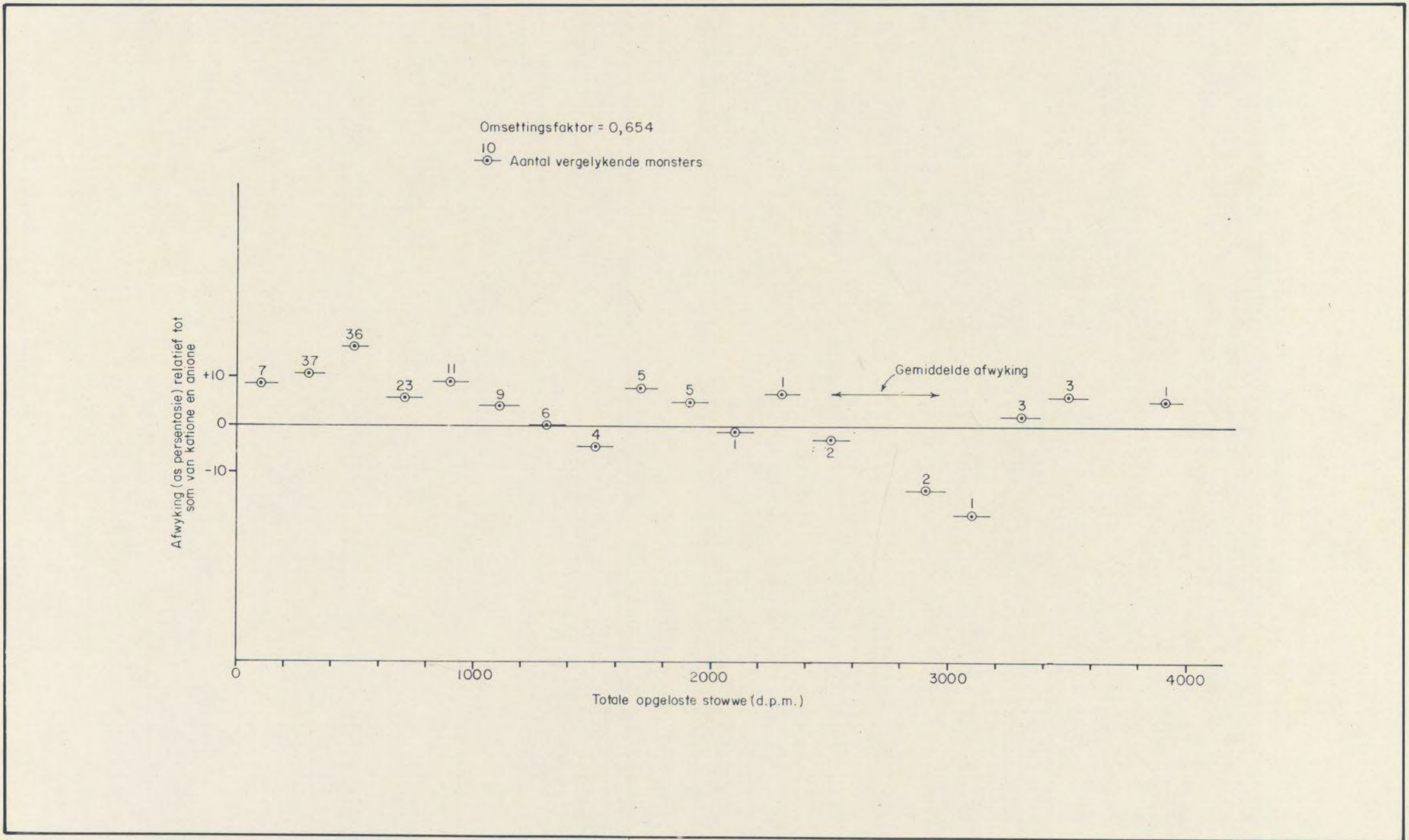


FIG.58.-Akkuraatheid van omsetting van geleidingsvermoë van water na opgeloste stowwe

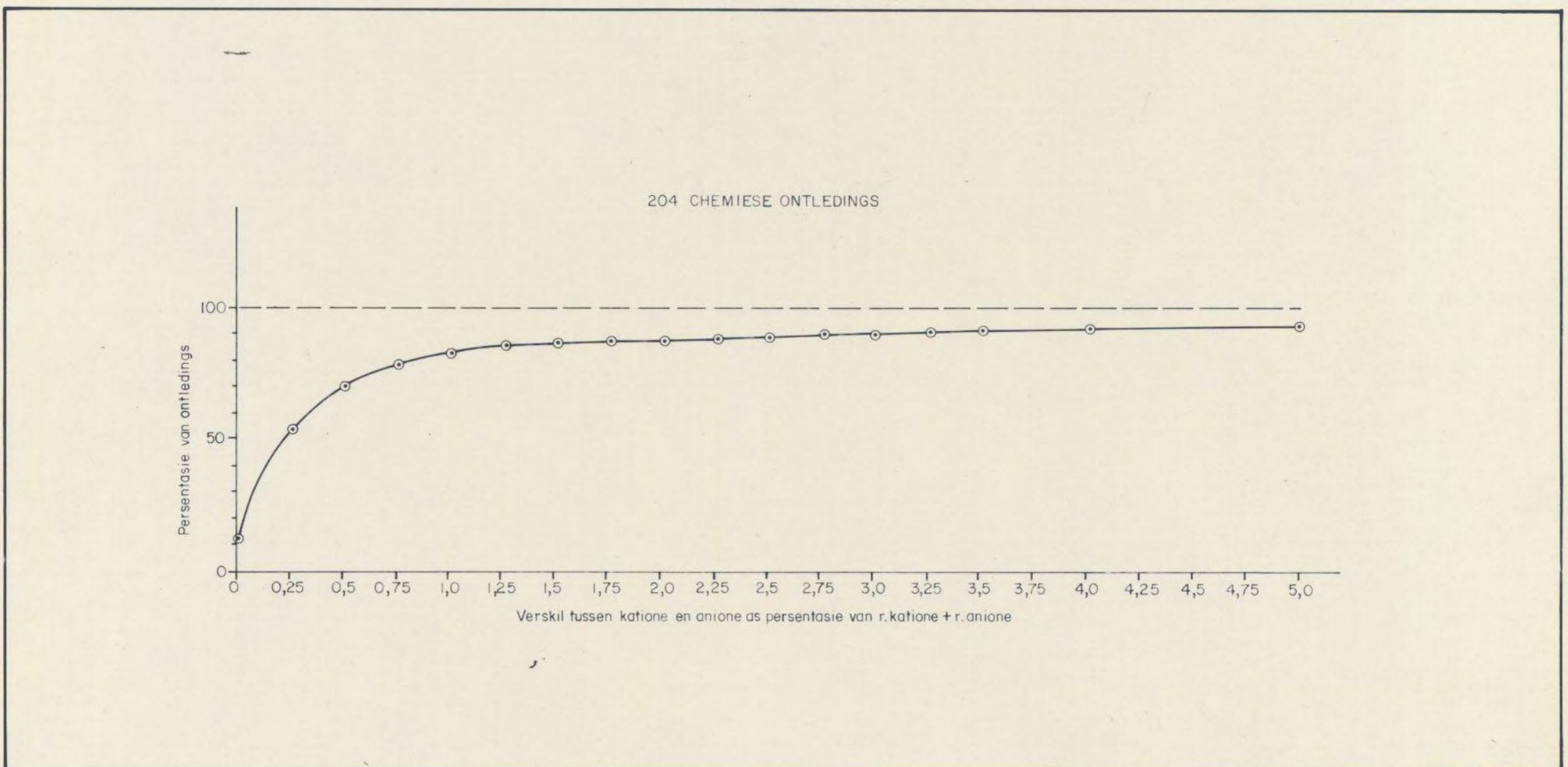


FIG.59.-Akkuraatheid van chemiese ontledings

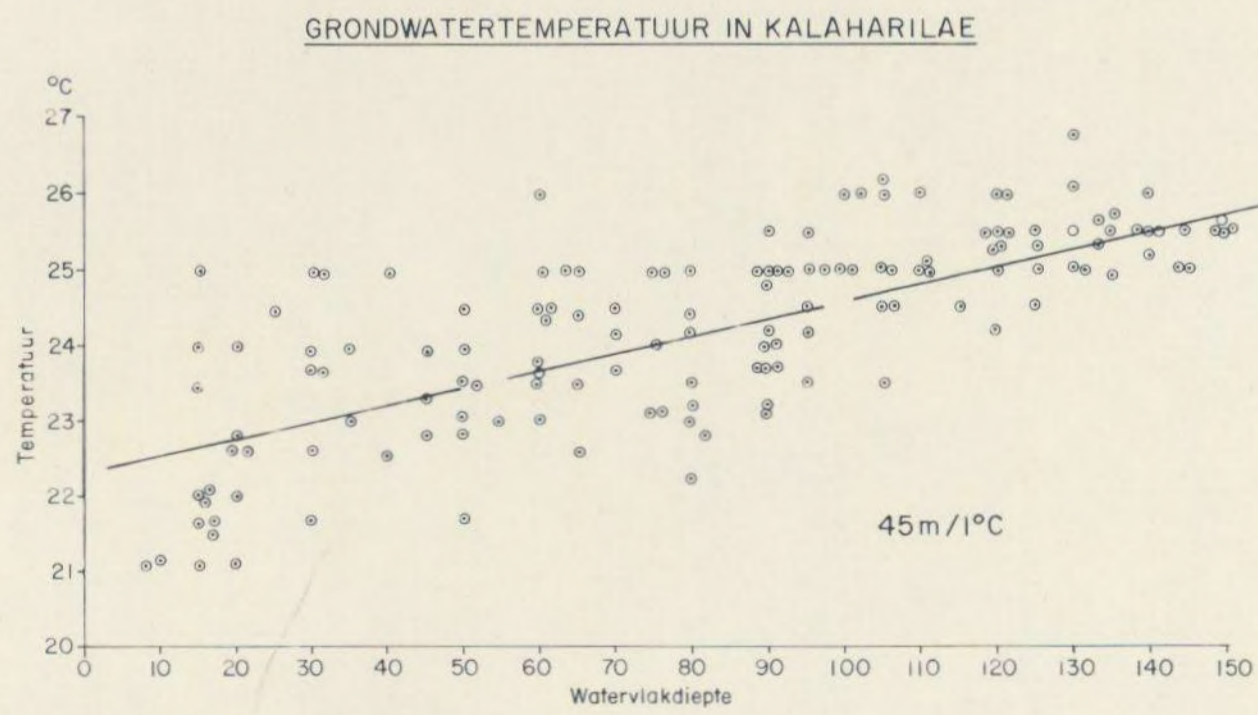
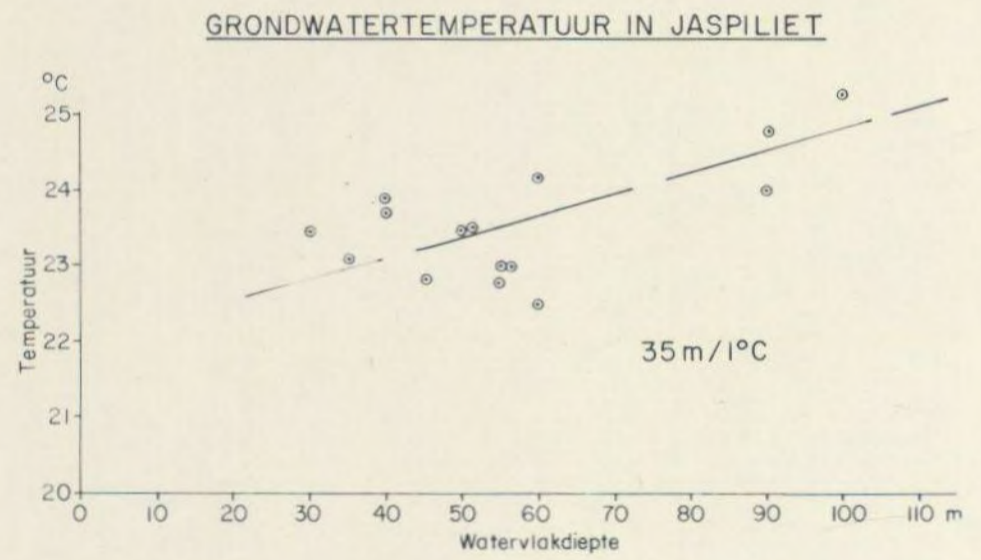
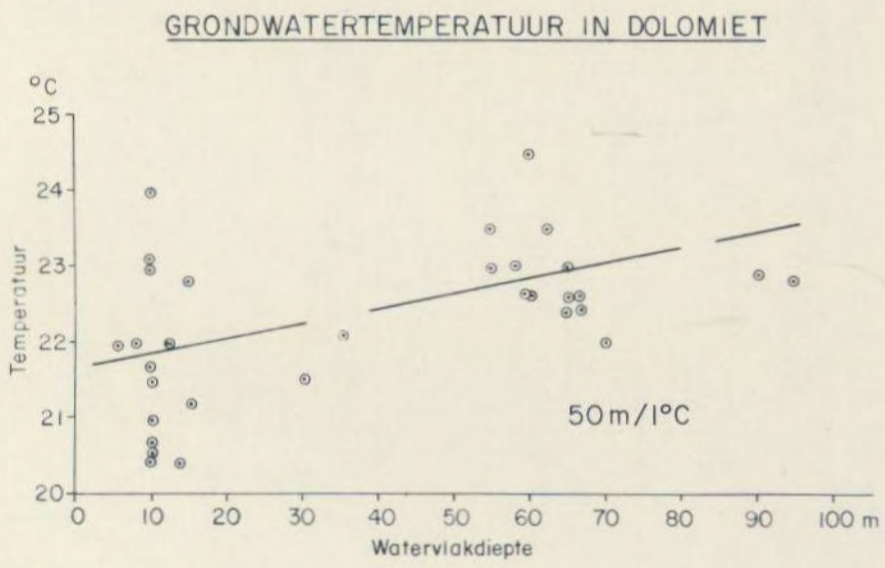
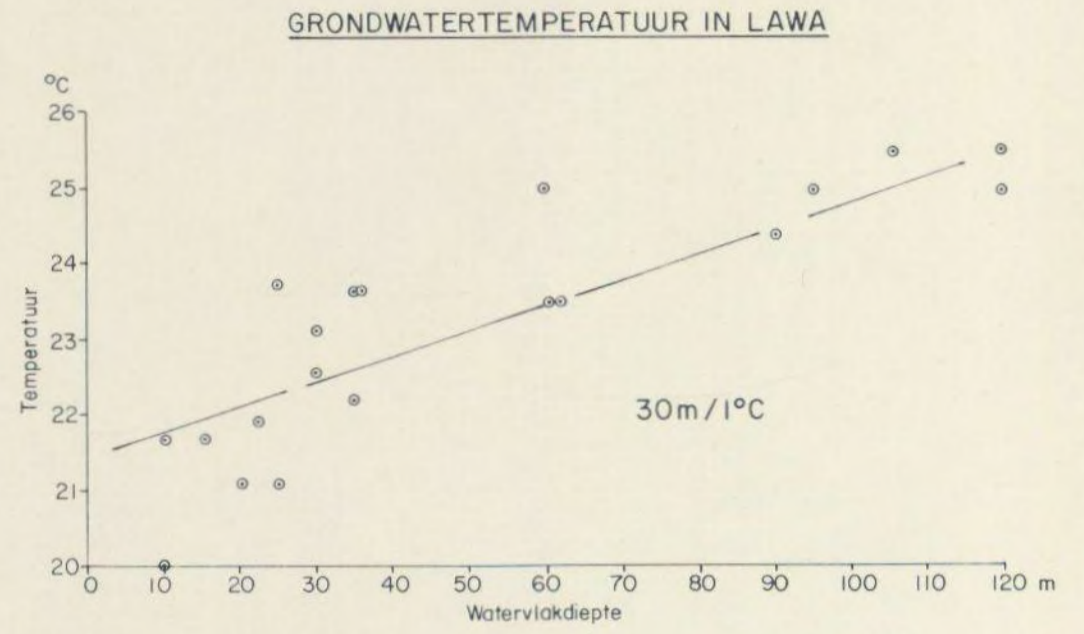
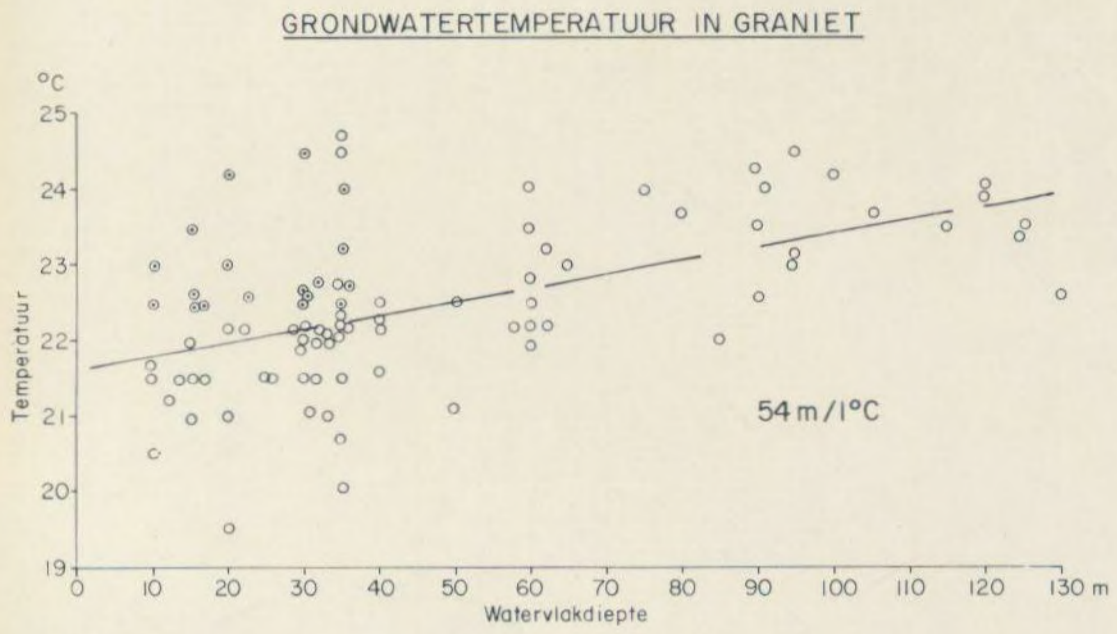
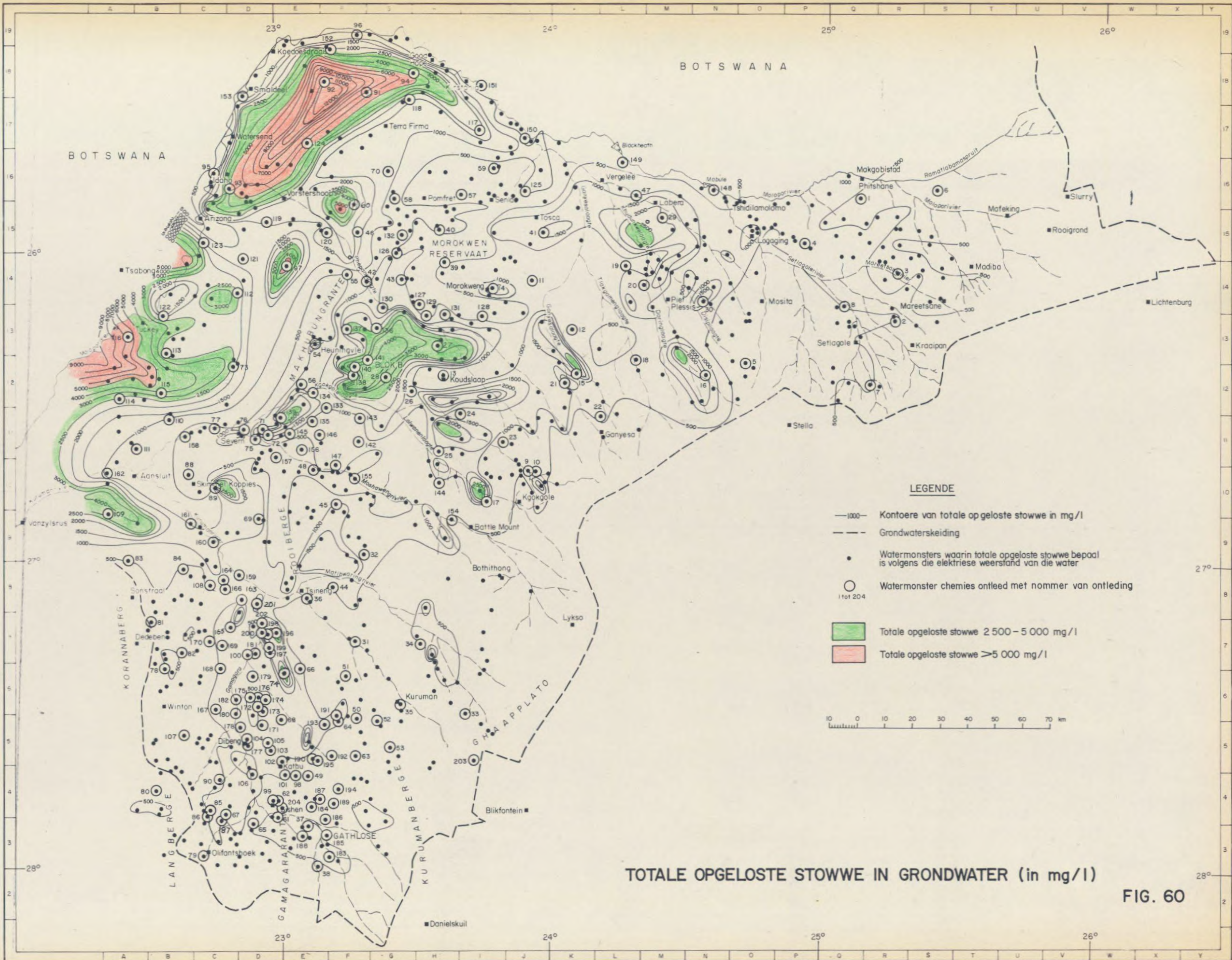


FIG.57. - Grondwartertemperature in die belangrikste formasies

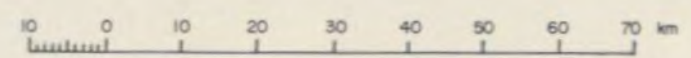


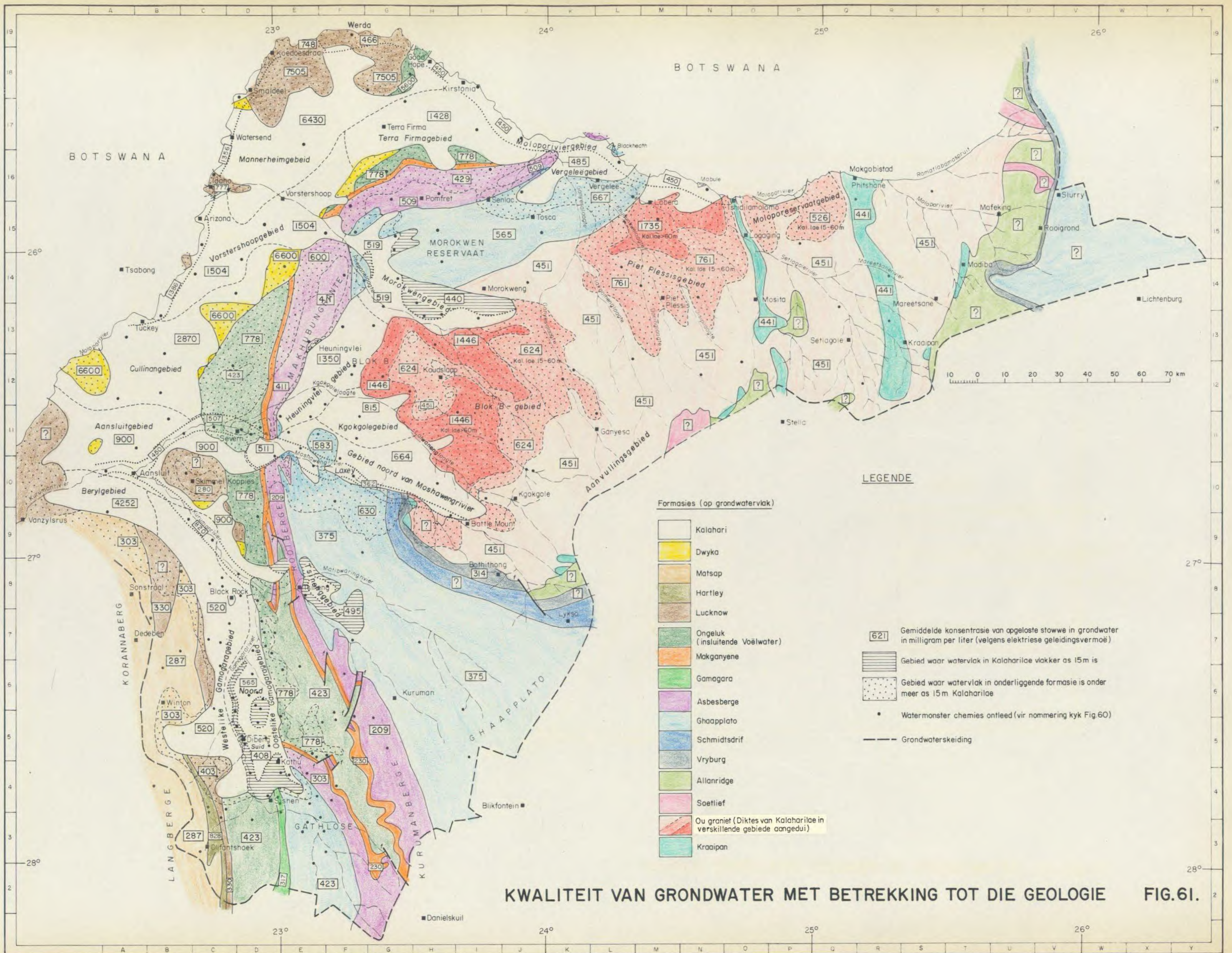
TOTALE OPGELOSTE STOWWE IN GRONDWATER (in mg/l)

FIG. 60

LEGENDE

- 1000 — Kontoere van totale opgeloste stowwe in mg/l
- - - - - Grondwaterskeiding
- Watermonsters waarin totale opgeloste stowwe bepaal is volgens die elektriese weerstand van die water
- Watermonster chemies ontleed met nommer van ontleding
- 1 tot 204
- Totale opgeloste stowwe 2 500 - 5 000 mg/l
- Totale opgeloste stowwe > 5 000 mg/l



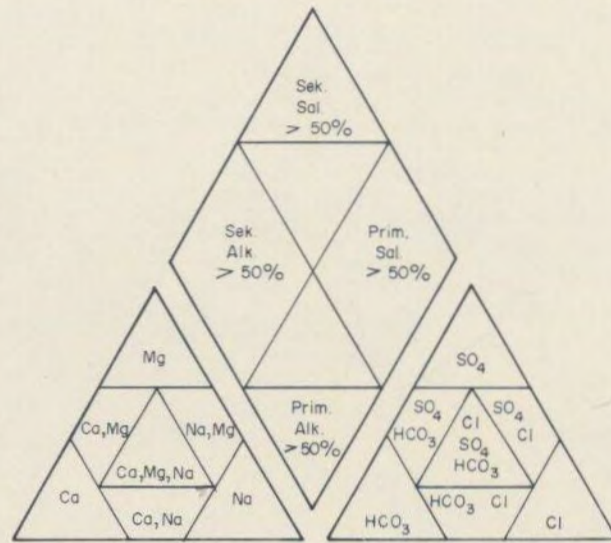


KWALITEIT VAN GRONDWATER MET BETREKKING TOT DIE GEOLOGIE FIG.61.

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

Klassifikasie van water



Sekondêre saliniteit
Ca+Mg+SO₄+Cl+NO₃
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe

Gebruiksaanwysing

	d.p.m.	
Vars water	0	- 500 = ●
Geskik vir mense	500	- 2500 =
Geskik vir diere	2500	- 6000 =
Baie swak	> 6000	=

● Formasie Kraaipan: Kal. lae < 15m (3) (346 d.p.m.)

* Aantal chemiese ontledings

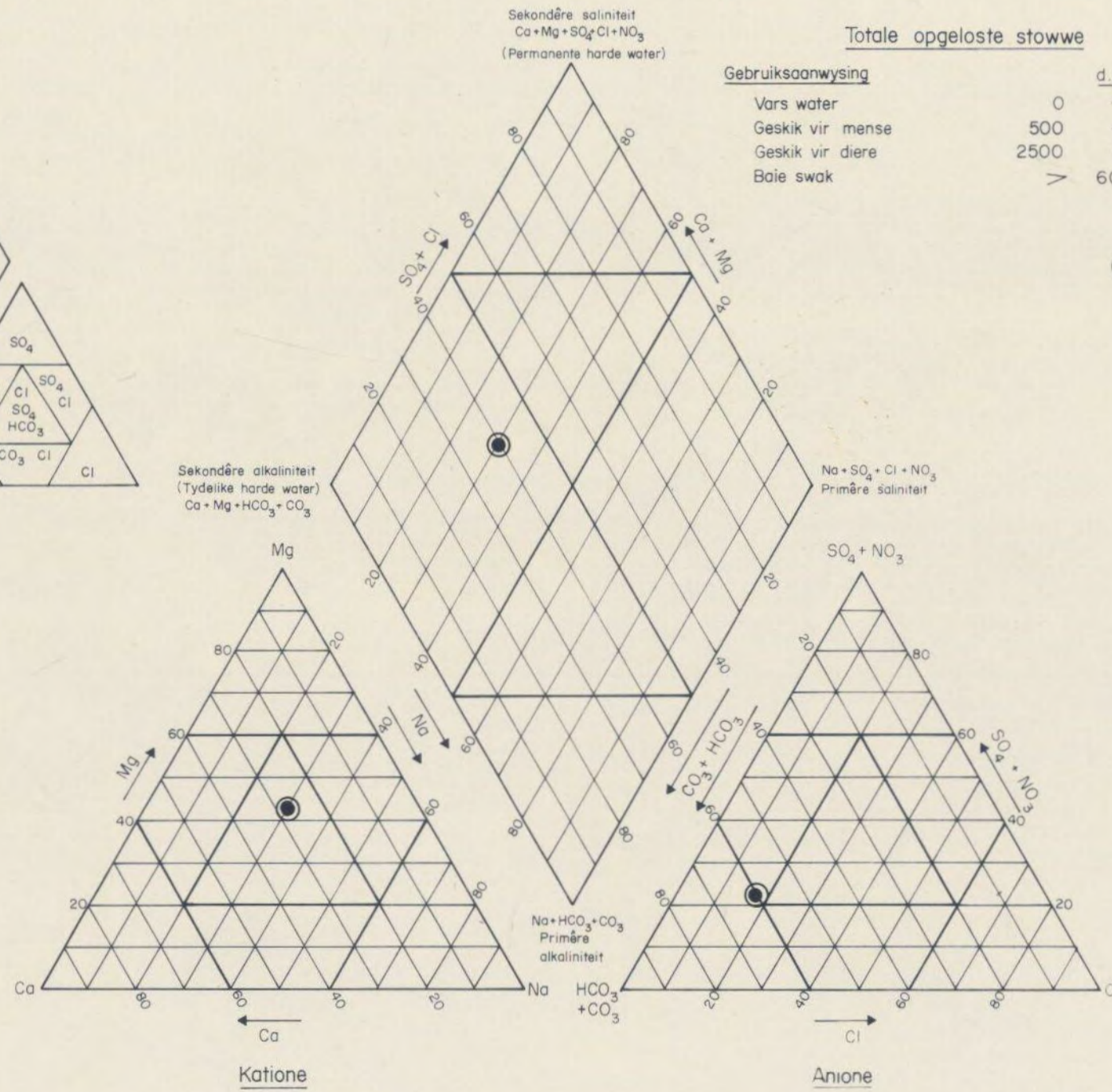


FIG.62.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kraaipan

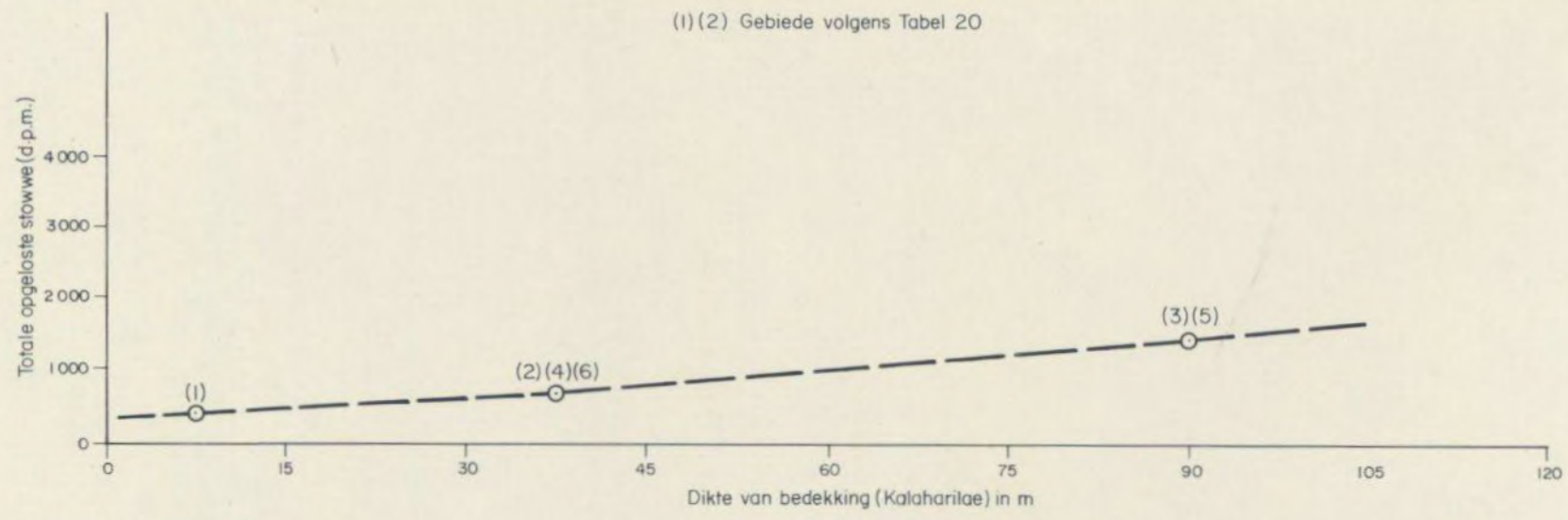


Fig. 64 — Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet en dikte van bedekking

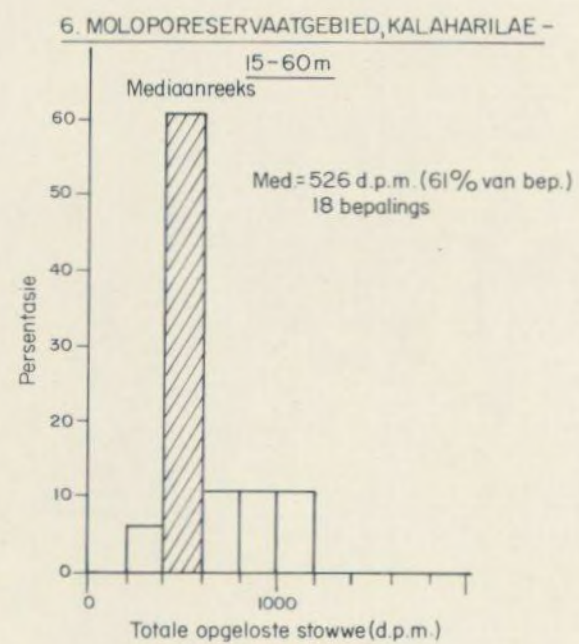
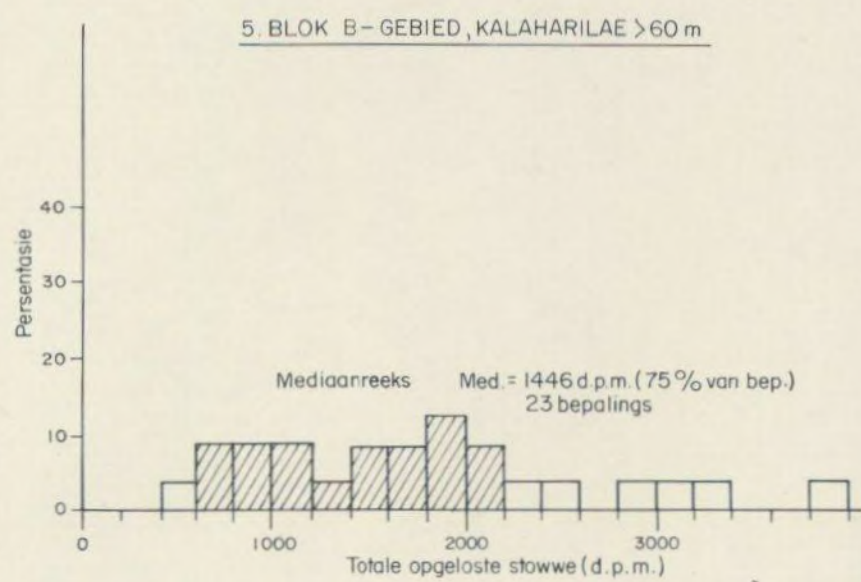
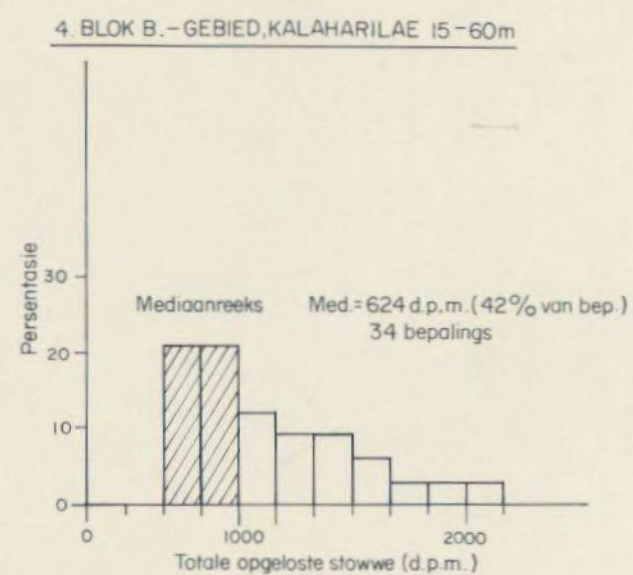
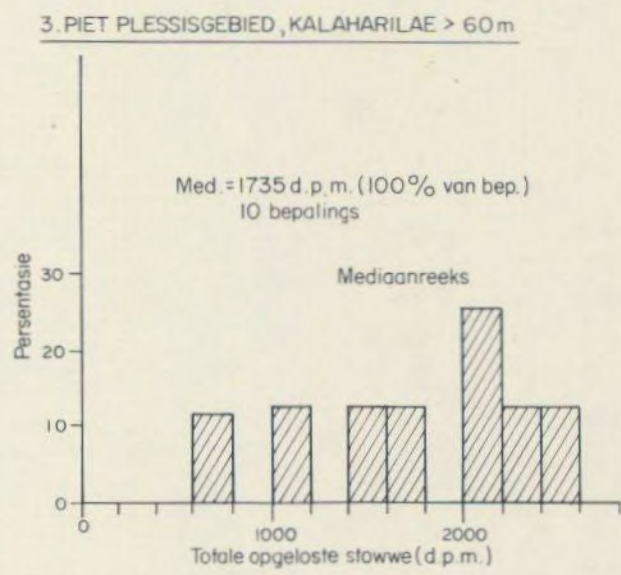
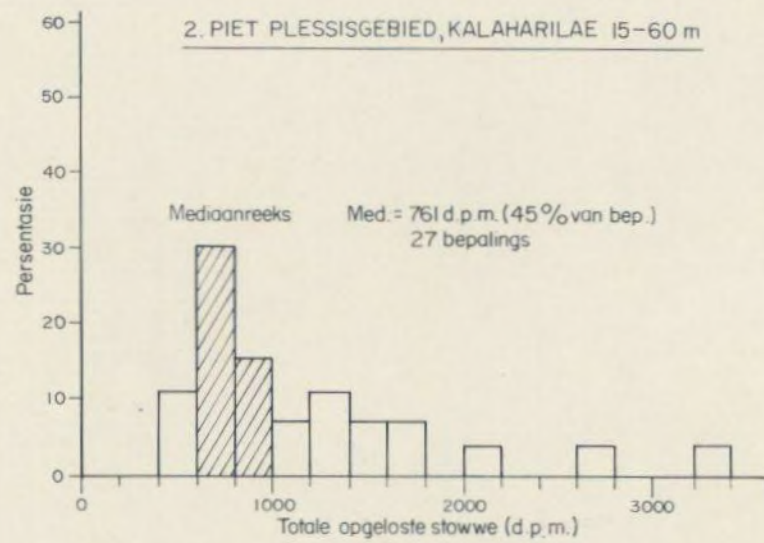
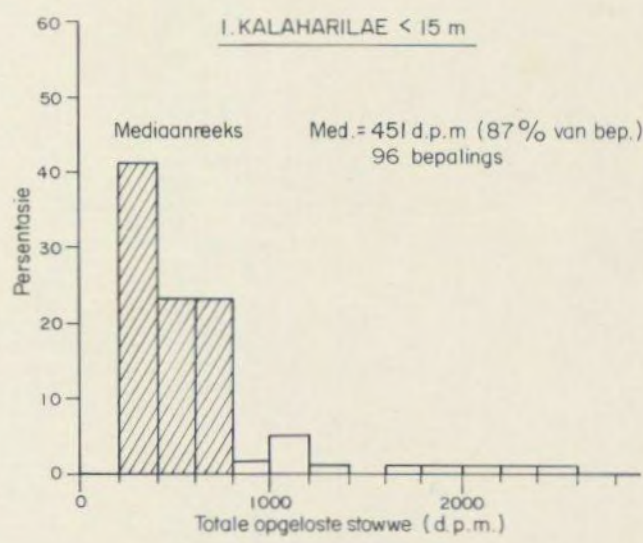


Fig. 63 Mediaanwaardes vir totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet

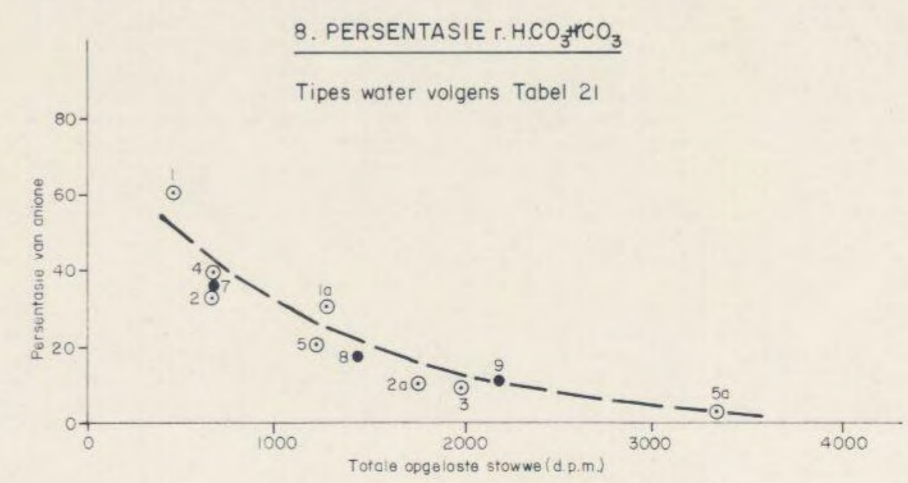
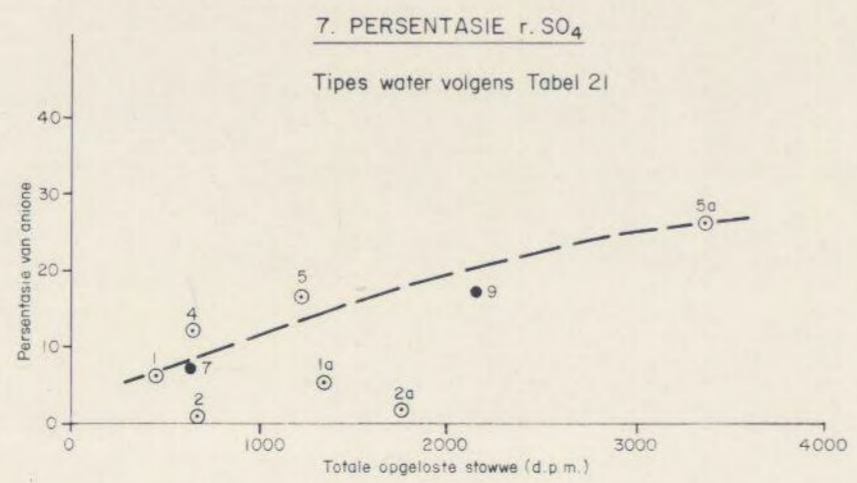
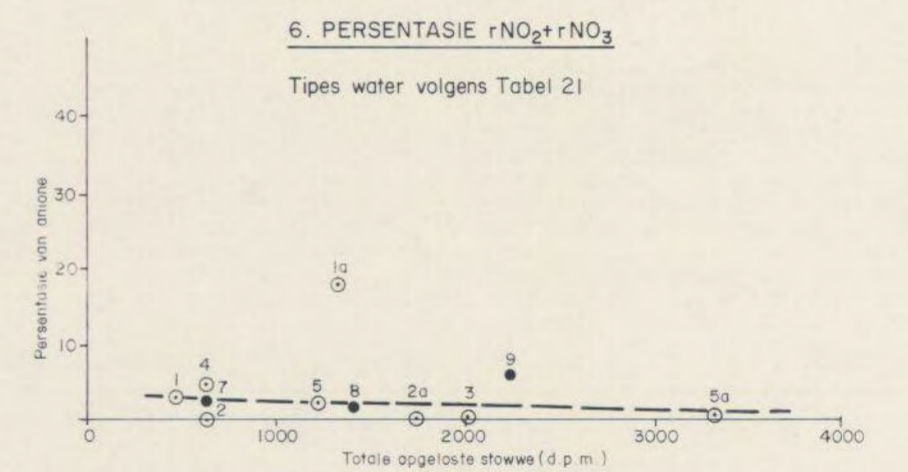
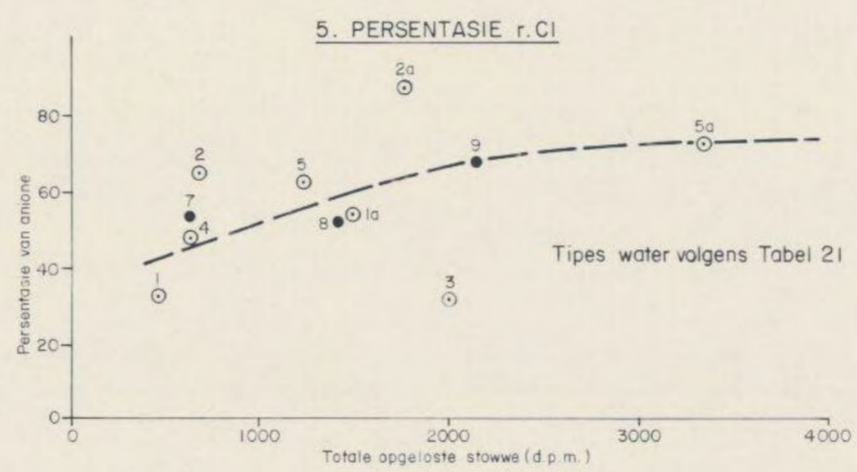
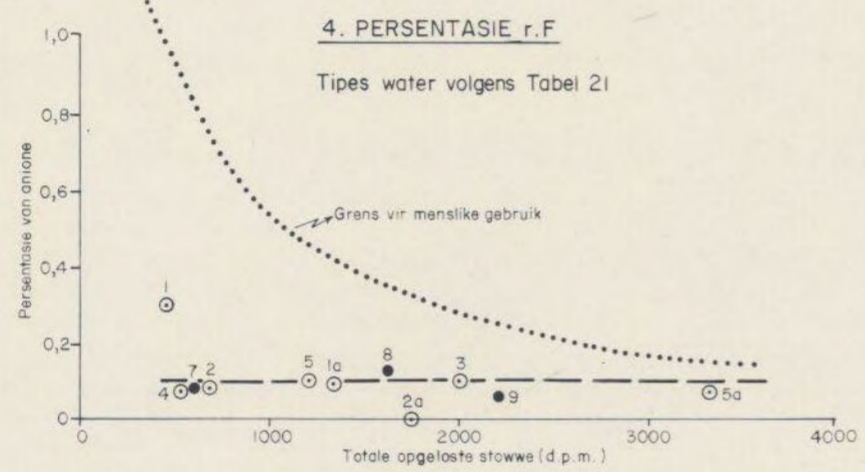
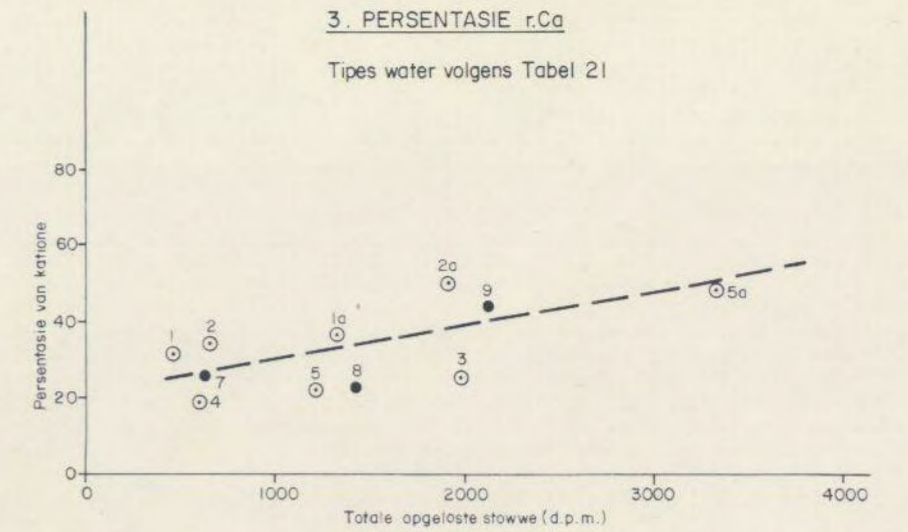
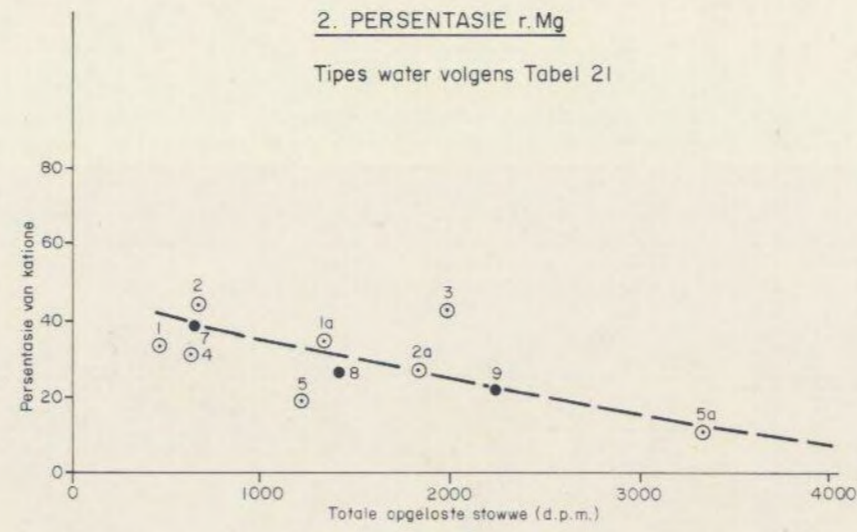
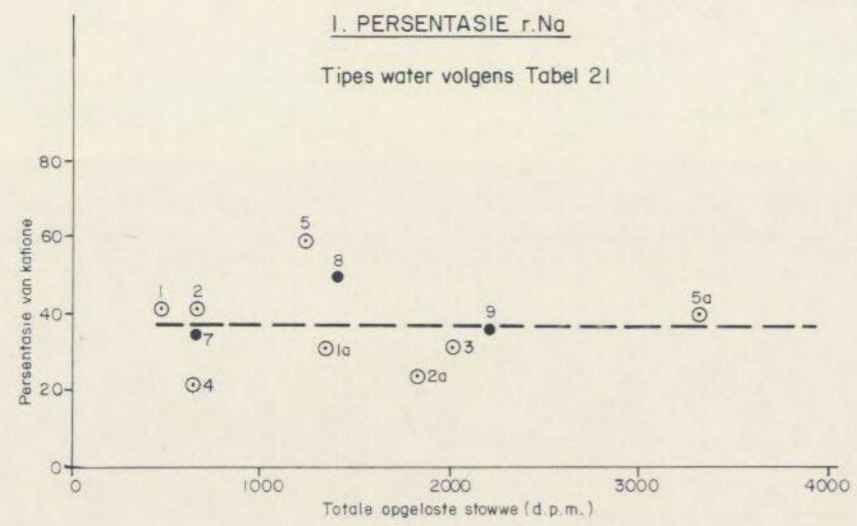


FIG.65.- Ioonpersentasies in verhouding tot totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet

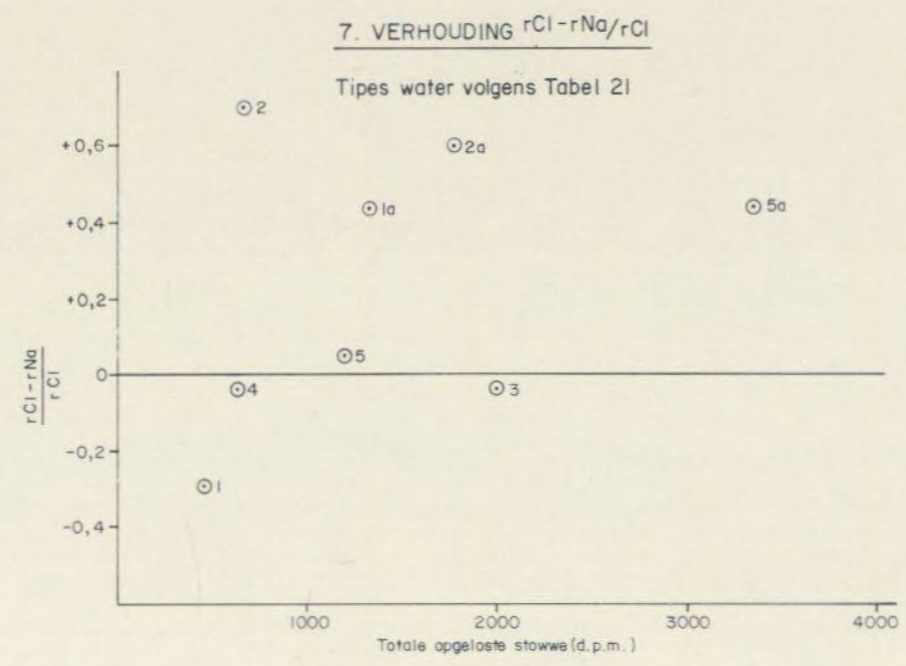
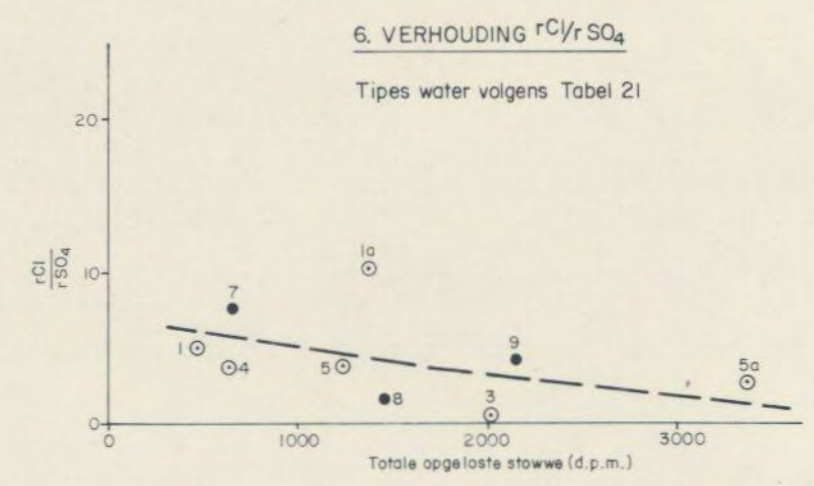
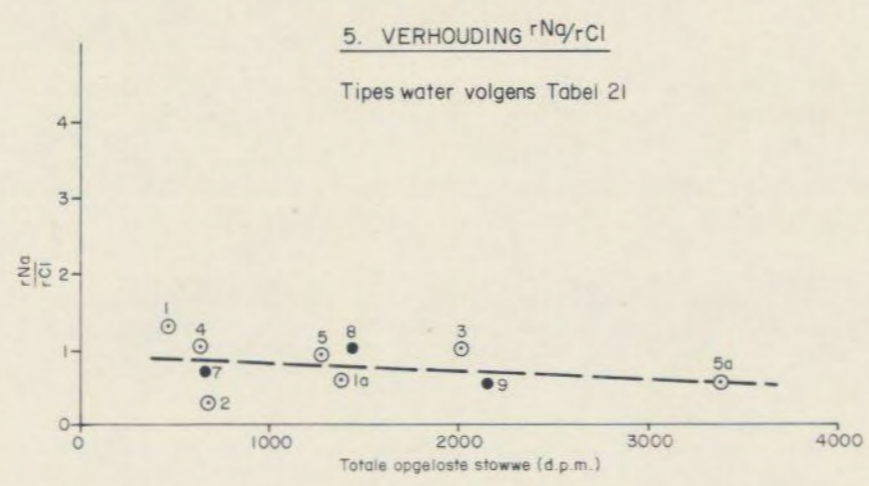
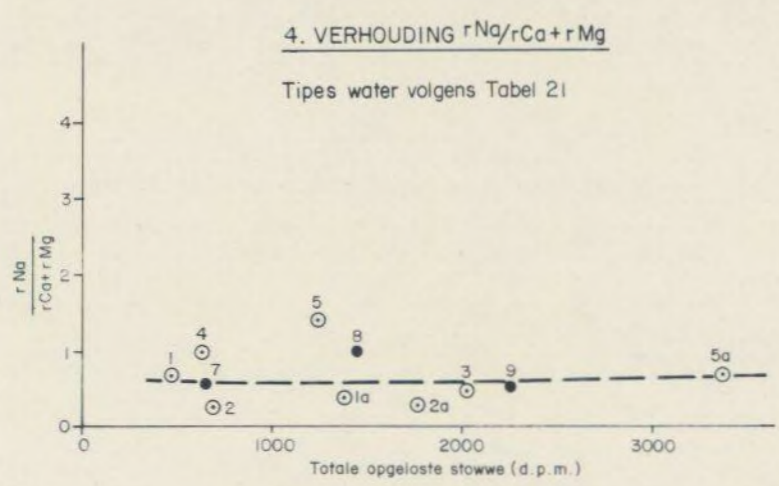
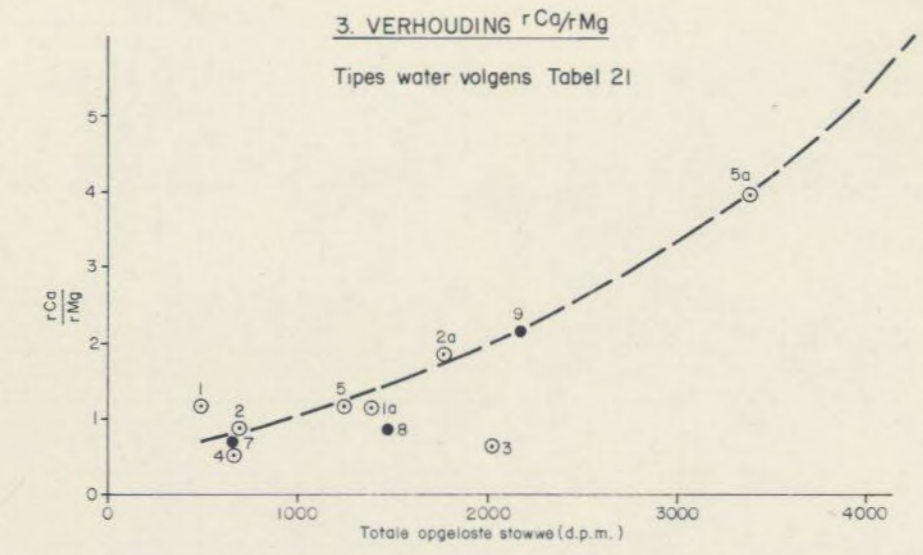
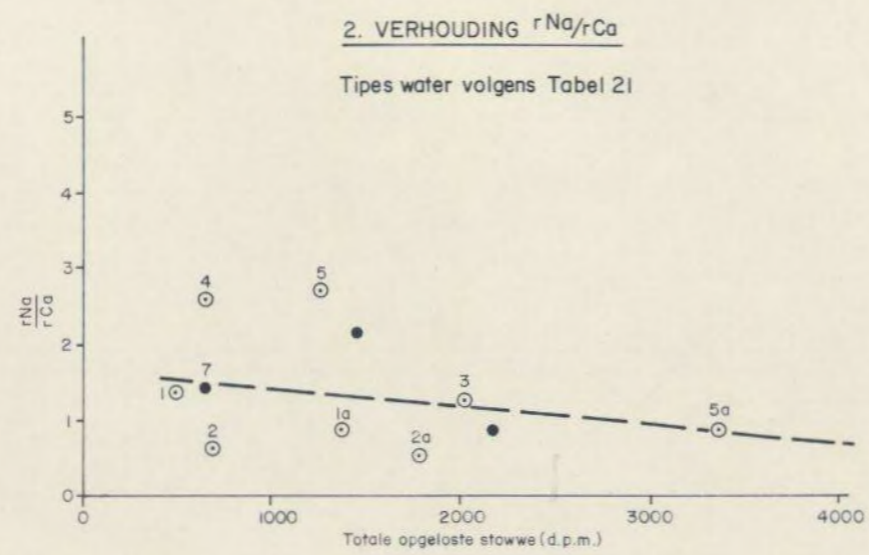
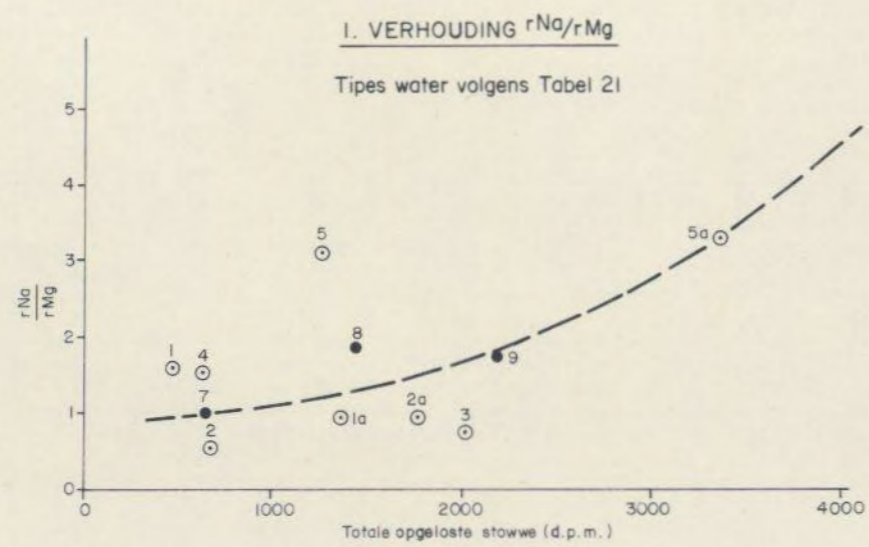
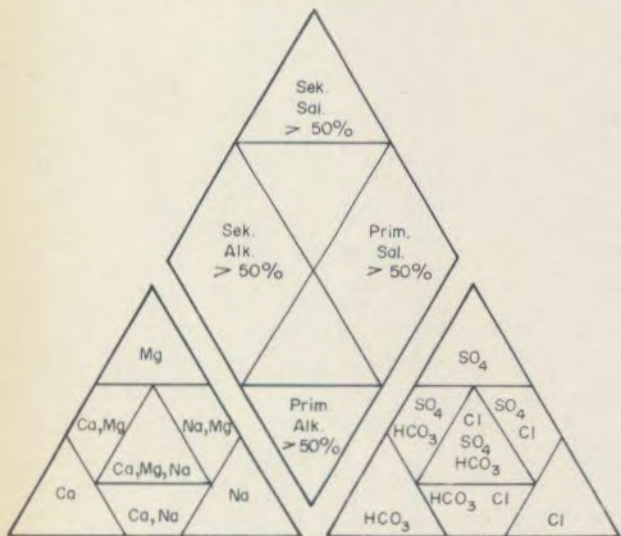


FIG.66.- loonverhoudings met betrekking tot totale opgeloste stowwe in grondwater in graniet

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

Klassifikasie van water



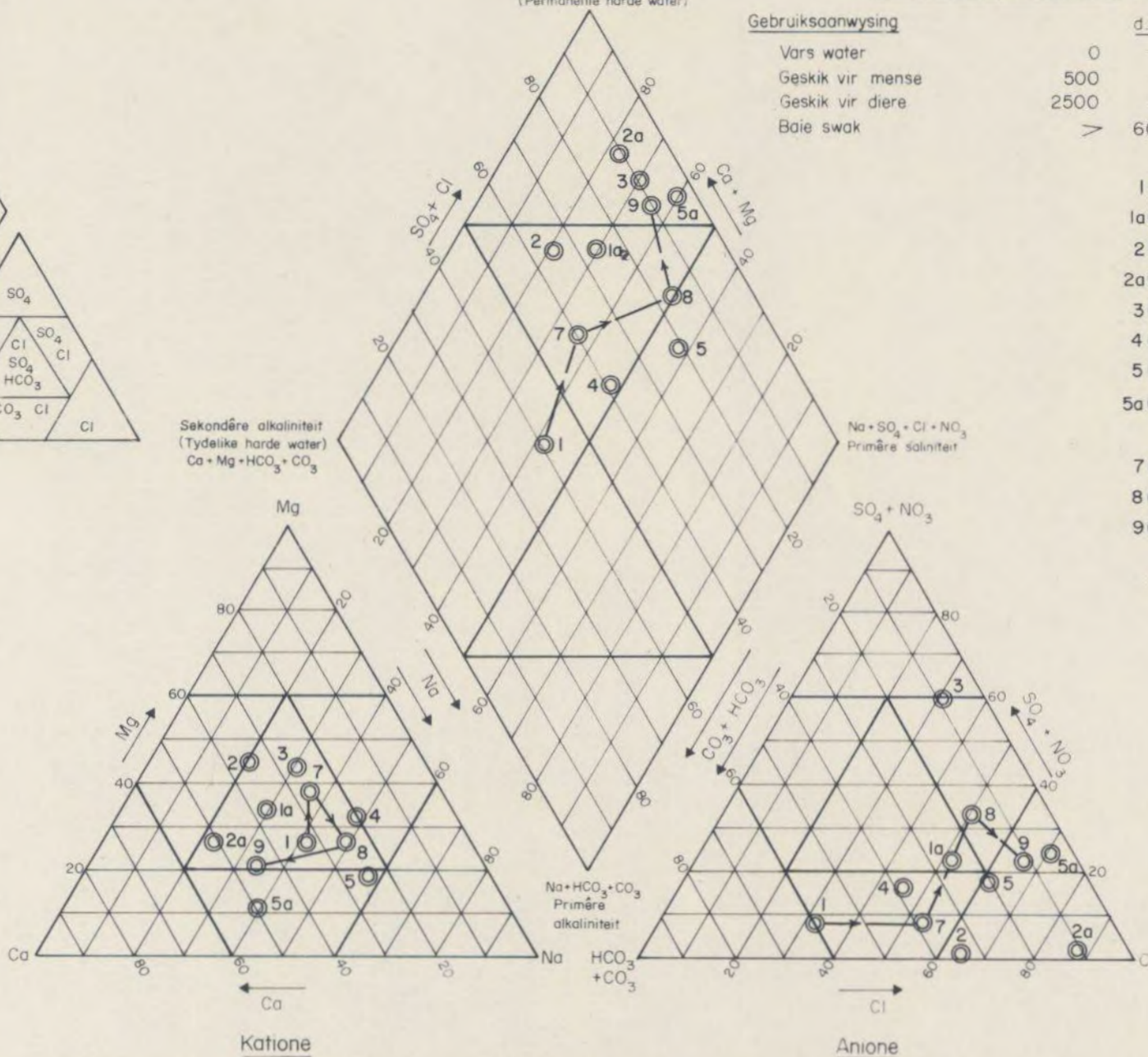
Sekondêre saliniteit
Ca + Mg + SO₄ + Cl + NO₃
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Gerangskik volgens T.O.S.-waardes)

Gebruiksaanwysing

- Vars water
- Geslik vir mense
- Geslik vir diere
- Baie swak

	d.p.m.
0	500 = ①
500	2500 = ④ ⑦ ② ⑤ ⑩ ⑧ ⑦ ③
2500	6000 = ⑨ ⑤a
> 6000	



- 1 ① Aanvullingsgebied: Kal. lae 0-15m: (467 d.p.m.) (10)*
- 1a ① Swak kwaliteit in aanvullingsgebied: Kal. lae 0-15m: (1338 d.p.m.) (4)
- 2 ② Piet Plessisgebied: Kal. lae 15-60m: (664 d.p.m.) (2)
- 2a ② Piet Plessisgebied: Kal. lae 15-60m: Swak kwal.: (1761 d.p.m.) (1)
- 3 ③ Piet Plessisgebied: Kal. lae >60m: (1989 d.p.m.) (1)
- 4 ④ Blok B-gebied: Kal. lae 15-60m: (630 d.p.m.) (3)
- 5 ⑤ Blok B-gebied: Kal. lae >60m: (1231 d.p.m.) (3)
- 5a ⑤a Swak kwal., Blok B-gebied: Kal. lae >60m: (3347 d.p.m.) (3)
- 7 ⑦ Gem. van 2 en 4
- 8 ⑧ Gem. van 3 en 5
- 9 ⑨ Gem. van 1a, 2a en 5a

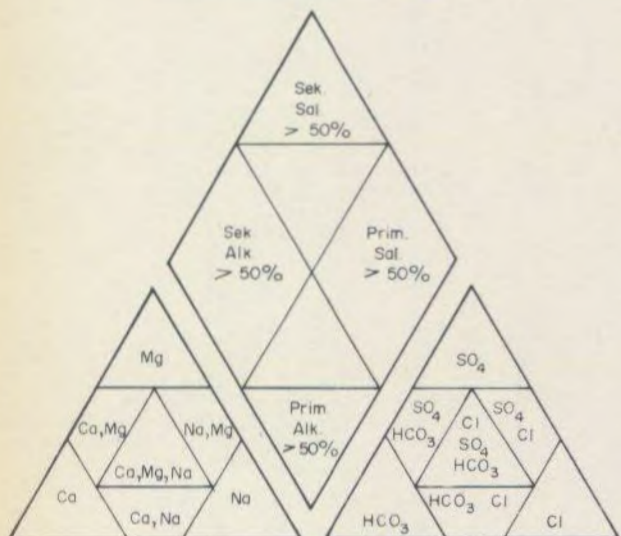
* Aantal chemiese ontledings. Indelings volgens Tabel 21

FIG. 67. - Chemiese samestelling van grondwater in graniet

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

Klassifikasie van water



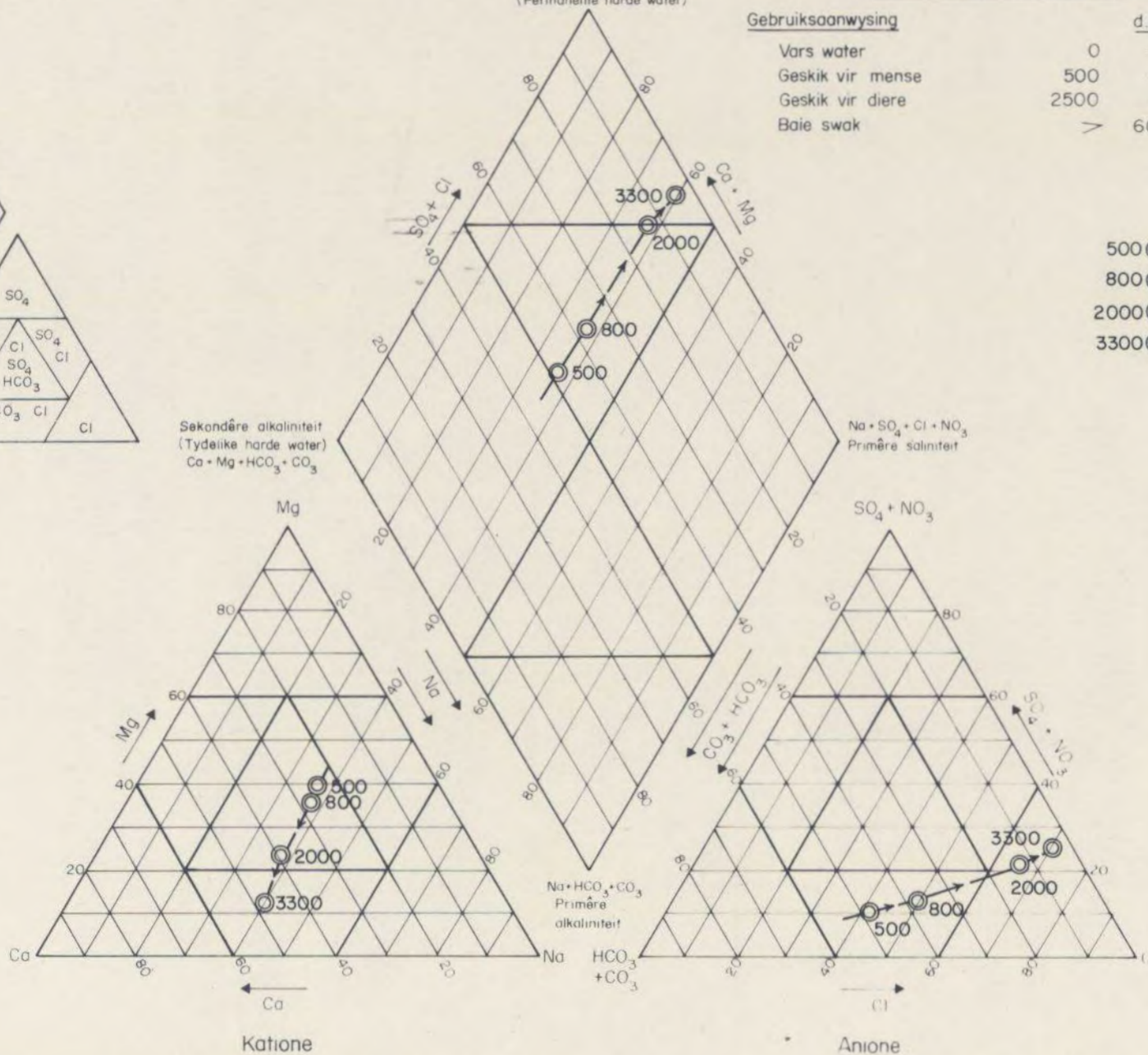
Sekondêre saliniteit
Ca + Mg + SO₄ + Cl + NO₃
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe

Gebruiksaanwysing

- Vars water
- Geslik vir mense
- Geslik vir diere
- Baie swak

	d.p.m.
0	500 =
500	2500 =
2500	6000 =
> 6000	



- 500 ⑤ Tipiese water met T.O.S. = 500 d.p.m.
 - 800 ⑧ Tipiese water met T.O.S. = 800 d.p.m.
 - 2000 ② Tipiese water met T.O.S. = 2000 d.p.m.
 - 3300 ③ Tipiese water met T.O.S. = 3300 d.p.m.
- (Gebaseer op Fig 65)

FIG. 68. - Tipiese variasie van die chemiese samestelling van grondwater in graniet

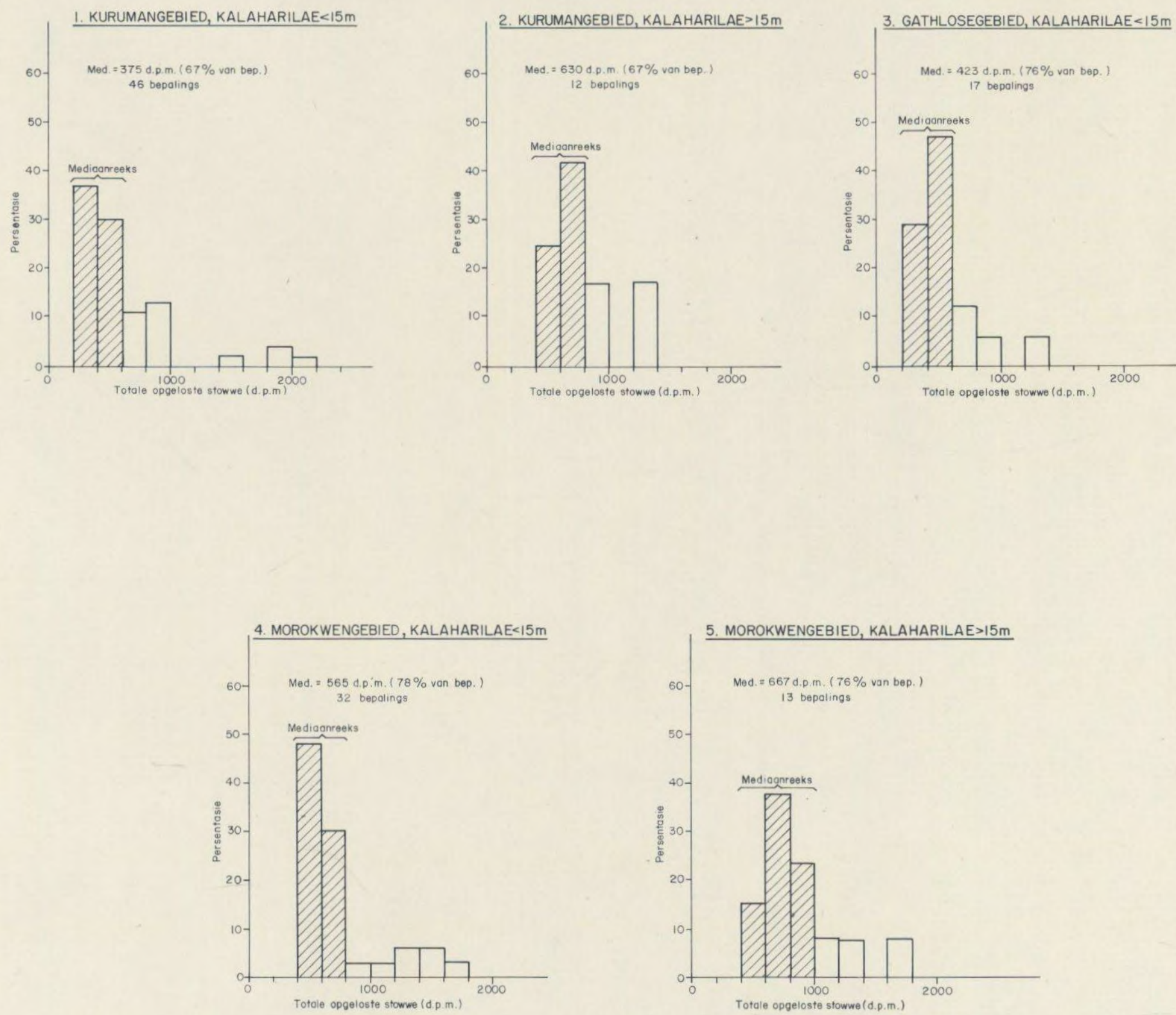


FIG.69.- Mediaanwaardes vir totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van Formasie Ghaapplato

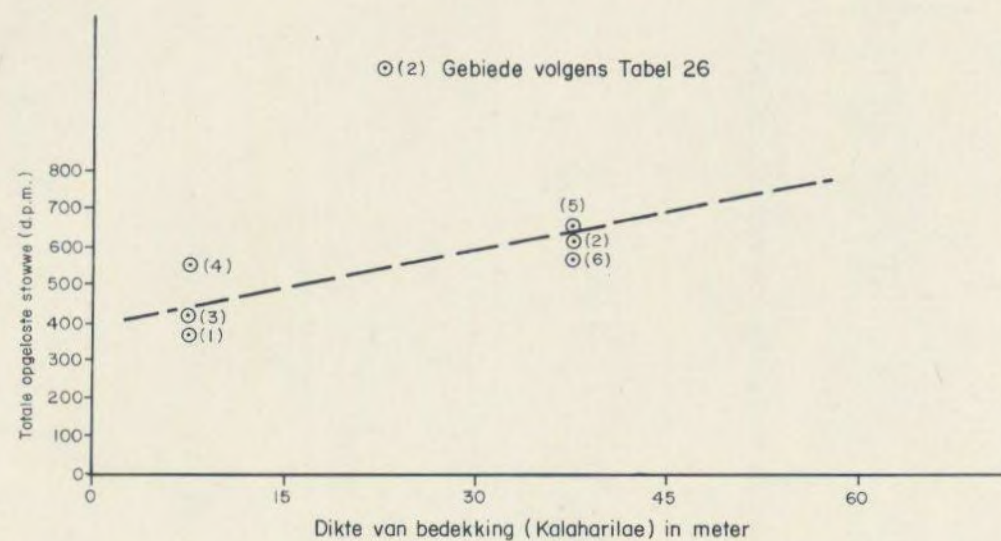


FIG.70.- Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplato en dikte van bedekking

FIG.69, 70

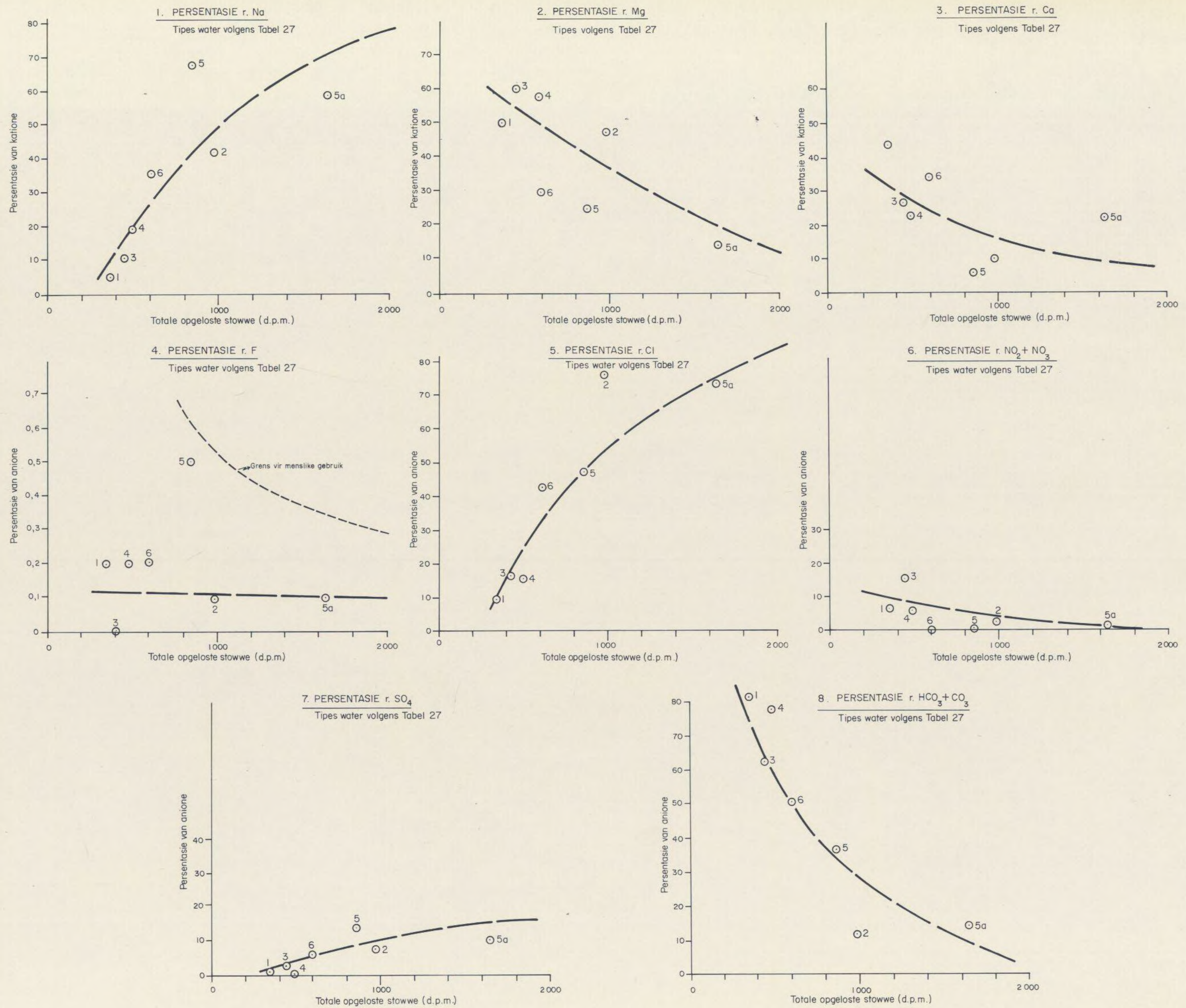


Fig. 71 Ioonpersentasies in verhouding tot totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van Formasie Ghaapplatou

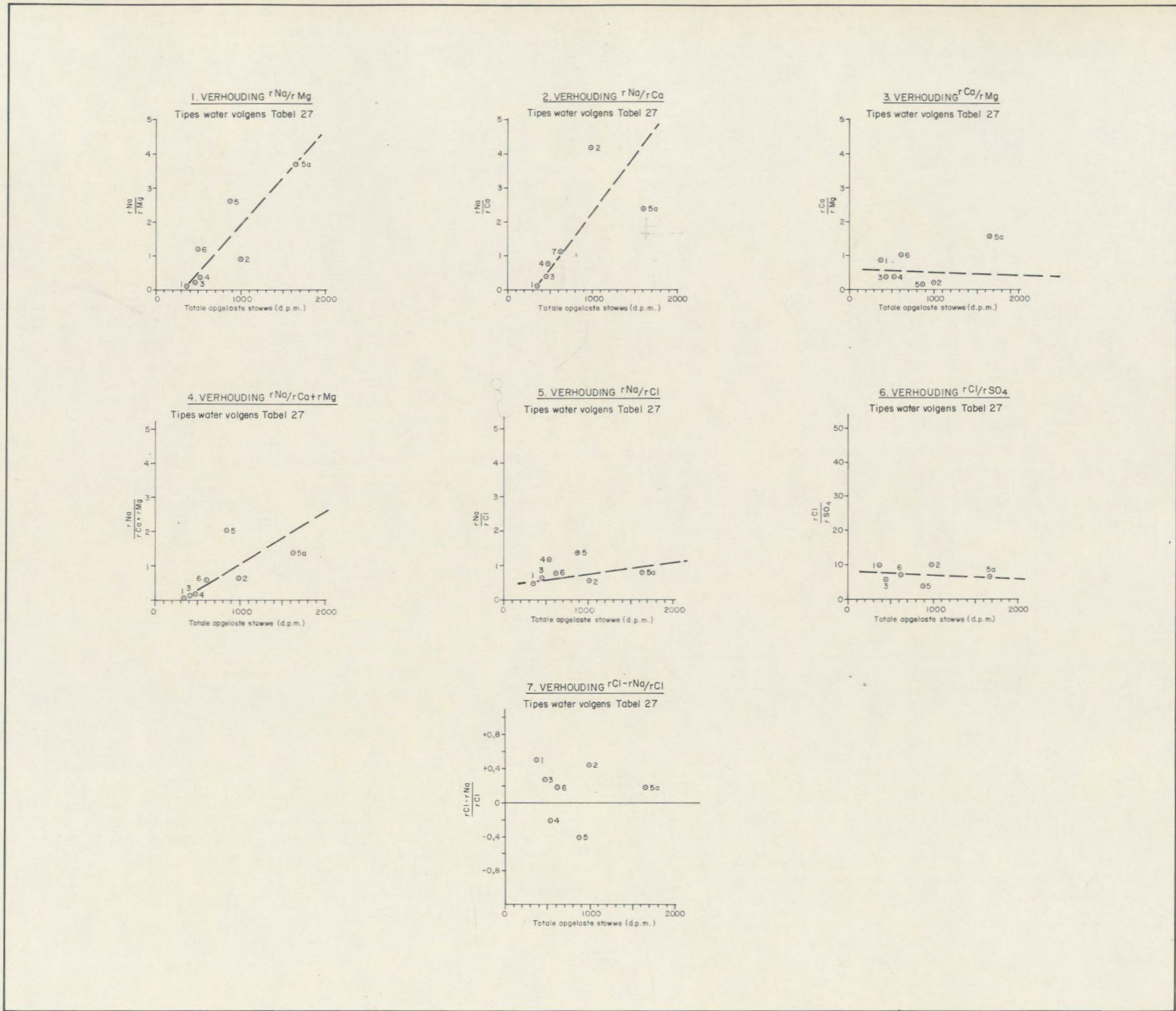


FIG. 72. - Ioonverhoudings met betrekking tot totale opgeloste stowwe in grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaaplatto

253461



PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

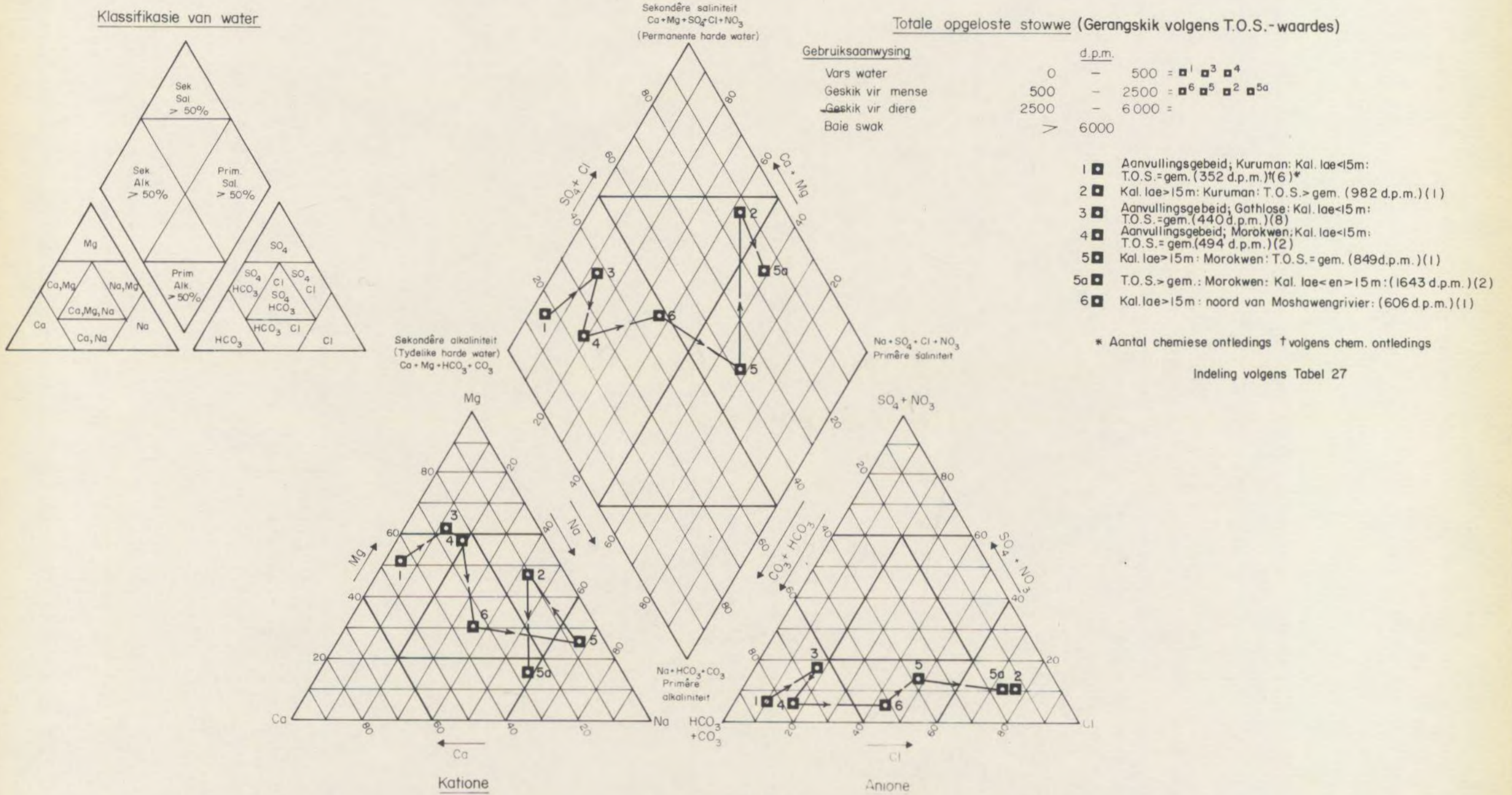


FIG. 73.- Chemiese samestelling van grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplateo

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

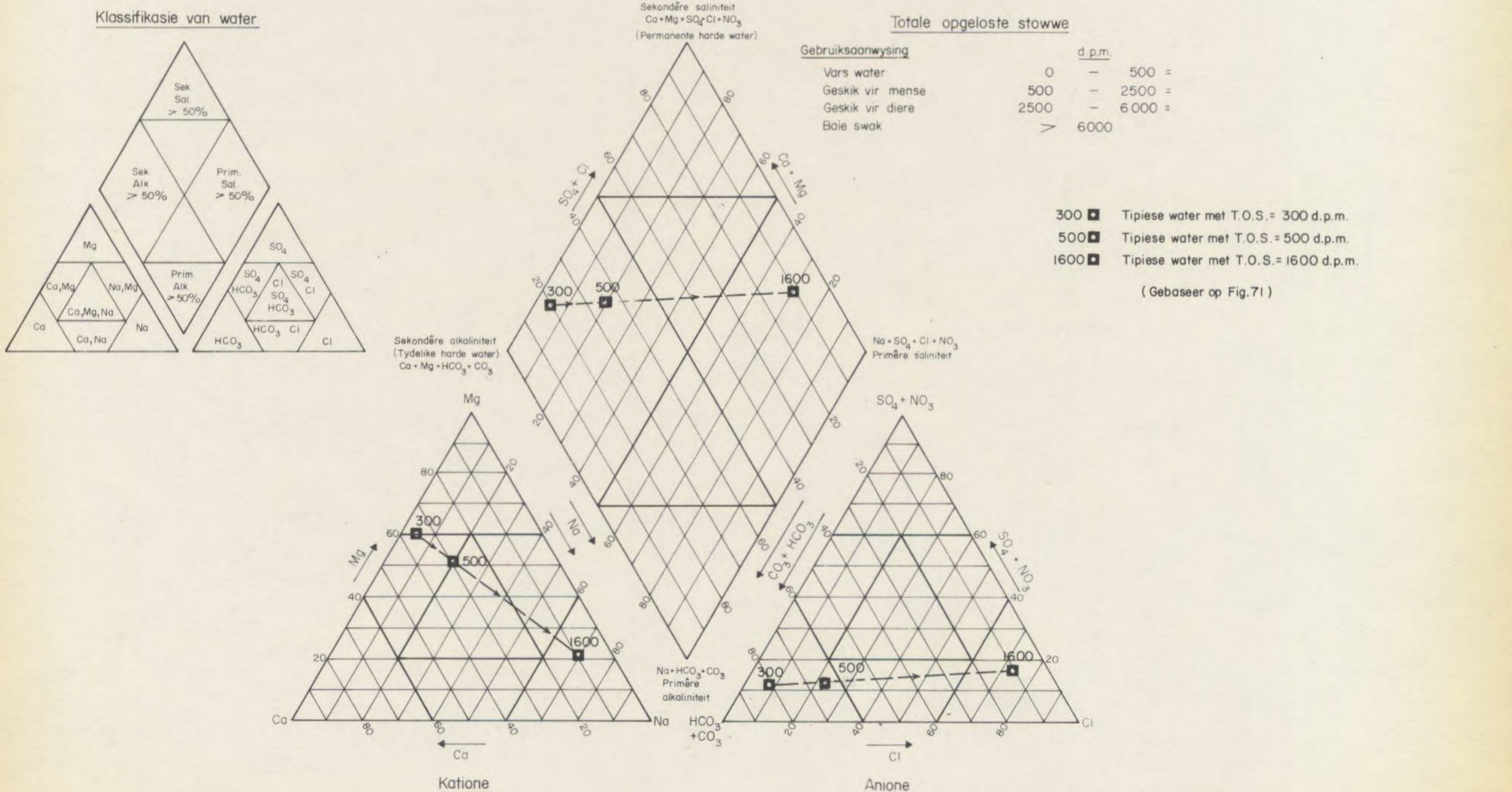


FIG. 74.- Tipiese variasie van die chemiese samestelling van grondwater in dolomiet van die Formasie Ghaapplateo

FIG. 73, 74

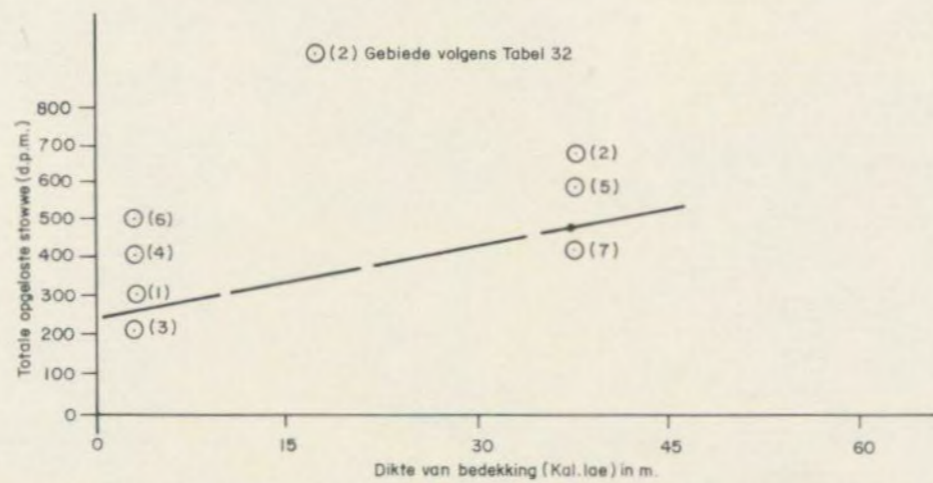


Fig.75 — Verhouding tussen totale opgeloste stowwe in grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge en dikte van bedekking

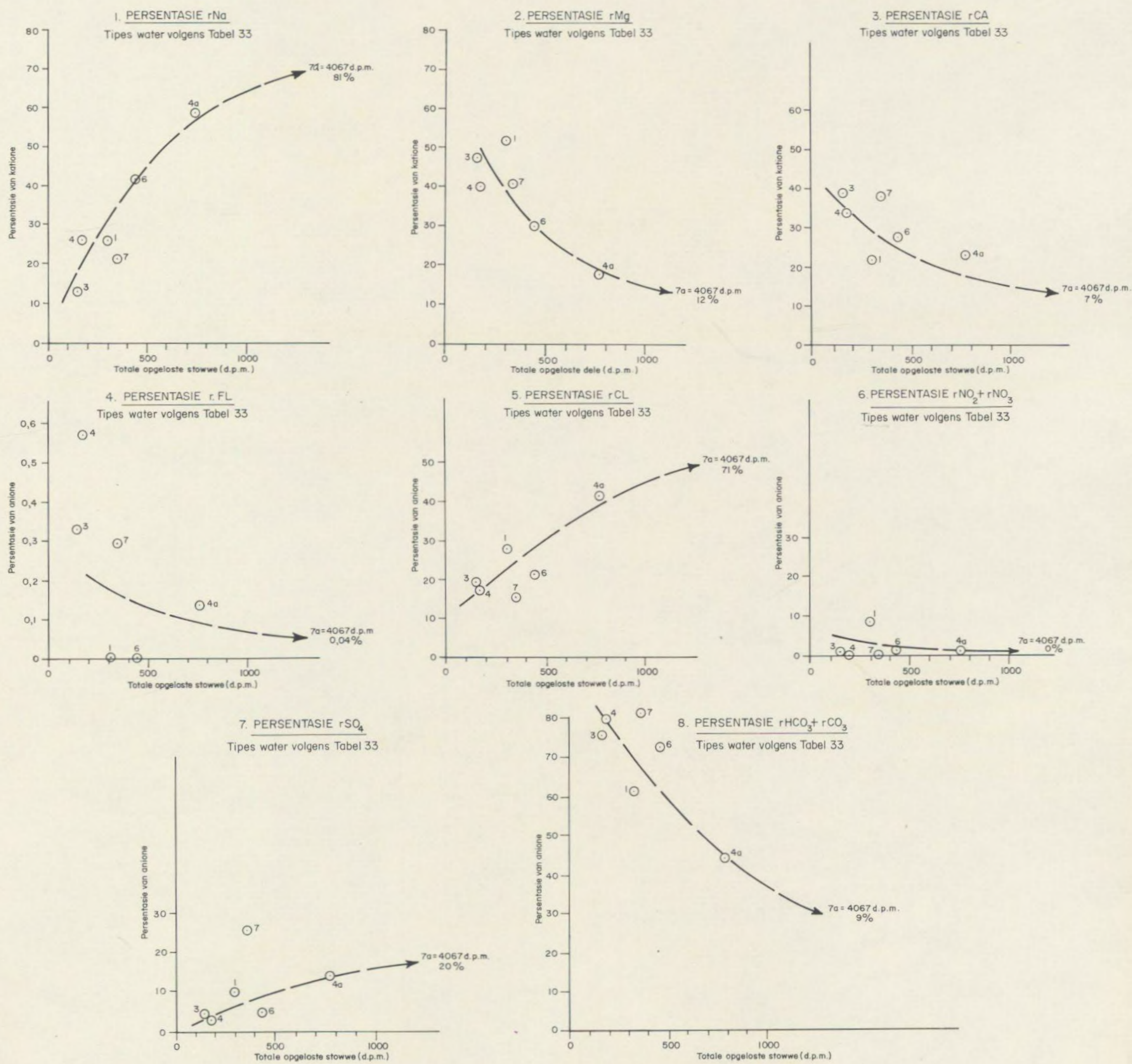


Fig.76 — Ioonpersentasies in verhouding tot totale opgeloste stowwe in grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

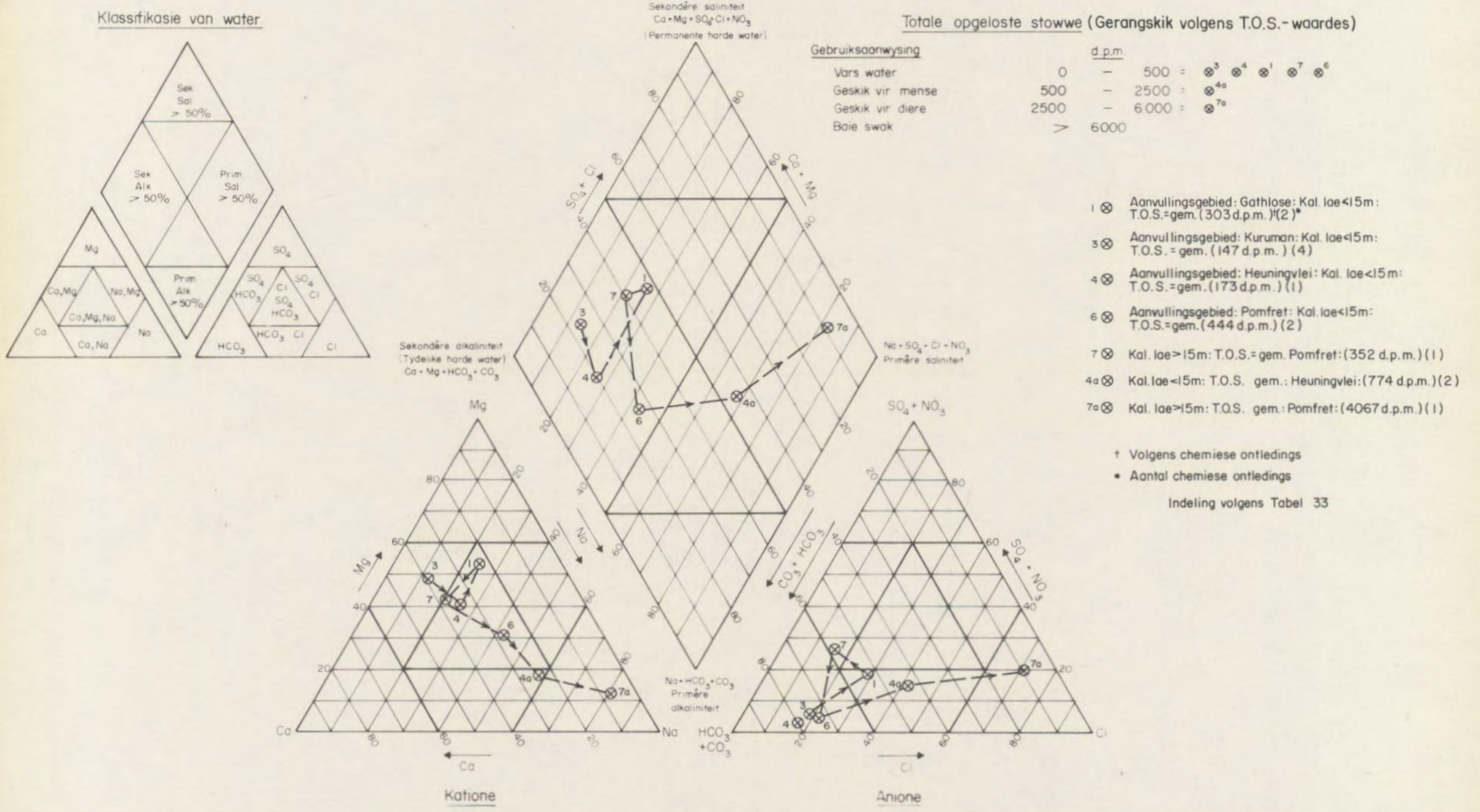


FIG. 77. - Chemiese samestelling van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

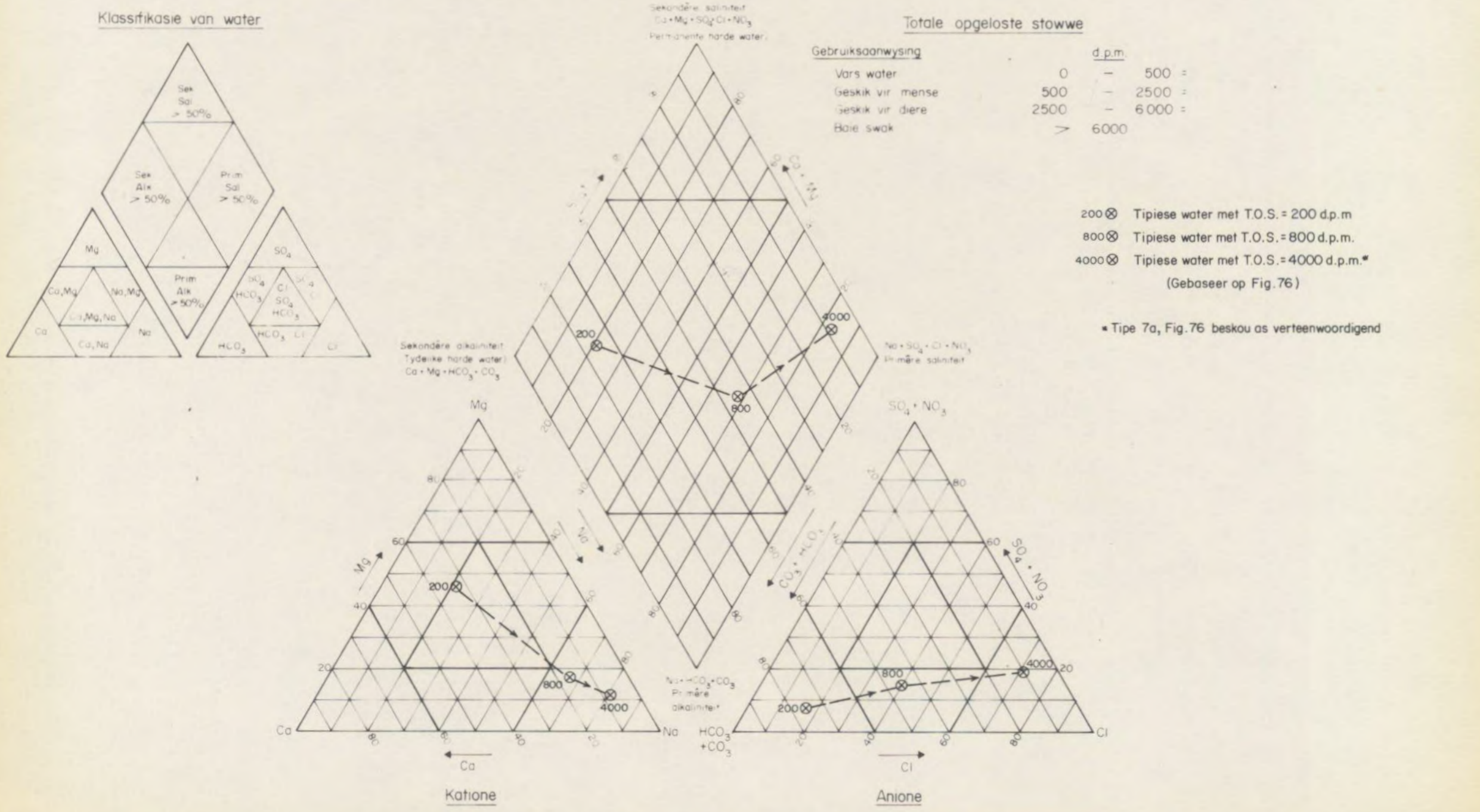


FIG. 78. - Tipiese variasie van die chemiese samestelling van grondwater in jaspiliet van die Formasie Asbesberge

FIG. 77, 78

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

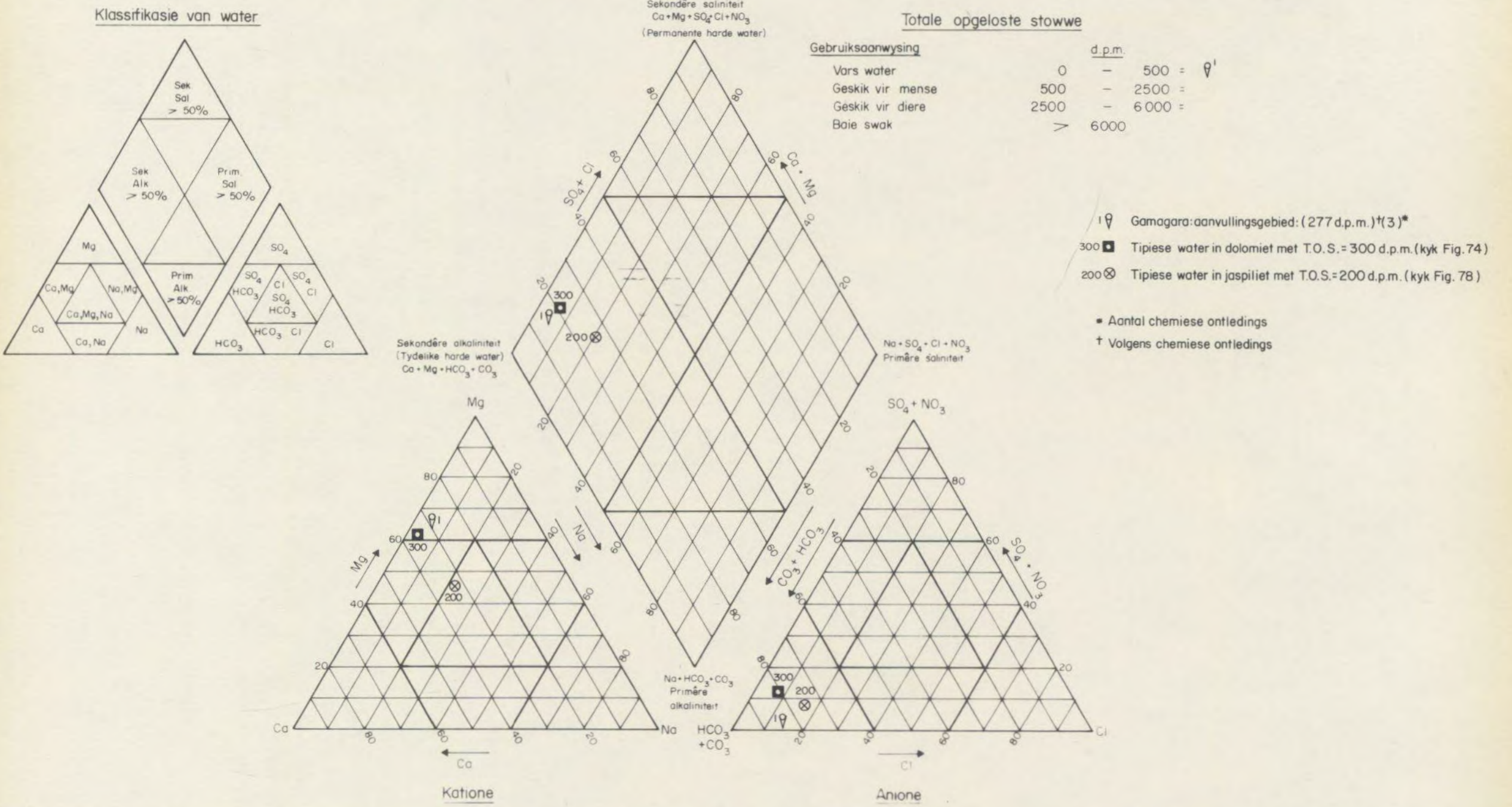


FIG.79.-Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Gamagara

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

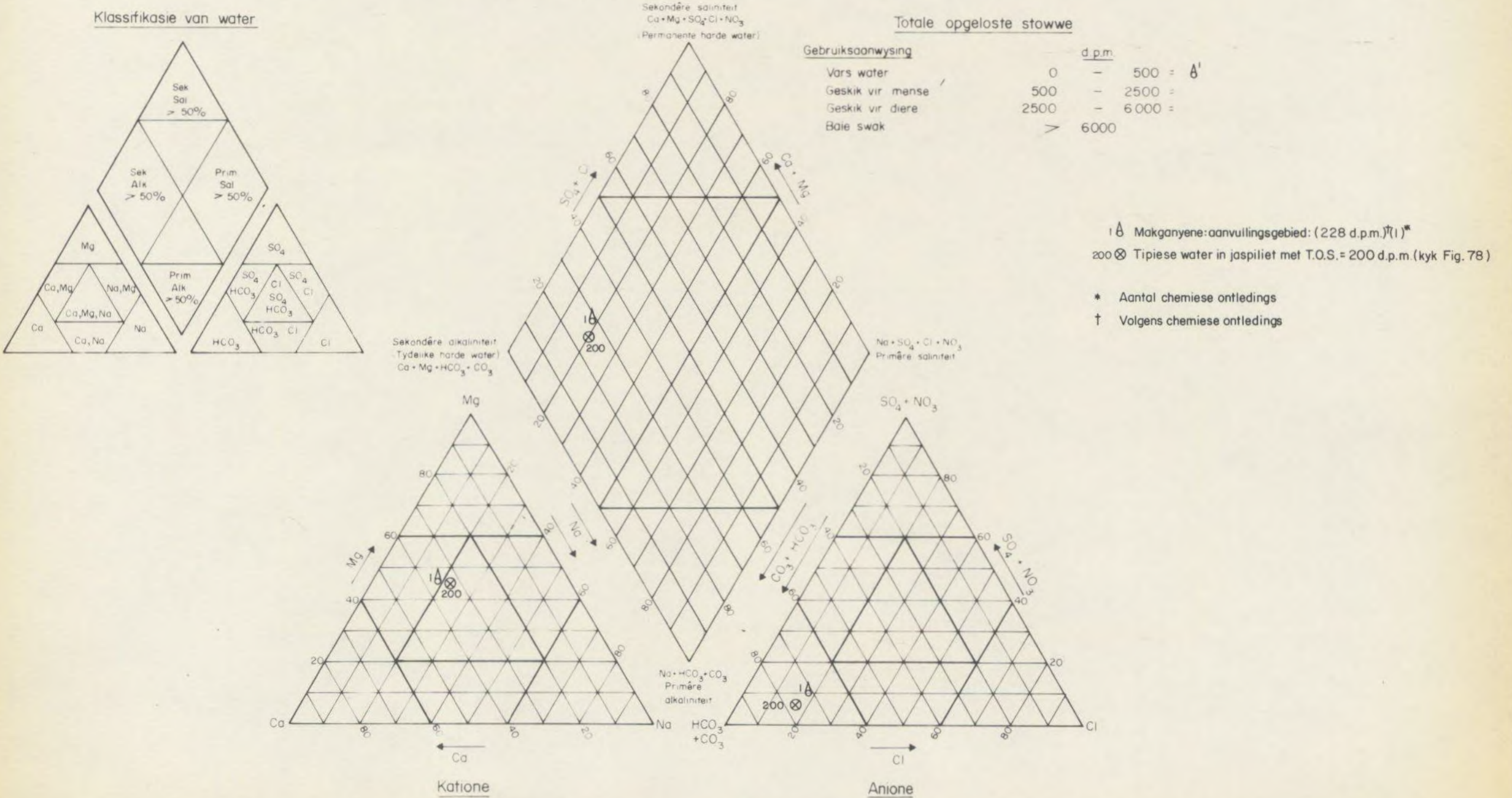
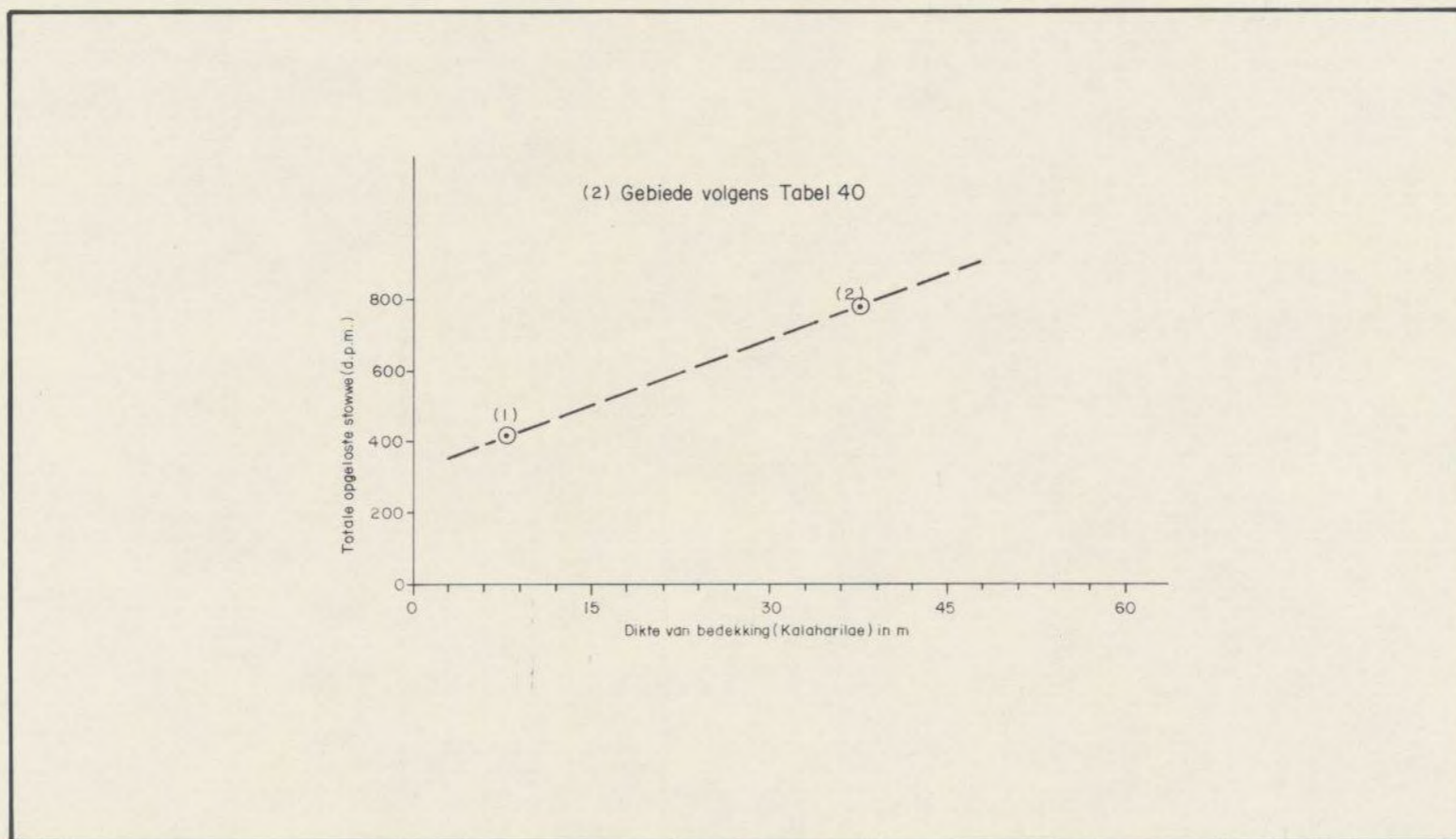
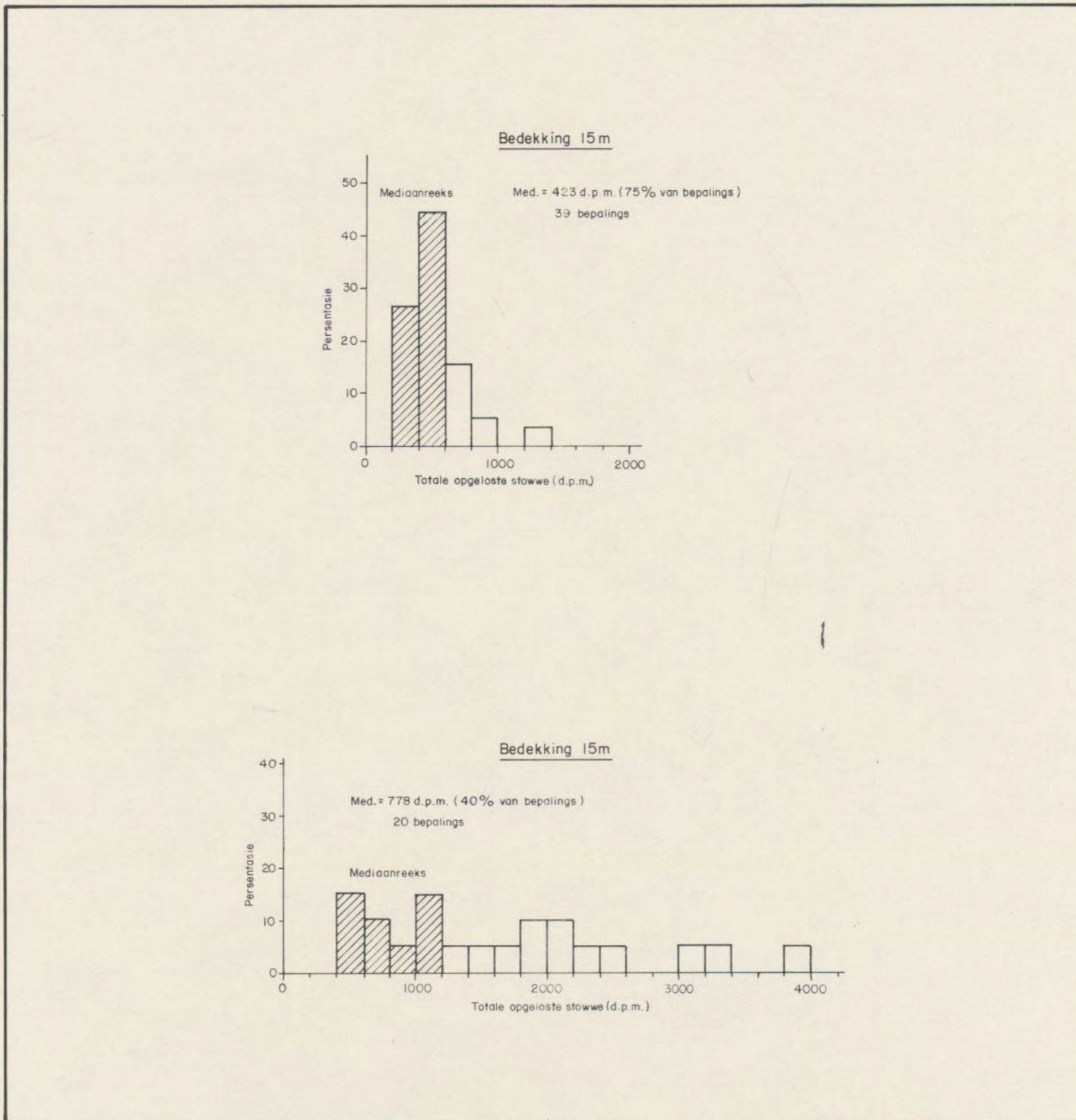


FIG. 80.-Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Makganyene

FIG. 79,80



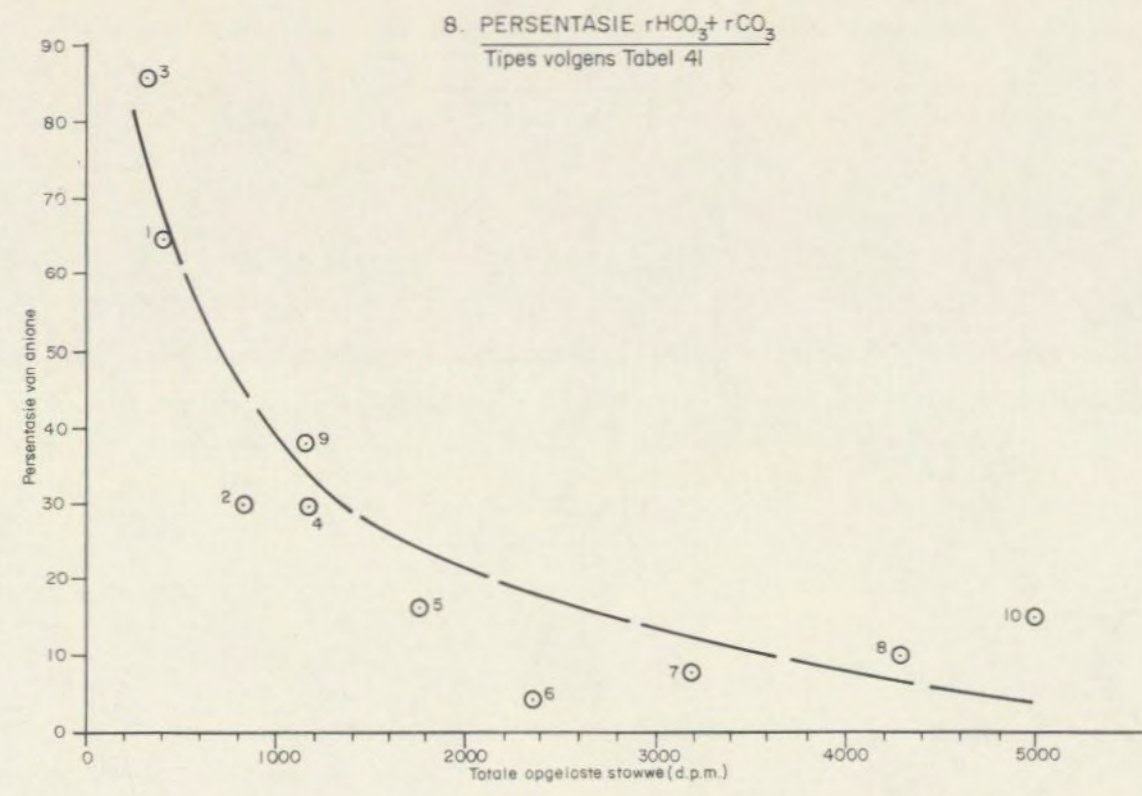
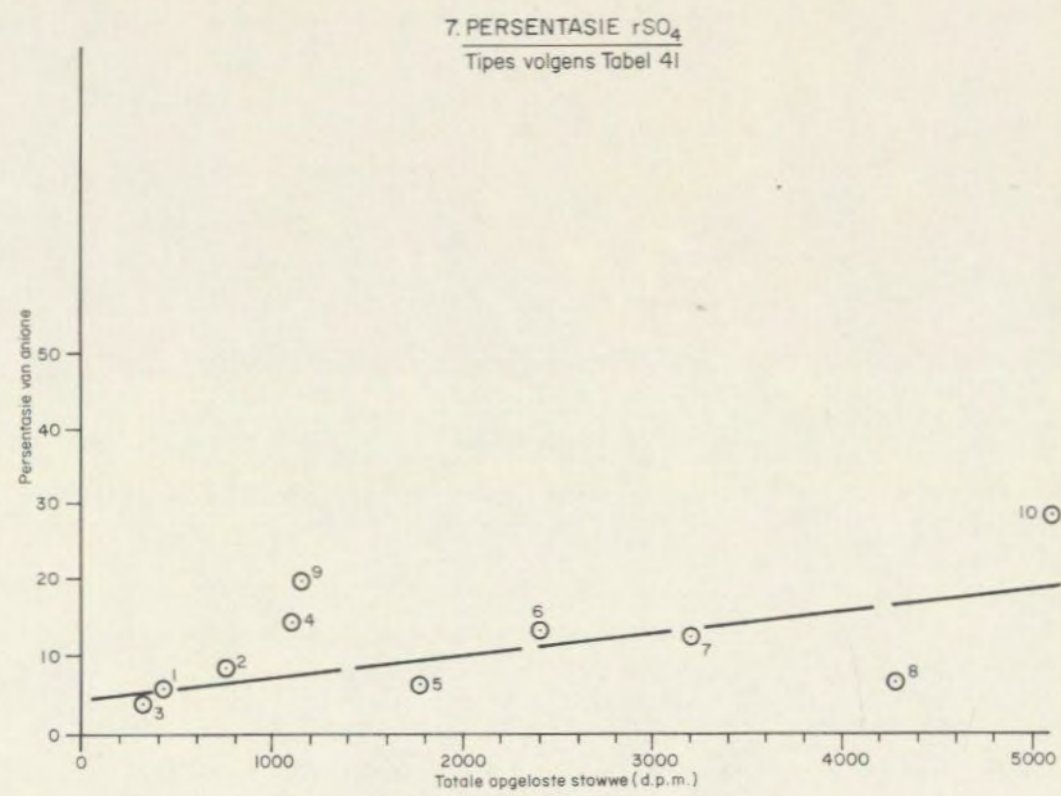
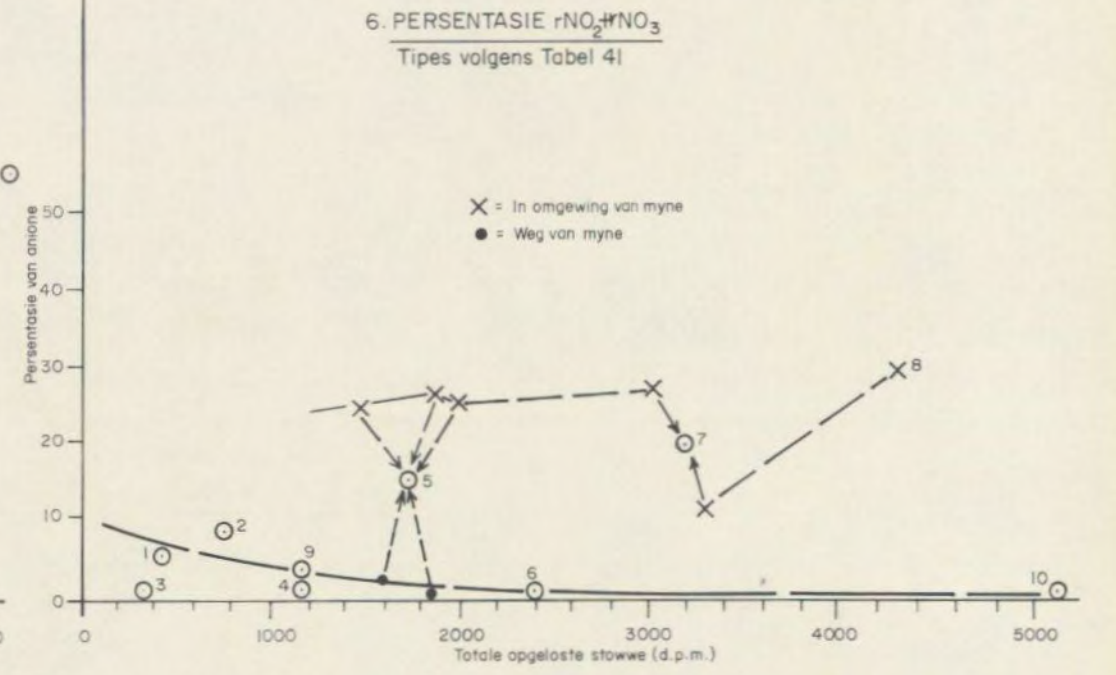
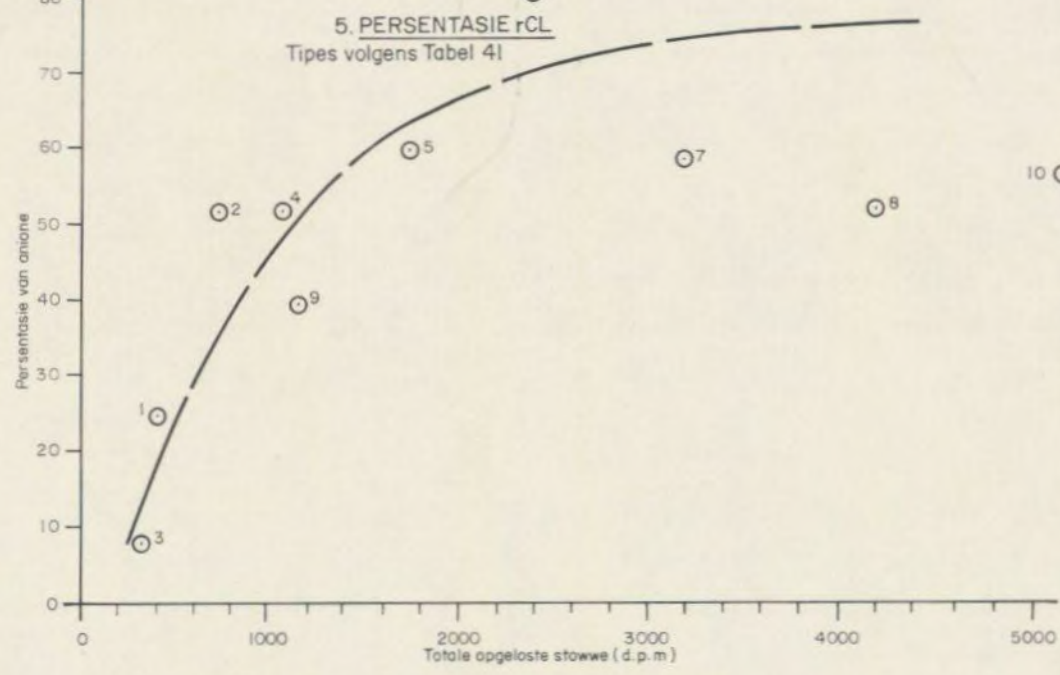
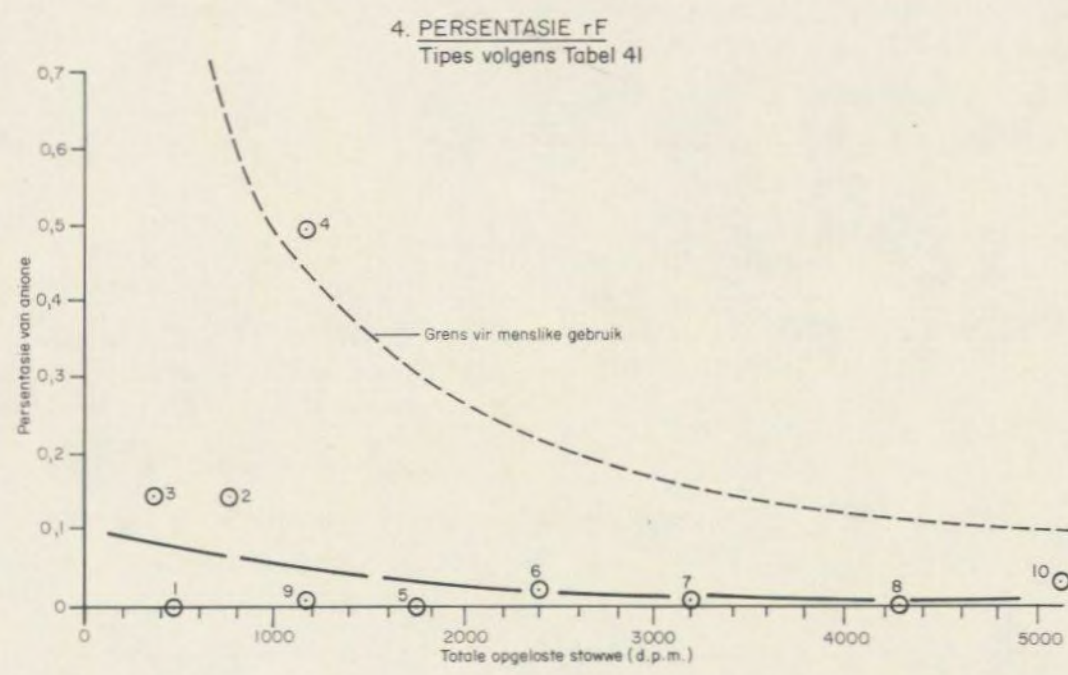
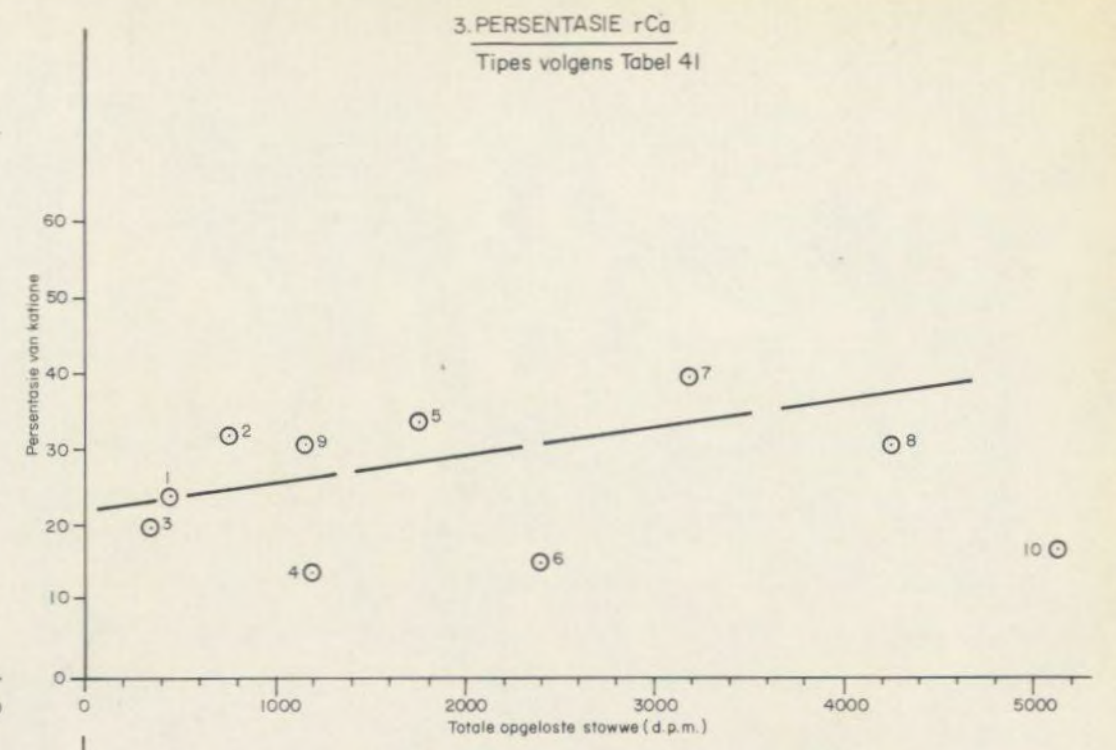
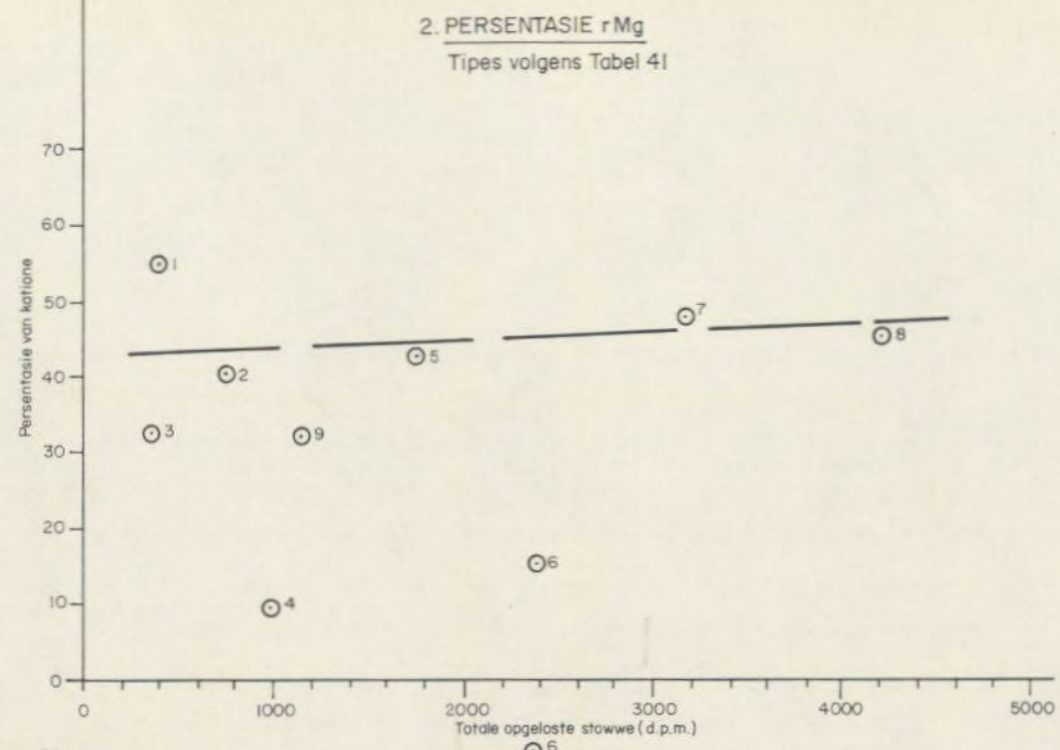
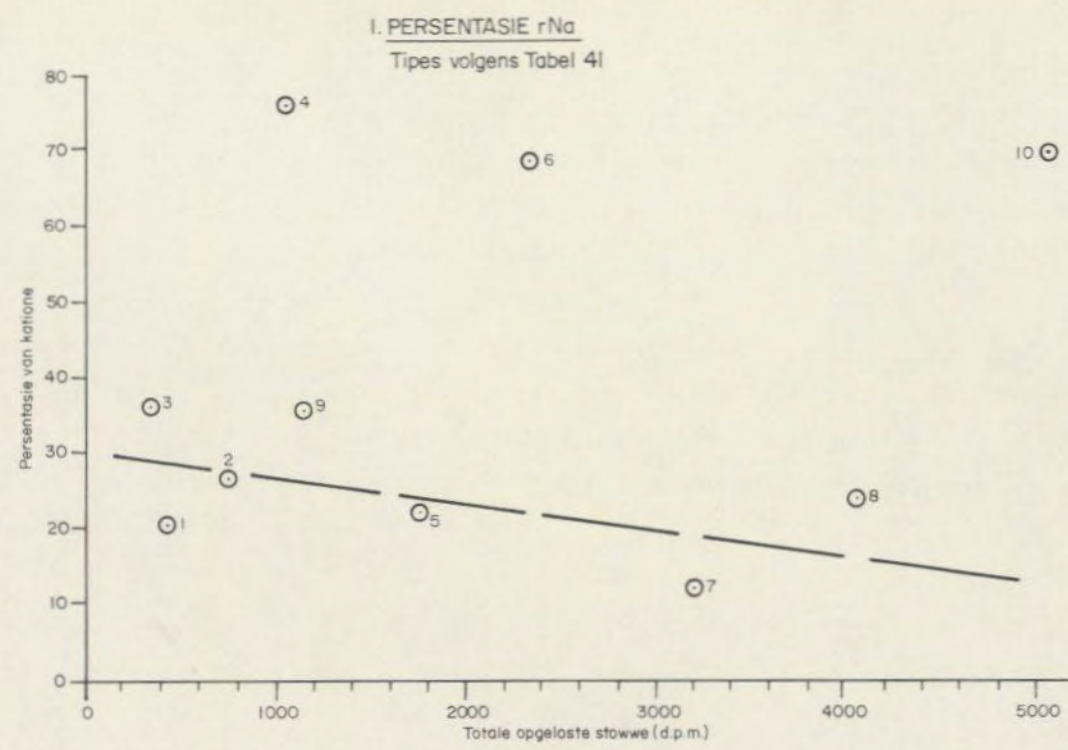
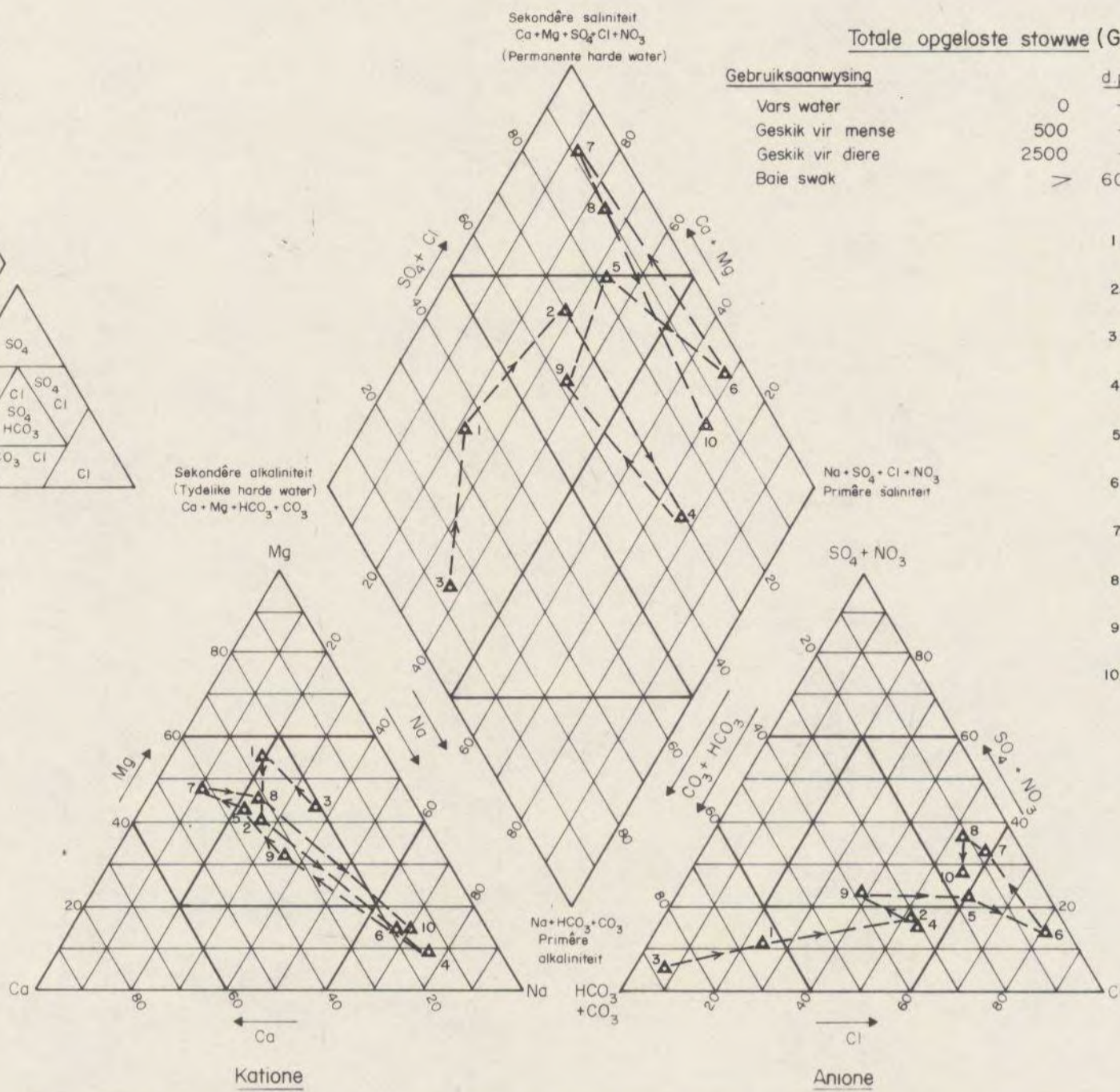
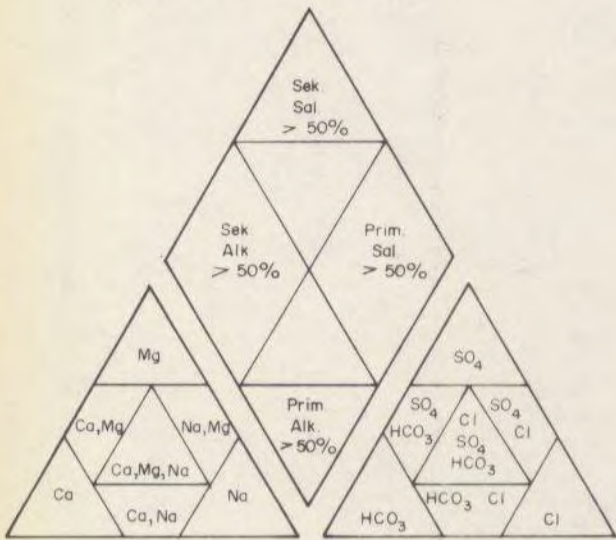


Fig 83 — loonpersentasies in verhouding tot totale opgeloste stowwe in grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

Klassifikasie van water



Gebruiksaanwysing

Vars water
Gesik vir mense
Gesik vir diere
Baie swak

Totale opgeloste stowwe (Gerangskik volgens T.O.S.-waardes)		d.p.m.
0	- 500 =	$\Delta^3 \Delta^1$
500	- 2500 =	$\Delta^2 \Delta^4 \Delta^9 \Delta^5 \Delta^6$
2500	- 6000 =	$\Delta^7 \Delta^8 \Delta^{10}$
>	6000	

- 1 Δ Aanvullingsgebied: Kal. lae < 15m: T.O.S. = gem. (416 d.p.m.)[†] (reeks 200-600 d.p.m.) (7)^{*}
- 2 Δ Aanvullingsgebied: Kal. lae < 15m: T.O.S. = gem. (755 d.p.m.) (reeks 600-800 d.p.m.) (2)
- 3 Δ In Moshawengrivier Severn: Kal. lae < en > 15m: T.O.S. = 341 d.p.m. (reeks 200-800 d.p.m.) (3)
- 4 Δ Kal. lae > 15m: T.O.S. = gem. (1092 d.p.m.) (reeks 200-1200 d.p.m.) (4)
- 5 Δ Kal. lae > 15m: T.O.S. > gem. (1756 d.p.m.) (reeks 1200-2000 d.p.m.) (5)
- 6 Δ Kal. lae > 15m: T.O.S. > gem. (2391 d.p.m.) (reeks 2000-3000 d.p.m.) (2)
- 7 Δ Kal. lae > 15m: T.O.S. > gem. (3200 d.p.m.) (reeks 3000-4000 d.p.m.) (2)
- 8 Δ Kal. lae < 15m: T.O.S. > gem. (4255 d.p.m.) (reeks 4000-5000 d.p.m.) (1)
- 9 Δ Kal. lae < 15m: T.O.S. = 1158 d.p.m. (1) In Formasie Voëlwater
- 10 Δ Kirstonagebied: Kal. lae > 15m: T.O.S. = 5130 d.p.m. (1)

Indeling volgens Tabel 41

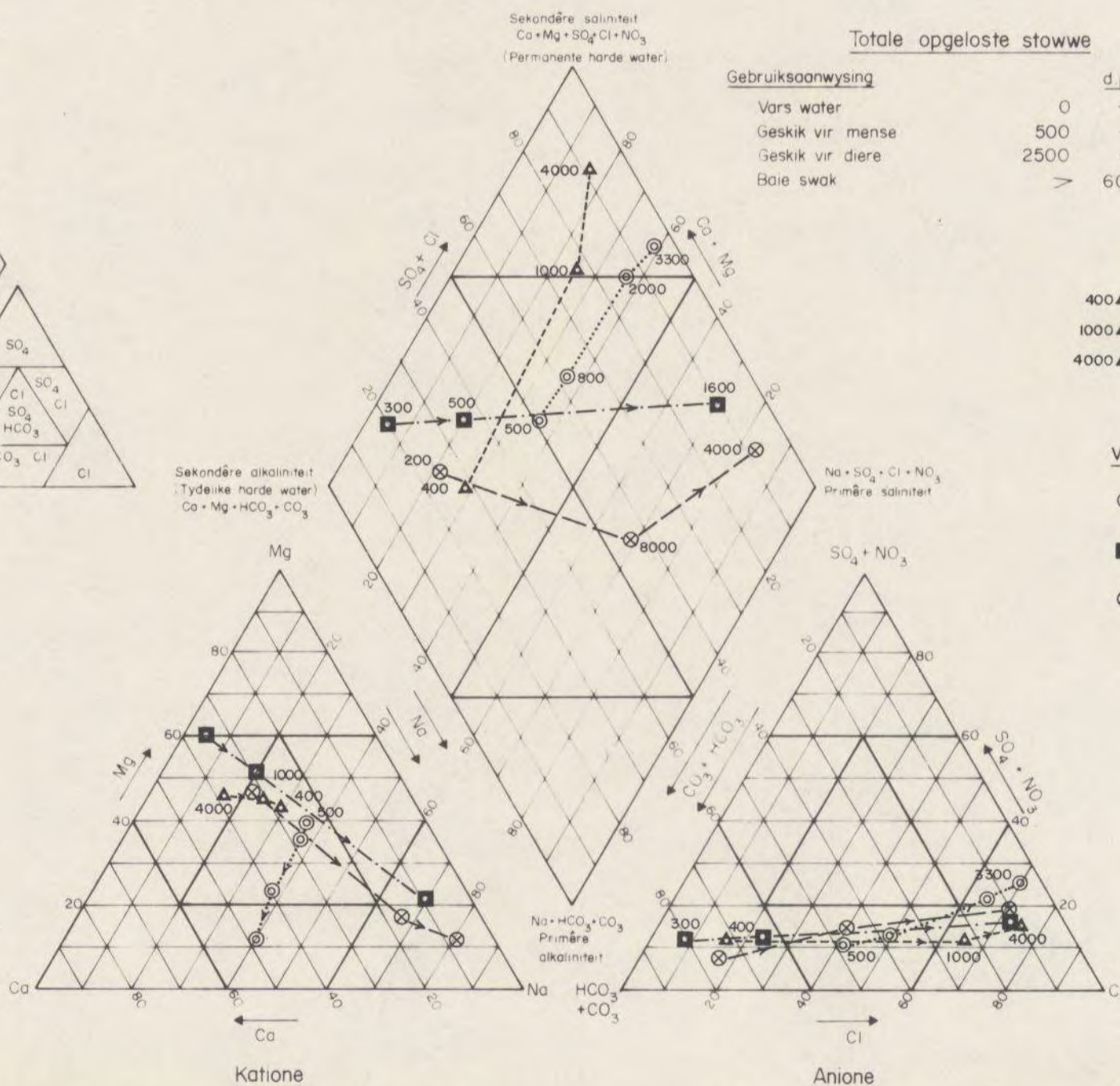
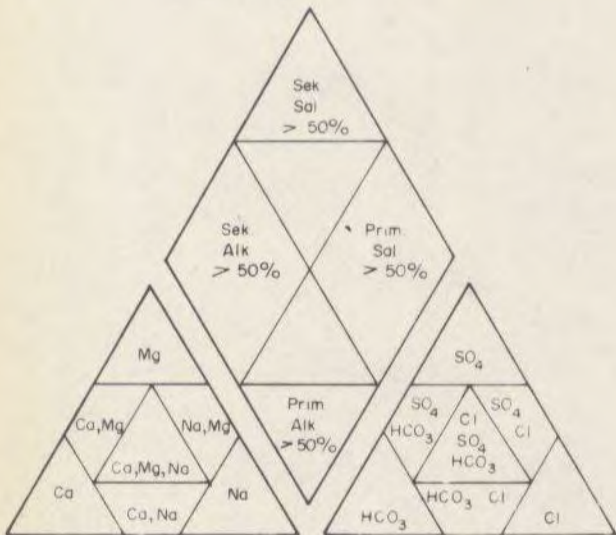
[†] Volgens chemiese ontledings
^{*} Aantal chemiese ontledings

FIG.84.- Chemiese samestelling van grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

Klassifikasie van water



Gebruiksaanwysing

Vars water
Gesik vir mense
Gesik vir diere
Baie swak

Totale opgeloste stowwe		d.p.m.
0	- 500 =	
500	- 2500 =	
2500	- 6000 =	
>	6000	

- 400 Δ Tipiese water met T.O.S. = 400 d.p.m.
- 1000 Δ Tipiese water met T.O.S. = 1000 d.p.m.
- 4000 Δ Tipiese water met T.O.S. = 4000 d.p.m. (Gebaseer op Fig.83)

Vir vergelyking

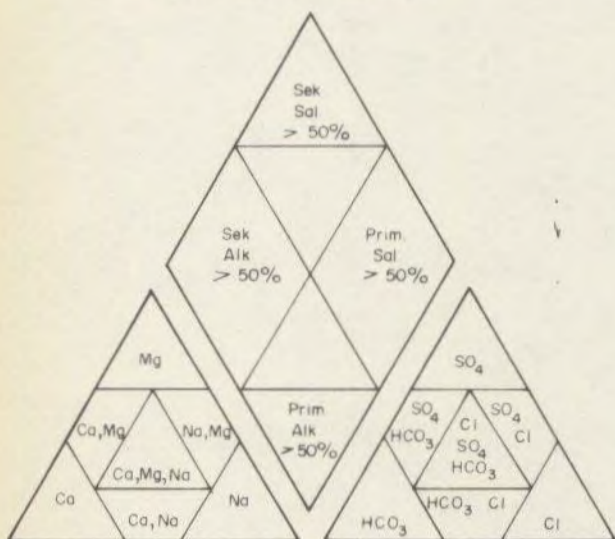
- ⊙ Tipiese water in graniet vir T.O.S. = 500-3300 d.p.m. (Fig. 68)
- Tipiese water in Formasie Ghaaplatto vir T.O.S. = 300-1600 d.p.m. (Fig. 74)
- ⊗ Tipiese water in Formasie Asbesberge vir T.O.S. = 200-4000 d.p.m. (Fig. 78)

FIG.85.- Tipiese variasie van die chemiese samestelling van grondwater in lawa van die Formasie Ongeluk

FIG. 84,85

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

Klassifikasie van water



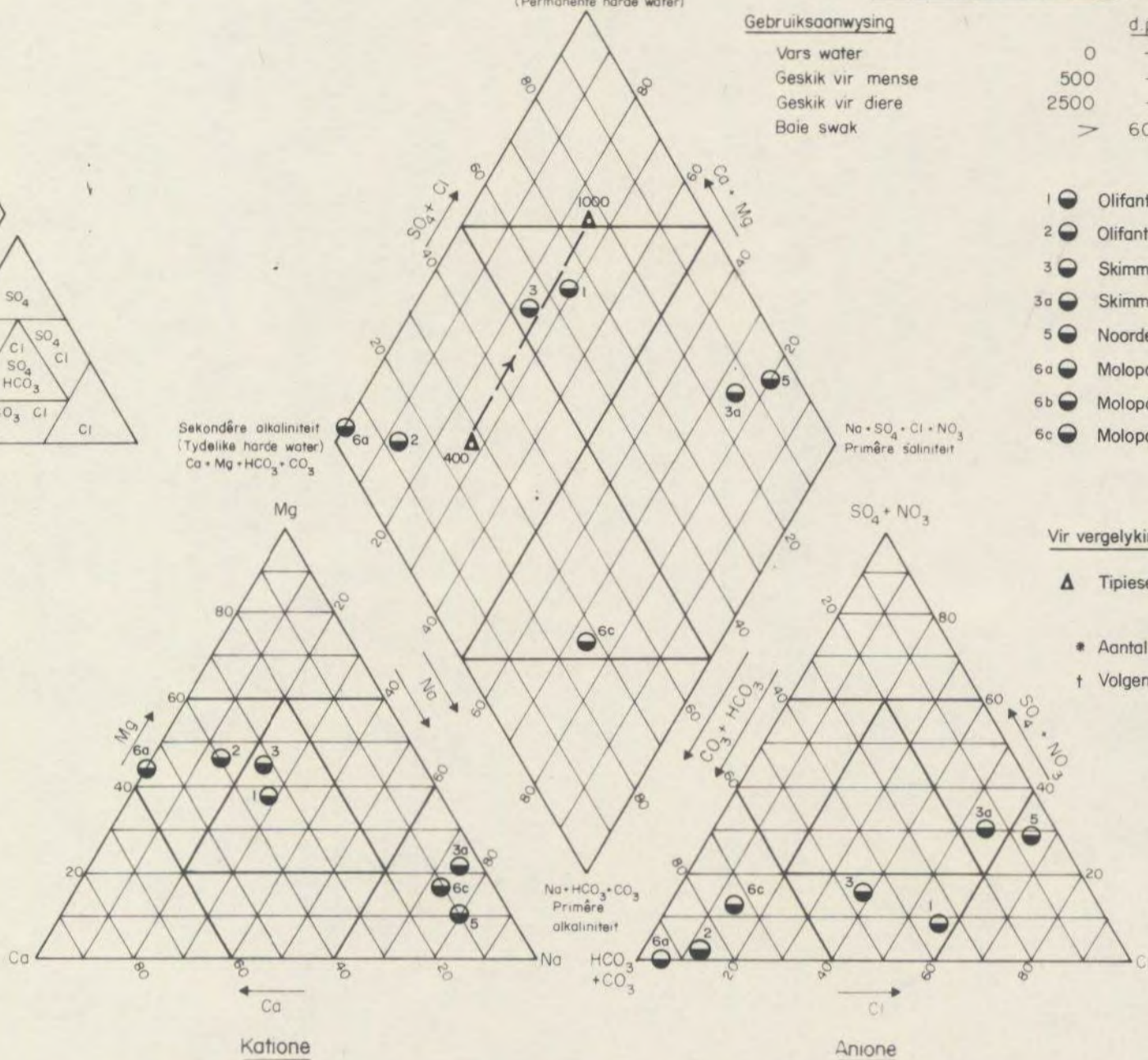
Sekondêre saliniteit
 $Ca + Mg + SO_4 + Cl + NO_3$
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Gerangskik volgens T.O.S.-waardes)

Gebruiksaanwysing

Vars water
Gesik vir mense
Gesik vir diere
Baie swak

	d.p.m.
0 - 500	= ● ³ ● ² ● ^{6a} ● ¹
500 - 2500	= ● ^{6c} ● ^{3a}
2500 - 6000	= ● ⁵
> 6000	= ● ⁵



- 1 ● Olifantshoek : Kal.lae < 15m : T.O.S.=gem : (460 d.p.m.)[†](1)*
 - 2 ● Olifantshoek : Kal.lae > 15m : T.O.S.=gem : (303 d.p.m.)(1)
 - 3 ● Skimmel Koppies : Kal.lae < 15m : T.O.S.=gem : (302 d.p.m.)(1)
 - 3a ● Skimmel Koppies : Kal.lae < 15m : swak kwal : (1939 d.p.m.)(1)
 - 5 ● Noordelike area : Kal.lae > 15m : T.O.S.=gem : (7597 d.p.m.)(3)
 - 6a ● Moloporivier, Good Hope - Werda : Kal.lae > 15m : T.O.S.=gem : (388 d.p.m.)(1)
 - 6b ● Moloporivier, Werda - Smaldeel : (Geen ontledings)
 - 6c ● Moloporivier, Idaho : Kal.lae > 15m : T.O.S.=gem : (639 d.p.m.)(1)
- (Indeling volgens Tabel 47)

Vir vergelyking

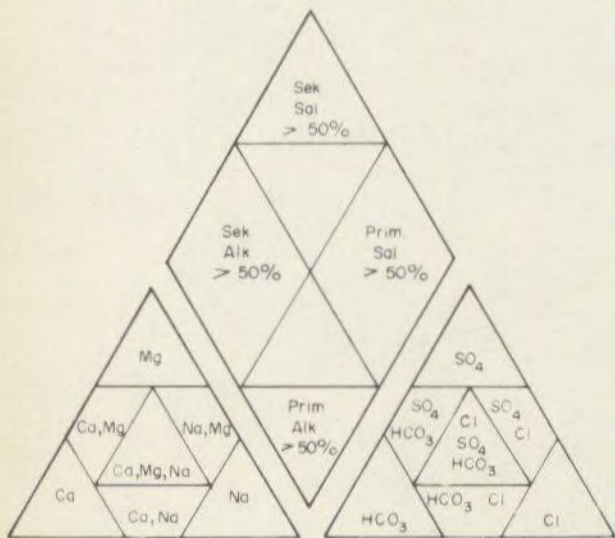
▲ Tipiese water van lawa van die Formasie Ongeluk (Fig. 85)

- * Aantal chemiese ontledings
- † Volgens chemiese ontledings

Fig. 86 - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Lucknow

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

Klassifikasie van water



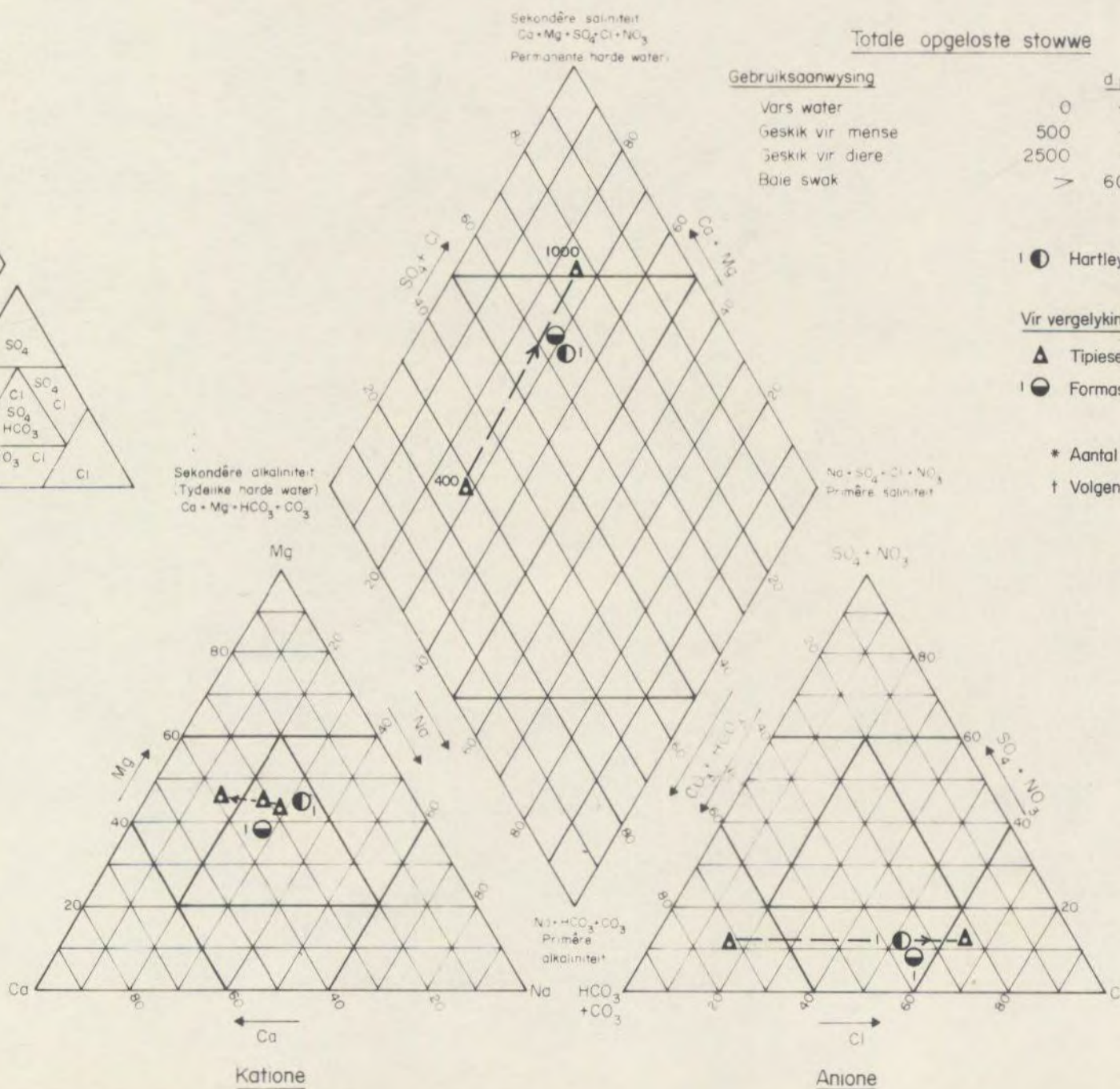
Sekondêre saliniteit
 $Ca + Mg + SO_4 + Cl + NO_3$
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe

Gebruiksaanwysing

Vars water
Gesik vir mense
Gesik vir diere
Baie swak

	d.p.m.
0 - 500	= ● ¹
500 - 2500	= ● ¹
2500 - 6000	= ● ¹
> 6000	= ● ¹



- 1 ● Hartley : aanvullingsgebied : (626 d.p.m.)[†](2)*

Vir vergelyking

- ▲ Tipiese samestelling vir water in lawa (Formasie Ongeluk)(Fig.85)
- 1 ● Formasie Lucknow : Kal.lae < 15m : (460 d.p.m.)(Fig.86)

- * Aantal chemiese ontledings
- † Volgens chemiese ontledings

Fig. 87 - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Hartley

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

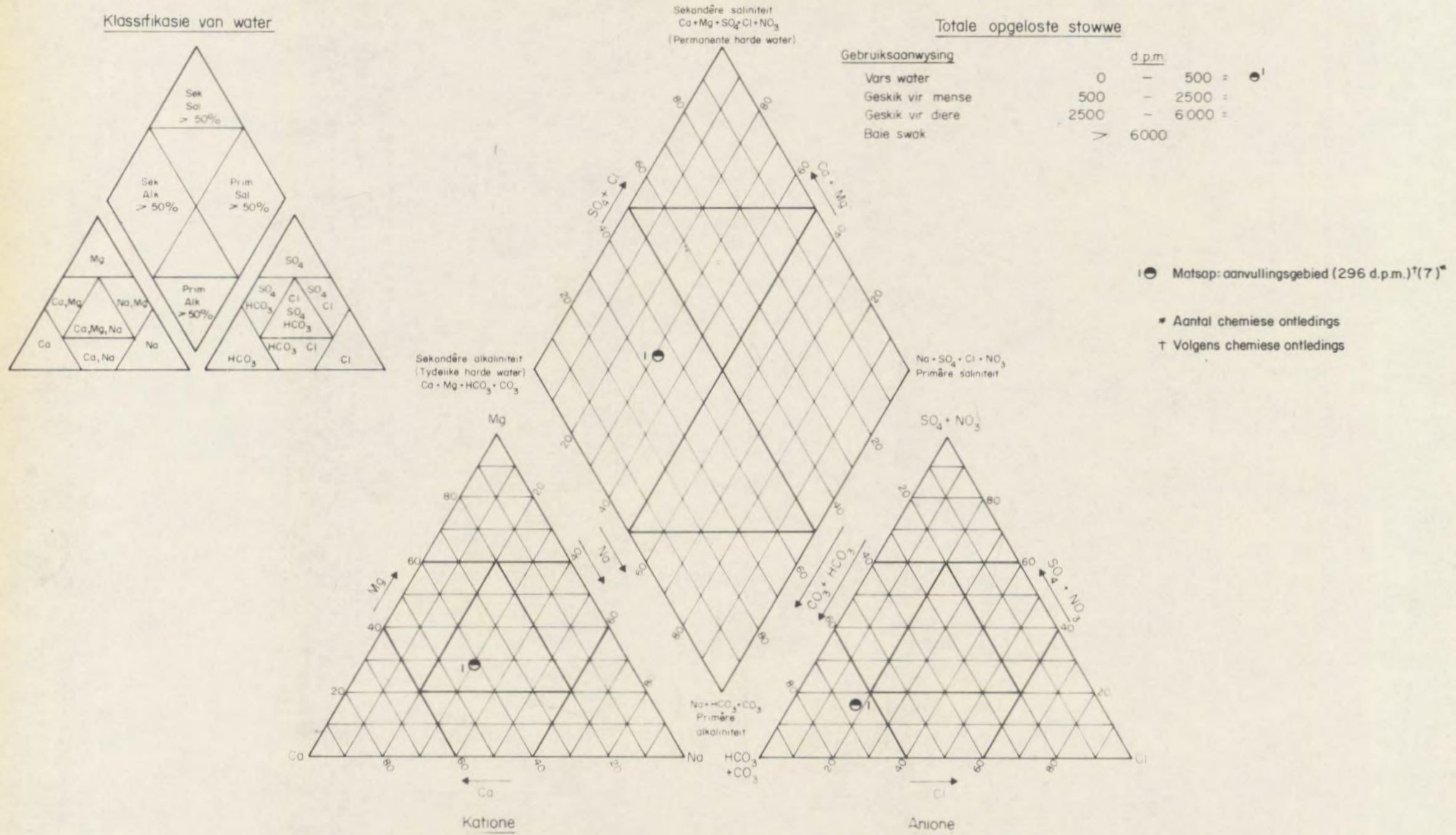


FIG.88.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Matsap

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

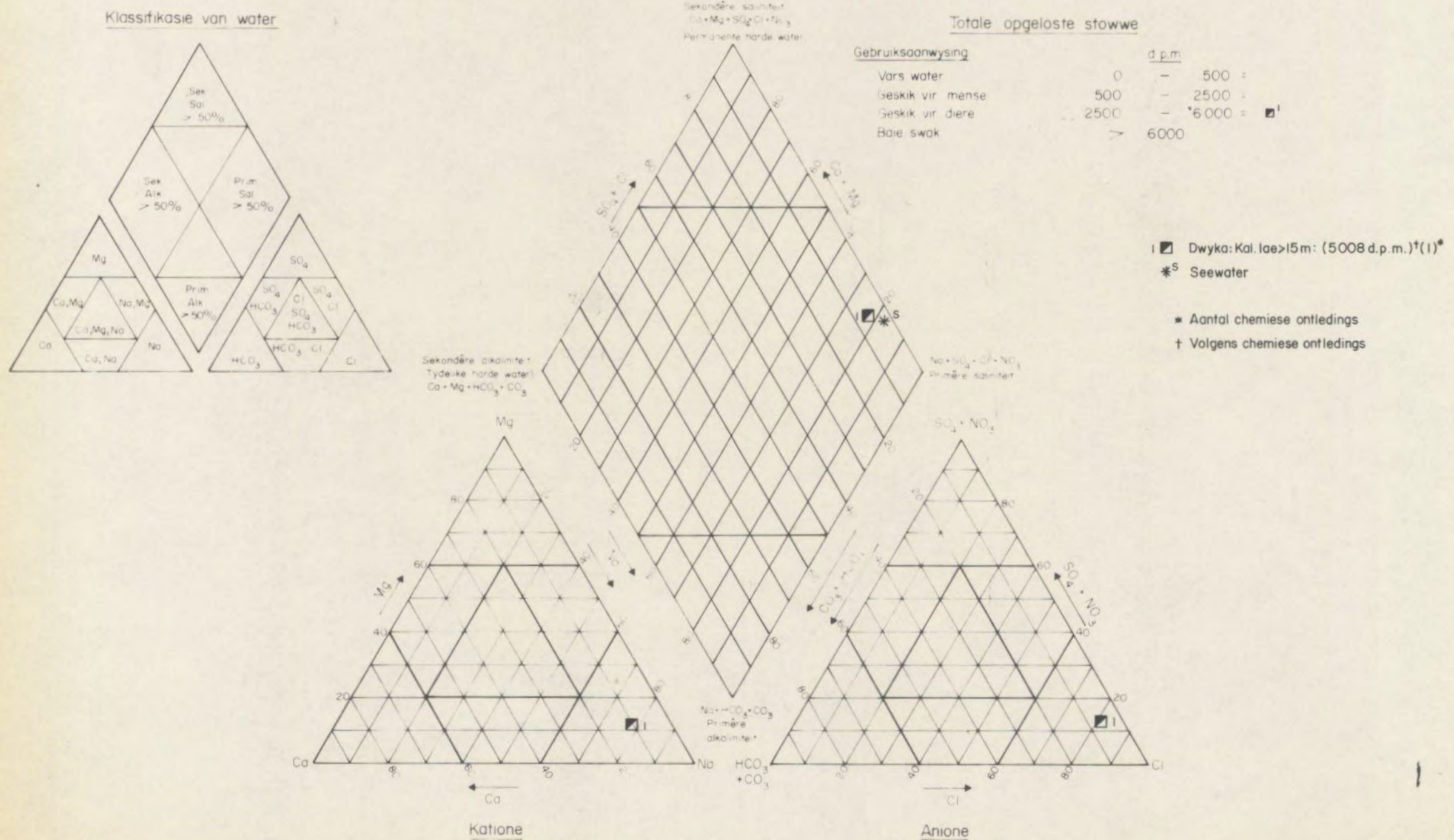


FIG.89.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Dwyka

FIG. 88, 89

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

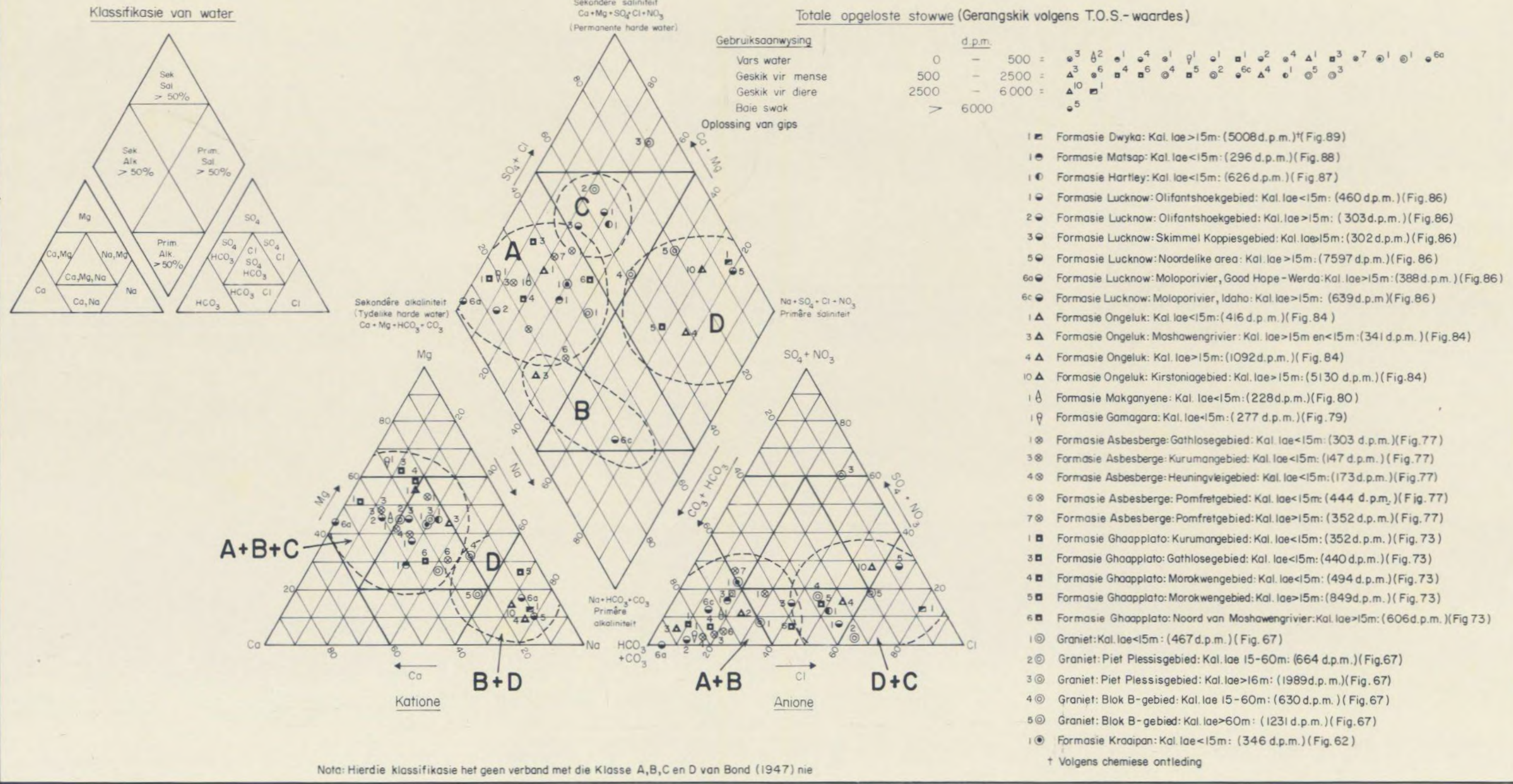


FIG. 90. - Samevatting van grondwarteripes in gesteentes ouer as die Kaaharilae

PIPER – DIAGRAM
Piper (1944)

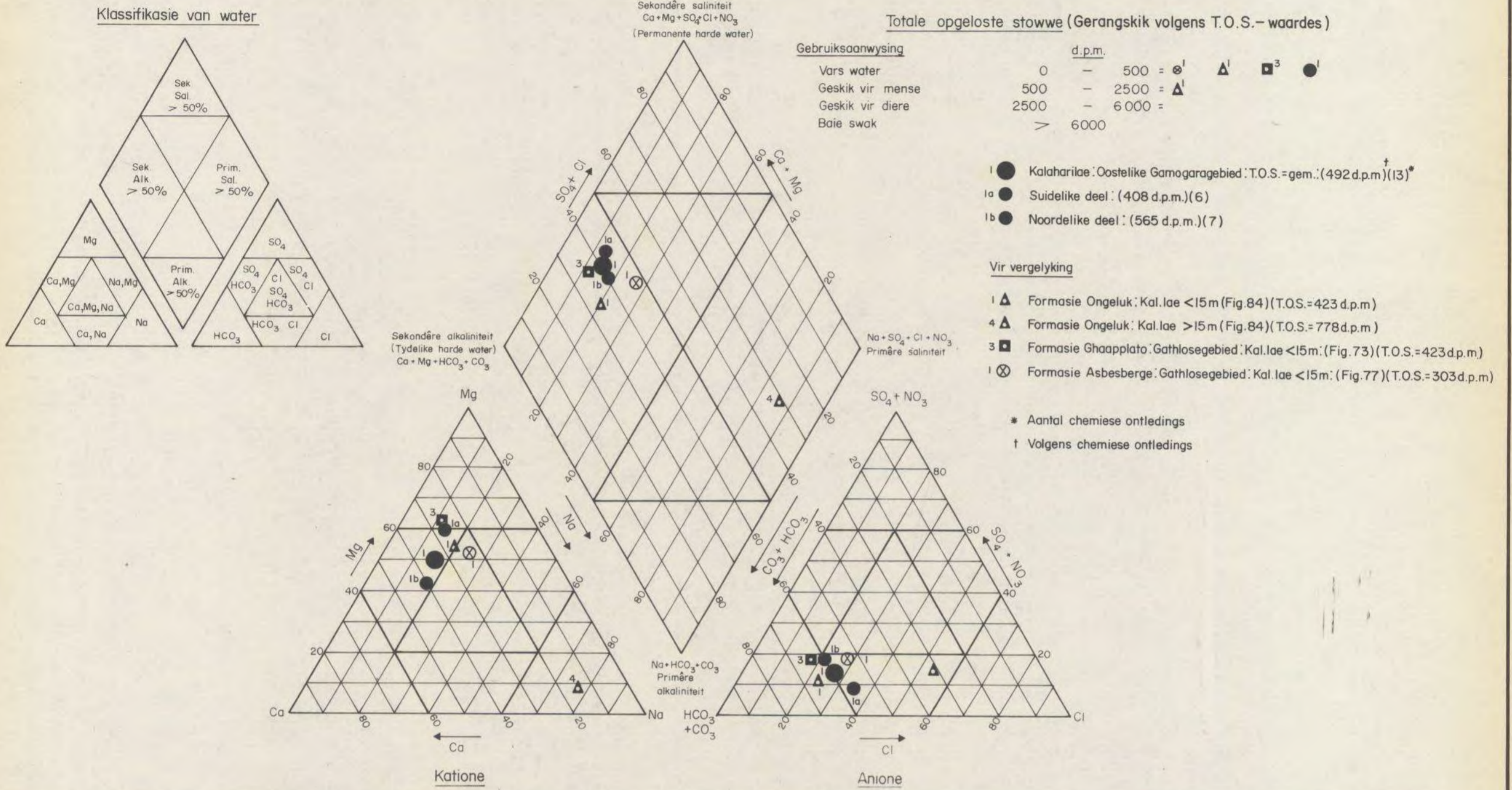


Fig.91 – Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Oostelike Gamogaregebied

PIPER – DIAGRAM
Piper (1944)

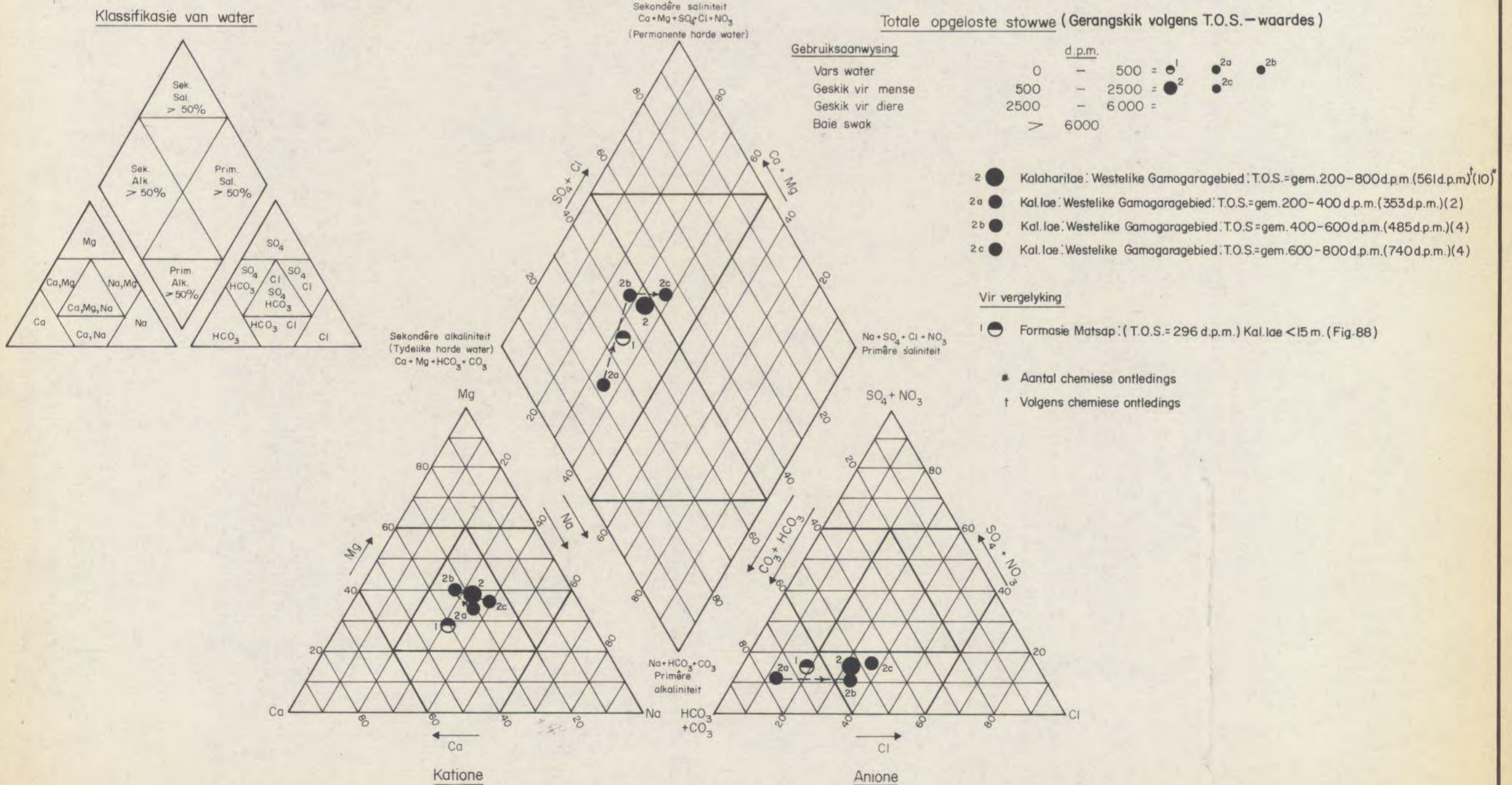


Fig.92 – Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Westelike Gamogaregebied

FIG. 91, 92

PIPER – DIAGRAM
Piper (1944)

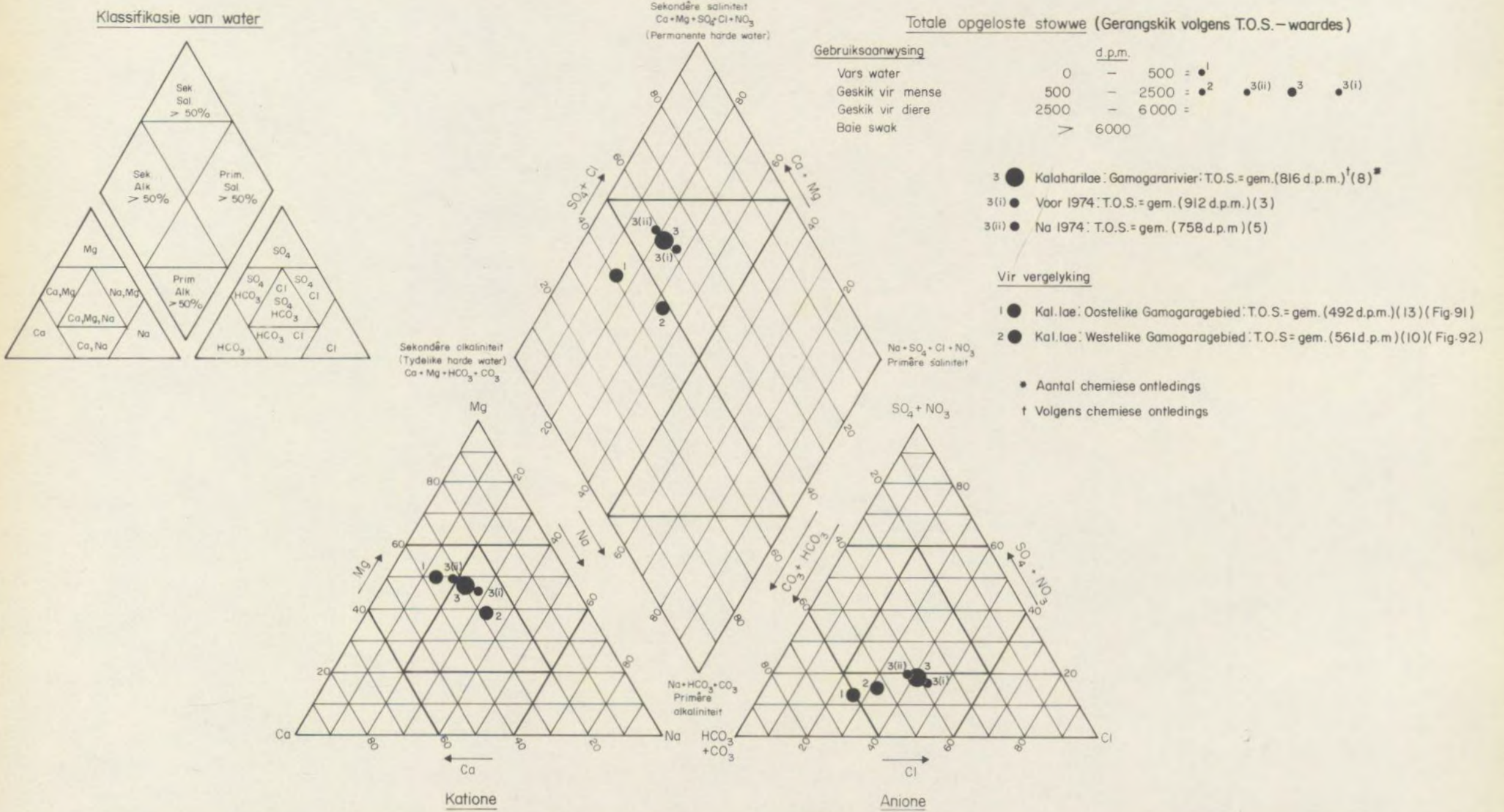


Fig.93 – Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Gamogarrivier.

PIPER – DIAGRAM
Piper (1944)

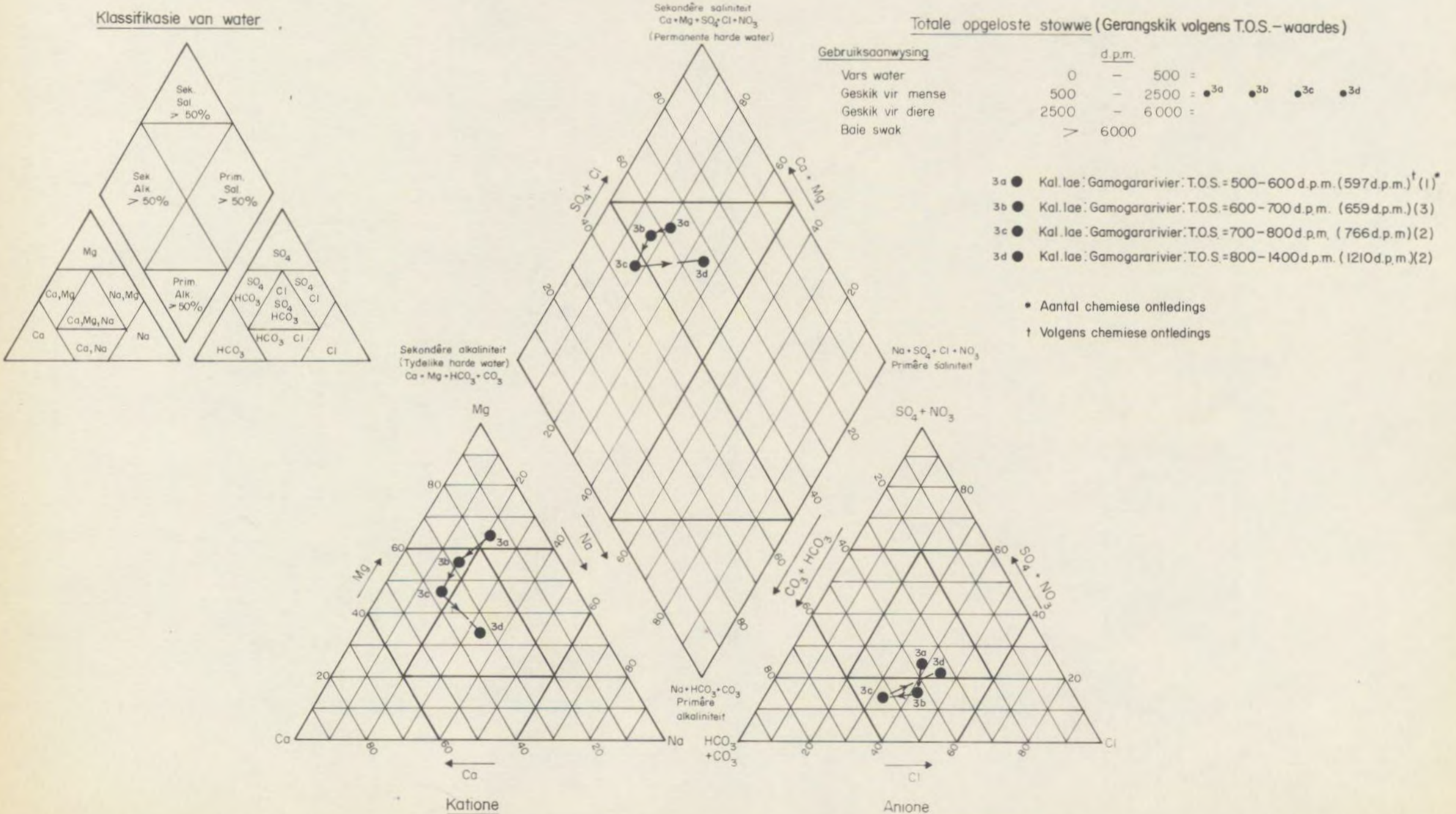


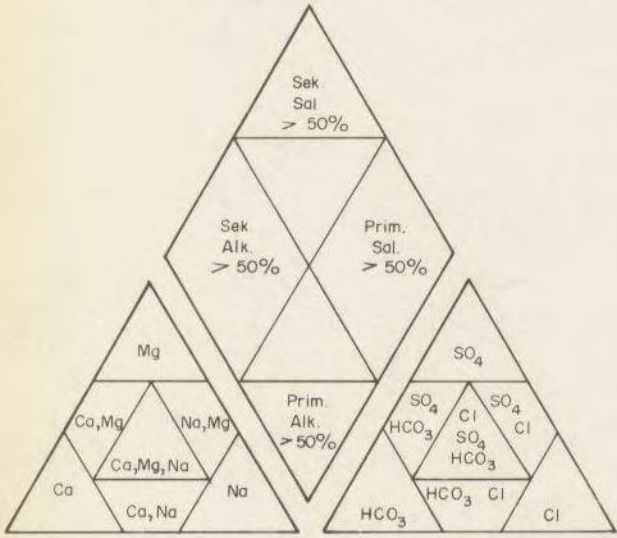
Fig.94 – Verandering in chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Gamogarrivier

FIG. 93, 94

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

Klassifikasie van water



Sekondêre saliniteit
Ca + Mg + SO₄ + Cl + NO₃
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Gerangskik volgens T.O.S. - waardes)

Gebruiksaanwysing

- Vars water
- Geskiik vir mense
- Geskiik vir diere
- Baie swak

d.p.m.	
0 - 500	= 1
500 - 2500	= 2
2500 - 6000	= 3
> 6000	= 4

4 ● Kalaharilae: Berylgebied: (3060 d.p.m.)[†](1)*

Vir vergelyking

- 1 ■ Dwyka: (5008 d.p.m.)(1)(Fig.89)
- 1 ● Matsap: (296 d.p.m.)(7)(Fig.88)

† Volgens chemiese ontledings

● Aantal chemiese ontledings

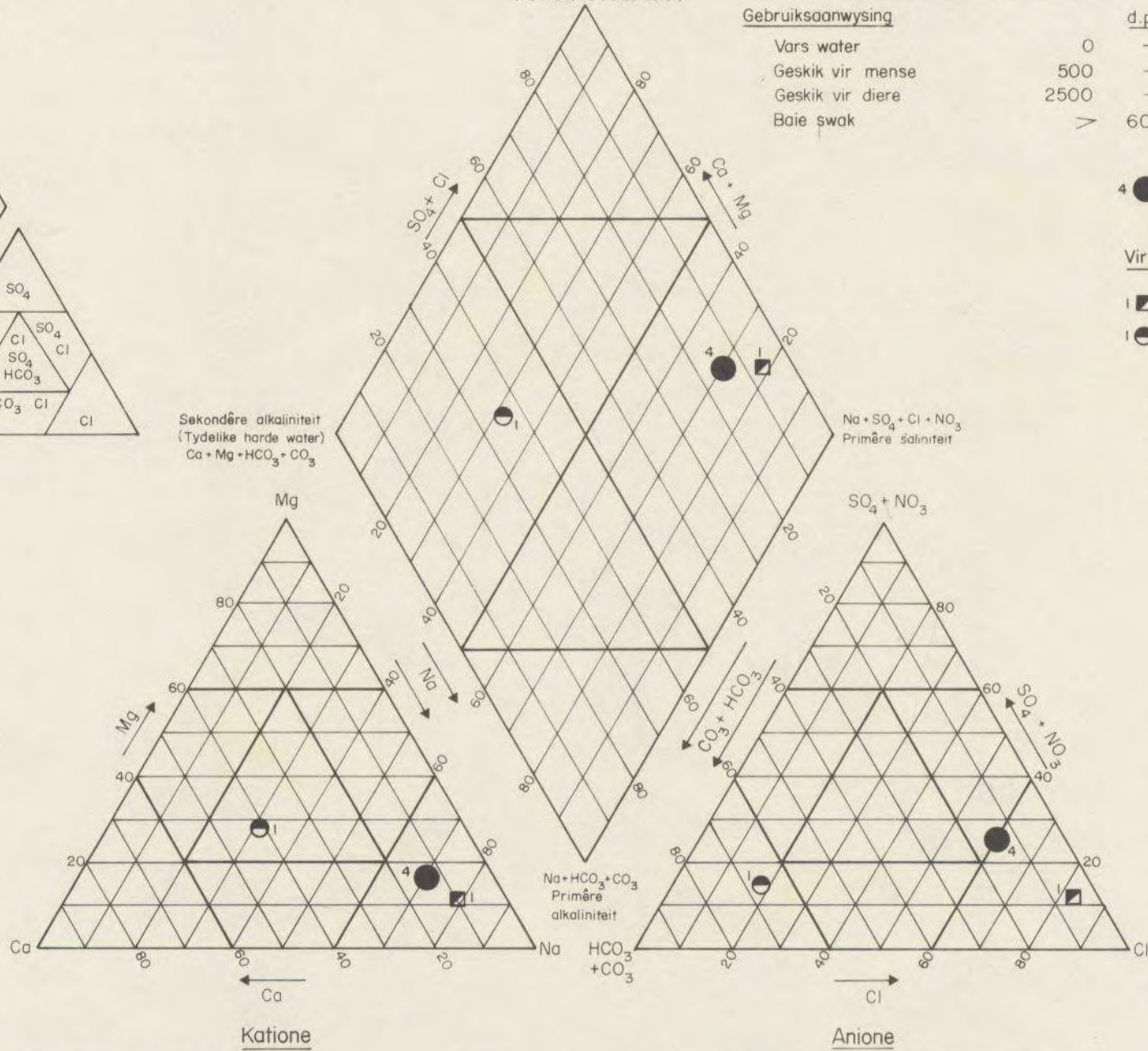
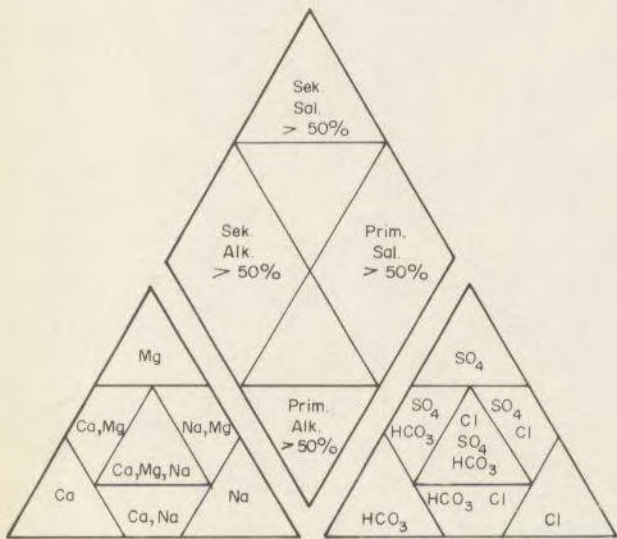


Fig. 95 - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Berylgebied

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

Klassifikasie van water



Sekondêre saliniteit
Ca + Mg + SO₄ + Cl + NO₃
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Gerangskik volgens T.O.S. - waardes)

Gebruiksaanwysing

- Vars water
- Geskiik vir mense
- Geskiik vir diere
- Baie swak

d.p.m.	
0 - 500	= 3
500 - 2500	= 2
2500 - 6000	= 1
> 6000	= 4

5 ● Kalaharilae: langs Kurumanrivier (876 d.p.m.)[†](3)*

Vir vergelyking

- 3 ● Formasie Lucknow: Skimmel Koppies: Kal.lae < 15m: (302 d.p.m.)(1)(Fig.86)
- 2 ● Kalaharilae, Westelike Gamogagebied: (561 d.p.m.)(10)(Fig.92)
- 4 ● Kalaharilae, Berylgebied: (3060 d.p.m.)(1)(Fig.95)
- 1 ● Kalaharilae, Oostelike Gamogagebied: (492 d.p.m.)(13)(Fig.91)
- 4 ▲ Formasie Ongeluk: Kal.lae > 15m (1092 d.p.m.)(4)(Fig.84)

† Volgens chemiese ontledings

● Aantal chemiese ontledings

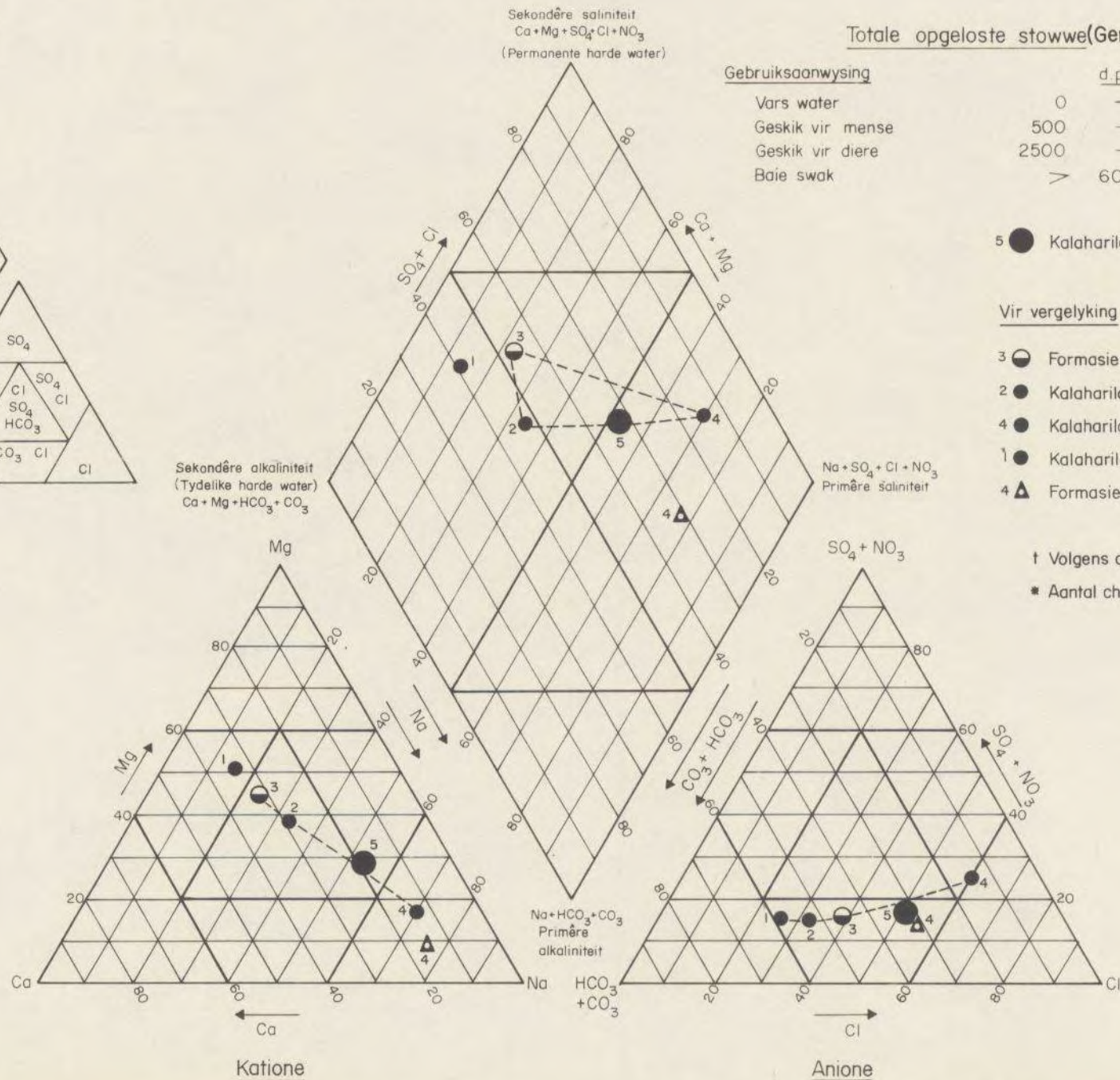


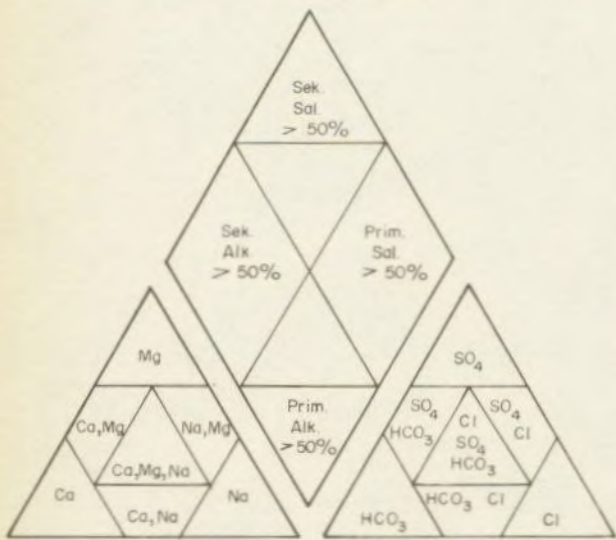
Fig. 96 - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Kurumanrivier

FIG. 95, 96

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

Klassifikasie van water



Sekondêre saliniteit
Ca + Mg + SO₄ + Cl + NO₃
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Gerangskik volgens T.O.S.-waardes)

Gebruiksaanwysing

Vars water
Gesik vir mense
Gesik vir diere
Baie swak

d.p.m.	0	500	2500	6000	> 6000
Vars water	○ ¹	○ ²	○ ³	○ ⁴	○ ⁵
Gesik vir mense	○ ¹	○ ²	○ ³	○ ⁴	○ ⁵
Gesik vir diere	○ ¹	○ ²	○ ³	○ ⁴	○ ⁵
Baie swak	○ ¹	○ ²	○ ³	○ ⁴	○ ⁵

- 6a ● Kal. lae, Moshawengrivier, bokant Laxey: (362 d.p.m.) (2)[†]
- 6b ● Kal. lae, Moshawengrivier, Laxey-Severn: (511 d.p.m.) (3)
- 6c ● Kal. lae, Moshawengrivier, onderkant Severn: (450 d.p.m.) (2)

Vir vergelyking

- 3 ● Formasie Lucknow, Skimmel Koppies: (302 d.p.m.) (1) (Fig. 86)
- 400 ▲ Tipiese water, Formasie Ongeluk: T.O.S. 400-1000 d.p.m. (Fig. 85)
- 500 ● Tipiese water, graniet: T.O.S. 500-3300 d.p.m. (Fig. 68)
- 3 ⊗ Formasie Ghaapplat: Tipiese variasie volgens T.O.S.-waardes (Fig. 74)
- 3 ⊗ Formasie Asbesberge: Kurumangebied: Kal. lae < 15m: (147 d.p.m.) (4) (Fig. 77)

† Volgens chemiese ontledings
* Aantal chemiese ontledings

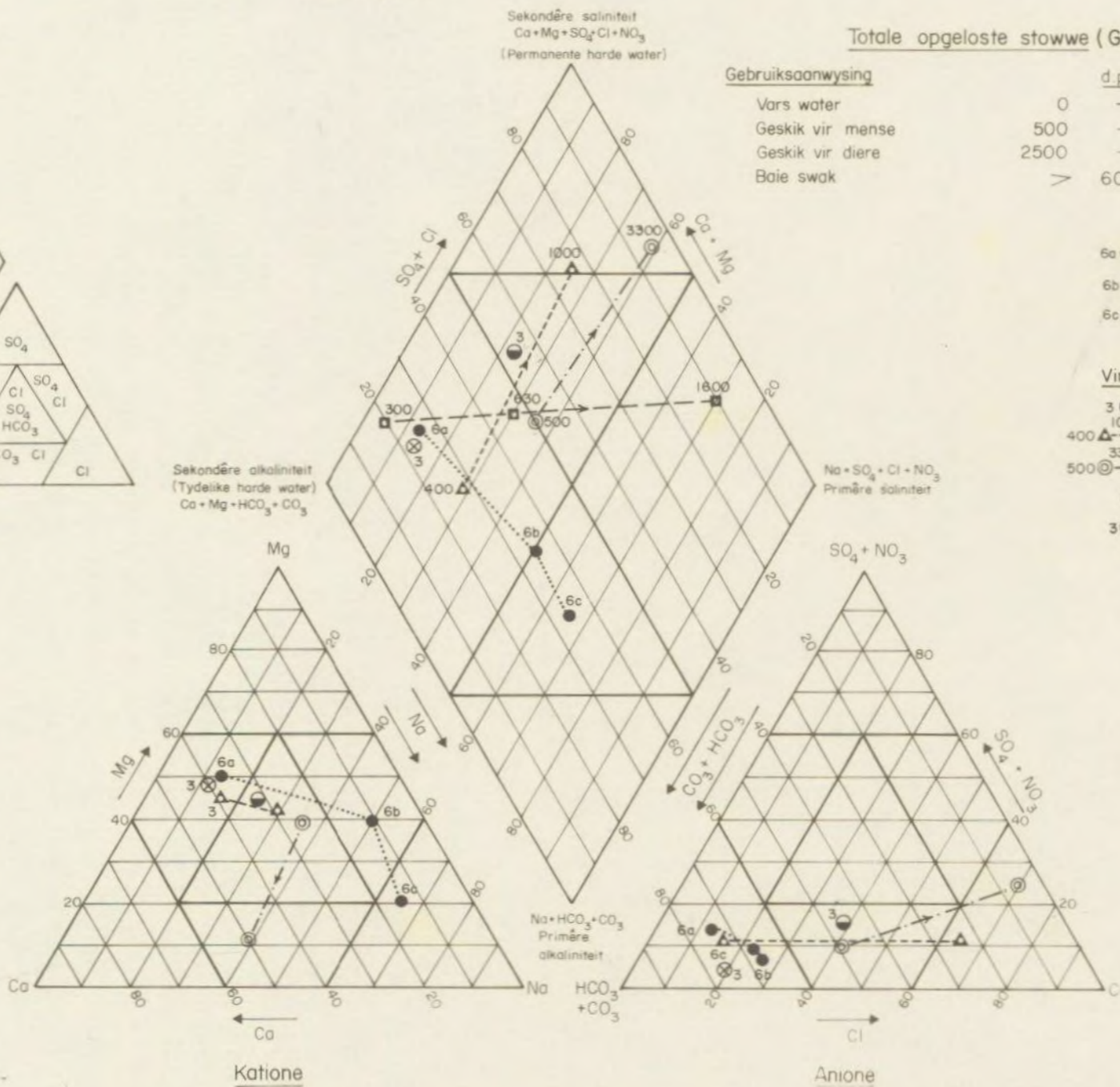
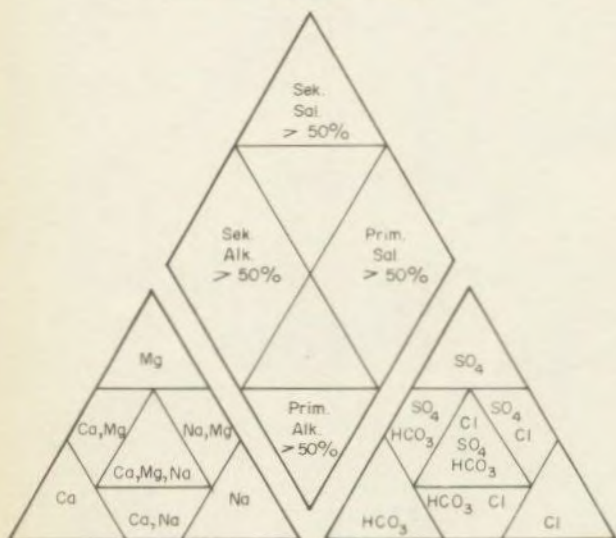


FIG. 97.- Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Moshawengrivier

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

Klassifikasie van water



Sekondêre saliniteit
Ca + Mg + SO₄ + Cl + NO₃
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Gerangskik volgens T.O.S.-waardes)

Gebruiksaanwysing

Vars water
Gesik vir mense
Gesik vir diere
Baie swak

d.p.m.	0	500	2500	6000	> 6000
Vars water	○ ¹	○ ²	○ ³	○ ⁴	○ ⁵
Gesik vir mense	○ ¹	○ ²	○ ³	○ ⁴	○ ⁵
Gesik vir diere	○ ¹	○ ²	○ ³	○ ⁴	○ ⁵
Baie swak	○ ¹	○ ²	○ ³	○ ⁴	○ ⁵

- 7 ● Kalaharilae: Aansluitgebied: (760 d.p.m.) (2)[†]

Vir vergelyking

- 3 ● Formasie Lucknow, Skimmelkoppies: (302 d.p.m.) (1) (Fig. 86)
- 3 ▲ Formasie Ongeluk: in Moshawengrivier: (341 d.p.m.) (3) (Fig. 84)
- 4 ▲ Formasie Ongeluk: Kal. lae > 15m (1092 d.p.m.) (4) (Fig. 84)
- 6c ● Kal. lae: Moshawengrivier, onderkant Severn: (450 d.p.m.) (2) (Fig. 97)

* Aantal chemiese ontledings
† Volgens chemiese ontledings

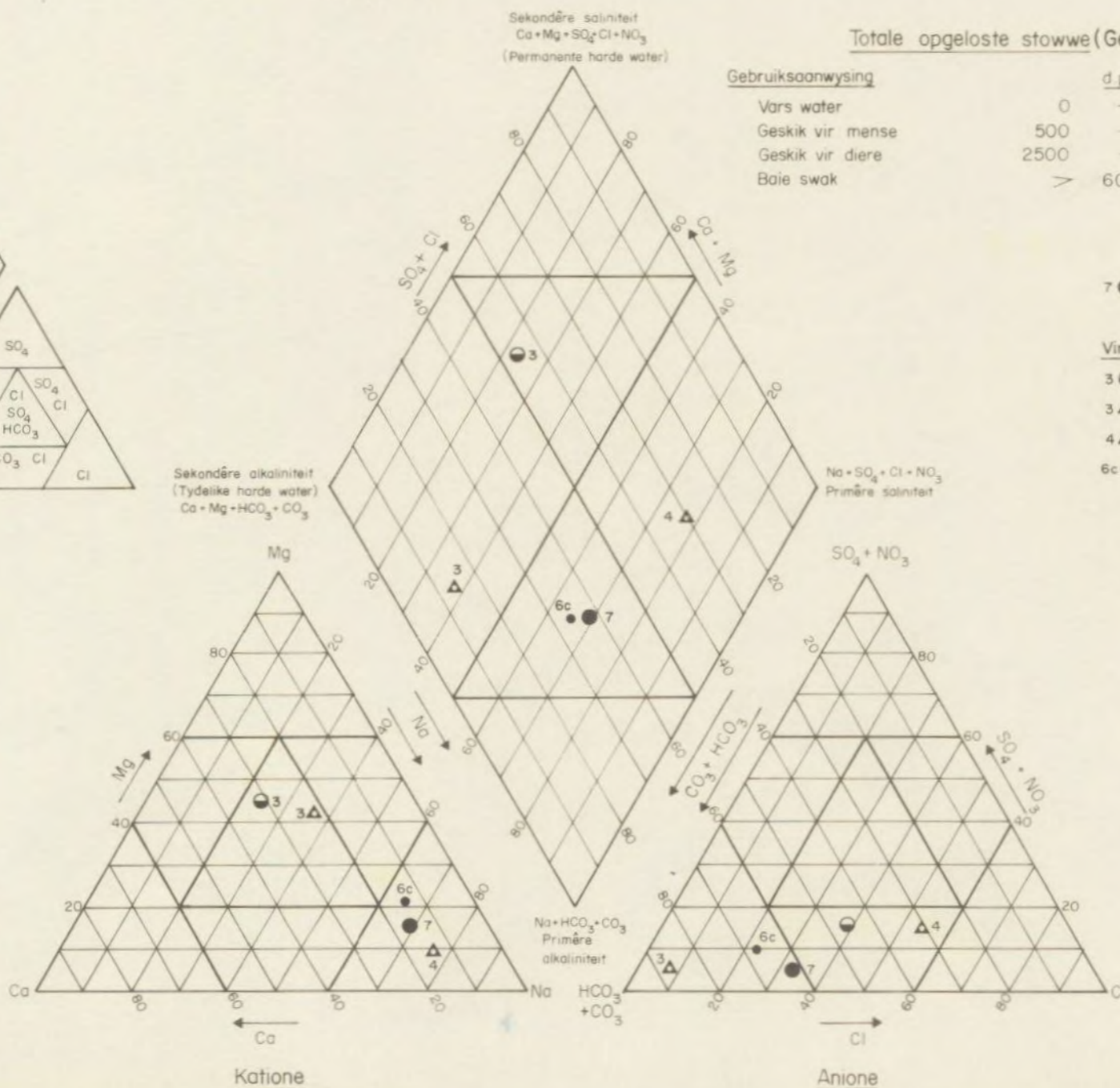


FIG. 98.- Chemiese samestelling van grondwater in die Formasie Kalahari in Aansluitgebied

PIPER – DIAGRAM
Piper (1944)

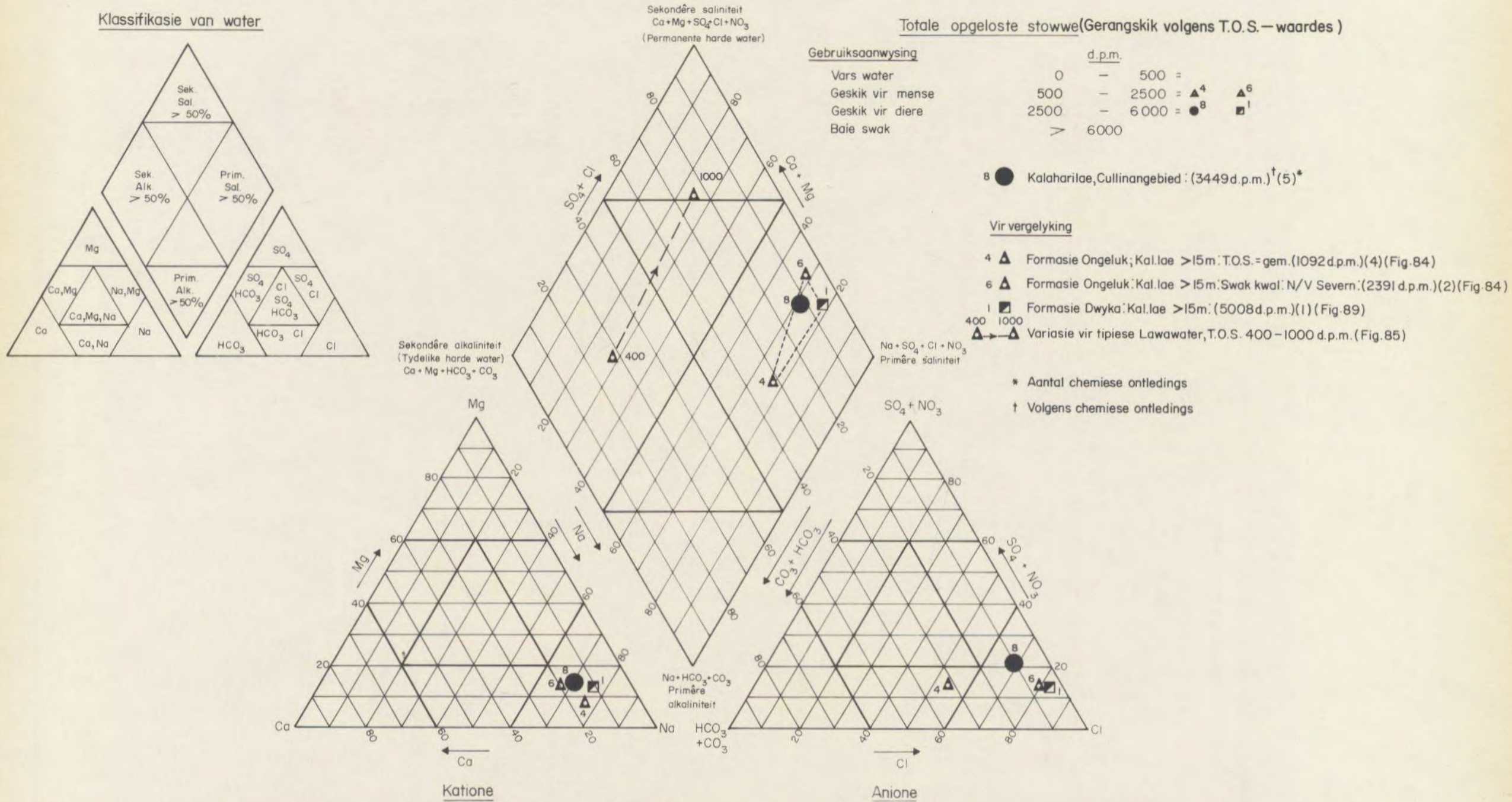


Fig.99 – Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Cullinangebied.

PIPER – DIAGRAM
Piper (1944)

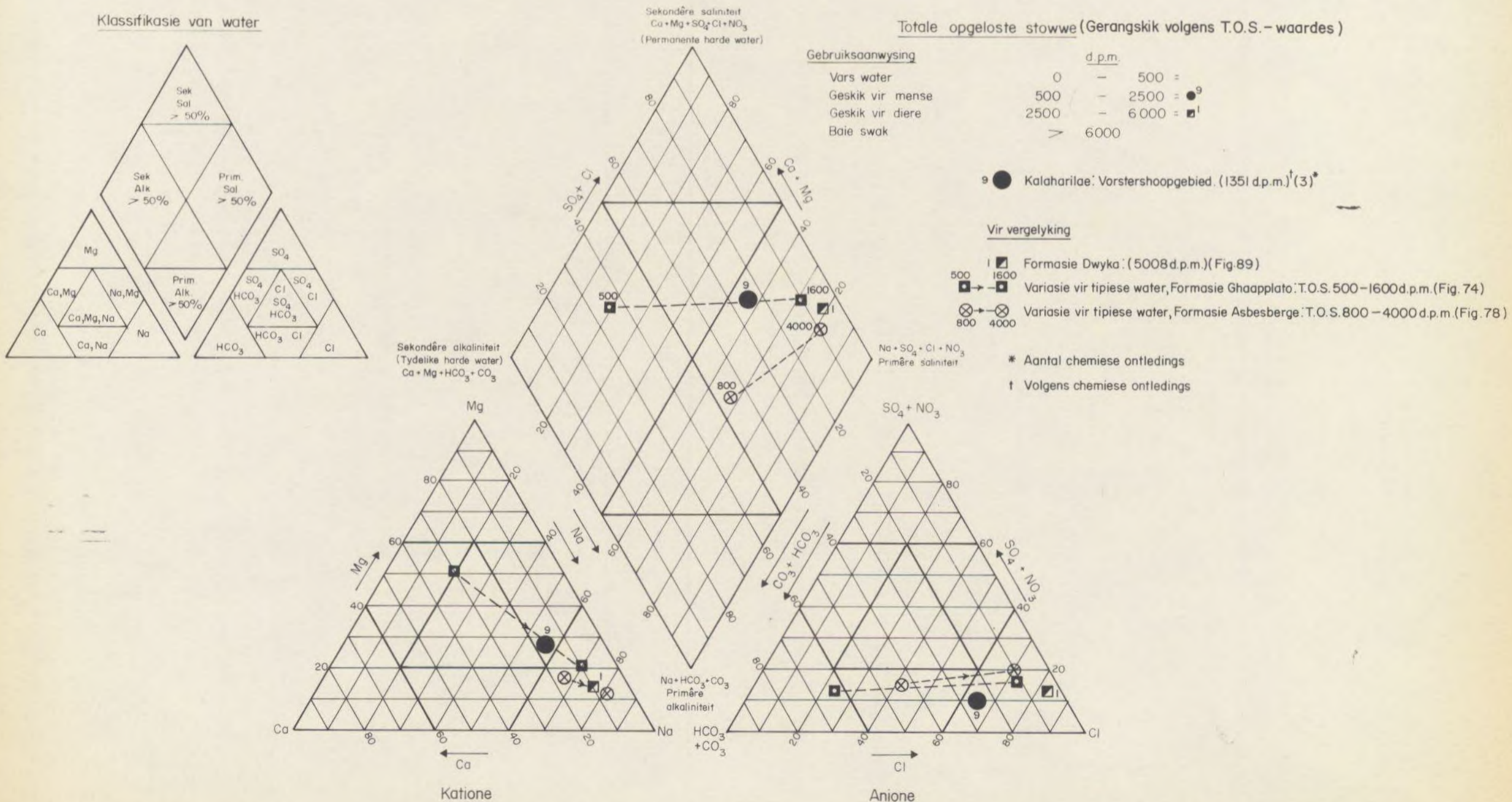


Fig.100 – Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Vorstershoopgebied

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

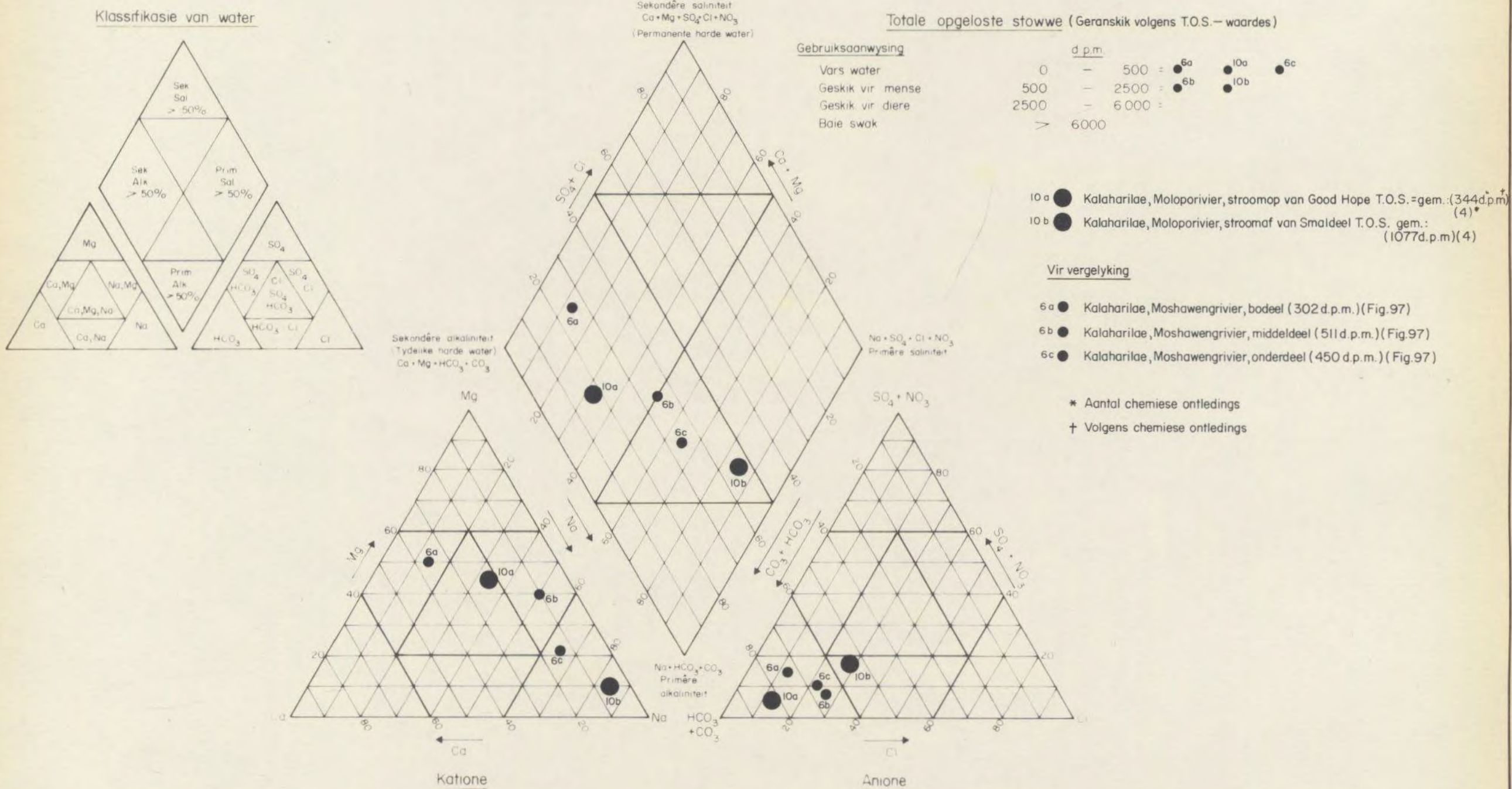


Fig. 101 - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari langs Moloporivier.

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

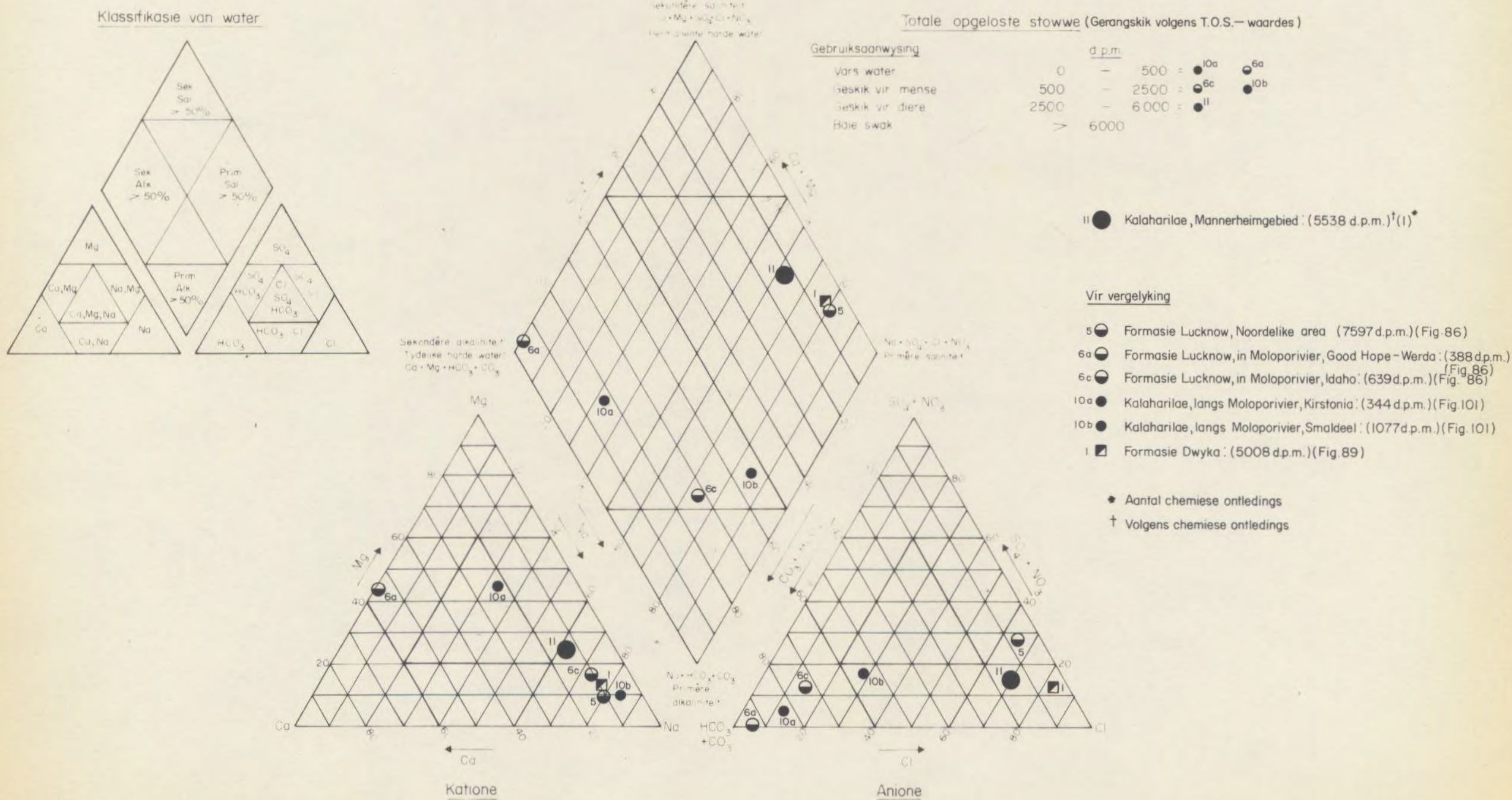
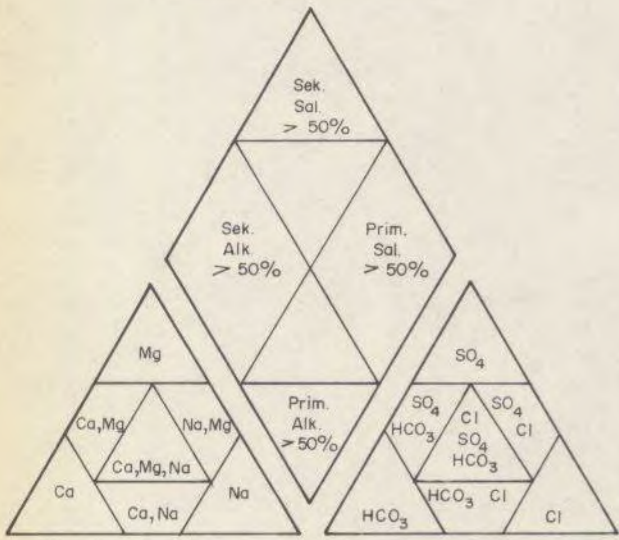


Fig. 102 - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Mannerheimgebied.

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

Klassifikasie van water



Sekondêre saliniteit
 $Ca + Mg + SO_4 + Cl + NO_3$
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Geranskik volgens T.O.S.-waardes)

Gebruiksaanwysing	d.p.m.	
Vars water	0	500 = \bullet^{10a}
Gesik vir mense	500	2500 = Δ^4 \bullet^{12}
Gesik vir diere	2500	6000 =
Baie swak	> 6000	

$12 \bullet$ Kalaharilae, Terra Firmagebied: (1737 d.p.m.)[†](2)*

Vir vergelyking

- $\Delta \rightarrow \Delta$ Tipiese variasie; Formasie Ongeluk, 1000 - 4000 d.p.m. (Fig. 85)
- $\otimes \rightarrow \otimes$ Tipiese variasie; Formasie Asbesberge, 800 - 4000 d.p.m. (Fig. 78)
- Δ Formasie Ongeluk: Kal.lae > 15 m: (1092 d.p.m.) (Fig. 84)
- $10a \bullet$ Kalaharilae, Maloprivier stroomop van Kirstonia: (344 d.p.m.) (Fig. 101)

* Aantal chemiese ontledings
† Volgens chemiese ontledings

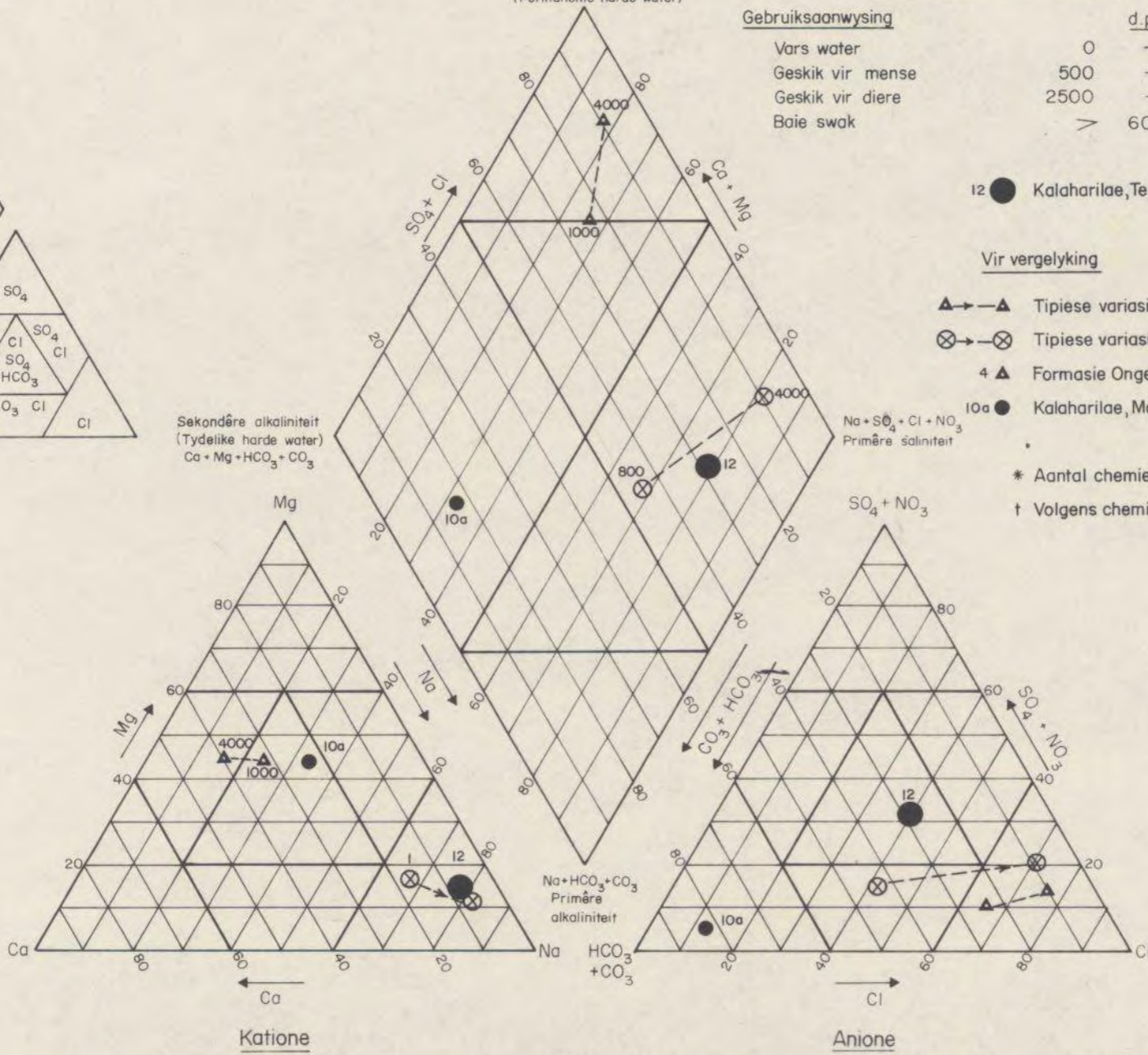
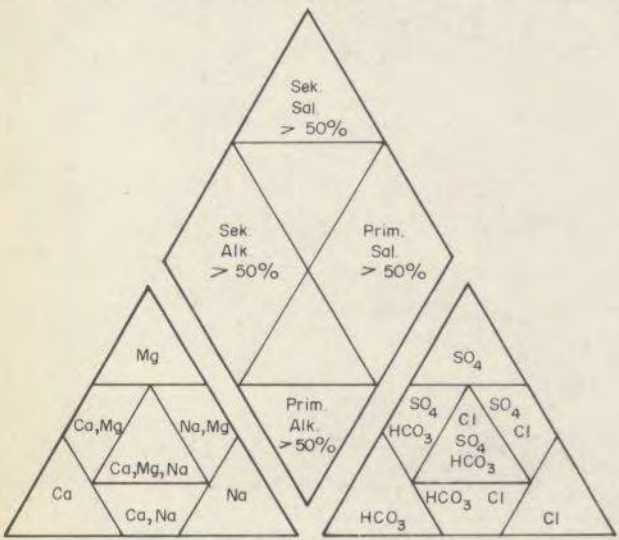


Fig. 103 - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Terra Firmagebied

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

Klassifikasie van water



Sekondêre saliniteit
 $Ca + Mg + SO_4 + Cl + NO_3$
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Geranskik volgens T.O.S.-waardes)

Gebruiksaanwysing	d.p.m.	
Vars water	0	500 = \bullet^{13}
Gesik vir mense	500	2500 =
Gesik vir diere	2500	6000 =
Baie swak	> 6000	

$13 \bullet$ Kalaharilae, Vergeleëgebied: (582 d.p.m.)[†](1)*

Vir vergelyking

- $\square \rightarrow \square$ Tipiese water in dolomiet van Formasie Ghaapplate, T.O.S. 400 - 1600 d.p.m. (Fig. 74)

* Aantal chemiese ontledings
† Volgens chemiese ontledings

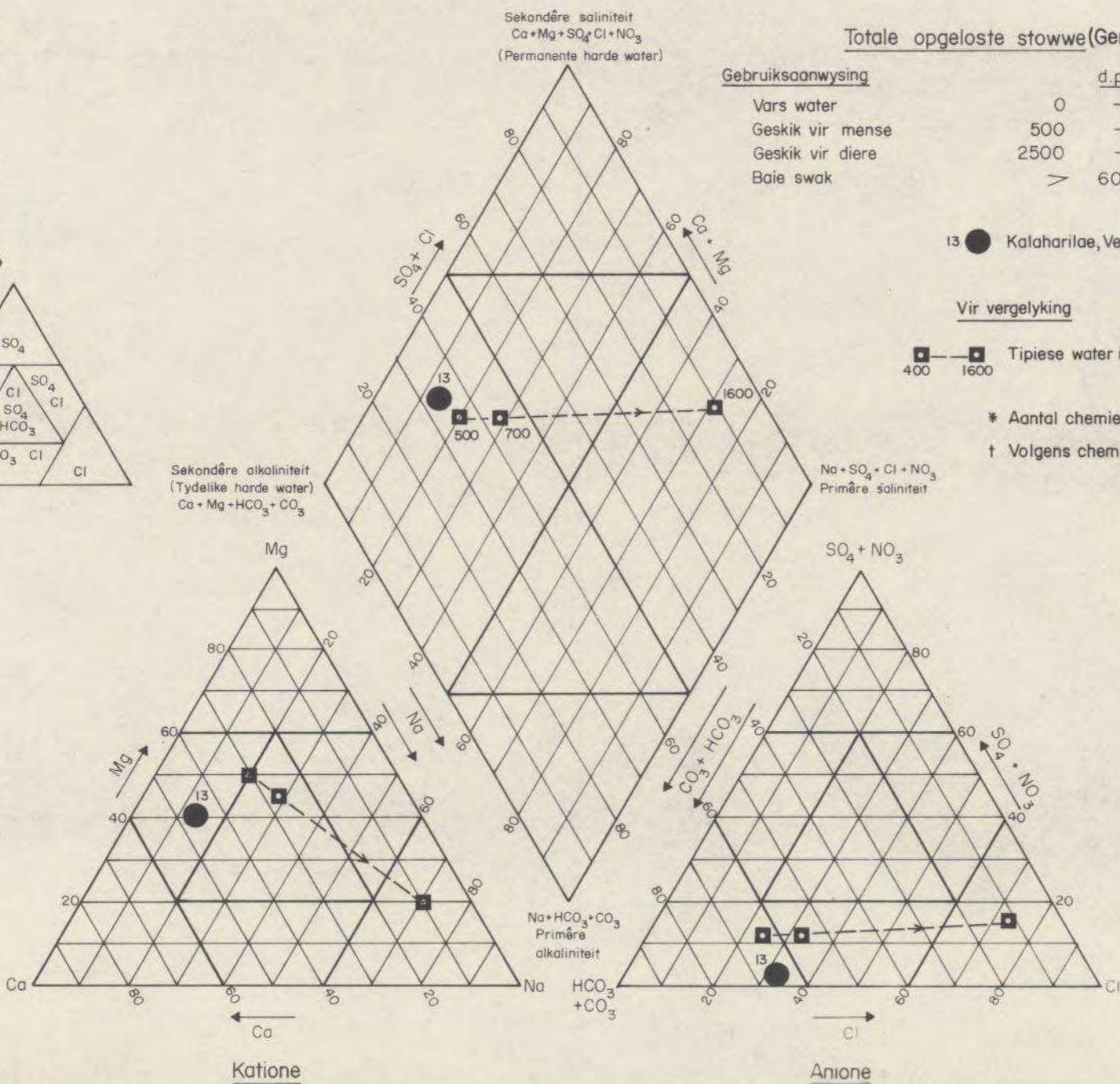


Fig. 104 - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Vergeleëgebied

FIG. 103, 104

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

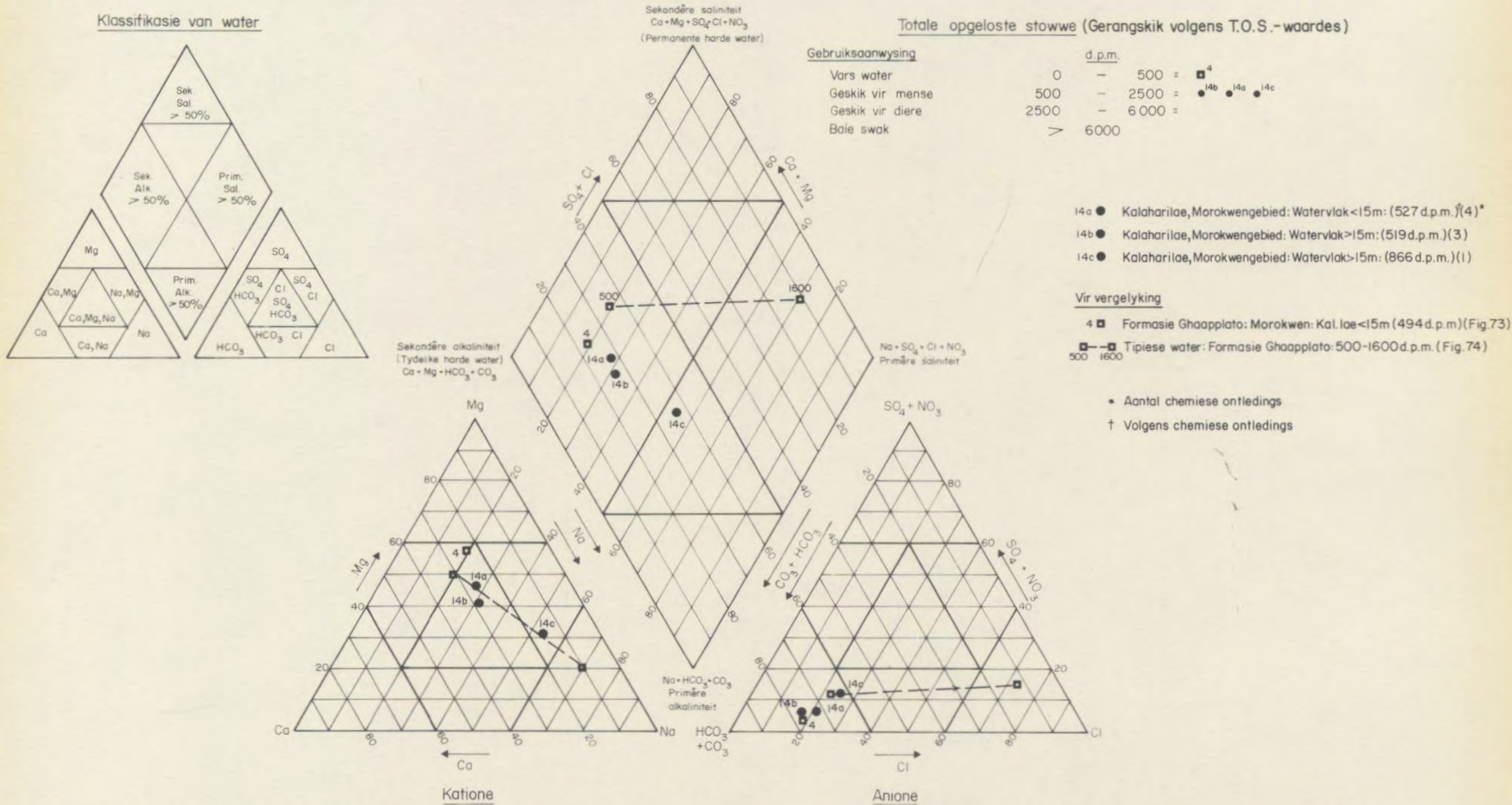


FIG.105. - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Morokwengebied

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

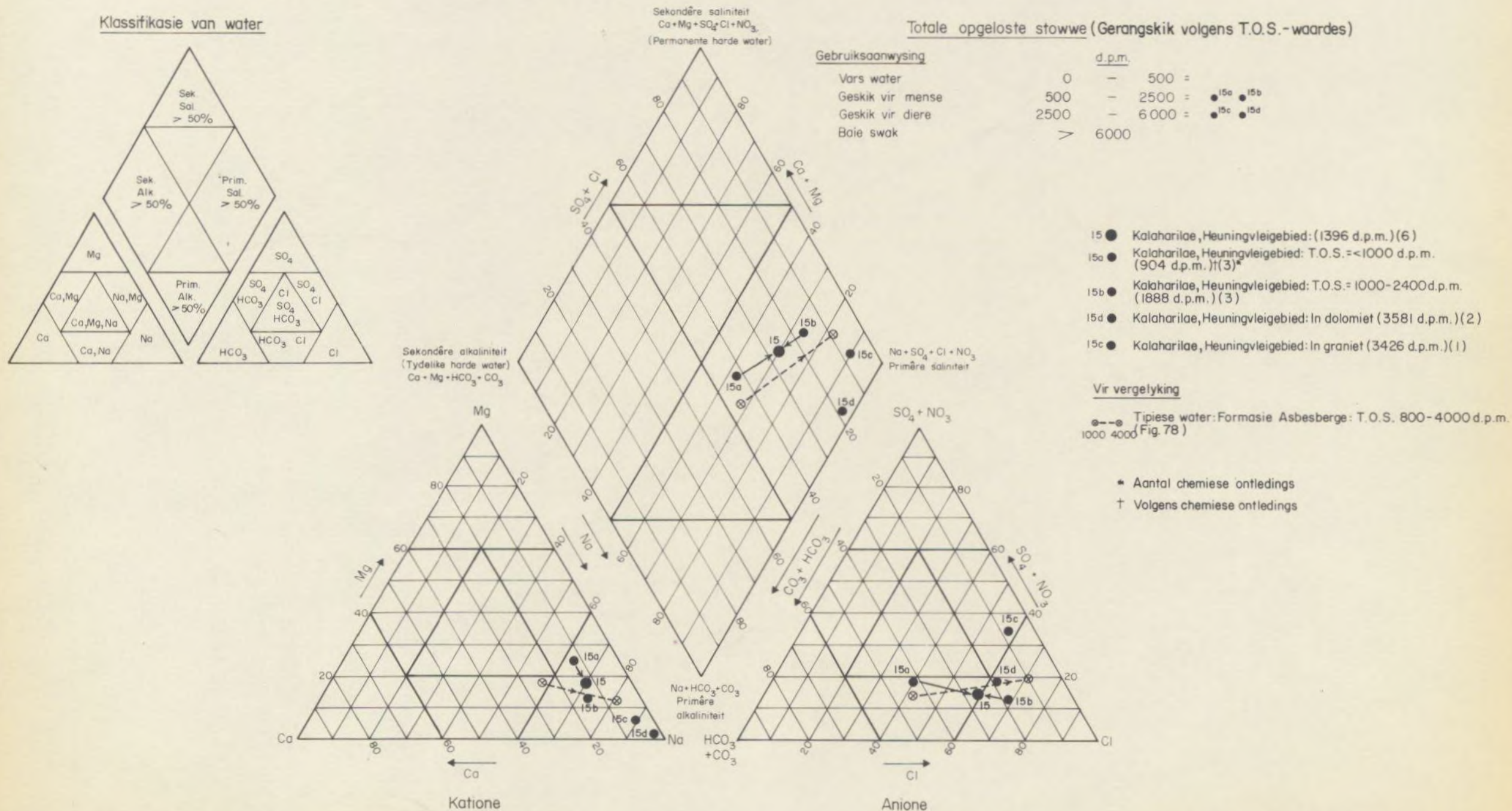
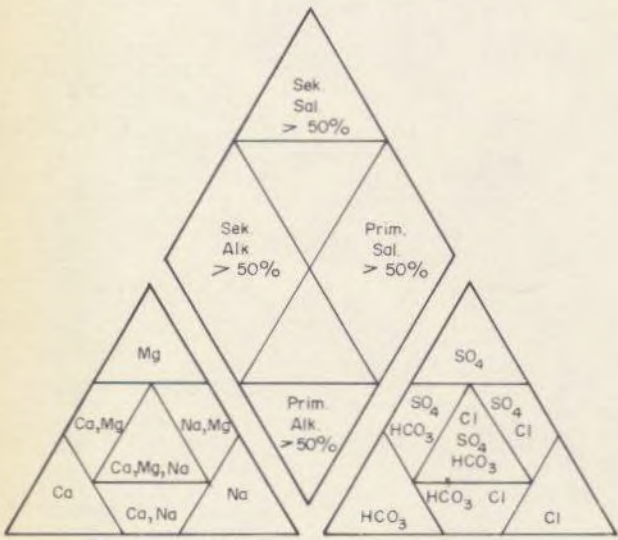


FIG.106. - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Heuningvleigebied

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

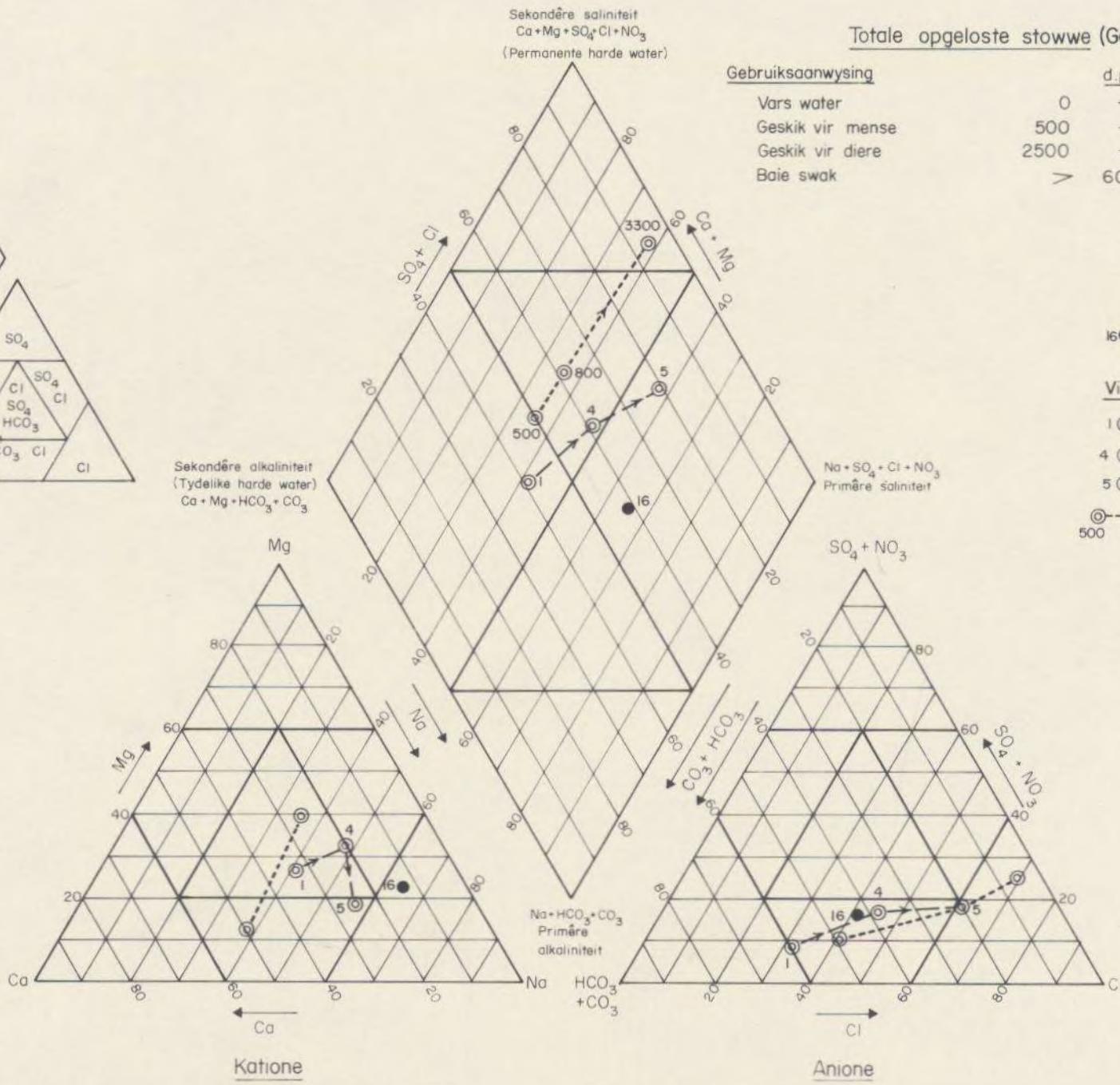
Klassifikasie van water



Sekondêre saliniteit
Ca + Mg + SO₄ + Cl + NO₃
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Gerangskik volgens T.O.S.-waardes)

Gebruiksaanwysing	d.p.m.
Vars water	0 - 500 = ● ¹
Geskik vir mense	500 - 2500 = ● ⁴ ● ¹⁶ ● ⁵
Geskik vir diere	2500 - 6000 =
Baie swak	> 6000



16 ● Kalaharilae, Kgokgolegebied: (793 d.p.m.)†(2)*

Vir vergelyking

- 1 ● Graniet: Kal. lae 0-15m: (467 d.p.m.) (Fig. 67)
- 4 ● Graniet: Kal. lae 15-60m: Blok B: (630 d.p.m.) (Fig. 67)
- 5 ● Graniet: Kal. lae >60m, Blok B: (1231 d.p.m.) (Fig. 67)
- Tipiese water, graniet (500-3300 d.p.m.) (Fig. 68)

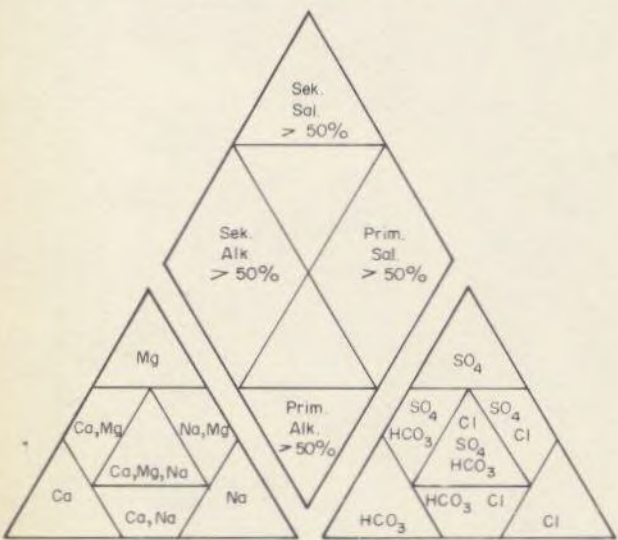
- * Aantal chemiese ontledings
- † Volgens chemiese ontledings

FIG.107. - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahan in Kgokgolegebied

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

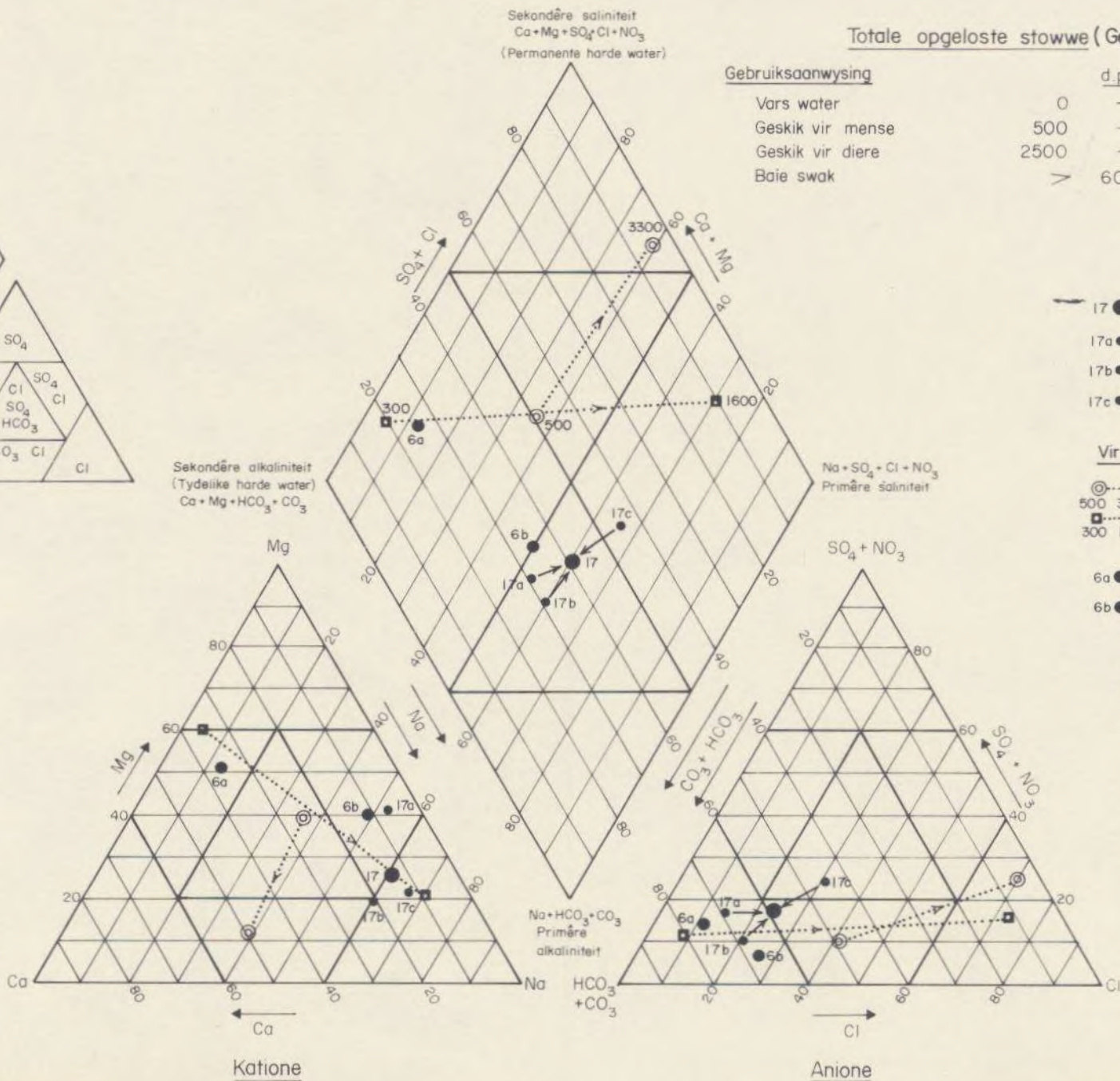
Klassifikasie van water



Sekondêre saliniteit
Ca + Mg + SO₄ + Cl + NO₃
(Permanente harde water)

Totale opgeloste stowwe (Gerangskik volgens T.O.S.-waardes)

Gebruiksaanwysing	d.p.m.
Vars water	0 - 500 = ● ^{6a} ● ^{17a}
Geskik vir mense	500 - 2500 = ● ^{6b} ● ^{17b} ● ^{17c}
Geskik vir diere	2500 - 6000 =
Baie swak	> 6000



- 17 ● Kalaharilae, N/V Moshawengrivier: gemiddelde: (588 d.p.m.)†(3)*
- 17a ● Kalaharilae, N/V Moshawengrivier: in graniet (420 d.p.m.) (1)
- 17b ● Kalaharilae, N/V Moshawengrivier: in dolomiet (604 d.p.m.) (1)
- 17c ● Kalaharilae, N/V Moshawengrivier: in doleriet en dolomiet (739) (1)

Vir vergelyking

- Tipiese water, graniet T.O.S. 500-3300 d.p.m. (Fig. 68)
- 500 3300
- Tipiese water, Formasie Ghaaplatto: T.O.S. 500-1600 d.p.m. (Fig. 74)
- 300 1600

- 6a ● Kalaharilae: Moshawengrivier, stroomop van Laxey: (362 d.p.m.) (Fig. 97)
- 6b ● Kalaharilae: Moshawengrivier, Laxey-Severn: (511 d.p.m.) (Fig. 97)

- * Aantal chemiese ontledings
- † Volgens chemiese ontledings

FIG. 108. - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in gebied noord van Moshawengrivier

FIG.107,108

PIPER - DIAGRAM

Piper (1944)

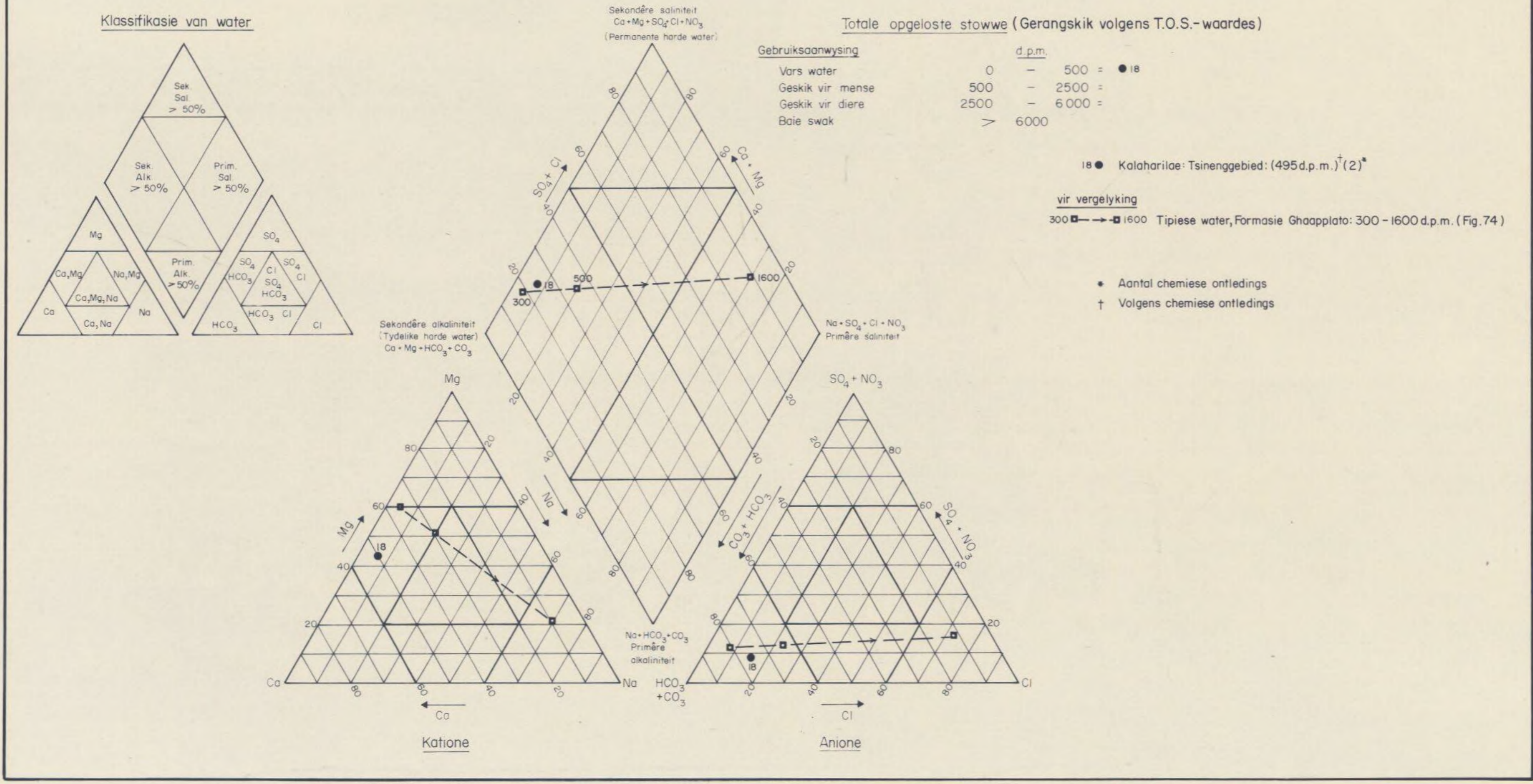


FIG. 109. - Chemiese samestelling van grondwater in Formasie Kalahari in Tsinenggebied

PIPER - DIAGRAM
Piper (1944)

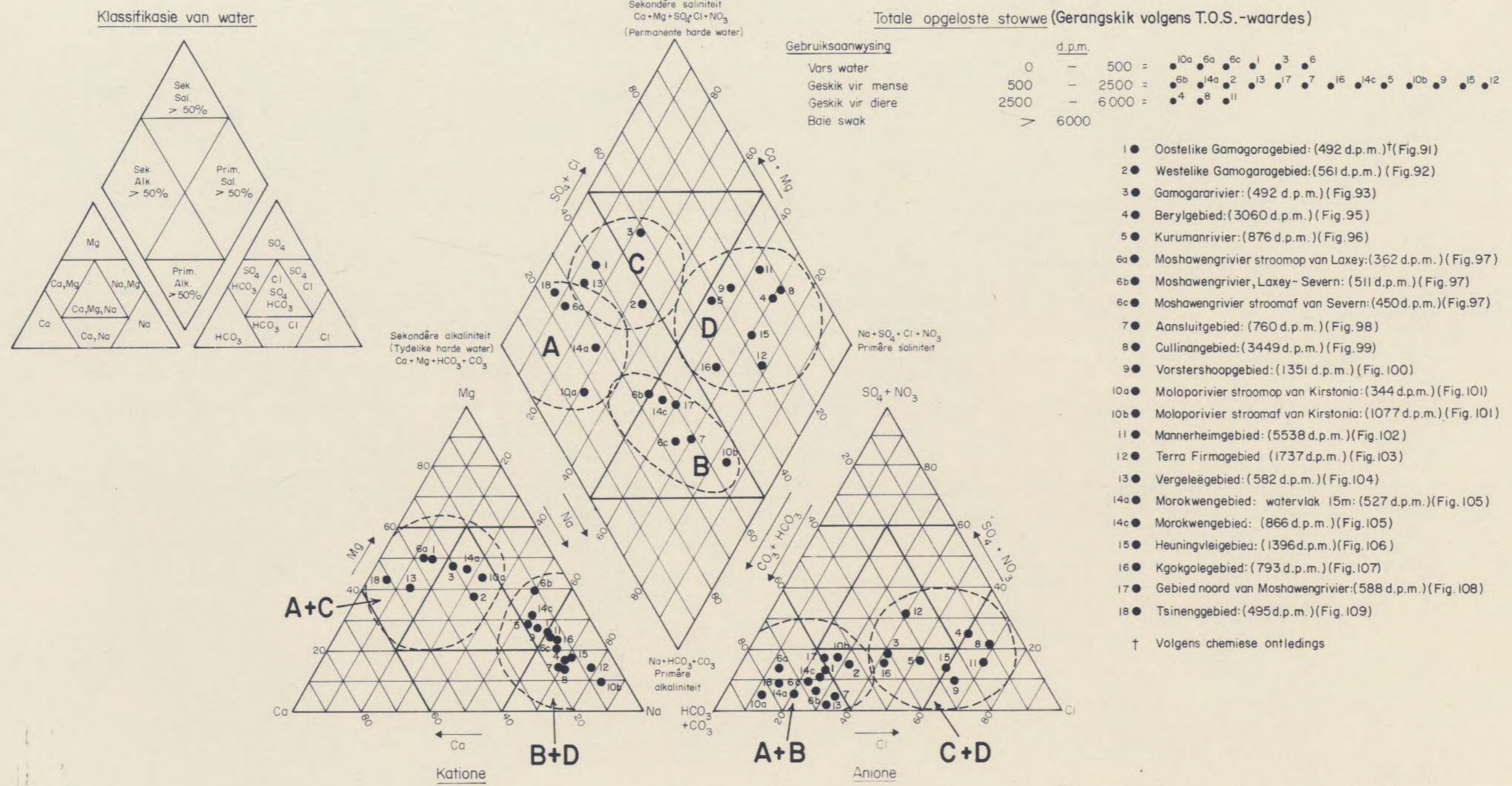


FIG. 110 - Samevatting van grondwatertipes in Formasie Kalahari

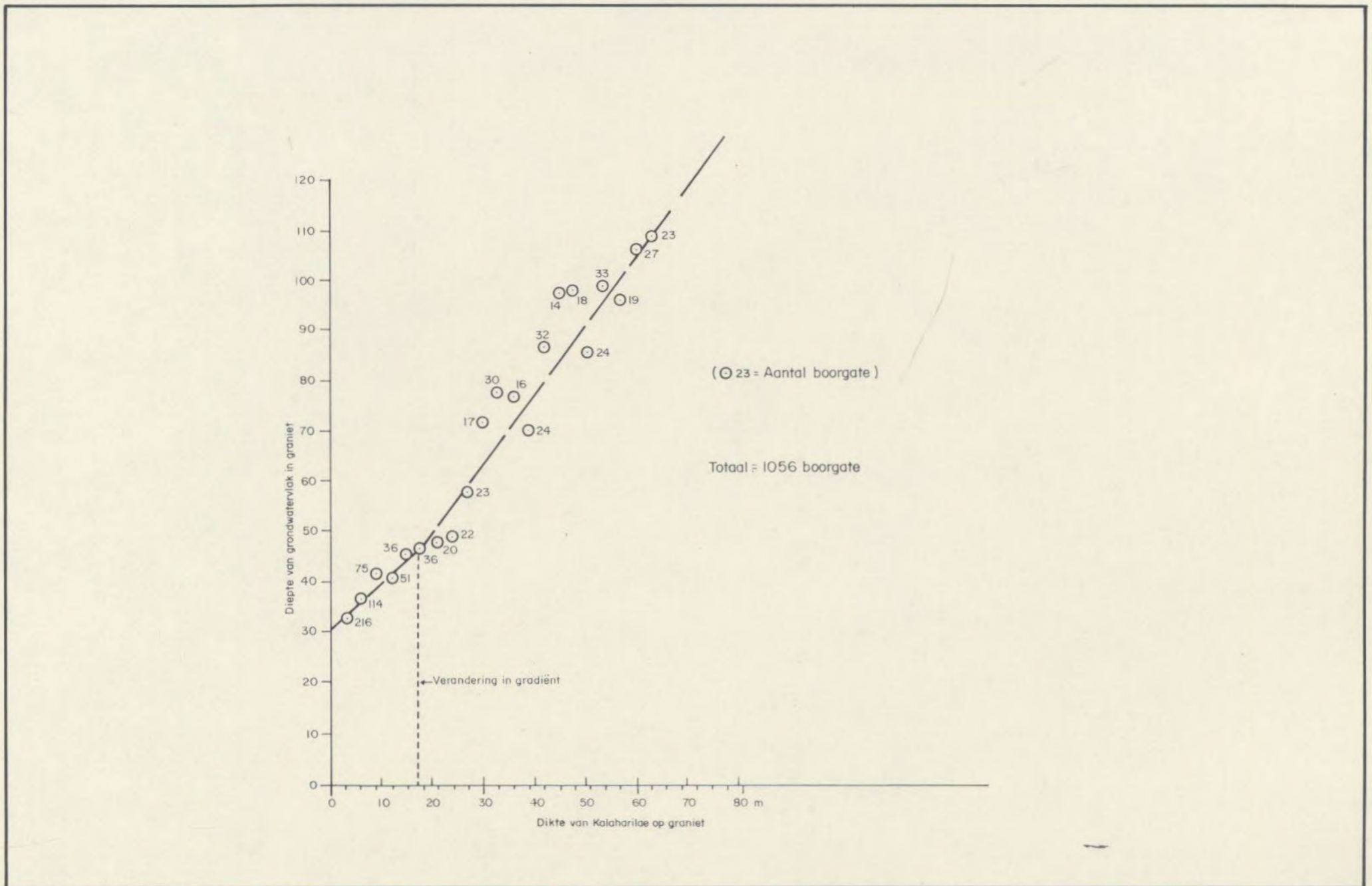


Fig. III — Verhouding tussen dikte van Kalaharilae op graniet en diepte van grondwatervlak

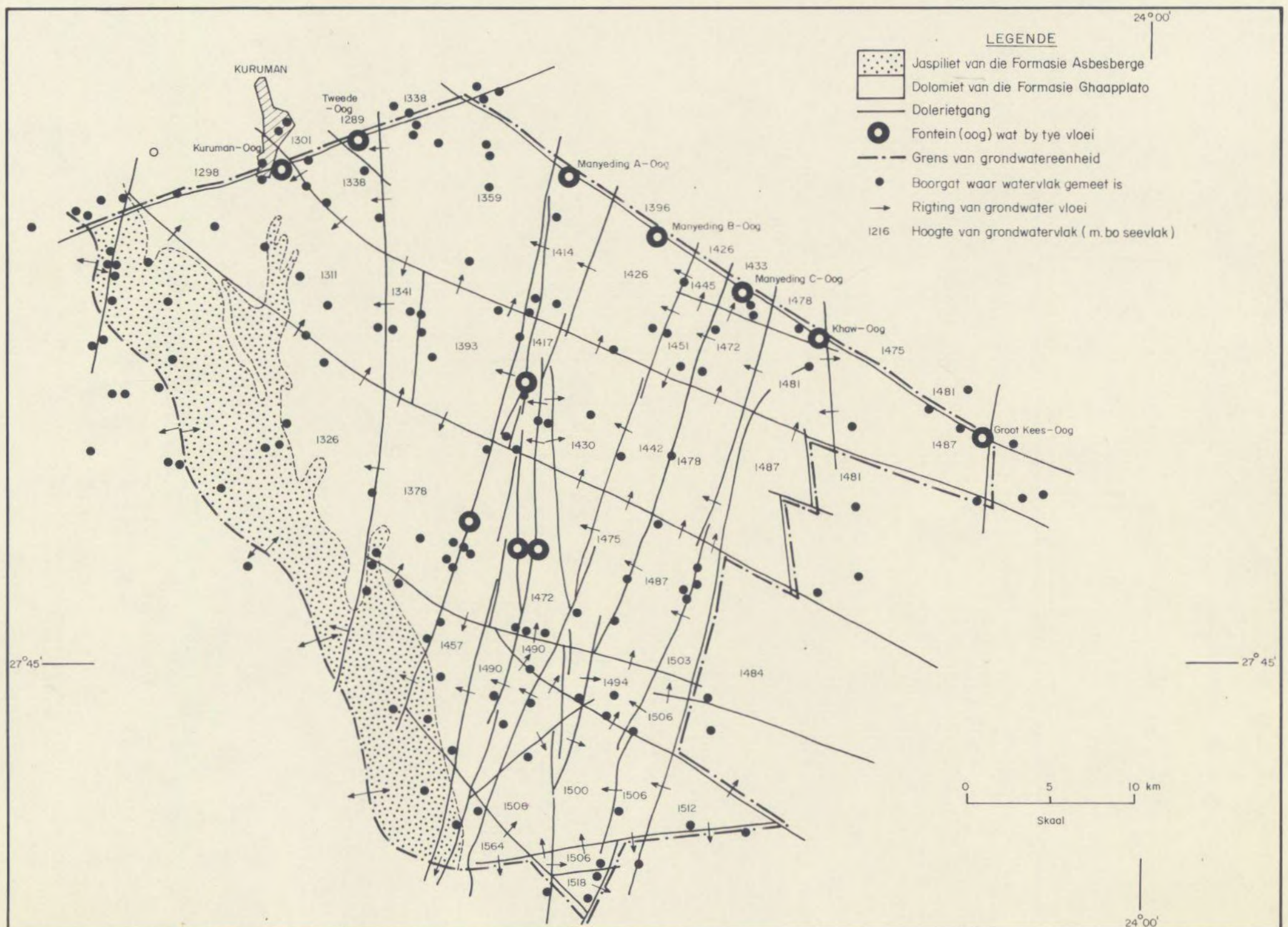
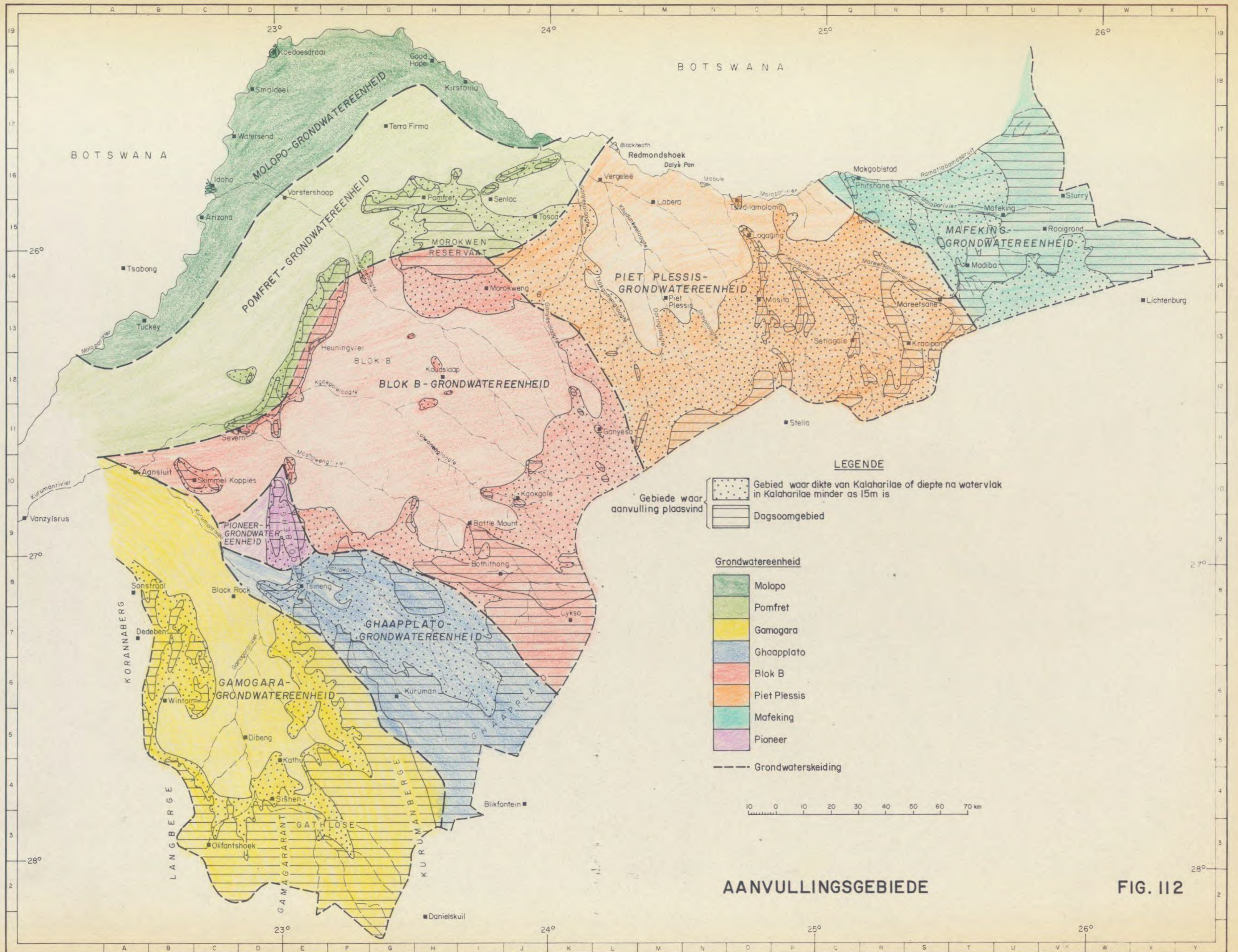
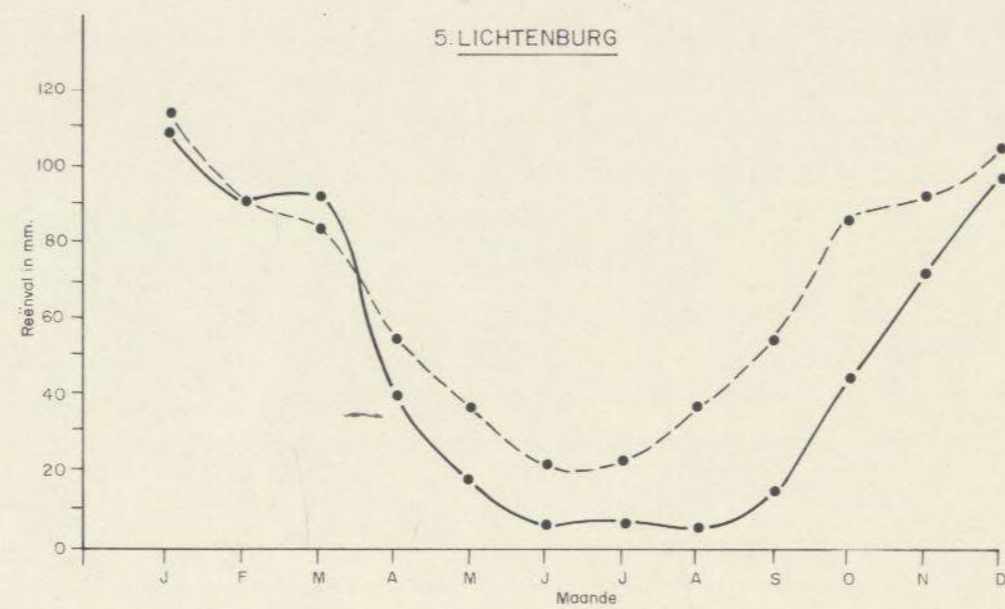
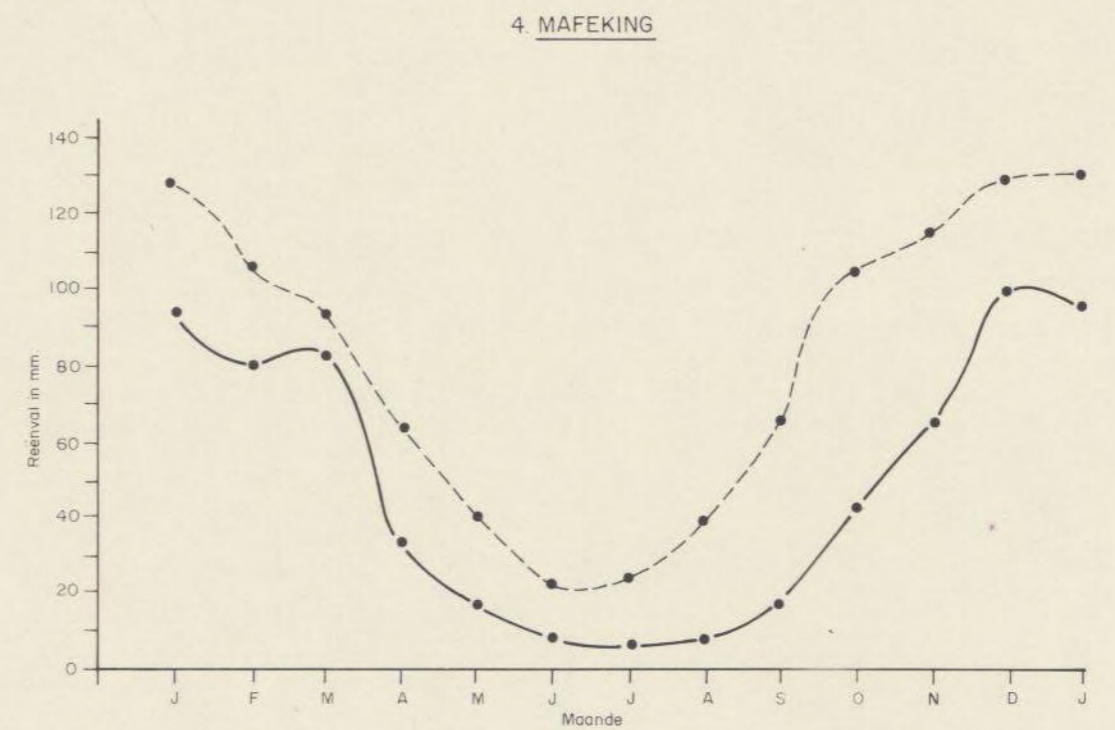
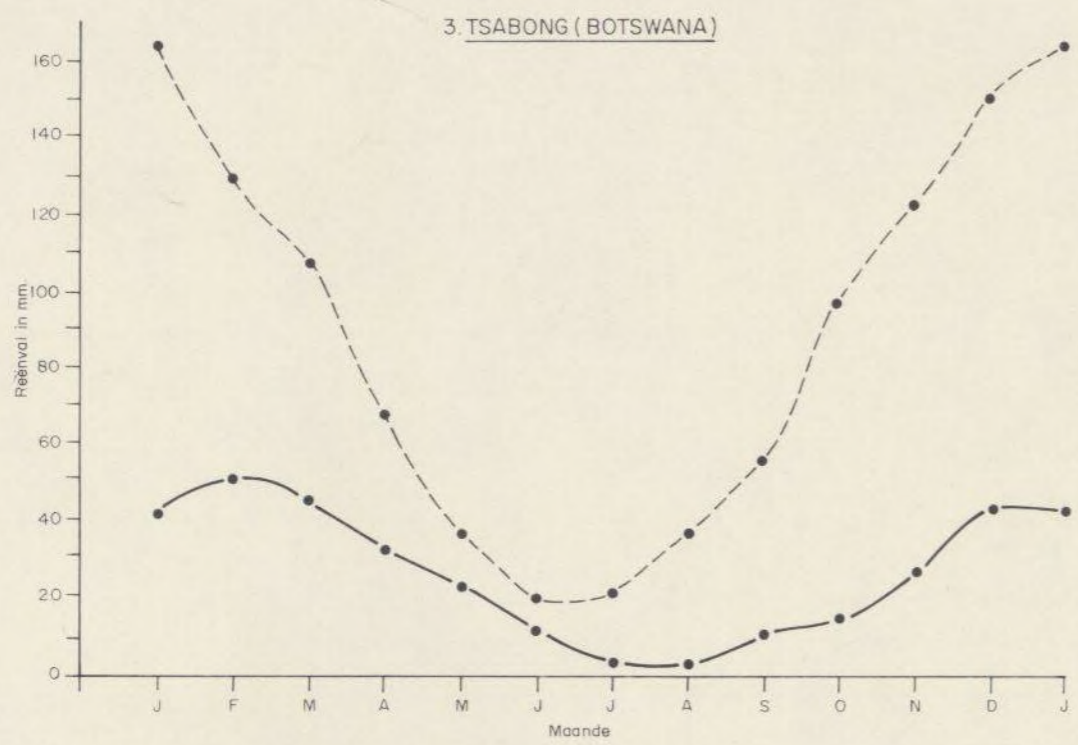
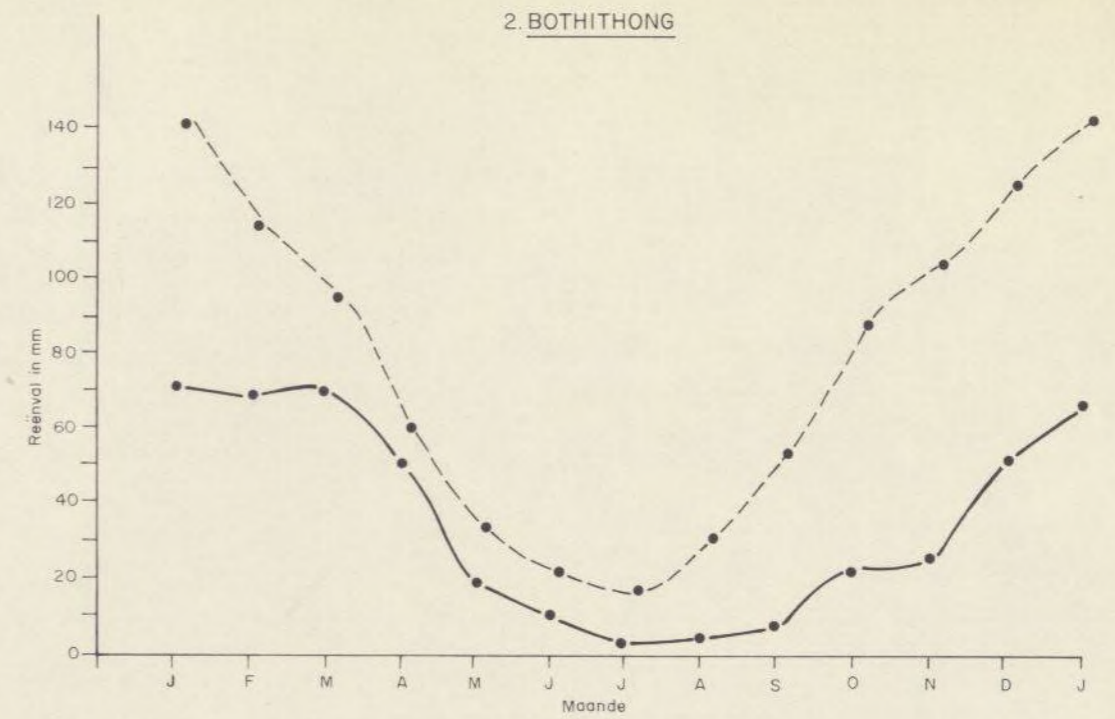
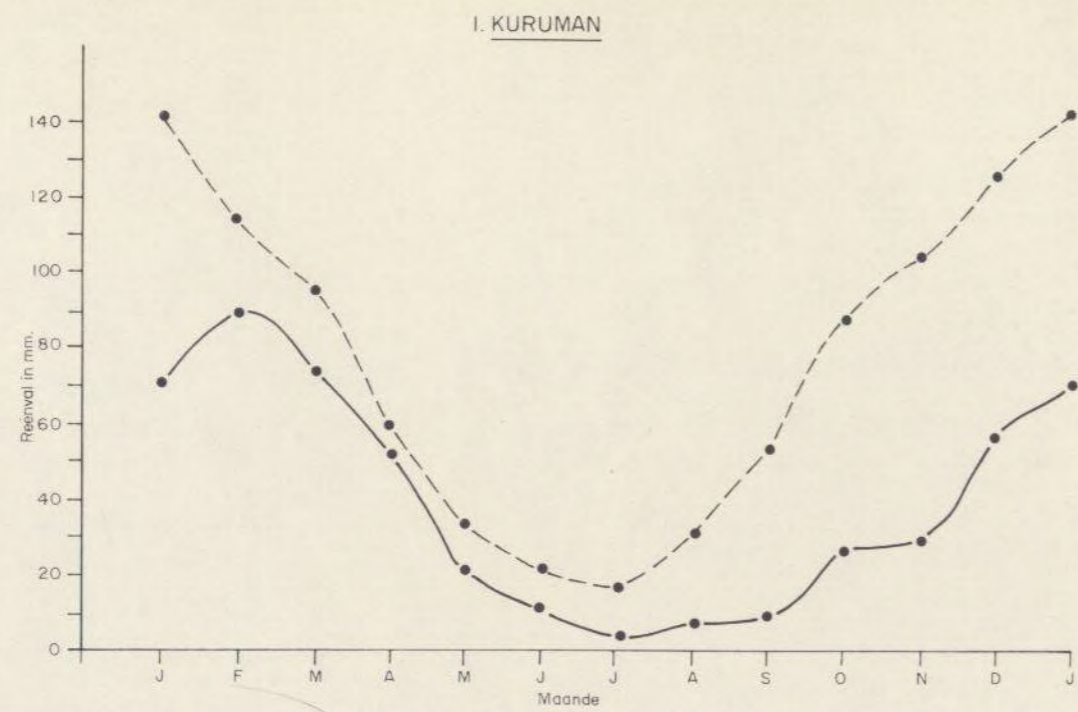


Fig. 113 — Grondwatereenheid op dolomiet van Ghaapplate, Kuruman.





LEGENDE
 — Reënval
 - - - Potensiële evapotranspirasie

Fig.114 — Gemiddelde maandelike reënval en potensiële evapotranspirasie by 'n aantal weerstasies in die gebied.

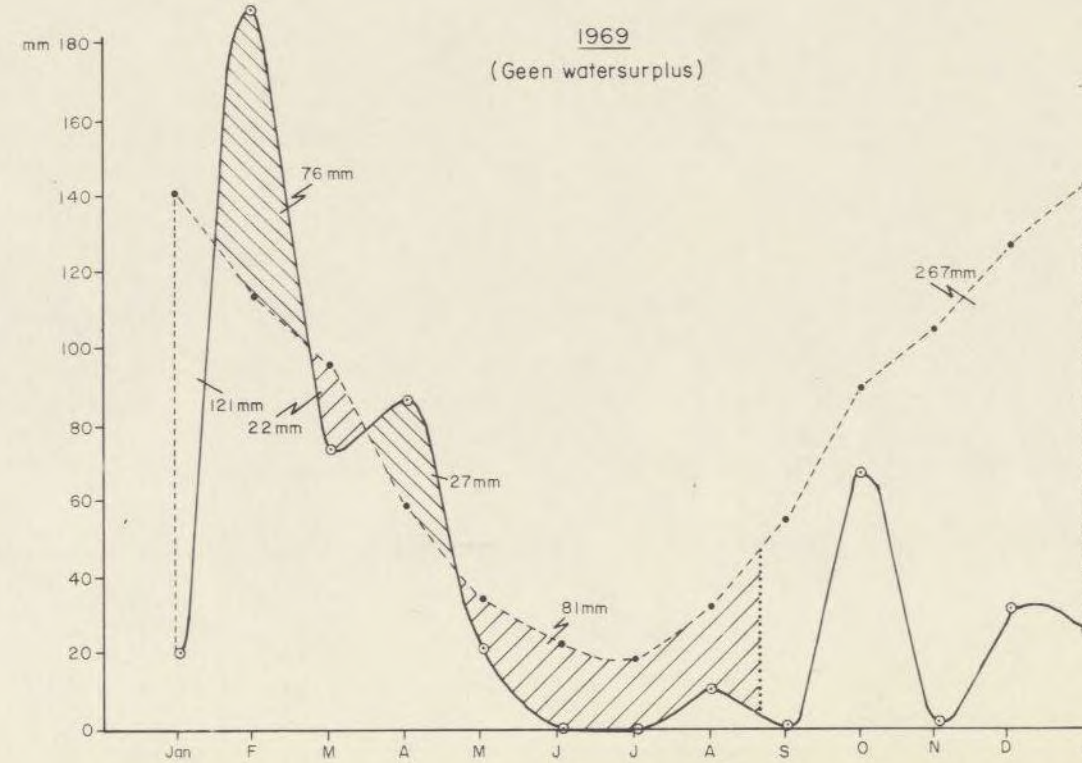
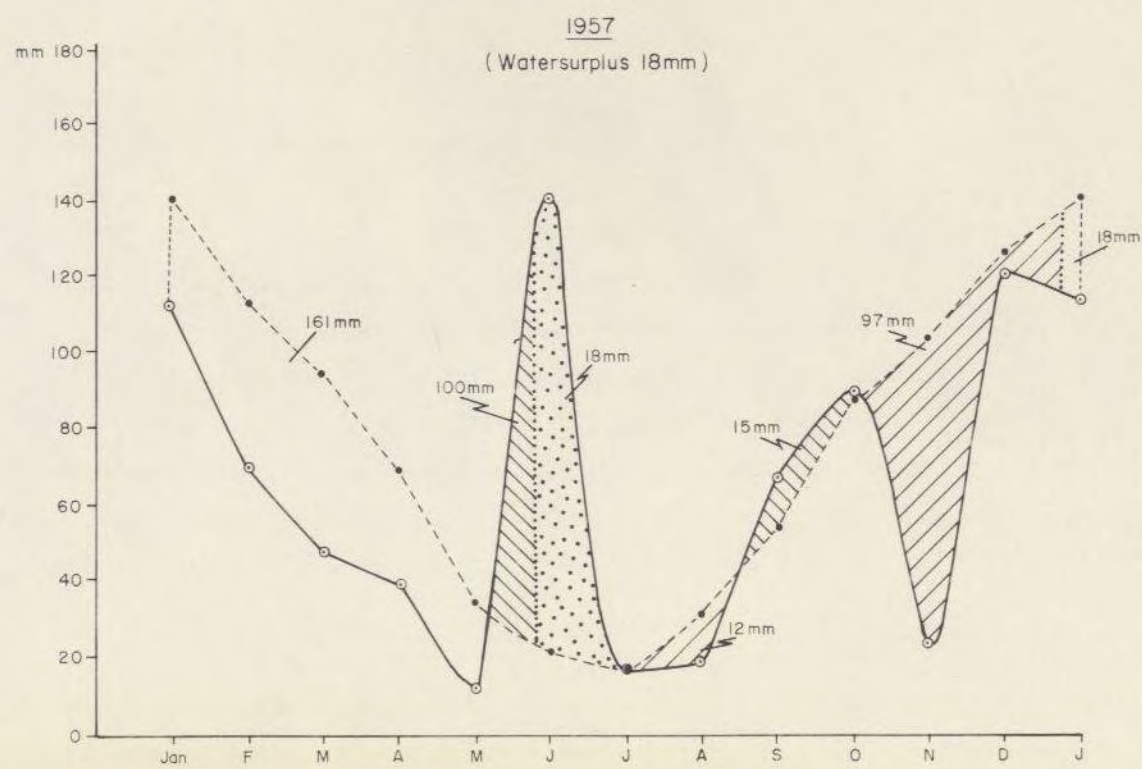
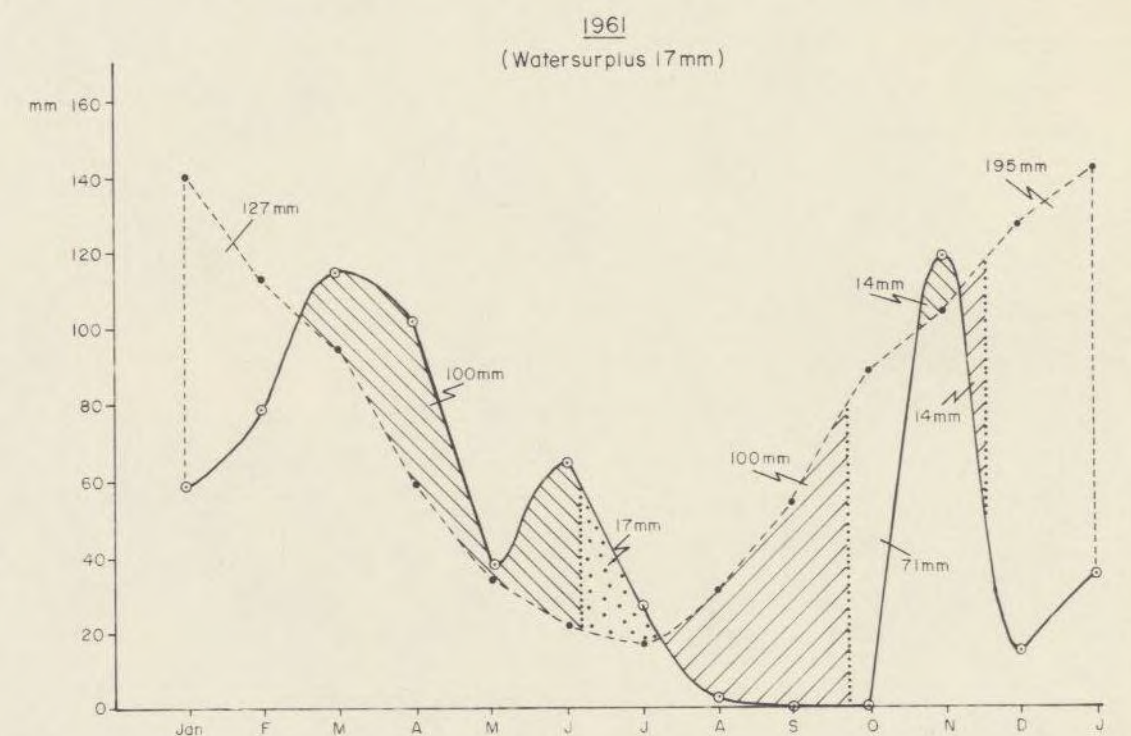
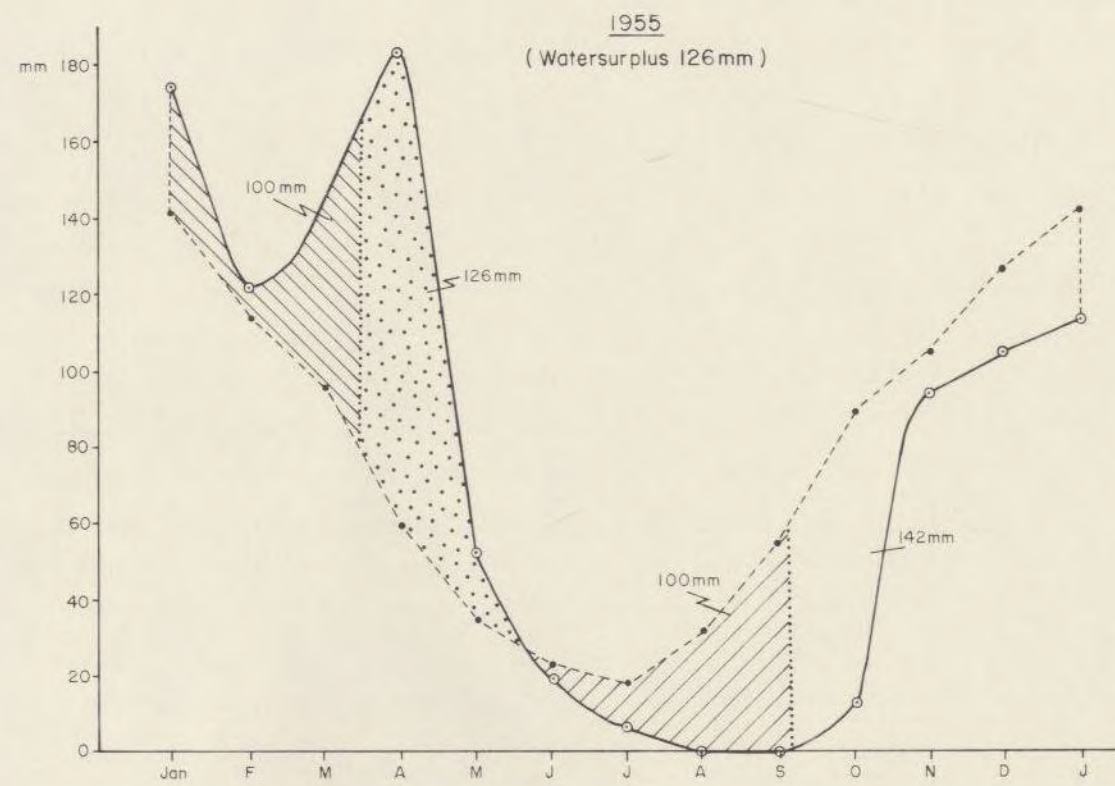
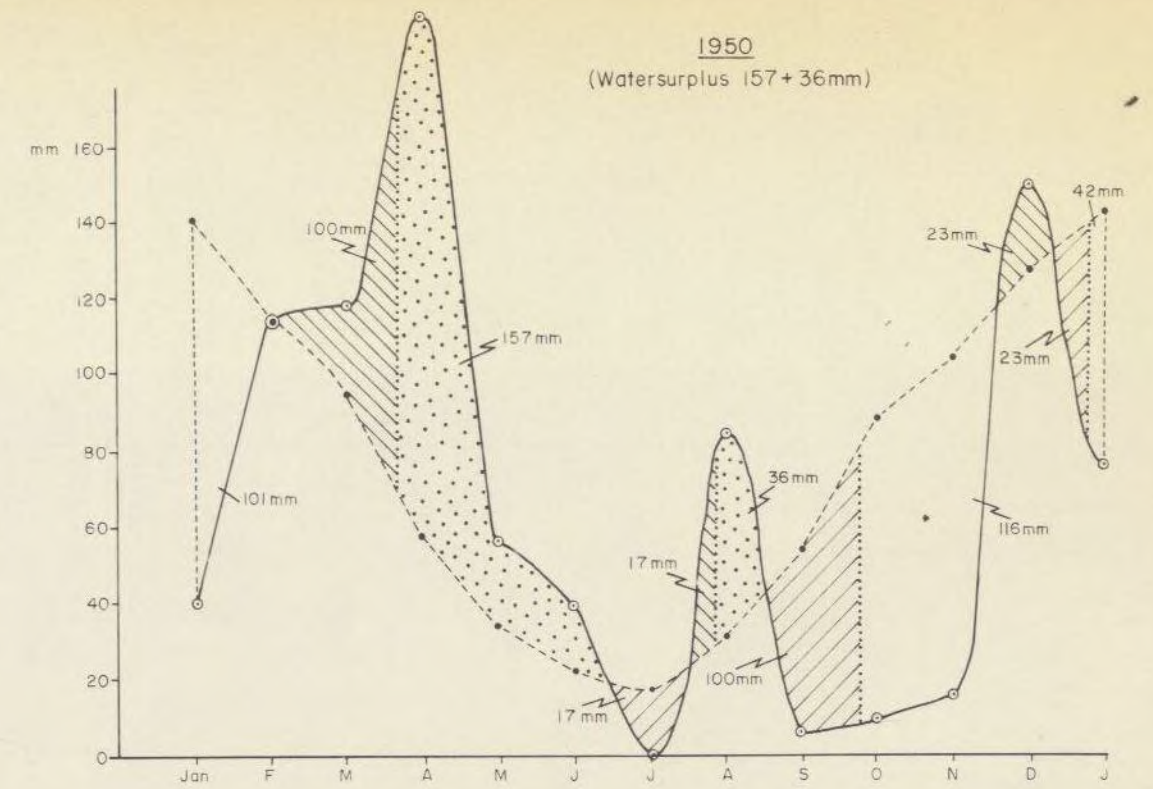
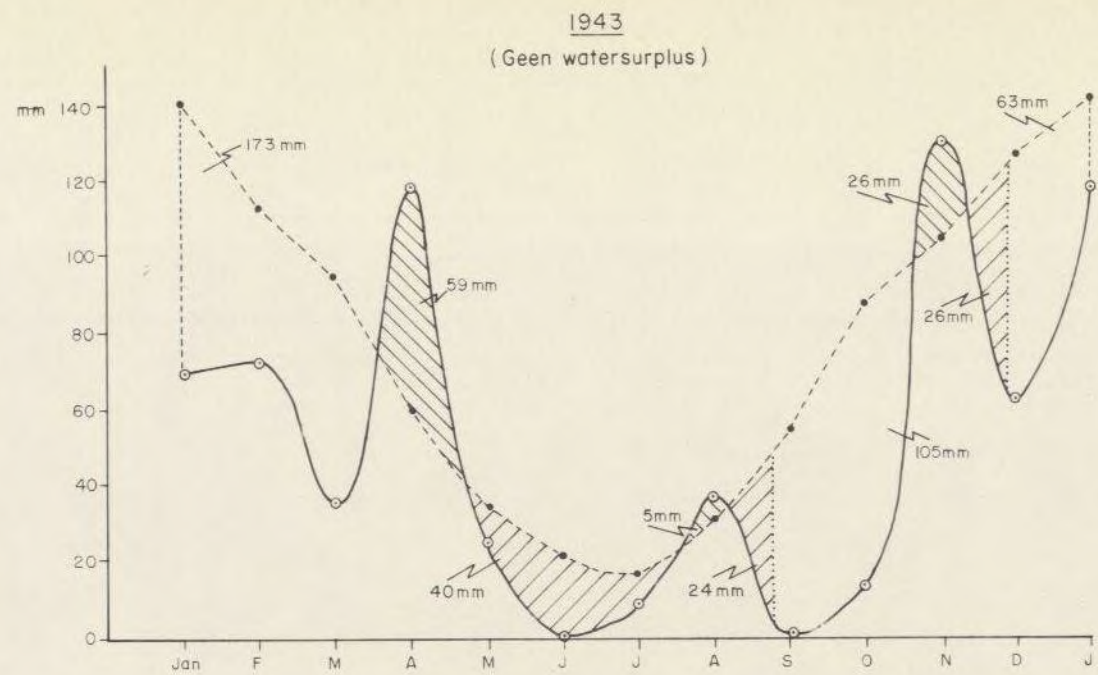
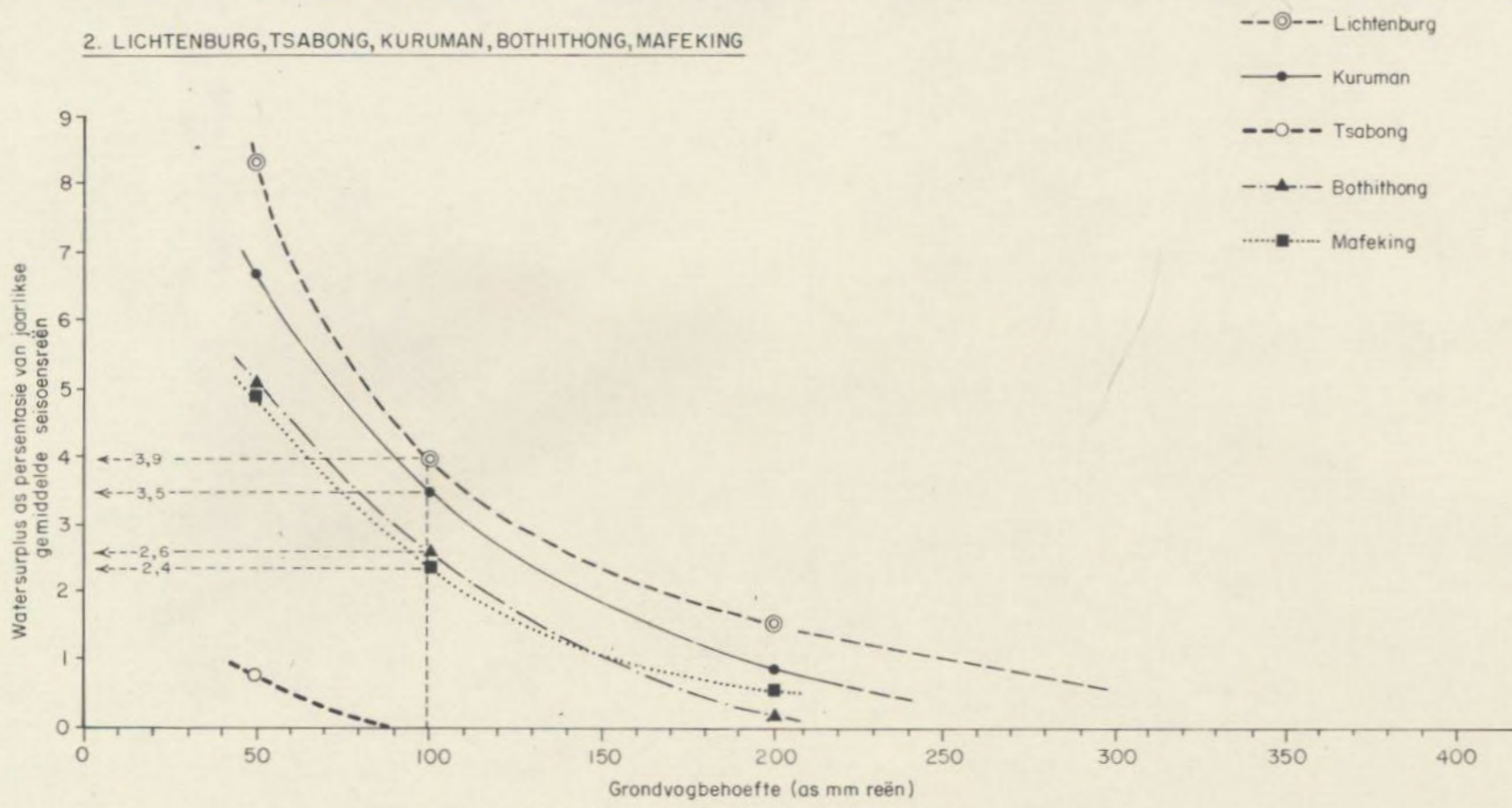


FIG. 115. - Grafiese voorstelling van berekening van watersurplus by Kuruman vir 'n grondwaterbehoefte van 100mm

2. LICHTENBURG, TSABONG, KURUMAN, BOTHITHONG, MAFEKING



1. KURUMAN EN BOTHITHONG

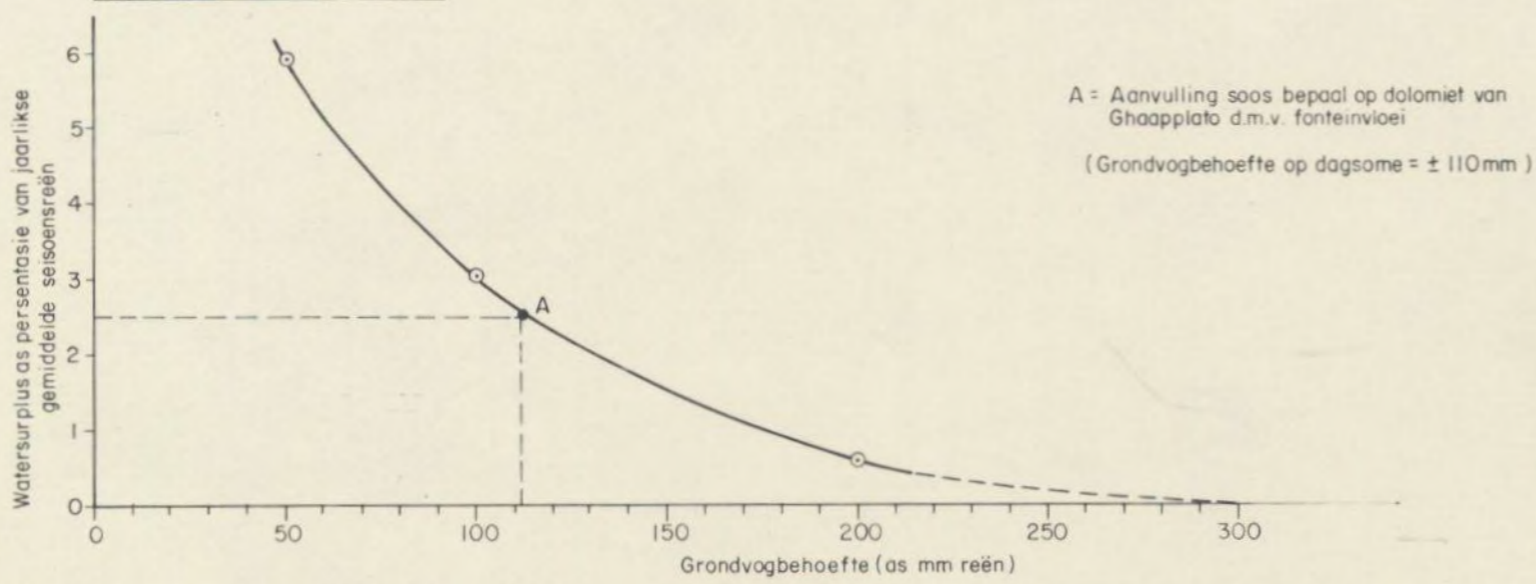


FIG.116. - Watersurpluse as persentasie van gemiddelde jaarlikse seisoensreën in verskillende lokaliteite

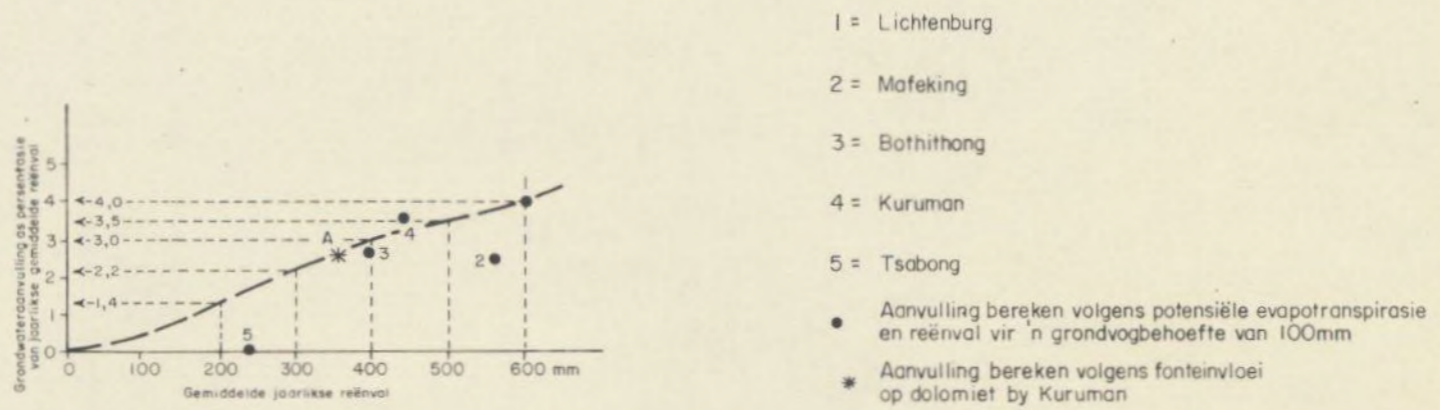
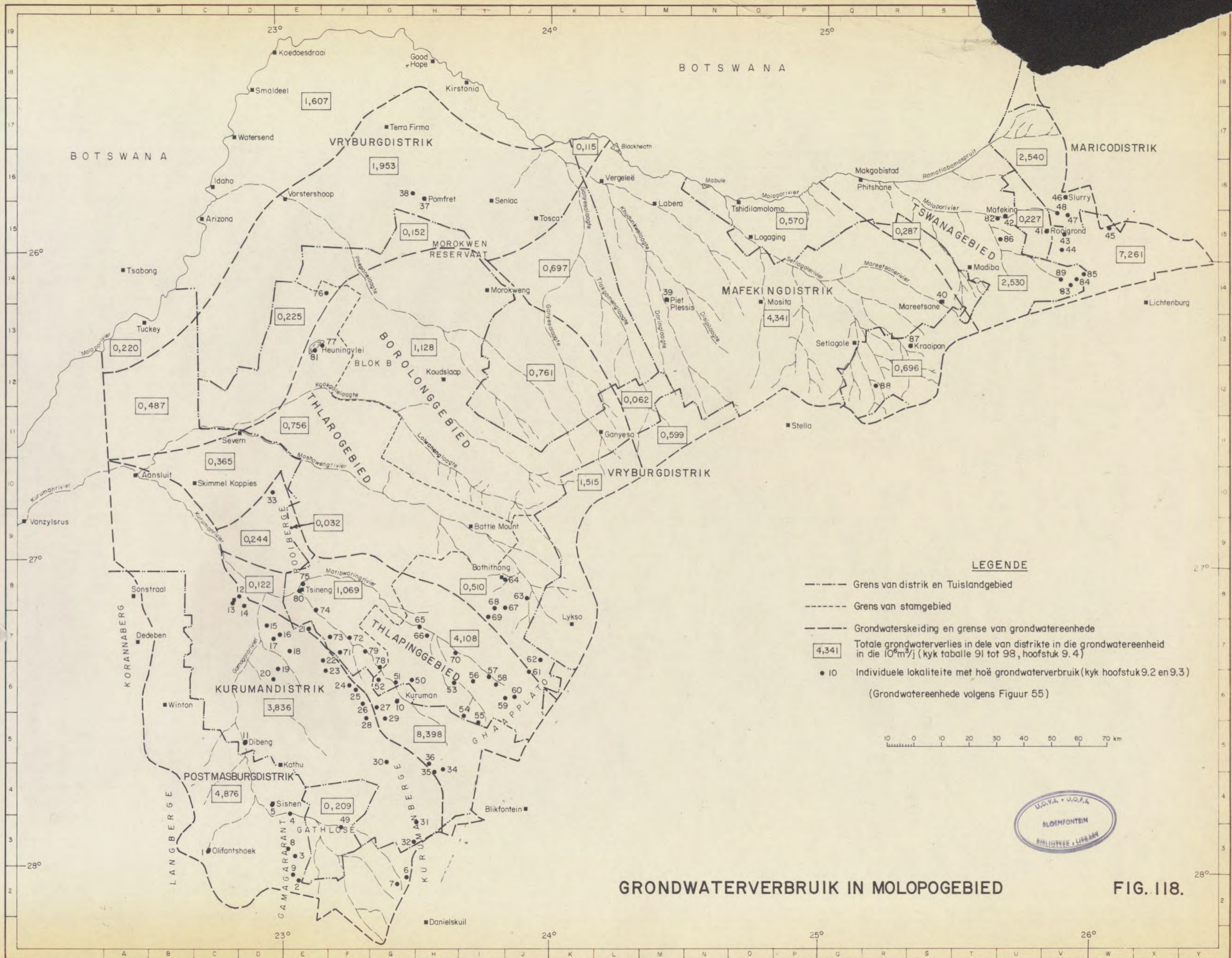


FIG.117. - Grondwateraanvulling as persentasie van gemiddelde jaarlikse reënval



GRONDWATERVERBRUIK IN MOLOPOGEBIED

FIG. 118.

LEGENDE

- Grens van distrik en Tuislandgebied
- - - Grens van stamgebied
- Grondwaterskeiding en grense van grondwaterseenheid
- 4,341 Totale grondwaterverlies in dele van distrikte in die grondwaterseenheid in die 10⁶m³/j (kyk tabelle 91 tot 98, hoofstuk 9.4)
- 10 Individuele lokaliteite met hoë grondwaterverbruik (kyk hoofstuk 9.2 en 9.3)
(Grondwaterseenhede volgens Figuur 55)

