

SONERING VAN 'N DOLOMIETGEBIED SUID VAN PRETORIA MET BEHULP VAN 'N
MEERVOUDIGE-FAKTOR KLASSIFIKASIESTELSEL

deur

JAN LOUIS VAN ROOY

Voorgelê ter vervulling van 'n deel van die vereistes vir die
graad Magister Scientia
in die Fakulteit Wis- en Natuurkunde
Universiteit van Pretoria,
Pretoria.

Oktober 1984

INHOUD

	<u>BLADSY</u>
SAMEVATTING	i
ABSTRACT	iii
1. INLEIDING	1
1.1 DOEL VAN STUDIE	1
1.2 STUDIEGEBIED	2
2. ALGEMENE OORSIG VAN DIE GEOLOGIE VAN DIE GROEP CHUNIESPOORT	4
2.1 VERSPREIDING VAN DOLOMITIESE GESTEENTES IN TRANSVAAL	4
2.2 AFSETTINGSTOESTANDE (Volgens Eriksson <u>et al</u> , 1975)	4
2.2.1 Vorm van die afsettingskom	4
2.2.2 Brongebiede	7
2.2.3 Afsettingsomstandighede	8
2.3 LITOLOGIE	10
2.4 VERWERING	10
2.5 SINKGATVORMING	12
3. BESTAANDE ONDERSOEKMETODES	15
3.1 GEOFISIESE METODES	15
3.2 AFSTANDSWAARNEMINGTEGNIEKE	16
3.2.1 Lugfoto-interpretasie	16
3.2.2 Termiese infrarooilynaftasting	17
3.3 DRUKLUGBOORWERK	18
3.4 TRUGRAWERSLOTE, GROOT EN KLEIN DIAMETER AWEGAARGATE	19
4. KLASSIFIKASIESTELSELS VIR DOLOMIETGEBIEDE	20
4.1 KLASSIFIKASIESTELSEL A (J M Weaver, 1979)	20
4.2 KLASSIFIKASIESTELSEL B (F Wagener, 1980, 1982)	20
4.3 KLASSIFIKASIESTELSEL C (J H de Beer, 1981)	22
4.4 KLASSIFIKASIESTELSEL D (L A Stephan, 1975)	25
4.5 KLASSIFIKASIESTELSEL E (I S Venter, 1981)	29
5. NUWE VOORGESTELDE KLASSIFIKASIE	32
5.1 FAKTORE WAT SINKGATVORMING BEÏNVLOED	32
5.2 KLASSIFIKASIE MET BEHULP VAN OPPERVLAKINLIGTING	33
5.3 KLASSIFIKASIE MET BEHULP VAN TERMIESE INFRAROOILYNAFTASTING	34
5.4 KLASSIFIKASIE MET BEHULP VAN GRAVITASIE-INLIGTING	34
5.5 KLASSIFIKASIE MET BEHULP VAN BOORGATDATA	35
5.6 KLASSIFIKASIE OP GROND VAN SKADE AAN STRUKTURE	42
5.7 FINALE STABILITEITSONERING	42

6.	TOEPASSING VAN KLASSIFIKASIESTELSELS	45
6.1	KLASSIFIKASIESTELSEL A	46
6.2	KLASSIFIKASIESTELSEL B	47
6.3	KLASSIFIKASIESTELSEL C	48
6.4	KLASSIFIKASIESTELSEL D	50
6.5	KLASSIFIKASIESTELSEL E	51
6.6	VOORGESTELDE MF-KLASSIFIKASIESTELSEL	52
6.7	TOEPASSING VAN VOORGESTELDE MF-KLASSIFIKASIE OP KONTROLEGEBIED	54
7.	VERGELYKING TUSSEN KLASSIFIKASIESTELSELS	56
7.1	KLASSIFIKASIESTELSEL A	56
7.2	KLASSIFIKASIESTELSEL B	57
7.3	KLASSIFIKASIESTELSEL C	57
7.4	KLASSIFIKASIESTELSEL D	57
7.5	KLASSIFIKASIESTELSEL E	58
7.6	VOORGESTELDE MF-KLASSIFIKASIESTELSEL	58
8.	GEVOLGTREKKINGS	63
	BEDANKINGS	67
	BIBLIOGRAFIE EN VERWYSINGS	68

TABELLE

	<u>BLADSY</u>
Tabel 1 : Litostratigrafiese onderverdeling van die Opeenvolging Transvaal in Sentraal Transvaal	6
Tabel 2 : Dolomietgebiedrisikoklassifikasie: Klassifikasiestelsel E	31
Tabel 3 : Risiko-indeling deur middel van Termiese Infrarooilynaftastingsbeelde	34
Tabel 4 : Boorgate wat mangaanhoudende grond bevat	38
Tabel 5 : Boorgate wat nie mangaanhoudende grond bevat nie	39
Tabel 6 : Boorgatstabiliteitswaarde-intervalle met ooreenstemmende risikograde vir sinkgatvorming	40
Tabel 7 : Indeling op grond van skade aan strukture	42
Tabel 8 : Sinkgatvoorkomste	59
Tabel 9 : Versakkingsvoorkomste	59
Tabel 10 : Vergelykende tabel op grond van geologie	60
Tabel 11 : Vergelyking van indeling van boorgate deur verskillende klassifikasiestelsels	62

FIGURE

	<u>BLADSY</u>
Figuur 1 : Verspreiding van dolomitiese gesteentes	5
Figuur 2 : Isopagkaart van die Subgroep Malmani	7
Figuur 3 : Model van karbonaatsedimentasie op 'n getyvlakte	8
Figuur 4 : Geologiese kaart van studiegebied met sinkgat- en en 4A versakkingsposisies asook boorgatposisies	45.1
Figuur 5 : Klassifikasiestelsel A: Risikosonering	46.1
Figuur 6 : Klassifikasiestelsel B: Risikosonering	47.1
Figuur 7 : Klassifikasiestelsel C: Risikosonering	48.1
Figuur 8 : Klassifikasiestelsel D: Risikosonering	50.1
Figuur 9 : Klassifikasiestelsel E: Risikosonering	51.1
Figuur 10 : MF-Klassifikasiestelsel: Termiese infrarooi-indeling	52.1
Figuur 11 : MF-Klassifikasiestelsel: Gravitasiekaart	52.2
Figuur 12 : MF-Klassifikasiestelsel: Risikosonering	52.3
Figuur 13 : MF-Klassifikasiestelsel: Skade-evaluering	52.4
Figuur 14 : MF-Klassifikasiestelsel: Risikosonering van kontrolegebied	54.1

BYLAAG

Bylaag I : Tipiese boorgatprofile van die verskillende geologiese toestande	
--	--

SONERING VAN 'N DOLOMIETGEBIED SUID VAN PRETORIA MET BEHULP
VAN 'N MEERVOUDIGE-FAKTOR KLASSIFIKASIESTELSEL

deur

Jan Louis van Rooy

Leier : Prof. A van Schalkwyk

Departement : Geologie

Graad : M.Sc.

SAMEVATTING

Een van die vereistes vir dorpstigting op dolomitiese gesteentes in Transvaal is die indiening van 'n geologiese verslag oor die dorpsgebied.

Die doel van so 'n geologiese ondersoek is om sones met 'n lae risiko ten opsigte van sinkgat- en/of versakkingsvorming uit te wys waar dorpsontwikkeling dan toelaatbaar is.

Huidiglik bestaan daar geen vasgestelde standaard waarvolgens hierdie soneering uitgevoer word nie en vyf verskillende klassifikasiestelsels vir dolomitiese gebiede kon in publikasies gevind word.

'n Nuwe klassifikasiestelsel wat gebaseer is op die inligting wat deur middel van bestaande ondersoeketegnieke ingewin word, naamlik druklugboorwerk, toetsgate, gravitasie-opnames, termiese infrarooi-opnames, skadegeskiedenis en oppervlakanstabiliteitsgeskiedenis van 'n terrein word in hierdie verhandeling vasgestel.

Hierdie nuwe klassifikasiestelsel is ontwikkel op 'n gebied suid van Pretoria wat geleë is op dolomitiese gesteentes van die Formasies Eccles en Lyttelton van die Groep Chuniespoort met skalieloslappe en windvervoerde swigbare gronde oorliggend aan die dolomiet. Hierdie gebied is dus tot 'n groot mate verteenwoordigend van die meeste toestande wat in dolomietgebiede aangetref word.

Al die klassifikasiestelsels is op dieselfde gebied toegepas en die resultate met mekaar vergelyk op grond van die sinkgatgeskiedenis van die terrein.

Daar is gevind dat geeneen van die klassifikasiestelsels heeltemal suksesvol is nie, wat moontlik toegeskryf kan word aan die komplekse verspreiding van verskillende materiale en die onvoorspelbare gedrag van die dolomitiese residuum wanneer dit met water versadig word.

Twee klassifikasiestelsels, naamlik stelsel E en die voorgestelde MF-stelsel, lewer die beste resultate. Die MF-klassifikasiestelsel wat deur die skrywer voorgestel word, kan moontlik, na verdere verfyning, as 'n standaard dien vir die klassifisering van dolomitiese gebiede vir dorpsontwikkeling.

SONERING VAN 'N DOLOMIETGEBIED SUID VAN PRETORIA MET BEHULP
VAN 'N MEERVOUDIGE-FAKTOR KLASSIFIKASIESTELSEL

by

Jan Louis van Rooy

Promotor : Prof. A van Schalkwyk
Department : Geology
Degree : M.Sc.

ABSTRACT

One of the requirements for establishing a township on dolomitic rocks in the Transvaal is the submission of a geological report on the township.

The aim of the geological investigation is to delineate areas of low risk for the formation of sinkholes and subsidences where township development is permissible.

Presently there is no standard procedure for such an investigation. Five classification systems could be found in the literature.

A new classification system is proposed, which is based on data obtained from present investigation techniques, namely pneumatic percussion drilling, test pits, gravity surveys, thermal infrared line scanning, damage and surface instability history of a site.

This new classification system was developed on an area to the south of Pretoria which is underlain by dolomitic rocks of the Lyttelton and Eccles Formations of the Chuniespoort Group with overlying shale outliers and aeolian soils. The area is representative of most conditions encountered in dolomitic areas.

All the classification systems were applied in the same area and the results were compared on the basis of the sinkhole history of the area.

Not one of the classification systems is totally successful. A reason for this could be the complex distribution of different materials and the unpredictable behaviour of the dolomitic residuum when it becomes saturated.

Two classification systems, system E and the proposed MF-system, give the best results. The MF-classification system, proposed by the writer, could possibly, after additional modification, be used as a standard for the classification of dolomitic areas for township development.

HOOFSTUK 1: INLEIDING

1.1 DOEL VAN STUDIE

Dolomitiese gesteentes, veral in Transvaal, het 'n swak reputasie as gevolg van die verwoesting wat oor die afgelope twintig jaar deur sinkgate aangerig is. In die Republiek het 38 mense reeds hulle lewens verloor deurdat hulle in sinkgate begrawe is (Brink, 1979).

Afgesien van die lewensverliese en ernstige skade aan strukture op dolomiet as gevolg van sinkgatvorming, word daar 'n verdere probleem ondervind waar geleidelike versakking van die oppervlak plaasvind met die vorming van dolienes. Boonop is daar ook probleme met die oprigting van strukture op hoogs samedrukbare mangaanaarde, wat 'n verweringsprodukt van dolomiet is.

Ernstige probleme en skade is in die Verre Wesrand ondervind as gevolg van sinkgate en versakkings (doliene) wat tydens die verlaging van die grondwatervlak as gevolg van mynbedrywighede gevorm het.

In hierdie studie word daar gekonsentreer op die probleme wat in die gebied suid van Pretoria met die ontwikkeling van dorpsgebiede op dolomitiese gesteentes ondervind word. Aangesien die meganisme van dolienevorming nie dieselfde is as vir sinkgatvorming nie, word daar hoofsaaklik na die risiko vir sinkgatvorming gekyk.

Die verskynsel van sinkgate in die ontwikkelende gebiede suid van Pretoria wat deur gesteentes van die Groep Chuniespoort beslaan word, het sedert die laat sestigerjare op die voorgrond begin tree. Dit het aanleiding daartoe gegee dat daar, vanuit owerheidsweë, sekere voorwaardes neergelê is waaraan voldoen moet word alvorens ontwikkeling op hierdie gebiede mag geskied.

Daar word onder andere, voordat nuwe dorpsontwikkeling kan plaasvind, 'n geologiese ondersoek deur die Direkteur van Plaaslike Bestuur vereis. Alle strukture van die Departement van Gemeenskapsontwikkeling wat op dolomietgebiede geleë is, word ook eers opgerig nadat die terrein geologies geskik vir die ontwikkeling bevind is.

Die geologiese of ingenieursgeologiese ondersoek van 'n dolomietgebied speel dus 'n belangrike rol by die bepaling van die ontwikkelbaarheid daarvan.

Inligting in verband met die ondergrondse toestande word ingesamel deur middel van een of meer ondersoekmiddels en met behulp van hierdie gegevens word 'n evaluering van 'n terrein dan gedoen. Die evaluering van 'n dolomietterrein kan op verskillende maniere gedoen word. Die tegnieke wat toegepas word, kom in beginsel ooreen alhoewel verskillende ondersoekers dit verskillend gebruik. Daar word ook dikwels gebruik gemaak van 'n subjektiewe "gevoel" vir 'n terrein tydens evaluering.

Verskeie klassifikasiesistelsels waarvolgens 'n gebied in risikosones ingedeel kan word, is reeds voorgestel maar geeneen van hulle word algemeen aanvaar nie. Dit is om hierdie rede dat die skrywer 'n nuwe klassifikasie voorstel wat moontlik met verdere verfyning as 'n standaard kan dien.

Met behulp van die voorgestelde klassifikasiesistelsel kan 'n dolomietgebied geëvalueer word ten opsigte van die risiko vir sinkgatvoorkomste indien dorpsontwikkeling aldaar beplan word.

Slegs die parameters wat deur middel van huidige ondersoekmetodes soos druklugboorwerk, toetsgate, gravitasie-opnames, ens. redelik betroubaar bepaal kan word, is in die klassifikasiesistelsel opgeneem. Die aanvaarbaarheid van hierdie en ander klassifikasiesistelsels is getoets deur al die klassifikasiesistelsels op 'n spesifieke gebied toe te pas.

1.2 STUDIEGEBIED

'n Stuk grond van ongeveer 650 ha wat suid van Pretoria geleë is, is as studiegebied geneem. Die gebied word deels beslaan deur residensiële ontwikkeling maar bevat ook 'n onontwikkelde gedeelte waarop min versterking voorkom. Die geologie van die gebied varieër baie en is verteenwoordigend van die meeste toestande wat in dolomietgebiede aangetref word.

Die grondwatervlak is dieper as 60 meter geleë en speel dus nie 'n belangrike rol by oppervlakstabiliteitsonering nie.

Deur gebruik te maak van bekende stabiele en onstabiele sones in die studiegebied, is die waardering van die verskillende parameters in die nuwe klassifikasiesistelsel aangepas om sodoende sinvolle evaluering te kan doen.

Die resultate van altesaam 630 boorgate wat in die gebied geboor is, was vir hierdie ondersoek beskikbaar.

Vyf bestaande klassifikasiesistelsels is op dieselfde gebied toegepas. Die resultate van elke klassifikasiesistelsel is beoordeel deur dit met waargenome stabiliteitstoestande te vergelyk.

HOOFSTUK 2: ALGEMENE OORSIG VAN DIE GEOLOGIE VAN DIE GROEP CHUNIESPOORT

2.1 VERSPREIDING VAN DOLOMITIESE GESTEENTES IN TRANSVAAL

In Transvaal vorm dolomitiese gesteentes van die Groep Chuniespoort twee breë gebiede wat die jonger gesteentes van die Groep Pretoria omsirkel (Figuur 1). Ongeveer veertien persent van die PWV-kompleks word deur dolomitiese gesteentes beslaan (Van Schalkwyk, 1981).

Die Groep Chuniespoort word in sentraal-Transvaal in vier formasies ingedeel, naamlik die Formasies Oaktree, Monte Christo, Lyttelton en Eccles (Tabel 1: SACS, 1980). Daar word soms verkeerdelik na hierdie formasies as die Subgroep Malmani verwys. Die Subgroep Malmani kom slegs in Oos- en Wes-Transvaal voor en bestaan uit vyf formasies.

Die Formasie Oaktree aan die basis van die Groep Chuniespoort bedek die Formasie Swartrif wat uit kwartsiet, grint en konglomeraatlense met skalie aan die bopunt bestaan. Die Formasie Oaktree bestaan uit donkerkleurige dolomiet met oorliggend daaraan die Formasie Monte Christo wat bestaan uit 'n ligkleurige hergekristalliseerde dolomiet met baie chert, wat stromatolities is. Die Formasie Lyttelton bestaan uit 'n kenmerkende donker, chertvrye dolomiet met groot verlengde stromatoliet-opeenhopings terwyl die boonste Formasie Eccles uit 'n chertvrye dolomiet met groot en klein stromatoliete bestaan.

Die totale dikte van die dolomietformasies in sentraal-Transvaal is ongeveer 1 500 m.

2.2 AFSETTINGSTOESTANDE (Volgens Eriksson et al, 1975)

2.2.1 Vorm van die afsettingskom

Die vorm van die afsettingskom kan die beste voorgestel word deur 'n isopagkaart van die Subgroep Malmani en in sentraal-Transvaal die vier formasies van die Groep Chuniespoort (Figuur 2).

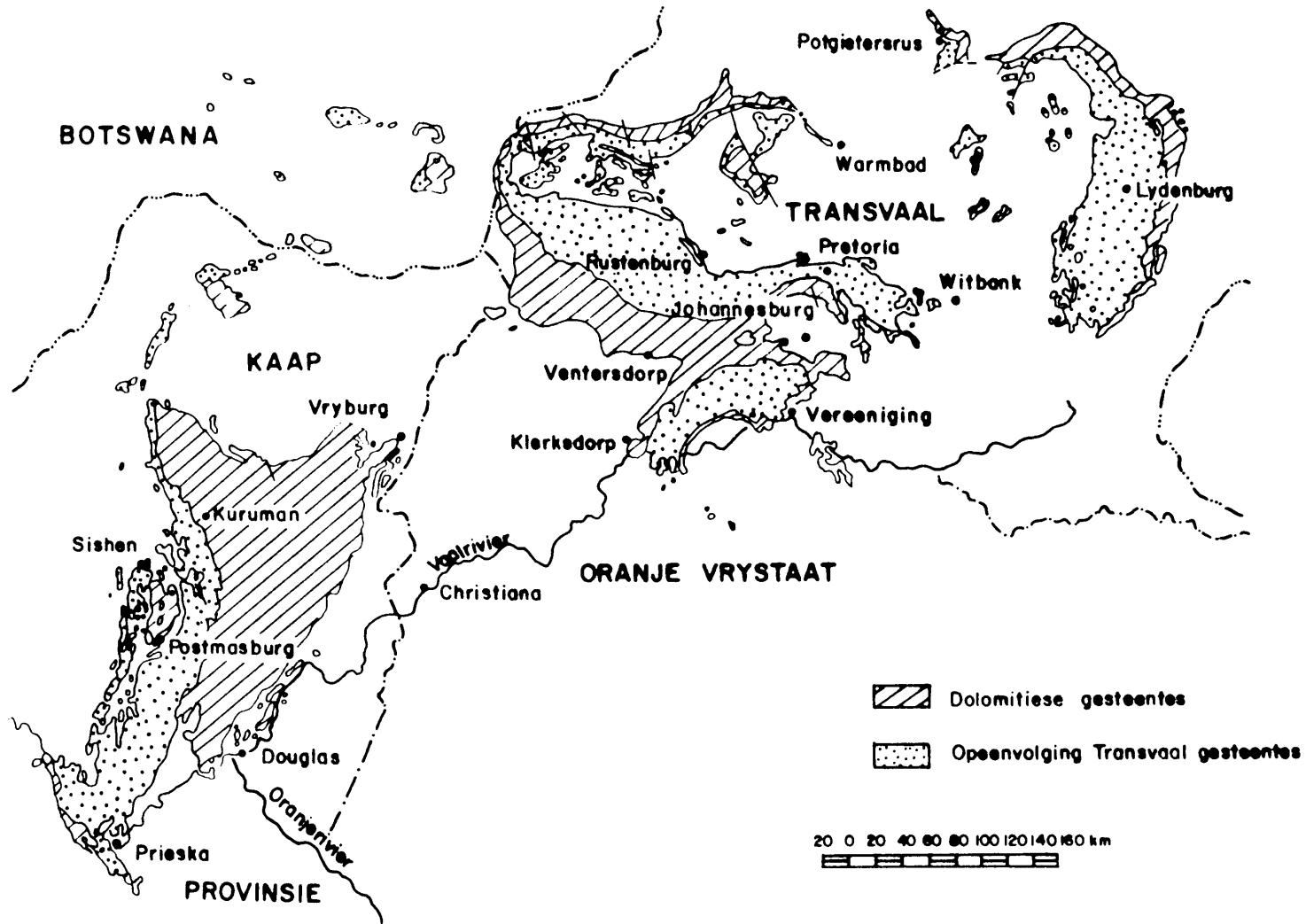
























FIG.1 VERSPREIDING VAN DOLOMITIESE GESTEENTES

GROEP	FORMASIE		SENTRALE LITOLOGIE	DIKTE (m)
PRETORIA	RAYTON		Lid Beynespoort Kwartsiet	1 200
			Slikkige Skalie, Andesiet	
			Veldspatiese Kwartsiet	
			Skalie	
			Kwartsiet	
	MAGALIESBERG KWARTSIET		Subgrouwak en Skalie	300
			Lid Bavianspoort Kwartsiet Skalie en Kwartsiet	
	SILVERTON SKALIE		Slikkige en Grafitiese Skalie met Dun Tussengelaagde Kalksteen	600
	DASPOORT KWARTSIET		Ortokwartsiet	80-95
STRUBENKOP SKALIE		Ysterryke Skalie	105-120	
		Ysterryke Kwartsiet		
HEKPOORT ANDESJET		Andesitiese Lawa, Agglomeraat en Tuf	340-550	
		Konglomeraat, Tufagtige Kwartsiet en Skalie		
TIMEBALL HILL		Skalie Diamiktiet	270-660	
		Lid Klapperkop Kwartsiet, Ysterryke Kwartsiet		
ROOIHOOGTE		Grafitiese en Slikkige Skalie	10-150	
		Kwartsiet Skalie Lid Bevetkonglomeraat Breksie		
CHUNIESPOORT	ECCLES		Chertryke Dolomiet met Groot en Klein Stromatoliete	380
	LYTTELTON		Donker Chertvrye Dolomiet met Groot Verlengde Stromatolietopeenhopings	150
	MONTE CHRISTO		Ligte Hergekristalliseerde Dolomiet met Baie Chert, Stromatolities	700
	OAKTREE		Dolomiet, Word Donker na Bo	200
	SWARTRIF KWARTSIET		Skalie Kwartsiet Arkosiese Grintsteen	25-30

TABEL 1. LITOSTRATIGRAFIESE ONDERVERDELING VAN DIE OPEENVOLGING TRANSVAAL IN SENTRAAL TRANSVAAL. (VLGS SACS 1981)

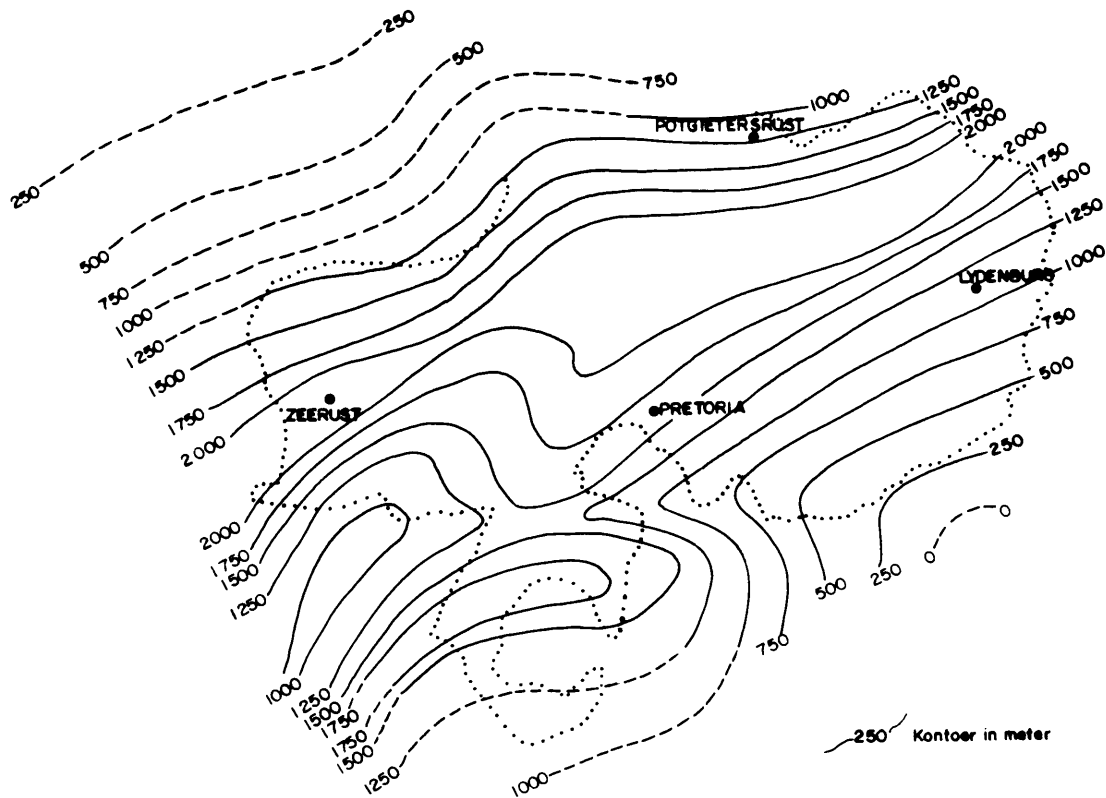


FIG. 2 ISOPAGKAART VAN DIE SUBGROEP MALMANI.

Afsetting het grootliks in 'n sterk lineêre kom met 'n lang-as wat oos-noordoos strek, plaasgevind. Die kom was taamlik simmetries met maksimum opvulling langs die as-gedeelte. Die vorm van die kom is ook in 'n mate deur omliggende granietkoepels beïnvloed. Die Groep Chuniespoort is grootliks op 'n stabiele plat tydens stadige reëlmatige daling in die kom afgeset. Tydens die afsetting van die gesteentes van die Groep Pretoria, na die afsetting van die Groep Chuniespoort, het toestande meer onstabiel geraak, daling was vinniger en die brongebiede was baie meer positief.

Die beginstadium van ontwikkeling van die kom in Transvaal dui baie op die eienskappe van 'n geosinklien, maar later toon dit meer die neiging tot 'n kontinentale tipe kom wat in 'n mate deur verskuiwings beheer is.

2.2.2 Brongebiede

'n Studie van fasieskaarte en sedimentêre strukture toon dat die meeste materiaal vanuit die noordweste, noorde en noordooste afkomstig was. Die

brongebiede het hoofsaaklik uit granitiese materiaal en ouer sedimentêre lae bestaan. Die hoë granietgebiede aan die noordekant van die kom het as bron gedien, terwyl die moontlikheid bestaan dat die Limpopo Orogenetiese Gordel, wat tydens hierdie tyd aktief was, die grootste volume materiaal voorsien het.

Vir lang tye is die Groepe Campbell en Chuniespoort aan erosie blootgestel en het as bron vir die formasies van die Groep Pretoria gedien.

2.2.3 Afsettingsomstandighede

Die Groep Chuniespoort se dolomiete is in die Laat Proterozoïese tyd (\pm 2 300 mj) in 'n vlak binnelandse see afgeset. Die see was begrens deur 'n landmassa met weinig topografie sodat hoofsaaklik soute aangespoel is en die klimaat was waarskynlik warm.

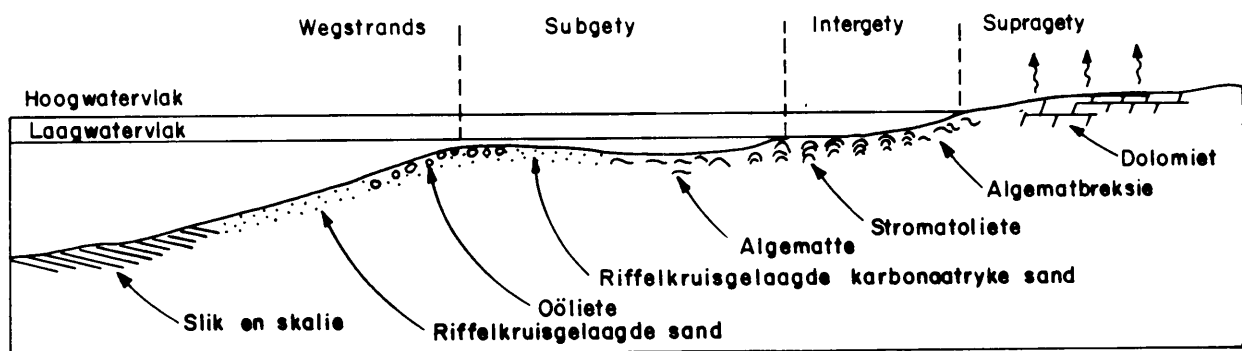


FIG. 3 MODEL VAN KARBONAATSEDIMENTASIE OP 'N GETYVLAKTE

Daar kan drie verskillende omgewings in so 'n vlak binnelandse see waarin afsetting plaasvind, onderskei word, naamlik die subgety-, intergety- en supragetysones (sabhka) (Figuur 3). Al drie hierdie omgewings word deur die vier formasies van die Groep Chuniespoort in sentraal-Transvaal verteenwoordig.

Dit blyk dat die Formasies Oaktree en Lyttelton in 'n subgetysone - in dieper water - afgeset is, terwyl die Formasie Monte Christo in 'n intergetysone en die Formasie Eccles op die getyvlaktes in 'n supragetysones afgeset is (Brink, 1981).

Die verskillende omgewings word kortliks hieronder bespreek.

Subgetysone

Hierdie sone is heeltyd onder water en word nie deur die getye beïnvloed nie. Baie groot, verlengde koepelvormige stromatolitiese opeenhopings word in dié sedimente aangetref.

Dolomiet wat in die subgetysone afgeset is, bevat geen chert nie, aangesien daar 'n byvoeging van meteoriese of vars rivierwater moet wees om silika te presipiteer en sodoende chert te vorm.

'n Derde eienskap van die subgetysone is die hoë persentasie yster en veral mangaan wat teenwoordig is. As gevolg van die hoë mangaaninhoud in hierdie formasies sal hulle verweringsprodukte meer sensitief wees vir die stabiliteitsprobleme wat met mangaanaarde geassosieer is.

Intergetysone

Hierdie gedeelte is met hoogwater bedek en met laagwater blootgestel en beslaan die grootste gedeelte van die getyvlakke. Tydens laagwater vorm daar getykanale waarin algmatte vorm en sedimente word hierin vasgevang wanneer die gety inkom.

Onstabiele vorms van karbonaat - aragoniet en hoë magnesiumkalsiet - word in die intergetysone in 'n alkaliese omgewing afgeset. Sodra genoeg varswater (van reën of riviere) die pH van die water verlaag, los hierdie minerale op. Indien die pH tot onder agt verlaag word sodat 'n suur omgewing genader word, is die karbonate nie meer stabiel nie en absorbeer 'n groot hoeveelheid magnesium waarna dit herkristalliseer om dolomiet te vorm.

Opeenvolgings van hergekristalliseerde dolomiet, tussengelaagd met chert, kan dus in hierdie sone verwag word, soos weerspieël word deur die Formasie Monte Christo. Oöliete kan in die getykanale vorm, maar is heelwat kleiner as die groot stromatoliete in die subgetysone.

Supragetysone

Slegs die gedeeltes wat deur die see oorstrom word tydens buitengewone

hoë getye en storms, vorm die supragetysone en dit sluit ook die wye sout-aangepakte kusvlaktes in. Die afsettings is gewoonlik in die vorm van karbonate en evaporate soos gips, anhidriet en haliet. In so 'n omgewing is die chertryke dolomiet van die Formasie Eccles afgeset.

Waar die brondgebied neutraal en daar 'n gebrek aan klastiese materiaal is, speel alge 'n belangrike rol en word nie-klastiese lae neergelê.

Die grootste konsentrasies mangaanaarde, wat 'n verweringsprodukt van mangaanryke dolomiet is, word in die Formasies Oaktree en Lyttelton aangetref, alhoewel gelokaliseerde voorkomste van mangaanaarde regdeur die dolomiete teenwoordig is.

2.3 LITOLOGIE

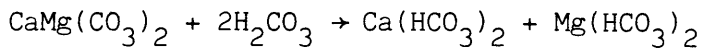
In die sentraal-Transvaal is die boonste stratigrafiese eenhede van gestreepte ystersteen en dolomiet asook die boonste formasie van die vyf formasies wat die Subgroep Malmani vorm, afwesig.

Die formasies word onderskei op grond van die relatiewe voorkoms van tussengelaagde chert. Die Formasie Oaktree aan die basis van die opeenvolging en die Formasie Lyttelton naby aan die middel is arm aan chert en bevat sones van donkerkleurige dolomiet met tot vier maal die gemiddelde mangaaninhoud van die vier formasies as geheel ($\pm 0,2 - 0,3\%$) (Partridge, 1981). In die onderste gedeelte van die opeenvolging is primêre blougerige chert oorheersend terwyl dik afsettings van sekondêre chert en chertbrek-sie kenmerkend van die boonste gedeelte is. Splete in die dolomiet is soms met chert gevul as gevolg van die verbrokkeling van chertlae tydens uitloging van die dolomiet langs nate. Die studiegebied word deur die mangaanryke dolomiet van die Formasies Lyttelton en Eccles beslaan.

2.4 VERWERING

Die afsetting van die Groep Chuniespoort is gevolg deur 'n periode van erosie waarna die afsettingskom weer sy oorspronklike vorm aangeneem het voordat gesteentes van die Groep Pretoria afgeset is (Jansen, 1977).

Dolomiet is oplosbaar in swak suur grondwater:



Die rotsmassa as geheel bevat egter 'n aansienlike persentasie onoplosbare materiale soos onder andere chert, horisonne, skaliebande en oksiede van yster en mangaan. Langdurige verwerking veroorsaak die akkumulering van 'n mantel residuele grond wat die bodemrots oordek, veral in laagliggende gebiede waar die verweringsprodukte nie deur oppervlakerosie verwyder word nie.

In die mangaanryke sones van die dolomiet bevat die residuele gronde gewoonlik 'n hoë persentasie mangaanaarde. In die chertyke formasies neem die akkumulering die vorm van chertresiduüm aan wat bestaan uit 'n tipiese sandige gruis wat baie chertrotsblokke en gruisgrootte fragmente van verweerde chert bevat. Die fyn matriks van slykige sand in die chertresiduüm is gewoonlik rooibruin.

Die oplosbaarheid van die magnesium- en kalsiumkarbonate in reënwater en ander effens suur water, het verskeie siklusse van grootskaalse karstvorming in gebiede waar die gesteentes aan die elemente of aan sirkulerende grondwater blootgestel was, tot gevolg gehad. Daar was kenmerkende periodes van karstvorming voor die afsetting van die Groep Pretoria, voor en na die afsetting van die Opeenvolging Karoo en gedurende die Resente tydperk.

Verskeie klein komme sedimente van Resente ouderdom en ander wat aan die Groep Pretoria en Opeenvolging Karoo behoort, kom op die dolomiete voor. Hulle struktuur dui daarop dat hulle in ou sinkgate en versakkings afgeset is.

Chertpuin van vorige erosiesiklusse is plek-plek gekonsolideer deur silifikasie van tussenmateriaal. Dit verklaar die harde, goed gesementeerde chertbreksies bo-aan die Groep Chuniespoort. Groot hoeveelhede ongekonsoleerde chertpuin omring die breksiedagsome. Die chertbreksie bevat plek-plek skalie- en sandsteenlense.

Aan die basis van die Groep Chuniespoort kom die Formasie Oaktree voor wat sowat 200 meter dik is. Hierdie formasie is chertarm en het 'n relatief hoë yster- en mangaaninhoud wat aanleiding gee tot die vorming van mangaanaarde tydens verwerking van die dolomiet. Geen sinkgate kom op hierdie formasie voor nie, waarskynlik as gevolg van die stabiliserende invloed van ferri-kreet aan die oppervlakte, 'n plat helling, tussengelaagde skalie en konkordante stollingsintrusies.

Die Formasie Monte Christo is chertryk en ongeveer 700 meter dik. Die tussengelaagde chert is bevorderlik vir grotvorming en verwerking word beperk binne die vertikale vlak. Diep verwerking van die dolomietrots kom voor. In die suidelike gedeelte van die formasie waar die helling vlak is, kom nie baie sinkgate voor nie maar noordwaarts waar die helling toeneem is baie sinkgate bekend.

Die Formasie Lyttelton is chertarm en ongeveer 150 meter dik. Verwerking geskied langs nate en verskuiwings in die dolomiet met tipiese verskynsels soos olifantsvelverweringsoppervlakke, toringrotse en verweringsplete (Roux, 1981). Die teenwoordigheid van yster en mangaan in die rots gee aanleiding tot die vorming van mangaanaarde by verwerking. Talle sinkgate is in hierdie formasie bekend.

Die Formasie Eccles is die jongste en is ongeveer 380 meter dik. Die formasie het 'n redelike steil helling na die noorde en waardes van tot 30 grade is bekend. Die tussengelaagde chert is bevorderlik vir grotvorming in die dolomiet omdat die dolomiet tydens verwerking in oplossing weggevoer word. Die chertlae beperk die verwerking binne die vertikale vlak en die chert speel ook 'n belangrike rol. Tydens verwerking van die chert speel die ou krimpingskrake weer 'n belangrike rol wanneer die chertlagies langs hierdie geërfde swak plekke verbreek. Natuurlike en mensgemaakte sinkgate kom algemeen voor.

2.5 SINKGATVORMING

Diep erosienate (Eng. grikes) vorm in die vadose sone bokant die watertafel, deur die oplossingsverwydering van dolomiet langs nate en breuke. In die freatische sone, onder die watertafel, vind die meeste oplossing plaas waar groot horisontale grotte vorm en die nate steeds wyer word.

Wanneer die freatiese vlak binne-in die ongekonsolideerde deklaagmateriaal verlaag word en geen skeure in die bodemrots bestaan waardeur materiaal na onderliggende holtes in die bodemrots gespoel kan word nie, konsolideer die grond om 'n vlak oppervlakdepressie of doliene te vorm. Indien die grond wel kan deurspoel in 'n holte, vorm 'n nuwe holte in die residuele grond. Die boog bokant so 'n nuwe holte is gewoonlik onstabiel en migreer opwaarts om uiteindelik 'n sinkgat te vorm.

Die volgende onderling afhanklike faktore moet bestaan voordat 'n sinkgat kan vorm (Jennings, et al, 1965):

- a) Star stutte vir die dak van 'n holte in die dolomitiese residuum
- b) Boogvorming moet in die residuum kan ontwikkel
- c) Holte moet onder die boog ontwikkel
- d) Dieperliggende reservoir moet bestaan sodat 'n holte kan vorm deur materiaal wat verwyder word, te ontvang (holtebevattende dolomiet)
- e) 'n Afsitmeganisme (bv. water) word vereis om die boog te laat inval.

Faktore wat 'n rol speel by die vorming van sinkgate kan ingedeel word in voorkomende of bydraende faktore (Roux, 1980). Hieronder volg 'n lys met van die faktore:

Voorkomende faktore

Meer as 20 m dikte Karoo vanaf grondoppervlak
Meer as 10 m dikte chertbreksie vanaf grondoppervlak
Effektiewe oppervlakdreinerings
Statiese grondwatervlak
Meer as 15 m dikte stolrots vanaf grondoppervlak
Grondwatervlak dieper as 30 m
Bodemrotsgradiënt minder as 10°
Ferrikreetbelaag dikker as 5 m aan die grondoppervlak
Gunstige stratigrafiese posisie
Sterk deklaag
Erosiebestande deklaag
Dik bedekking

Bydraende faktore

Toringagtigheid van die bodemrots

Holtebevattendheid van bodemrots en residuum

Mineralogie

Tektoniek

Oneffektiewe oppervlakdreinerings

Dik holtebevattende residuum

Paleosinkgate

Ontwatering (Fluktuerende grondwatervlak)

Vlak diepte tot erodeerbare materiaal

Lekkassie uit dienste (waterdraend)

Ongunstige residuummateriaal (bv. mangaanaarde)

Reënval

Geen spesifieke navorsing is tot op hede nog gedoen om uitsluitel oor sekere van die arbitrêre waardes, soos byvoorbeeld dat 20 meter dikte Karoo voorkomend is, te gee nie. Dit is ook duidelik dat die faktore 'n individuele sowel as gemeenskaplike invloed op die oppervlakstabiliteit het.

HOOFSTUK 3: BESTAANDE ONDERSOEKMETODES

3.1 GEOFISIIESE METODES

Verskillende geofisiese metodes word sedert die laat veertigerjare gebruik om gevaarsones waar sinkgate en versakkings kan vorm, te omlin (Enslin, 1951).

Die doel van 'n geofisiese opname op dolomiet is soos volg:

- a) Om die dikte en veranderlikheid van die ongekonsolideerde deklaag vas te stel,
- b) kontakte tussen litologiese eenhede te definieer, en
- c) strukture (bv. verskuiwings) te definieer.

Verskeie metodes is reeds beproef waarvan die gravitasie-opname steeds die suksesvolste is. Die elektromagnetiese metode hou baie belofte in vir die opspoor van strukture in die dolomiet, maar daar is nog nie genoegsame navorsing met die apparaat gedoen nie (Kleywegt, 1981).

Geen enkele geofisiese metode kan holtes direk opspoor nie, maar die gravitasiemetode gee wel 'n aanduiding van die gesteldheid van die bodemrotsoppervlak.

'n Gravitasie-opname behels die meet van die aarde se gravitasieveld met 'n gravimeter. Die verskille tussen die teoretiese gravitasie en die waargenome waardes word in verband gebring met massa oorwigte of tekorte in die ondergrond. Klein variasies in die gravitasieveld wat veroorsaak word deur lokale massaverspreidings word dus aan die oppervlak gemeet (Kleywegt en Enslin, 1973).

Goed gedefinieerde anomalieë word slegs oor kleinskaal strukture waargeneem indien die diskontinuiteitsvlakke baie steil is. Hierdie toestande is nie algemeen nie, maar die metode omlin wel sones in die dolomiet waar sinkgate geneig is om voor te kom.

Metings word gewoonlik op 'n 30 meter stasiespasiëring gedoen en korreksies vir die effekte van breedtegraad, hoogte, topografie en aardgetye word gemaak. Die data word dan gekontoer - gewoonlik met 0,1 mgal kontoerintervalle - om 'n Bouguergravitasie-anomaliekaart te verkry. 'n Residuele gravitasiekaart word soms gebruik indien dit die anomalieë beter uitwys.

Die metode word hoofsaaklik gebruik vir die kontoering van die bodemrots-topografie waaruit dan ook sones van diep verwerking omlin kan word.

Die volgende algemene riglyne word gewoonlik gevolg. In gebiede met 'n statiese watervlak (ook ontwaterde gebiede) word sones waar steil gravitasiegradiënte voorkom, vermy. Brink (1979) stel die volgende voor:

- a) Waar die grondwatervlak naby die oppervlak is, is oplossingsholtes met water gevul. Aangesien die grondwatervlak die basis van ondergrondse erosie vorm en groot holtes wat kan optree as ontvangers van geërodeerde materiaal onder die watervlak is, is daar geen moontlikheid vir groot sinkgate om te vorm nie. Klein sinkgate kan dus in gravitasie "hoog" sones ontwikkel waar vlak oplossingskeure bokant die grondwatervlak voorkom.
- b) Waar die grondwatervlak diep is kan gravitasie "hoog" gebiede beskou word as gebiede waar relatiewe klein sinkgate sal vorm. Enslin en Smit (1955) het gevind dat sinkgate nie gewoonlik oor gravitasie "laag" sones voorkom waar die deklaag oor dolomiet meer as 15 meter is nie.

Die gravitasiemetode is die beste beskikbare geofisiese metode wat huidiglik op dolomietterreine gebruik kan word om die gemiddelde diepte tot bodemrots aan te dui. Dit is belangrik dat die metode tesame met druklugboorwerk gebruik moet word. Waar die bodemrots diep is, is hierdie metode ook meer bruikbaar as op 'n terrein met vlak bodemrots (Kleywegt en Pike, 1982).

3.2 AFSTANDSWAARNEMINGSTEGNIEKE

3.2.1 Lugfoto-interpretasie

Lugfotografie is die mees algemene vorm van afstandswaarneming. Inligting

wat deur die interpretasie van lugfoto's verkry word, is van groot hulp by die beplanning en uitvoering van die veldwerk tydens 'n terreinonderzoek.

By die ingenieursgeologiese interpretasie van lugfoto's word daar gewoonlik na die volgende faktore gekyk (Hartopp, 1981):

- a) Reliëf - heuwels, valleie, konkawe kanthellings, ens.
- b) Dreinerings - riviere, dongas, oppervlakwater, vleie, ens.
- c) Plantegroei - digtheid, patrone, soorte
- d) Tint/tekstuur - varieer in belangrikheid
- e) Menslike invloede - kommunikasie, bosbou/landbou, dorpsontwikkeling, ens.
- f) Tyd van fotografie, skaal, veranderings (herhaling).

Die normale patroon vir 'n gebied moet eers vasgestel word waarna bepaal kan word wat ongewoon of problematies is vir die gebied wat ondersoek word.

Grense tussen vlakliggende toringrotse en swerfstene van dolomiet en chertgruissones kan gewoonlik maklik gedefinieer word. Lineêre strukture soos verskuiwings en nou verweringsplete kan ook gemaklik vasgestel word terwyl paleosinkgate ook soms gesien kan word. Verskuiwingsvlakke en paleosinkgate is gewoonlik die verskynsels wat tydens ontwikkeling vermy word of andersins deeglik ondersoek word voor ontwikkeling goedgekeur word.

Die waarde van inligting uit lugfoto-interpretasie is reeds oor en oor bewys (Brink et al, 1982: Wagener, 1982).

3.2.2 Termiese infrarooilynaftasting

Temperatuuruitstraling van die aardoppervlak word met hierdie metode gemeet. Die beste resultate word verkry wanneer die oppervlak droog is en nie plantegroei op het nie. Die opnames op die Transvaalse Hoëveld word dus gedurende die wintermaande uitgevoer wanneer die beste resultate verkry word (Minnett, et al, 1980)

’n Groot mate van distorsie kom op die termiese infrarooibeelde voor en geen reliëf kan waargeneem word nie. Daar moet dus van tint, teksture en patrone gebruik gemaak word tydens die interpretasie van ’n gebied (Sabius, 1978)

Die metode is van groot hulp by die verskaffing van bykomende inligting in gebiede waar vlak bodemrots voorkom. Diskontinuiteite soos verskuivings en nate in die bodemrots kan waargeneem word as kouer sones (donker skakerings) teenoor die rots wat warmer is (ligter skakerings).

Indien hierdie tegniek saam met konvensionele lugfoto's gebruik word, kan ’n aansienlike hoeveelheid bykomende inligting daaruit verkry word, veral as die termiese kontraste skerp is. Die inligting is hoofsaaklik in die vorm van beter definisie van versakkings en breuksone en in sommige gevalle naatpatrone en paleosinkgate.

Die volgende faktore verlaag die termiese kontraste en waar dit baie laag is, is hierdie opname nie van veel waarde nie (Hartopp, 1981):

- a) Menslike invloede - landbou, dorpsontwikkeling, ens.
- b) Oppervlakwater
- c) Plantegroei - veral breëblaar variëteite
- d) Dikte van vervoerde grond oor bodemrots.

3.3 DRUKLUGBOORWERK

Vanweë die teenwoordigheid van uiters harde chert is boorwerk in dolomietgebiede duur en tydrowend en die tipe boor wat steeds die beste balans tussen koste, tempo en boorselherwinning lewer, is ’n druklugboor met ’n binneboorgathamer wat ’n gat met ’n diameter van 150 mm boor. Monsters word gewoonlik elke 1 tot 1,5 meter geneem en die penetrasietyd vir elke bemonsteringsinterval genoteer. Die monsters wat herwin word is hoogs gekontamineer, veral as daar ’n lae-digtheid materiaal op ’n vlak diepte voorkom. Hierdie laag kontamineer dan die monsters wat van dieper af uitgeblaas word (Roux, 1981).

Die interpretasie van die boorsel en korrelasie daarvan met die penetrasietempo's is uiters belangrik om 'n korrekte beeld van die bodemtoestande te verkry (Roux, 1979). Verskeie pogings is al aangewend om penetrasietempo's met materiaaltipe en sterkte te korreleer. Daar is egter soveel veranderlikes ten opsigte van die boortoerusting en so 'n groot variasie in geologiese toestande dat dit onmoontlik blyk te wees.

Drukklugbore met buiteboorgathamers wat op kruipbande gemonteer is, word soms gebruik as gevolg van die beweeglikheid van sulke toerusting in beperkte spasies. Die gat wat geboor word, het 'n diameter van ongeveer 60 mm en swak monsterherwinning word verkry. Daar kan ook nie baie op die penetrasietempo's staat gemaak word nie, aangesien die boor baie kragtig is en weinig verskil in penetrasietyd tussen sterk en swak materiaal toon.

Drukklugboorwerk is huidiglik nog steeds die betroubaarste metode waarmee inligting van die ondergrond en bodemrots op dolomietgebiede ingewin kan word (Wagener, 1981) indien ekonomie in ag geneem word.

'n Hulpmiddel wat onlangs weer aandag begin geniet het, is die gebruik van 'n boorgattelevisiekamera om 'n beter beeld van die werklike toestande in 'n boorgat te kry.

3.4 TRUGRAWERSLOTE, GROOT EN KLEIN DIAMETER AWEGAARGATE

Hierdie ondersoekmetodes is ideaal vir die verkryging van 'n vlak grondprofiel wat baie belangrik is by die evaluering van fondamenttoestande op dolomietgebiede. Probleme word egter ondervind met al die metodes waar daar chertgruis en rolblokke in die deklaag en residuum voorkom (Wagener, 1981).

Onversteurde monsters kan gewoonlik nie geneem word nie, behalwe in chertvrye mangaanaarde. As gevolg van hierdie probleem, word daar soms in situ horisontale plaatbelastingstoetse uitgevoer om die vervormbaarheid van die materiaal te bepaal. Indien die chertrolblokke in die materiaal wat getoets word, te groot word, is die toetsresultate nie meer betroubaar nie.

HOOFSTUK 4: KLASSIFIKASIESTELSELS VIR DOLOMIETGEBIEDE

Vyf klassifikasiestelsels wat voorgestel is om dolomietgebiede in sonas met verskillende grade van stabiliteit of geskiktheid in te deel, word kortliks hier beskryf.

4.1 KLASSIFIKASIESTELSEL A (J M WEAVER, 1979)

Hierdie klassifikasiestelsel is 'n empiriese metode wat gebaseer is op inligting verkry uit 30-meter diep boorgate. Dit sou dus nie sinvol wees om die metode toe te pas indien van die boorgate dieper as 30 meter is nie, tensy gegewens van dieper as 30 meter geïgnoreer word. Die metode vloei voort uit 'n vergelyking tussen boorgatinligting en sinkgat/versakkings-geskiedenis in veral die Formasie Lyttelton in die gebied suid van Pretoria (Weaver, 1979).

'n Stabiliteitswaarde x word vir elke boorgat bereken waar x die verhouding van die diepte tot mangaanaarde teenoor die totale dikte mangaanaarde is. Die boorgate wat geen mangaanaarde bevat nie, word 'n waarde van oneindig toegeken. Kontoerlyne met x -waardes 1 en 4 word getrek om die gebied in drie sonas in te deel met

$$\begin{array}{ll} x < 1 & \text{hoogs ongeskik} \\ 1 \leq x \leq 4 & \text{twyfelagtig} \\ x > 4 & \text{geskik} \end{array}$$

'n Kontoerlyn wat 'n deklaagdikte van 8 meter voorstel, kan ook getrek word en daar is gevind dat hierdie kontoerlyn gewoonlik goed ooreenstem met die $x = 1$ kontoer.

4.2 KLASSIFIKASIESTELSEL B (F WAGENER, 1980, 1982)

Volgens Wagener (1980, 1982) moet 'n geotegniese ondersoek daarop teogespits wees om inligting te verskaf sodat daar tussen die volgende drie tipes versakkings onderskei kan word, naamlik

- a) Normale versakking - as gevolg van 'n kombinasie van onmiddellike elastiese versakking en konsolidasie-versakking. Die grootte van die versakking hang af van die belasting, dikte en eienskappe van die residuum en vervoerde grondbedekking.

- b) Skielike versakking (sinkgate) - die grootte van 'n sinkgat sal afhang van die dikte van die residuum en diepte van die watertafel. 'n Groot sinkgat kan nie vorm in 'n gebied met 'n dun grondbedekking of 'n hoë watertafel nie.
- c) Geleidelike versakking (doliënes) - 'n doliëne vorm wanneer die boogvormingstoestand, wat nodig is vir sinkgatvorming, nie ontstaan nie.

Wagener stel voor dat 'n dolomietterrein geklassifiseer word volgens die deklaagdikte vanaf grondvlak tot aan die bopunte van dolomietoringrotse en swerfstene. Dit verskaf nie net 'n gevoel vir die terreingeologie nie, maar gee ook 'n aanduiding van die moontlike versakkingsprobleme en dui op watter ondersoekmetodes die beste inligting sal gee.

Die volgende klassifikasie word voorgestel:

Klas A - Toringrots en swerfstene van dolomiet aan of naby die oppervlak:
 $c < 3$ meter

Klas B - Toringrots en swerfstene van dolomiet wat deur 'n matige dik gronddeklaag oorlê word:
 $3 \text{ meter} < c < 15 \text{ meter}$

Klas C - Toringrots en swerfstene van dolomiet wat bedek word deur 'n dik gronddeklaag:
 $c > 15$ meter
waar c die gemiddelde dikte van deklaagmateriaal tot aan die bopunte van toringrotse en rolblokke is.

Die klassifisering van 'n terrein in bogenoemde drie klasse word gedoen op grond van inligting verkry uit lugfoto-interpretasie, gravimetrie, druklugboorgate, trugrawerslote en laboratoriumtoetse.

Vanuit die inligting verkry van die trugrawerslote en toetsresultate met aanvullende inligting vanaf boorgatstate kan die berekening vir die normale versakking gemaak word.

Die residuele gravitasiekaart met druklugboorgatstate wat die tipe en toestand van die deklaag, asook die vorm en toestand van die bodemrots en die diepte tot die watervlak aandui, sal 'n idee gee van die risiko vir sinkgating en die sinkgatinggrootte.

Hierdie evaluasie behoort volgens Wagener, bevredigende antwoorde op die drie versakkingstipes wat hierbo bespreek word, te gee.

4.3 KLASSIFIKASIESTELSEL C (J H DE BEER, 1981)

By evaluering van die skaderisiko vir 'n struktuur moet onderstaande beïnvloedingsfaktore oorweeg en vergelyk word met bekende gebiede en vorige ondervinding (De Beer, 1981). Slegs ooreenstemmende gebiede moet vergelyk word. 'n Ontwaterde gebied moet byvoorbeeld nie met 'n nie-ontwaterde gebied vergelyk word nie.

Hierdie faktore moet as 'n kontrolelys van faktore wat oorweeg moet word wanneer dolomietgebiede evalueer word, beskou word.

Die beïnvloedingsfaktore word in drie klasse ingedeel, naamlik natuurlike (geologiese) faktore, historiese besettingsfaktore en toekomstige besettingsfaktore.

Elkeen van hierdie faktore word voorts onderverdeel in parameters waaraan punte tussen 1 en 5 toegeken word met 1 as die gunstigste en 5 as die swakste toestand. Die voorgestelde onderverdeling en puntetoekenning is soos volg:

A Natuurlike geologiese faktore

a Watervlak

- 1 Staties en vlak
- 3 Staties en op bodemrotsdiepte
- 5 Staties en baie dieper as bodemrotsvlak

b Geologie - diepte tot bodemrots

- 1 > 30 meter
- 3 Ongeveer 15 meter
- 5 Dagsom tot minder as 10 meter

- c Geologie - sterkte en deurlatendheid van oppervlakmateriaal
 - 1 Goed ontwikkelde pedokreet of Karooskalielaag
 - 3 Nie gedefinieer
 - 5 Mangaanaarde en mangaanaarderyke dolomiet binne 1,5 meter van die grondoppervlak

- d Geologie - geaardheid van tussenliggende residuele materiale
 - 1 Hoofsaaklik chert
 - 2 Mangaanaarde en chert
 - 5 Hoofsaaklik mangaanaarde

- B Historiese besettingsfaktore
 - a Relatiewe herhaling van skade
 - 1 Geen bekende voorkoms binne 10 kilometer van terrein. Nuut ontwikkelde terrein jonger as 5 jaar
 - 3 Nie gedefinieer
 - 5 Voorkomste van sinkgate of versakkings op 'n terrein binne 50 m van terrein.
Ontwikkeling in onmiddellike omgewing van terrein vir ten minste afgelope 20 jaar.
Voorkomste hoofsaaklik gedurende nat seisoene

 - b Dreineringsgeskiedenis van terrein
 - 1 Natuurlike onversteurde vlakhellende grasveld, geen vorige ontwikkeling, nie omgeploeg nie
 - 3 Vlakhellende topografie, residensiële ontwikkeling, geen ondergrondse stormwaterretikulasie nie
 - 5 Industriële of residensiële ontwikkeling met septiese tenks, stapelriole, ondergrondse stormwaterstelsel, goed besproeide tuine

- C Toekomstige besettingsfaktore
 - a Voorgestelde versteuring van grondoppervlak en natuurlike dreinering
 - 1 Geen
 - 3 Verwydering van pedogene laag
 - 5 Diep insnydings wat mangaanaarde, toringrotse en holtes blootlê

b Voorgestelde struktuur

- 1 Spoorlyn
- 2 Spesiaal residensieel met vlak fondamente
- 3 Melkery, brouery, ens., waar hoeveelhede waswater gebruik word
- 4 Beton reservoir
- 5 Onbelynde dam

c Kennis van geologiese toestande

- 1 Termiese infrarooilynaftasting, gravitasie, toetsputte, toetsgate, boorgate, skagte
- 3 Toetsputte, toetsgate en boorgate
- 4 Slegs toetsputte
- 5 Geen ondersoek

h Waardering van 1 tot 5 word aan elke parameter toegeken met 1 die gunstigste en 5 die swakste toestand. Die waardes word bymekaar getel en die som gee h aanduiding van die skaderisiko. In die begindstadium van h evaluering word al die faktore as ewe belangrik beskou behalwe as dit blyk dat enige een faktor oorheersend is.

Nadat die faktorwaardes gesommeer is, word dit in die volgende breë kategorieë van skaderisiko gegroepeer:

- 0 - 15 Laag
- 16 - 30 Matig
- 31 - 45 Hoog

Die terrein word dan opgedeel in sones of gebiede met verskillende grade van skaderisiko. Sodra so h evaluering van h terrein gedoen is, moet dit herlei word na skade-aanneemlikheid van h struktuur, wat die interaksie tussen grond en struktuur is.

Skade-aanneemlikheid (grond-struktuur interaksie)

- 1 Geringe krake - opvulling en herstel van krake - werkzaamheid nie geaffekteer nie, slegs ongerief.
- 2 Skade aan mure en afwerking benodig uitgebreide herstelwerk - werkzaamheid nie geaffekteer nie, maar hoogs ongerieflik.

- 3 Groot skade aan struktuur - tydelike staking van werksaamheid gedurende herstelwerk
- 4 Groot skade aan struktuur of ontruiming van dele van struktuur - staking van werksaamheid vir lang periodes.
- 5 Skade aan struktuur kan nie toegelaat word nie, byvoorbeeld hospitaal, kernkragssentrale, ens.

4.4 KLASSIFIKASIESTELSE D (L A STEPHAN, 1975)

Geoloë moet, volgens Stephan (1975), hulle gevoel wat op ondervinding gebaseer is, gebruik om die stabiliteit van 'n gebied vanuit boorgatinsligting te voorspel.

Vir elke horison in die dolomitiese opeenvolging word 'n standaard kodenommer toegeken wat verband hou met sy waarskynlike stabiliteit.

Die volgende word voorgestel:

	<u>Standaard- kodenommer</u>
Geen monsterherwinning bo soliede dolomiet	5
Hoofsaaklik mangaanaarde	4
Mangaanaarde en min chert	3,5
Mangaanaarde en chert	3
Chert en mangaanaarde	2,5
Chert en min mangaanaarde	2
Geen monsterherwinning in soliede dolomiet	3
Geloogde dolomiet	2
Vars dolomiet	1
Terra rosa (rooigrond)	1,5
Chert gesementeer in terra rosa	1,5
Chert, verweerde chert en chertbreksie	1
Skalie, sandsteen, kwartsiet, stollingsgesteente	-4
Verweerde skalie, verweerde stollingsgesteente	0

Die betekenis van die stabiliteitskodenommers word vervolgens bespreek:

Kodenommer 5: Geen monsterherwinning bo soliede dolomiet

Hierdie verskynsel kan twee geologiese toestande voorstel:

- a) 'n holte
- b) 'n sone van swak samedrukbare materiaal wat nie herwin kan word nie as gevolg van lugverlies

Dit word as die swakste toestand beskou.

Kodenommer 4 tot 2: Die mangaanaarde-chert opeenvolging

In situ mangaanaarde is 'n hoogs samedrukbare los materiaal wat gekenmerk word deur

- a) sy mineralogie (hoofsaaklik silika, illiet en water)
- b) sponsagtige struktuur
- c) baie lae digtheid

Bogenoemde eienskappe kan die aanname dat onverdigte mangaanaarde slegs onder beskermende toestande kan bestaan, regverdig. Dit beteken dat onverdigte mangaanaarde sal voorkom waar die dolomitiese bodemprofiel baie toringrotsagtig is en/of waar chertlae 'n beskermende rol speel deur die litostatiese druk te verlaag. Waar die volle litostatiese druk uitgeoefen word, sal mangaanaarde in die onverdigte vorm nie bokant die grondwatervlak behoue bly nie omdat dit sal konsolideer. Ook waar dun chertlae teenwoordig is, sal die materiaal steeds taamlik samedrukbaar wees alhoewel die chertlae 'n matige stabiliserende invloed sal hê.

Kodenommer 3: Geen monsterherwinning in soliede dolomiet

Hierdie verskynsel dui op 'n holte en die oorliggende dolomiet sal 'n sterk oorbruggingseffek uitoefen (hoofsaaklik afhangende van die dikte en die graad van genaetheid van die dolomiet). Wanneer daar 'n holte in die dolomiet is, kan dit dien as reservoir vir afbewegende residuele produkte van die dolomiet.

Kodenommer 2: Geloogde dolomiet (en dolomitiese residu)

h Definisie van geloogde dolomiet kan wees: dolomiet en dolomitiese residu (bv. terra rosa, mangaanaarde, ens.)*

Kodenommer 1,5: Terra rosa (met chert)

Terra rosa word gedefinieer as h rooibruin residuele grond wat as h deklaag oor kalksteen bodemrots voorkom (tipies in die karstgebiede om die Adriatiese see)**. Daar is opgemerk dat in h groot aantal sinkgate in die dolomietgebied suid van Pretoria slegs hierdie rooi kleiige materiaal blootgestel is. Die grond is gewoonlik meer kohesief en het h hoër digtheid as mangaanaarde.

Kodenommer 1: Vars dolomiet, chert, verweerde chert, ens.

Hierdie gesteentes verteenwoordig die mees stabiele toestande in die dolomitiese opeenvolging. Die graad van toringrotsagtigheid van die dolomietrotsoppervlak is egter onbekend en sinkgate kan nie uitgesluit word nie.

Kodenommer -4: Skalie, kwartsiet, sandsteen, stollingsgesteente

Dit word aangeneem dat die gesteentes h stabiliserende invloed op die dolomitiese profiel het. Vrae wat ontstaan is onder andere:

- a) wat moet die dikte van hierdie gesteentes wees voordat hulle invloed as stabiliserend beskou kan word?
- b) wat is die maksimum diepte tot waar die gesteentes kan voorkom met betrekking tot hulle stabiliserende invloed?
- c) wat is hulle stabiliserende rol in die verweerde toestand?

* Hierdie definisie van Stephan is nie korrek nie, aangesien dolomitiese residu nie as geloogde dolomiet geklassifiseer kan word nie.

** Die veronderstelling dat die rooigrond wat op die dolomiete in Suid-Afrika voorkom, dieselfde is as dié aan die Middellandse See, is nie korrek nie. Uit 'n stabiliteitsoogpunt sou dieselfde standaard egter ook vir die rooigrond op die Groep Chuniespoort gebruik kon word.

Toepassing van die kodenommers

Elke kodenommer word vermenigvuldig met die dikte van die ooreenstemmende laag in die boorgat in meters. 'n Dieptekorreksie moet ook gebruik word want 'n laag mangaanaarde op 20 meter het nie dieselfde invloed op die stabiliteit as dieselfde laag op 10 meter diepte nie. Vir elke 5 meter diepte word 'n vermindering van die betrokke kodenommer met 10 persent voorgestel.

Indien die dolomitiese profiel stabiele gesteentes soos skalie, kwartsiet, diabaas en siënië insluit, word die kodenommer (-4) met die totale dikte vermenigvuldig sonder 'n vermindering vir elke 5 meter. In hierdie geval moet daar egter bykomende beperkings in aanmerking geneem word:

- a) die totale dikte van die stabiele gesteentehorisonne moet ten minste 8 meter wees
- b) die boonste kontak van die stabiele gesteentehorisonne moet nie dieper as 30 meter geleë wees nie.

As die horisonne minder as 8 meter dik is, word dit aangeneem dat dit weinig effek op die totale berekende stabiliteit het en word kodenommer 0 gebruik. As hierdie horisonne dieper as 30 meter is, bestaan 'n moontlikheid van klein sinkgatvorming.

Die sommasie van die berekende stabiliteit vir die verskillende horisonne gee die totale berekende stabiliteit vir elke boorgat. Hierdie waardes kan in drie klasse ingedeel word, naamlik

- < 0 Gebied geskik vir ontwikkeling
- 0 - 40 Gebied geskik vir ontwikkeling met watervoorsorgmaatreëls
- > 40 Gebied ongeskik vir ontwikkeling

Die volgende addisionele stabiliteitsfaktore moet ook in ag geneem word:

- a) wanneer dit duidelik uit die geologie of geofisika is dat die oppervlak van die dolomiet hoogs genaat of toringrotsagtig is, en
- b) die posisie van die grondwatervlak en die waarskynlikheid vir die verlaaging daarvan.

4.5 KLASSIFIKASIESTELSELE (I S VENTER, 1981)

h Klassifikasiestelsel van dolomietgebiede moet poog (Venter, 1981) om:

- a) Die dolomietgeologie op te deel in groepe van ooreenstemmende gedrag (in drie dimensies)
- b) h Basis daar stel vir h begrip van die eienskappe van elke groep
- c) Kwantitatiewe data te lewer vir die ontwerp van geboufondamente of voorkomende of herstelmaatreëls
- d) h Gemeenskaplike kommunikasiebasis bied.

h Vergelyking tussen die bydraende en voorkomende faktore ten opsigte van oppervlakkbeweging, gee h aanduiding van die graad van geskiktheid van h sekere gebied vir h sekere doel.

Onder voorkomende faktore blyk dit dat sterkte en erosiebestandheid van die bodemrotsbedekkende materiaal veral belangrik is. Die dikte van die bedekings is ook van belang.

Bydraende faktore is die faktore wat die waarskynlikheid van grondbeweging verhoog en sluit die volgende in:

- a) Bodemrotsgradiënt
- b) Toringagtigheid van bodemrots
- c) Mate van holtebevattendheid van die bodemrots
- d) Mate van holtebevattendheid en dikte van die residuum.

Die posisies van die grondwatertafel ten opsigte van die bodemprofiel is belangrik en hierdie posisie ten opsigte van h deklaag, nie-holtebevattende residuum, holtebevattende residuum en bodemrots (holtebevattend en met toringontwikkeling al dan nie) definieer h sekere situasie.

Al bogenoemde veranderlikes is in Tabel 2 geïnkorporeer. Elke veranderlike is in vyf kategorieë opgedeel en aan elkeen is h waarde toegeken wat die belangrikheidsgraad daarvan, in terme van die waarskynlikheid dat daar h

direkte korrelasie tussen die veranderlike en grondbeweging voorkom, illustreer.

Die waarde $C\psi + F\phi$ is 'n weerspieëling van die verhouding tussen die deklaag plus nie-holtebevattende residuum A tot die dikte van holtebevattende (of mangaanaarde bevattende) residuum B.

Die som van al die faktorwaardes lewer die groottotaal. 'n Lae groottotaal weerspieël die klein bydrae wat voorkomende faktore en groot bydrae wat bydraende faktore tot die waarskynlikheid van grondbeweging maak met die omgekeerde waar vir 'n hoë groottotaal.

Die tabel gee ook tentatiewe risikograde met die betekenis van die risiko-grad in terme van die verwagte aantal sinkgate of versakkings binne 'n twintigjaar-periode op 'n vierkante kilometer oppervlakte. Toegelate ontwikkelingstipes vir gebiede waar geen spesiale boumetodes of stabilisasie-maatreëls toegepas word nie, word ook aangedui.

Waterbestuur, wat nie 'n geologiese faktor is nie en dus nie in die klassifikasie ingesluit is nie, is die belangrikste bepalende faktor of grondbeweging sal plaasvind of nie.

Moontlike spesiale fundering- of stabilisasiemetodes vir hoë koste-hoë bedrywigheid ontwikkeling is ook ingesluit.

Hierdie sisteem is nie 'n produk van teruganalise van bestaande en bewese gevalle nie, maar bloot 'n teoretiese benadering wat nog in die praktyk beproef moet word.

TABEL 2 : DOLOMIETGEBIEDRISIKOKLASSIFIKASIE

Deklaag
Residium A
Residium B

STERKTE		Bale swak	Swak	Matig sterk	Sterk	Bale sterk
Maarde	A	7	10	12	15	18
EROSIEBESTANDHEID		Hoogs erodeerbaar	Erodeerbaar	Matig erosiebestand	Erosiebestand	Bale erosiebestand
Maarde	B	7	10	12	14	16
DIKTE		0 - 3	3 - 12	12 - 30	30 - 60	> 60
Dikewaarde	C	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Diktefaktor	$\phi = \frac{37}{K \cdot Y \cdot Z}$					
TOTALE WAARDE AC _φ + BC _φ						
STERKTE		Bale swak	Swak	Matig sterk	Sterk	Bale sterk
Maarde	D	7	10	12	15	18
EROSIEBESTANDHEID		Hoogs erodeerbaar	Erodeerbaar	Matig erosiebestand	Erosiebestand	Bale erosiebestand
Maarde	E	7	10	12	14	16
DIKTE		0 - 3	3 - 12	12 - 30	30 - 60	> 60
Dikewaarde	F	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Diktefaktor	$\phi = \frac{37}{K \cdot Y \cdot Z}$					
TOTALE WAARDE DF _φ + EF _φ						
STERKTE		Bale swak	Swak	Matig sterk	Sterk	Bale sterk
Maarde	G	7	10	12	14	16
EROSIEBESTANDHEID		Hoogs erodeerbaar	Erodeerbaar	Matig erosiebestand	Erosiebestand	Bale erosiebestand
Maarde	H	7	10	12	14	16
DIKTE		0 - 3	3 - 12	12 - 30	30 - 60	> 60
Dikewaarde	I	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Diktefaktor	$\gamma = \frac{37}{K \cdot Y \cdot Z}$					
TOTALE WAARDE GI _γ + HI _γ						
C _φ + F _φ AC _φ + BC _φ + DF _φ + EF _φ + GI _γ + HI _γ						
BODENROTSGRADIËNT		> 1:1	1:1,5 - 1:1	1:2 - 1:1,5	1:2 - 1:3	< 1:3
Indien C _φ + F _φ > 0,8		-3	-2	-1	0	0
0,4 - 0,8		-4	-3	-2	-1	0
< 0,4		-5	-4	-3	-2	0
D/L VERHOUDING		< 1,5	1,5 - 3,0	3,0 - 8,0	> 8,0	
Indien C _φ + F _φ > 0,8		-2	-2	-1	0	0
0,4 - 0,8		-3	-3	-2	-1	0
< 0,4		-4	-4	-3	-2	0
RESIDIUM B HOLTEBEVATTEND		> 20%	10 - 20%	5 - 10%	1 - 5%	< 1%
Indien C _φ + F _φ > 0,8		-4	-3	-2	-1	0
0,4 - 0,8		-5	-4	-3	-2	-1
< 0,4		-6	-5	-4	-3	-2
BODENROTSGRADIËNT		> 20%	10 - 20%	5 - 10%	1 - 5%	< 1%
Indien C _φ + F _φ > 0,8		-4	-3	-2	-1	0
0,4 - 0,8		-5	-4	-3	-2	-1
< 0,4		-6	-5	-4	-3	-2
ONSTANDIGHEIDSFAKTOR		12 - 30	31 - 50	51 - 70	71 - 90	91 - 100
Situasies Indien C _φ + F _φ > 0,8		-1	0	0	0	0
1 6 11 16 21 26 0,4 - 0,8		-2	-1	0	0	0
< 0,4		-3	-2	-1	0	0
2 3 4 5 7 12 17 C _φ + F _φ > 0,8		-3	-2	-1	0	0
22 27 0,4 - 0,8		-4	-3	-2	-1	0
< 0,4		-5	-4	-3	-2	-1
8 9 10 13 C _φ + F _φ > 0,8		-5	-4	-3	-2	-1
0,4 - 0,8		-6	-5	-4	-3	-2
< 0,4		-7	-6	-5	-4	-3
14 18 19 23 24 28 29 0,4 - 0,8		-8	-7	-6	-5	-4
< 0,4		-9	-8	-7	-6	-5
15 20 25 30 C _φ + F _φ > 0,8		-10	-9	-8	-7	-6
0,4 - 0,8		-11	-10	-9	-8	-7
< 0,4		-12	-11	-10	-9	-8
GROOTTOTAAL		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
RISIKOGRAAD		Bale hoë risiko	Hoë risiko	Medium risiko	Laë risiko	Bale laë risiko
AANTAL SIMKATE OF VERSAKKINGS BINNE 20 JAAR OP AREA VAN 1 KILOMETER		0,2-6	0,06-0,2	0,02 - 0,06	< 0,02	< 0,02
Goëie waterbestuur						
Swak waterbestuur		> 10	6-10	0,2-6	0,06-0,2	< 0,06
TOEGELATE ONTVIKKELINGSTIPES VIR ONGESTABILISEERDE GEBIED		Geen	Laë koste Laë bedrywigheid	Hoë koste Laë bedrywigheid	Hoë koste Hoë bedrywigheid	Hoë koste Hoë bedrywigheid
MOONTLIKE SPESIALE FUNDIERINGS OF STABILISASIE METODE VIR HOË BEDRYF NOË KOSTE ONTVIKKELING (woonhuise)		X + Y + Z < 2m	X + Y + Z < 2m	X + Y + Z < 2m	X + Y + Z < 2m	X + Y + Z < 2m
Ereke-ontwikkeling		Uitgrawe tot bodemrots	Uitgrawe tot bodemrots	Uitgrawe tot bodemrots	Uitgrawe tot bodemrots	Uitgrawe tot bodemrots
2 - 6m		Heipale en afdigting	Heipale en afdigting	Heipale en afdigting	Heipale en afdigting	Heipale en afdigting
6 - 30m		Heipale en afdigting	Heipale en afdigting	Heipale en afdigting	Heipale en afdigting	Heipale en afdigting
> 30m		Afdigting	Afdigting	Afdigting	Afdigting	Afdigting
2m		Soos bo maar uitgraving moontlik tot 6,0 meter	Soos bo maar uitgraving moontlik tot 6,0 meter	Soos bo maar uitgraving moontlik tot 6,0 meter	Soos bo maar uitgraving moontlik tot 6,0 meter	Soos bo maar uitgraving moontlik tot 6,0 meter
2 - 6m		of meer. Waarskynlik meer geld beskikbaar vir	of meer. Waarskynlik meer geld beskikbaar vir	of meer. Waarskynlik meer geld beskikbaar vir	of meer. Waarskynlik meer geld beskikbaar vir	of meer. Waarskynlik meer geld beskikbaar vir
6 - 30m		fondementbehandeling.	fondementbehandeling.	fondementbehandeling.	fondementbehandeling.	fondementbehandeling.

HOOFSTUK 5: NUWE VOORGESTELDE KLASSIFIKASIE

Na aanleiding van die verskillende uiteenlopende maniere waarvolgens dolomietgebiede huidiglik evalueer word, is daar gepoog om 'n nuwe klassifikasiesstelsel te ontwikkel sodat inligting vanuit bestaande ondersoektegnieke gebruik kan word om 'n dolomietgebied sinvol te evalueer met die oog op dorpsontwikkeling.

Hierdie stelsel is ontwikkel deur bestaande inligting oor stabiliteit, boorgatresultate, gravitasie-opnames en termiese infrarooilynaftasting te gebruik om stabiliteitswaardes aan die verskillende geologiese faktore toe te ken en daar word voortaan na hierdie stelsel as die MF-stelsel (meervoudige faktor-stelsel) verwys.

5.1 FAKTORE WAT SINGKATVORMING BEÏNVLOED

Daar is aanvanklik slegs oorweging geskenk aan die volgende geologiese faktore wat vanuit boorgatresultate verkry kan word, naamlik

Diepte tot stabiele gesteente
Dikte van stabiele gesteente
Diepte tot mangaanhoudende grond*
Dikte van mangaanhoudende grond*
Residuumsamestelling**
Deklaagsamestelling

* *Mangaanhoudende grond is residuele materiaal wat in samestelling kan wissel van 'n donkerbruin tot blougrys of swart kleierige slied (mangaanaarde) tot 'n donkerbruin sliedige sand (grond met variërende hoeveelhede mangaanaarde daar versprei). Daar behoort 'n onderskeid getref te word tussen verskillende soorte mangaanaarde, aangesien dit wel as digte, kohesiewe materiaal kan voorkom.*

***Die residuum is in dié geval alle residuele materiale, uitgesluit die erodeerbare horisonne en die deklaag is die laag vervoerde materiaal wat groot dele van die dolomietgebied oordek.*

Materiaal bokant stabiele gesteente*

Materiaal onder stabiele gesteente*

Diepte tot chertbreksie

Diepte tot bodemrots

Benewens boorgatresultate, is daar ook ander gegewens wat vir klassifikasie-doeleindes gebruik kan word, en nadat die faktore wat sinkgatvorming beïnvloed met variërende sensitiwiteit in verskillende kombinasies gebruik is, is die volgende faktore uiteindelik in die MF-klassifikasiestelsel opgeneem:

Dreineringsgeskiedenis (termiese infrarooilynaftasting)

Gravitasiekontoerverskynsels

Diepte tot mangaanhoudende grond

Totale dikte van mangaanhoudende grond

Eienskappe van mangaanhoudende grond

Soort materiaal bokant eerste voorkoms van mangaanhoudende grond

Soort materiaal onder laaste voorkoms van mangaanhoudende grond

Skadegeskiedenis

Toekomstige ontwikkeling

Aangesien die grondwatervlak suid van Pretoria in die algemeen dieper as 60 meter geleë is en die moontlikheid van grootskaalse ontwatering tans nie groot is nie, is hierdie faktor buite rekening gelaat.

Aan hierdie faktore is daar risikograde ten opsigte van sinkgatvorming toegeken.

5.2 KLASSIFIKASIE MET BEHULP VAN OPPERVLAKINLIGTING

Die groot variasie van toestande in karstgebiede maak dit baie moeilik om byvoorbeeld 'n boorprogram uit te werk wat sal verseker dat alle moontlike toestande getref en omlin word.

Dit is dus belangrik om eers 'n gebied op te deel in eenderse geologiese sones.

* *Stabiele gesteentes is alle intrusiewe gesteentes en ook skalie, sandsteen ens. van die Opeenvolging Karoo of Groep Pretoria.*

Hierdie indeling kan gedoen word op grond van geologiese kaarte, lugfoto's en stratigrafiese gegewens.

In 'n dolomietgebied kan daar gepoog word om onder andere die volgende verskynsels te omlin, naamlik: dagsoomgebiede, chertgruissones, gebiede met dieselfde plantegroei, ou sinkgatgebiede, versakkingsgebiede, verspreide dagsoomgebiede, verskillende formasies en stollingsintrusies.

5.3 KLASSIFIKASIE MET BEHULP VAN TERMIESE INFRAROOILYNAFTASTING

Deur slegs na die grys skakerings van die termiese beelde te kyk, kan 'n risiko-klassifikasie soos volg opgestel word:

Tabel 3: Risiko-indeling deur middel van Termiese infrarooilynaftastingsbeelde

Sone (kleurskakering)	Risikograad
Swart	Baie hoog
Donkergrys	Hoog
Grys	Matig
Liggrys	Laag
Witgrys	Baie laag

Die inligting moet egter baie oordeelkundig gebruik word en is nie van veel waarde op klein terreine en reeds ontwikkelde gebiede nie. Die plantegroei, topografie en geologie beïnvloed ook die beelde en moet in ag geneem word.

'n Baie belangrike faktor wat egter uit die beelde verkry kan word en wat 'n groot invloed op sinkgatvorming het, is die dreinerings van 'n gebied. Akkumulering van oppervlaktwater kan duidelik uit die beelde gesien word en so kan sones waar dreineringsprobleme bestaan, geïdentifiseer word.

In die algemeen kan gesê word dat alle sones waar daar dreineringsprobleme op die dolomiet bestaan, hoë risikogebiede is.

5.4 KLASSIFIKASIE MET BEHULP VAN GRAVITASIE-INLIGTING

'n Gravitasielkontoerkaart kan op grond van die verskillende anomalieverskynsels in vier sones as volg ingedeel word:

Gravitasie "hoog" anomalieë

Gravitasie "laag" anomalieë

Steil gradiënt sones

Vlak gradiënt sones

Die verskillende anomalieverskynsels moet beskou word relatief tot die kontoerspasiëring van elke gravitasiekaart. Die kontoerspasiëring van byvoorbeeld 'n steil gradiënt op een kaart sal dus nie noodwendig ooreenstem met die spasiëring van 'n steil gradiënt op 'n ander kaart nie. Net so sal byvoorbeeld 'n "hoog" anomalie 'n sone wees met relatief hoër milligal waardes as die res van die gravitasiekaart.

Aan elkeen van hierdie kontoerverskynsels kan 'n risikograad toegeken word. Indien daar geen spesifieke inligting bestaan nie, kan die riglyne soos in paragraaf 3.1.1 genoem, vir nie-ontwaterde gebiede gevolg word, naamlik

steil gradiënt sone - hoë risiko (hierdie indeling kan waarskynlik terug gevoer word na toestande in die Verre Wes Rand)

gravitasie "hoog" sone - matige risiko vir klein sinkgate

gravitasie "laag" sone - lae risiko (waar die grondwatervlak diep is en die deklaag oor dolomiet meer as 15 m is)

In die algemeen sou hierdie indeling van die gravitasie-inligting sonder bykomende inligting, soos bv. boorgate, saam met die oppervlakinligting en dreineringsinligting (vanaf die termiese infrarooilynaftastingsbeelde) gebruik word om die gebied in sones in te deel wat verder met boorgate ondersoek moet word.

Die doel van hierdie aanvanklike indeling van die gebied is hoofsaaklik om die variasie in geologiese toestande binne elke sone te beperk en om deur bevestiging van hierdie toestande deur middel van boorgate ook die uiteindelijke aantal boorgate te verminder.

5.5 KLASSIFIKASIE MET BEHULP VAN BOORGATDATA

Boorgatinligting is gebruik om elk van die volgende faktore in vyf klasse

van verskillende toestande in te deel:

Diepte tot mangaanhoudende grond

Totale dikte van mangaanhoudende grond

Eienskappe van mangaanhoudende grond

Soort materiaal bokant eerste voorkoms van mangaanhoudende grond

Soort materiaal onder laaste voorkoms van mangaanhoudende grond

Aan elke toestand is 'n heeltallige waarde of gewig van 1 tot 5 van baie swak tot baie goed toegeken. Elke faktor se waarde is bepaal uit boorgatinligting en die waardes is aanvanklik sommeer. 'n Probleem wat egter met die sommering van die waardes ondervind is, is dat die sensitiwiteit tot enige een van die faktore beperk word.

Daar is toe besluit op vermenigvuldiging van die faktorwaardes. Die waardes van die vyf klasse vir elke faktor is toe ook aangepas en sommige waardes is na desimale getalle verander.

Die klassifisering van boorgatinligting is onderverdeel in boorgate wat mangaanhoudende grond bevat en die wat nie mangaanhoudende grond bevat nie. Vir elke boorgat word daar, deur verskillende faktore te waardeer, 'n stabiliteitswaarde bereken.

Verskeie probleme is ondervind met die toekenning van waardes aan die verskillende faktore uit boorgatinligting. Vir die gebied waaruit hierdie klassifikasie ontwikkel is, bestaan daar boorgatdata wat sedert 1950 deur 'n hele aantal verskillende persone ingesamel is. Die beskrywing van die verskillende materiale, veral in die ouer boorgatstate, is nie altyd duidelik nie. Met die toekenning van waardes aan die verskillende faktore, moet daar ook op die volgende gelet word:

- a) Die materiaalbeskrywings in 'n boorgatprofiel moet eers ingedeel word in sones met dieselfde eienskappe. Daar hoef byvoorbeeld nie kleurverskille in vars skalie of chertbreksie in ag geneem te word nie.
- b) Indien meer as een laag mangaanhoudende grond in die profiel voorkom, word die diktes van die lae bymekaar getel om 'n totale dikte te kry en

die swakste laag se eienskappe word vir die stabiliteitswaardebepaling gebruik.

- c) Die diepte tot mangaanhoudende grond word geneem as die diepte tot waar die eerste horison met mangaanhoudende grond in voorkom.
- d) Die diepte van 'n boorgat speel ook 'n rol. Aangesien dit tans die praktyk is om boorgate vir dorpsontwikkeling 30 meter diep te boor, word voorgestel dat 30 meter as 'n standaarddiepte vir die sisteem geneem word. Die invloed van materiale wat dieper as dertig meter in gebiede vir residensiële ontwikkeling voorkom, is nie baie groot nie en dus kan boorgate wat dieper as dertig meter geboor is, op 30 meter afgesny word. Waar vaste rots op vlak diepte getref word, word boorgate gewoonlik tot 6 meter in vaste rots of tot 15 meter diepte geboor. In hierdie boorgate kan vaste rots tot 30 meter diepte aanvaar word om ook by die klassifikasie ingesluit te word.
- e) Indien daar horisonne met verskillende eienskappe bokant en onderkant die mangaanhoudende grondhorison voorkom, word 'n gemiddeld van die waardes vir die verskillende horisonne bereken wat dan as die waarde vir die faktore
 - a) materiaal bo mangaanhoudende grond
 - b) materiaal onder mangaanhoudende grondgeneem word.

Tabel 4 toon die voorgestelde waardes vir die indeling van boorgate met mangaanhoudende grond. Tabel 5 toon die voorgestelde waardes vir die indeling van boorgate wat nie mangaanhoudende grond bevat nie.

Die boorgatstabiliteitswaardes is in intervale ingedeel met ooreenstemmende risikograde ten opsigte van sinkgatvorming (Tabel 6).

Die waardes wat aan die verskillende materiaaltipes in tabelle 4 en 5 toegeken is, is verkry deur 'n eenvoudige regressie-analise te doen.

Drie verskillende waardes kan aan elke materiaaltipe in tabel 5 toegeken word, naamlik

Tabel 4: Boorgate wat mangaanhoudende grond bevat

Toekenningswaarde	Diepte tot mangaanhoudende grond	Totale dikte van mangaanhoudende grond	Eienskappe van mangaanhoudende grond	Materiaal bokant eerste voorkoms van mangaanhoudende grond	Materiaal onderkant laaste voorkoms van mangaanhoudende grond
4	$d > 15$ meter	$a \leq 1$ meter	Hoë penetrasieweerstand bv. chert met min ($\pm 15\%$) mangaanaarde	Materiaal met n baie hoë sterkte bv. dolomiet, chert- breksie/-gruis Skalie dikker as 10 m	Dolomiet (vaste rots) Chert
2	$12 < d \leq 15$ meter	$1 < a \leq 2$ meter	Chert met 30% mangaanaarde Dolomiet met mangaanaarde	Sterk materiaal bv. geloogde dolomiet, chert met 30% rooigrond Rooigrond met ferrikkreet Skalie 8 - 10 m dik	Geloogde dolomiet Verweerde chert
0,75	$8 < d \leq 12$ meter	$2 < a \leq 3$ meter	Mangaanaarde met 30% chert Mangaanaarde met hoë penetrasieweerstand (a.g.v. digtheid)	Matige sterk materiaal bv. rooigrond met 30% chert Skalie 5 - 8 m dik	Genate dolomiet Chert met rooigrond
0,5	$3 < d \leq 8$ meter	$3 < a \leq 5$ meter	Mangaanaarde met min penetrasieweerstand	Lae sterkte materiaal Rooigrond Skalie 3 - 5 m dik Sand	Rooigrond met chert
0,25	$d \leq 3$ meter	$a > 5$ meter	Holte Mangaanaarde met geen penetrasieweerstand (0 - 0,5 min/m)	Materiaal met n baie lae sterkte Slik/Klei	Holtebevattende dolomiet Toringrotsdolomiet

Tabel 5: Boorgate wat nie mangaanhoudende grond bevat nie

Materiaaltipe	Toekenningswaardes		
	Hele profiel met 1,5 m al- luvium	Gedeelte van boor- gatprofiel	
		> 10 m	< 10 m
Dolomiet: vars	20	8	4
geloog	16	5	2
met chert	16	5	2
Chert (breksie/gruis): vars	20	8	4
verweer	15	4	2
met rooigrond	15	4	2
met skalie	20	8	4
Skalie: vars	20	8	4
verweer	15	4	2
met chertbreksie	20	8	4
Stollingsgesteente: vars	20	8	4
verweer	8	4	2
totaal verweer (klei)	0,15	0,25	0,5
Rooigrond:	0,5	0,5	0,75
met chert	2	1	1
Sand	8	2	1
Slik	0,5	0,5	1
Klei	0,5	0,5	1
Algemeen: baie sterk	16	8	4
sterk	0,6	4	2
matig sterk	0,13	0,5	0,75
swak	0,12	0,25	0,5

- a) waar die materiaaltipe oor die hele profiel voorkom
- b) waar die materiaaltipe dikker as 10 meter is en
- c) waar die materiaal dunner as 10 meter is.

Tabel 6: Boorgatstabiliteitswaarde intervalle met ooreenstemmende risiko-
grade vir sinkgatvorming

Boorgatstabiliteitswaarde	Risiko
0 - 0,0024	Baie hoë
0,0025 - 0,124	Hoë
0,125 - 0,5624	Matige
0,5625 - 15,0	Lae
16,0 - 256	Baie lae

Die boorgatinligting word dus gebruik om in elk van die gebiede, soos in paragrafe 5.2 tot 5.4 ingedeel, (a) die geologiese inligting te verbeter, (b) die variasie in toestande te kwantifiseer en (c) die risikograad en betroubaarheid daarvan (in die lig van (b)) te bepaal.

VOORBEELDE

Hier volg twee voorbeelde om die gebruik van tabelle 4 en 5 te illustreer:

- i) Boorgat met mangaanhoudende grond.

Profielbeskrywing

- 0 - 7,5 m Verweerde en vars chert
- 7,5 - 9 m Verweerde chertbreksie met droë bruin slikkige klei (mangaanaarde)
- 9 - 13,5 m Klam donkerbruin en rooibruin slikkige klei met verweerde chertbreksie en mangaanaarde
- 13,5 - 30 m Verweerde chertbreksie

Volgens tabel 4 word die volgende toekenningswaardes aan elke faktor toegeken:

Diepte tot mangaanhoudende grond (7,5 m)	0,5
Totale dikte van mangaanhoudende grond (van 7,5 m tot 13,5 m - 6 m)	0,25
Eienskappe van mangaanhoudende grond (chert en klei met mangaanaarde kom oor die hele 6 m voor)	2
Materiaal bokant eerste voorkoms van mangaanhoudende grond (verweerde en vars chert)	4
Materiaal onder laaste voorkoms van mangaanhoudende grond (verweerde chertbreksie)	2

Hierdie vyf waardes word nou met mekaar vermenigvuldig om 'n finale stabiliteitswaarde vir die boorgat te verkry. Die profiel se waarde is 2 en het dus volgens tabel 6 'n lae risiko ten opsigte van sinkgatvorming.

ii) Boorgat wat nie mangaanhoudende grond bevat nie.

Profielbeskrywing

0 - 6 m	Droë rooibruin kleiige slik met chertgruis
6 - 9 m	Verweerde gryswit chertbreksie met droë rooibruin kleiige slik
9 - 30 m	Droë effens verweerde en vars chertbreksie

Volgens tabel 5 word die volgende toekenningswaardes aan elke faktor toegeken.

Van 0 tot 6 meter is rooigrond met chert (beslaan slegs 'n gedeelte minder as 10 m)	1
Dan volg 3 meter chertbreksie met rooigrond	2
Die res van die profiel is dikker as 10 m chertbreksie	8

Die produk van hierdie waardes is 16 wat die boorgat volgens tabel 6 in die baie lae risiko ten opsigte van sinkgatvorming plaas.

5.6 KLASSIFIKASIE OP GROND VAN SKADE AAN STRUKTURE

Indien daar reeds bestaande geboue in die omgewing of op die gebied wat ondersoek word voorkom, kan die skade aan die strukture in sommige gevalle op swak sones dui waar onstabiliteit verwag kan word.

Daar moet 'n onderskeid gemaak word tussen skade aan strukture as gevolg van swak konstruksiemetodes en skade wat as gevolg van onstabiele funderingstoestand gevorm het. Slegs laasgenoemde skade moet in ag geneem word.

'n Voorgestelde indeling kan soos volg gedoen word:

Tabel 7: Indeling op grond van skade aan strukture

Kraakwydte K (mm)	Graad van skade	Risikograad
$K > 10$	Ernstige skade	Baie hoog
$5 < K \leq 10$	Matige skade	Hoog
$2,5 < K \leq 5$	Sigbare skade	Matig
$0 < K \leq 2,5$	Min skade	Laag
$K = 0$	Geen skade	Baie laag

By die toekenning van risiko's vir hierdie faktor moet baie versigtig te werk gegaan word, aangesien faktore soos dreineringsom die geboue, lekkende waterdraende dienste en waarvoor die gebou gebruik word, ook 'n rol kan speel.

Hierdie indeling word gebruik om die risikograad wat in die voorafgaande paragrawe bepaal is verder aan te pas.

5.7 FINALE STABILITEITSONERING

Al die verskillende faktore se stabiliteits- en risikowaardes word nou op 'n kaart aangebring. Die terrein word dan in die verskillende risikosones, naamlik baie hoog, hoog, matig, laag en baie laag, ingedeel.

Inligting wat van 'n boorgat verkry word is slegs puntinligting en gee na regte slegs 'n weerspieëling van die profiel in daardie spesifieke posisie. Die variasie in die verweringsprofiel in karstgebiede is uiters groot en maak dit dus byna onmoontlik om tussen boorgate te ekstrapoleer.

Om dus slegs op grond van boorgatinligting 'n risikosonering te doen sou beteken dat die boorgatpasiëring sodanig moet wees dat nadat die sonering voltooi is die boor van 'n verdere boorgat geen verandering in die sonering veroorsaak nie. Dit sou geensins prakties of ekonomies wees om so 'n situasie te probeer bereik nie.

Dit wil tog voorkom asof die variasie in die verweringsprofiel verband hou met die verskillende geologiese formasies. Hierdie variasie kan tot 'n groot mate verder beperk word deur boorgatinligting met gravitasie-inligting en die skadegeskiedenis van 'n gebied te korreleer.

In die finale stabiliteitsonering is dit dus belangrik om te kyk na die betroubaarheid van elke faktor wat gebruik word.

Aangesien daar huidiglik geen betroubare metode bestaan waarvolgens potensiële sinkgatposisies omlin kan word nie, word die betroubaarheid van elke faktor slegs relatief tot die ander klassifikasiefaktore gestel.

Boorgatinligting is tans steeds die mees betroubare metode om inligting van die dolomitiese verweringsprofiel op 'n sekere posisie te verkry.

'n Gravitasie-opname gee 'n redelike aanduiding van die bodemrotstopografie en van die oorliggende materiaal. Hierdie inligting is redelik betroubaar indien dit saam met druklugboorgatdata gebruik word.

Termiese infrarooilynaftastingsbeelde gee 'n duidelike aanduiding van waar swak dreinerings voorkom terwyl die skadetoestand van strukture help met die uitwys van bestaande onstabiele sones.

Laasgenoemde twee faktore is nie baie betroubaar by die bepaling van risiko vir sinkgatforming nie.

Deurdad boorgate die betroubaarste inligting lewer is daar in hierdie klassifikasiesisteen tot 'n groot mate van boorgatinligting gebruik gemaak vir die finale bepaling van risikograde ten opsigte van sinkgatvorming.

Die spasiëring van boorgate om 'n betroubare risikosonering daar te stel sal dus van terrein tot terrein wissel afhangend van die geologiese formasie en addisionele inligting wat uit gravitasie, termiese infrarooi en skade-evaluering verkry kan word.

Dit sou dus ook moontlik wees dat die variasie in die verweringsprofiel en rotstoestande in sekere gebiede so groot kan wees dat selfs boorgatdata nie betroubaar sal wees nie.

Opsommend word die finale risikosonering dus as volg gedoen:

- a) Indeling van gebied in sones deur middel van oppervlakinligting, dreineringsgeskiedenis en gravitasiekontoerverskynsels,
- b) bevestiging van geologie, kwantifisering van variasie en risikograad van elke sone deur middel van boorgatinligting en
- c) die verdere aanpassing van die risikograad deur die skadegeskiedenis en gebruik van die gebied.

Elke faktor se bydrae tot die finale risikoklassifikasie sal afhang van die intensiteit van ondersoek (bv. baie boorgate) en die toepaslikheid van die faktor (bv. geen bestaande geboue).

Hierdie klassifikasiestelsel is nie daarop gemik om inligting te verskaf vir detail fondamentondersoek nie, maar sou 'n gebied wat nog nie voorheen ondersoek is nie, indeel in sones waarna verder gekyk kan word vir detail fondamentondersoek.

Dit kan egter net weer beklemtoon word dat die faktore wat in hierdie klassifikasie gebruik word, almal met bestaande ondersoektegnieke redelik akkuraat bepaal kan word.

HOOFSTUK 6: TOEPASSING VAN KLASSIFIKASIESTELSELS

Al die bestaande klassifikasiestelsels asook die voorgestelde MF-stelsel, is toegepas op 'n gebied suid van Pretoria. Hierdie gebied het 'n lang geskiedenis van onstabiliteit en deur te kyk na paleosinkgatvoorkomste, kon tot altesaam vyf generasies van sinkgatontwikkeling onderskei word (Wilkens, 1983). Die paleosinkgate is gevul met vervoerde slikkige sand en soms ook met skalie van Karoo ouderdom.

Sedert die laat veertigerjare bestaan daar inligting oor twee en dertig sinkgate en twaalf versakkings, insluitende versakkings as gevolg van swigbare gronde, wat in die gebied gevorm het. Sover bekend, is drie van die versakkings as gevolg van swigsand wat versadig is en nie as gevolg van die uitwasing van mangaanhoudende grond in die dolomietprofiel nie.

Die gebied word beslaan deur gesteentes van die Groep Chuniespoort, Formasies Lyttelton en Eccles met die grootste gedeelte wat deur chertvrye dolomiet van die Formasie Lyttelton beslaan word.

'n Bolaag van, onder andere, windvervoerde rooibruin slikkige sand met chertgruis bedek groot dele van die gebied. 'n Dik skalieloslap met rooigrond daaroor kom in die sentrale gedeelte van die gebied voor en in die noorde en suide kom 'n aantal kleiner skalieloslappe en kolle rooigrond voor. Stollingsgesteentes is op verskeie plekke in die ooste van die gebied in diepte raakgeboor maar dagsoom slegs oor 'n baie klein gebied (Figuur 4).

Vlakliggende dolomiet bodemrots kom in die weste van die gebied voor maar geen prominente dagsome kan waargeneem word nie.

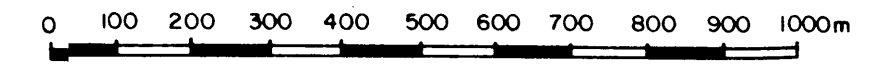
Hierdie gebied verteenwoordig dus 'n groot verskeidenheid geologiese toestande en beproef wel deeglik 'n klassifikasie se aanpasbaarheid by verskillende geologiese toestande.

As uitgangspunt by die bespreking van die verskillende klassifikasiestelsels se resultate is die gebied in verskillende geologiese toestande ingedeel.

FIGUUR 4. GEOLOGIESE KAART VAN
STUDIEGEBIED.

VERKLARING

- Sinkgat
- ⊕ Versakking
- [Dotted pattern] Rooigrond
- [Horizontal lines] Skalie
- [Horizontal lines] Sandsteen
- [V-shaped pattern] Stollingsgesteente
- [Wavy pattern] Chert
- [Horizontal lines] Dolomiet
- [White box] Dolomitese residuum
- x 16 Boorgatposisies
- - - - - Grense tussen Formasies Eccles en Lyttelton



SKAAL 1:10000



FIGUUR 4A: GEOLOGIE EN BOORGAT-
POSISIES.

VERKLARING

- Boorgatposisie
- r Rooigrond
- s Skalie
- t Sandsteen
- i Stollingsgesteente
- c Chert
- d Dolomiet
- Dolomitese residuum



SKAAL 1:10000



Op grond van al die boorgatinligting kan die volgende breë geologiese toestande onderskei word, naamlik:

Dik rooigrond oor skalie

Dik skalie oor chert

Rooigrond oor skalie

Skalie oor chert (soms met 'n deklaag rooigrond)

Stollingsgesteente (siëniëtgang)

Dik chertbreksie oor dolomiet

Vlak dolomiet

Vervoerde materiaal oor dolomitiese residuum (soms ook met inligting oor die dolomiet bodemrots)

Elkeen van die klassifikasiestelsels word vervolgens afsonderlik bespreek aan die hand van 'n bygaande kaart wat die stabiliteitsindeling van elk aandui. 'n Paar voor- en nadele word ook genoem.

Die verskillende klassifikasiestelsels is deur die skrywer self toegepas aan die hand van gepubliseerde beskrywings van die stelsels. Daar bestaan dus 'n moontlikheid dat 'n ander interpretasie gemaak kan word aangesien van die klassifikasiestelsels vir spesifieke toestande ontwikkel is.

6.1 KLASSIFIKASIESTELSEL A

Die grootste gedeelte van die gebied word as geskik geklassifiseer, veral dan die kombinasies van rooigrond, skalie en chert. Sekere sones in die gebied wat deur dolomitiese residuum beslaan word, asook 'n redelike groot gedeelte van die vlak dolomietgebied, is as hoogs ongeskik en twyfelagtig geklassifiseer.

Aangesien die enigste faktor wat hier in ag geneem word, die ligging en dikte van mangaanaarde is, wys slegs die boorgate waarin redelike dik mangaanaarde voorkom op twyfelagtige of hoogs ongeskikte sones (Figuur 5).

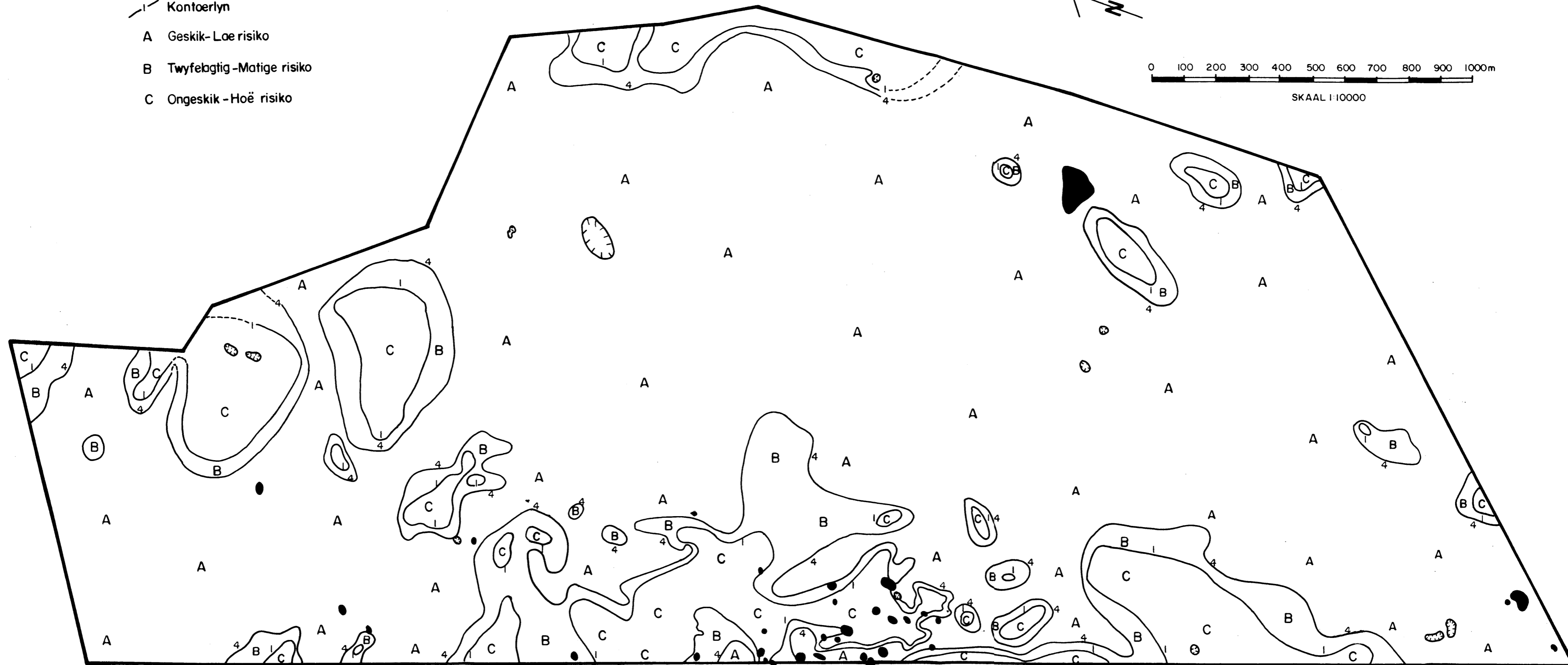
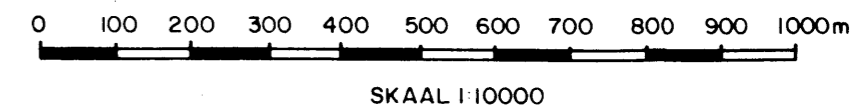
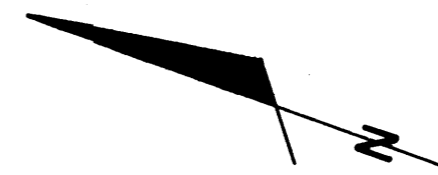
Voordele

1. Een van die belangrikste faktore, naamlik die voorkoms van mangaanaarde

FIGUUR 5. KLASSIFIKASIESTELSE A.
RISIKOSONERING

VERKLARING

- Sinkgat
- ⊕ Versakking
- |— Kontoerlyn
- A Geskik-Lae risiko
- B Twyfelagtig-Matige risiko
- C Ongeskik -Hoë risiko



- 'n potensieel erodeerbare materiaal - word in berekening gebring.

2. Die metode is in die verlede reeds verskeie kere met redelike sukses gebruik.

Nadele

1. Die eienskappe van die mangaanaarde word geïgnoreer.
2. Die geaardheid en sterkte van die deklaagmateriaal asook die invloed van die residuum wat nie mangaanaarde bevat nie en die bodemrotstoestand word nie in ag geneem nie.
3. Die waarde van die stabiliteitsfaktor x hang af van die diepte van die boorgat.
4. Die spasiëring van boorgate sal die posisies van die verskillende kontoere beïnvloed as gevolg van die subjektiwiteit verbonde aan die interpolasie tussen 'n goeie boorgat en 'n swak boorgat.

Notas by toepassing

Slegs boorgatinligting word gebruik by die toepassing van hierdie klassifikasiesstelsel. Dit is soms baie moeilik om uit 'n boorgatprofiel vas te stel presies hoe dik 'n mangaanaardehorison is as gevolg van die kontaminasie van boorgatmonsters. Om aan te dui hoe subjektief die proses van kontoering is, is die boorgate met waardes aan ses verskillende persone gegee om te kontoer. Geeneen van die ses kaarte het presies soos die ander gelyk nie.

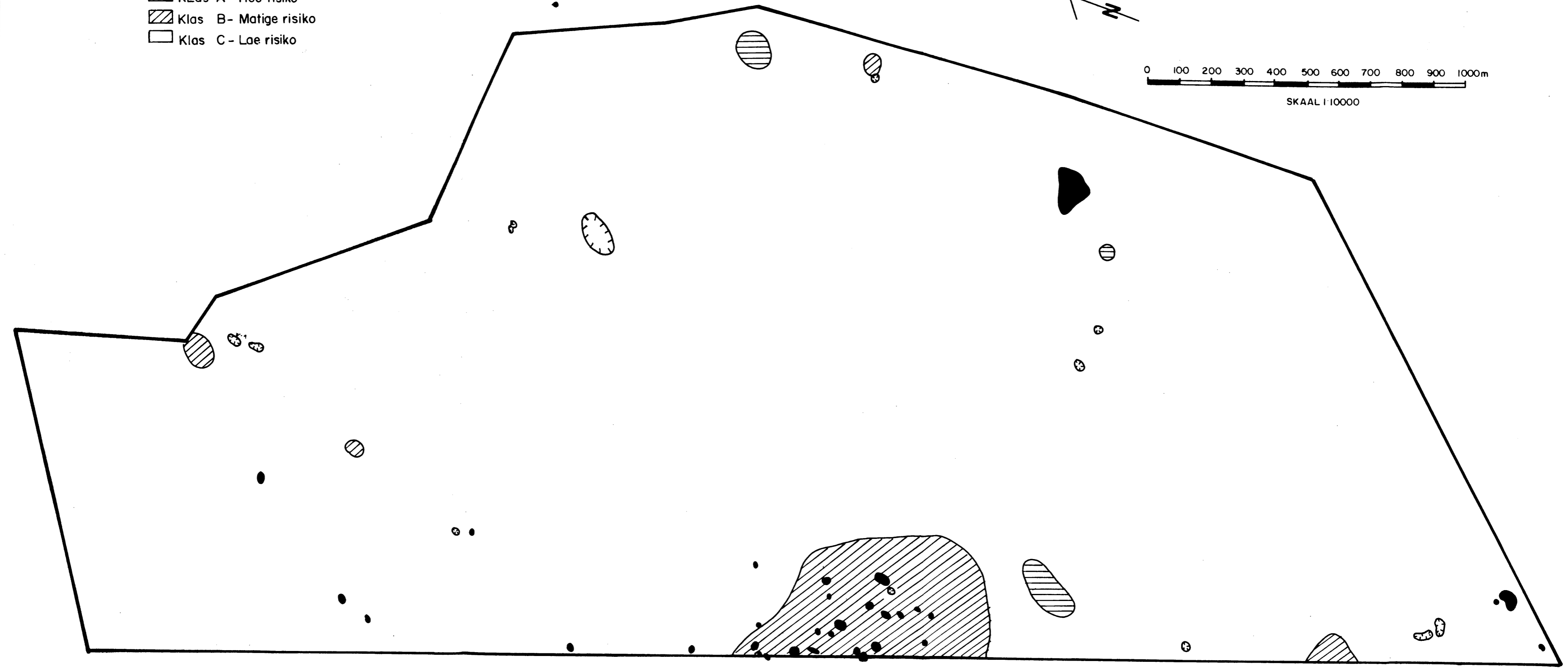
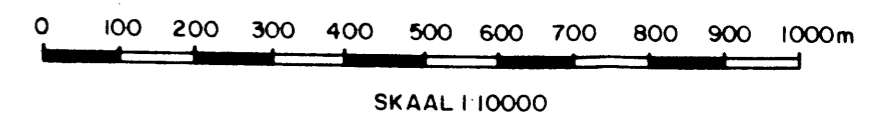
6.2 KLASSIFIKASIESTELSEL B

Die hele gebied word as klas C geklassifiseer behalwe die vlak dolomietsones in die weste wat in klasse A en B val. 'n Paar gelokaliseerde klas A en B sones kom in die gebied wat deur dolomitiese residuum beslaan word, voor (Figuur 6).

FIGUUR 6. KLASSIFIKASIESTELSEL B.
RISIKOSONES

VERKLARING

- Sinkgat
- ⊕ Versakking
- ▨ Klas A - Hoë risiko
- ▩ Klas B - Matige risiko
- Klas C - Lae risiko



Voordele

1. Die klassifikasiestelsel is ongekompliseerd en 'n gebied kan baie vinnig in die verskillende klasse ingedeel word.
2. Die klassifikasiestelsel is totaal objektief.

Nadele

1. Belangrike eienskappe van die materiaal tussen die grondoppervlak en die bopunte van toringrotse en swerfstene word nie in ag geneem nie.
2. Die klassifikasiestelsel bring, soos die vorige een, ook net een faktor wat 'n bydrae tot sinkgatvorming lewer in berekening, naamlik: die dikte van die deklaag oor bodemrots.

Notas by toepassing

Die indeling van die terrein op grond van die gemiddelde dikte van die grondlaag vanaf die oppervlak tot aan die bopunte van toringrotse en swerfstene het geen probleme opgelewer nie, grotendeels te danke aan die groot aantal en goeie verspreiding van die druklugboorgate oor die terrein.

Hierdie sisteem is nie gegrond op inligting wat van individuele boorgate verkry word nie. Aangesien die studiegebied so intensief geboor is, kon die nodige inligting wel uit die boorgate verkry word.

Bykomend tot die indeling van 'n gebied volgens hierdie klassifikasie sou dit belangrik wees om ook die rol wat geologie speel (bv. skalieloslappe) in ag te neem.

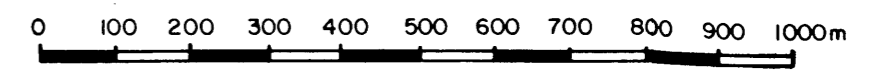
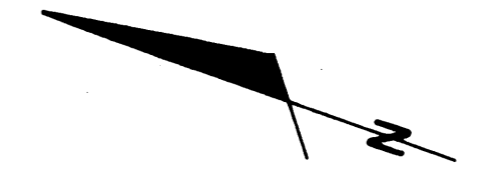
6.3 KLASSIFIKASIE C

'n Hoë skaderisiko-sone kom hoofsaaklik in die weste van die gebied voor en dan ook grotendeels oor die vlak dolomietarea. Ander hoë skaderisiko-sones kom ook in die dolomitiese residuumgebied voor terwyl die res van die gebied as 'n matige skaderisiko-sone geklassifiseer is (Figuur 7).

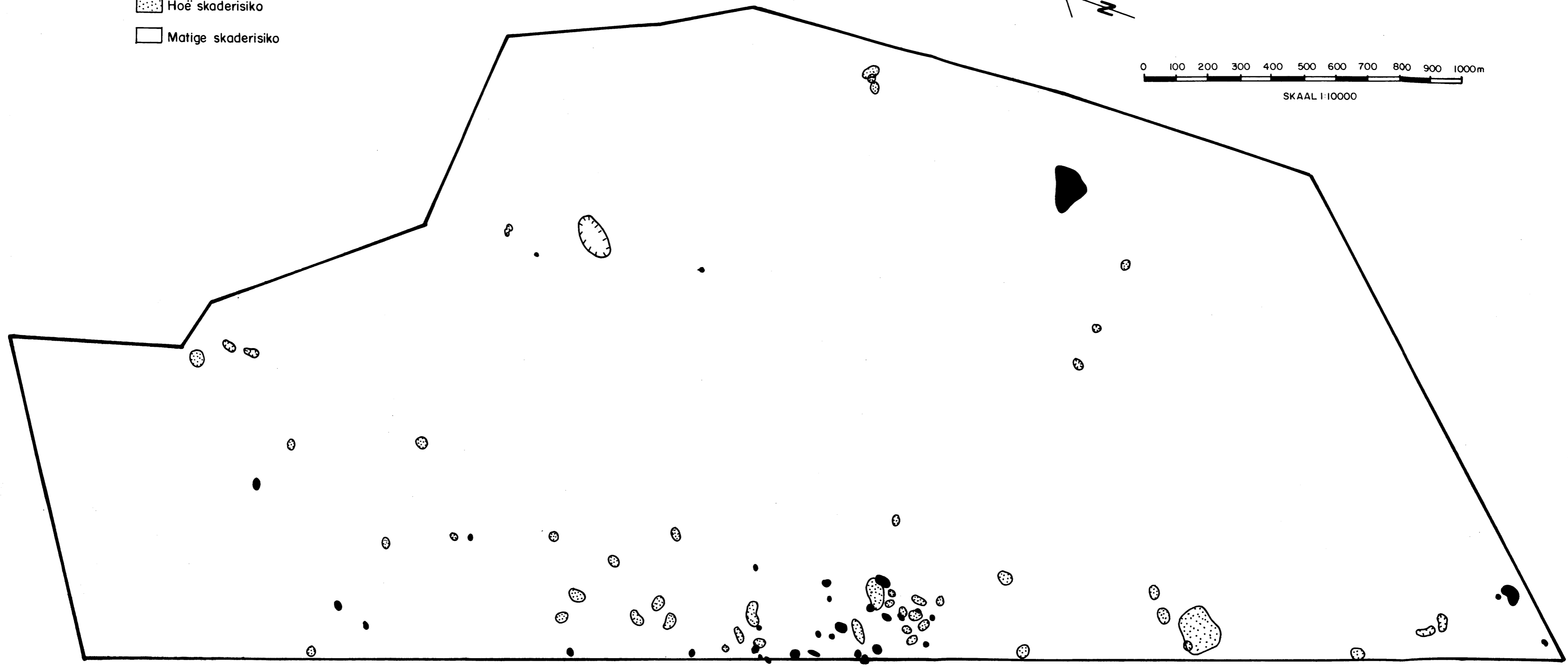
FIGUUR 7. KLASSIFIKASIESTELSEL C.
RISIKOSONERING

VERKLARING

- Sinkgat
- ⊕ Versakking
- ▨ Hoë skaderisiko
- Matige skaderisiko



SKAAL 1:10000



Die rooigrond, skalie, stollingsgesteente en chertbreksie voorkomste word ook as matige skaderisiko-sones geklassifiseer.

Voordele

1. Inligting wat vanaf boorgate verkry word, is nie afhanklik van die diepte van die gat nie.
2. Die metode kan relatief vinnig toegepas word, alhoewel 'n hele aantal faktore in berekening gebring word.

Nadele

1. Die diktes van horisonne in die bodemprofiel (bv. erodeerbare materiaal) word nie in ag geneem nie.
2. Dit blyk dat die klassifikasiesistelsel meer geskik vir kleiner, geologiese homogene gebiede is.

Notas by toepassing

Alhoewel 'n groot gedeelte van die terrein deur 'n skalieloslap waar die skaderisiko laag behoort te wees beslaan word, word die sone ook as 'n matige skaderisiko-sone ingedeel. Dit wil voorkom asof die klassifikasie meer toepasbaar sal wees as die gebied eers in kleiner, geologiese homogene eenhede opgedeel word. Aangesien al die ander klassifikasiesistelsels oor die terrein as geheel toegepas is, is dit ook met hierdie sisteem gedoen.

Slegs die "natuurlike geologiese faktore" is vanuit die boorgatinligting afgelei.

Die som van die "historiese besettingsfaktore" en die "toekomstige besettingsfaktore" was reeds so hoog dat die hele gebied as 'n matige skaderisikogebied geklassifiseer is voordat die "natuurlike geologiese faktore" in berekening gebring is.

Onder die voorgestelde "struktuurfaktor" (toekomstige besettingsfaktore) is

spesiale residensiële met vlak fondamente as die voorgestelde ontwikkeling geneem. 'n Waarde van 3 is aan die "voorgestelde versteuring van die grond" en 'n waarde van 2 aan die "geologiese kennisfaktore" toegeken.

Die "historiese besettingsfaktore" is as die swakste toestand gewaardeer.

6.4 KLASSIFIKASIESTELSEL D

Die vlak dolomietarea in die weste van die gebied word as ongeskik geklassifiseer asook verskeie ander sones in die dolomitiese residuumgebied. Die skalieloslap word as geskik geklassifiseer met meeste van die rooigrondsones wat as geskik, maar onderworpe aan watervoorsorgmaatreëls, ingedeel word (Figuur 8).

Voordele

1. Die metode is objektief, aangesien daar 'n waarde wat op eenduidige manier bereken word, aan elke boorgat toegeken word.
2. Dieptefaktor word in berekening gebring.
3. Die omlýning van die verskillende sones is maklik indien genoegsame boorgate geboor word.

Nadele

1. Baie tydrowende en omslagtige metode.
2. Die terrein wat geklassifiseer word, moet 'n goeie verspreiding van boorgate hê.

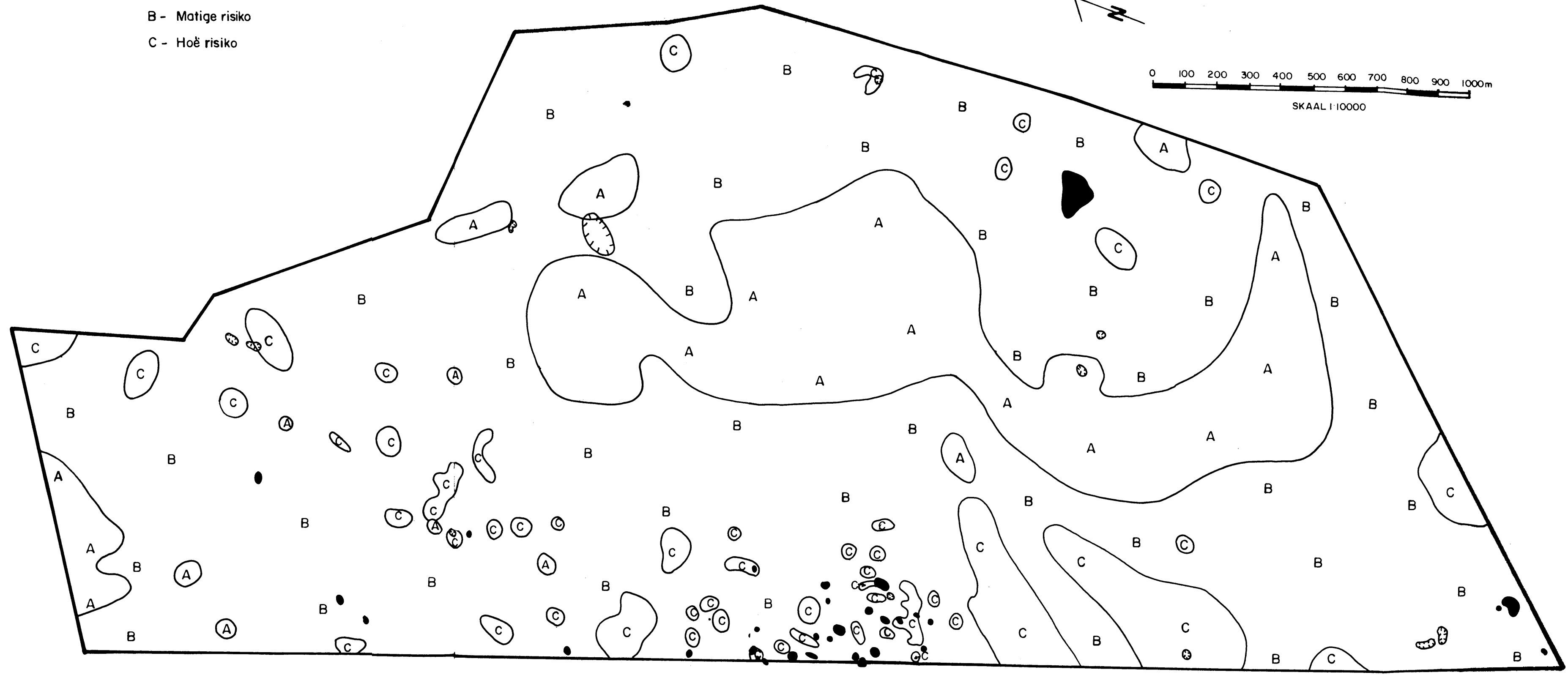
Notas by toepassing

Die posisie van die watertafel en moontlikheid dat dit verlaag gaan word, is nie in ag geneem nie, aangesien die watertafel baie diep is en die moontlikheid van 'n drastiese verlaging tans klein is.

FIGUUR 8. KLASSIFIKASIESTELSEL D.
RISIKOSONERING

VERKLARING

- Sinkgat
- ⊕ Versakking
- A - Lae risiko
- B - Matige risiko
- C - Hoë risiko



Verskeie materiale in die vervoerde en residuele horisonne is nie opgeneem in die klassifikasie nie. Dit was dus nodig om waardes aan hierdie horisonne toe te ken wat ooreenstem met materiale in die klassifikasie wat dieselfde stabiliteitseienskappe toon.

Die berekening van die waarde vir elke boorgat neem lank indien die boorgat-profiel baie varieër.

6.5 KLASSIFIKASIESTELSEL E

Die skalie loslap word as 'n baie lae risikosone geklassifiseer met van die rooigrond oor skaliegebiede wat as lae risiko ingedeel word. Die dik chert en stollingsgesteentesones word geklassifiseer as lae risiko met van die rooigrondvoorkomste wat as matige risikosones ingedeel word. Die vlak dolomietgebied word as 'n hoë tot baie hoë risikosone geklassifiseer (Figuur 9).

Voordele

1. 'n Groot aantal interafhanklike faktore word in ag geneem.
2. Die metode is redelik konserwatief.

Nadele

1. Die berekening van die risikowaardes neem lank.
2. Afleiding van sekere faktore is moeilik indien boorgate nie diep genoeg is nie of as gravitasie-inligting ontbreek.

Notas by toepassing

Daar het 'n mate van onsekerheid by die toepassing van die klassifikasie bestaan, aangesien dit nog nie voorheen toegepas is nie.

Die sisteem het grootliks verfyning nodig soos Venter ook opmerk.

Die indeling wat hoofsaaklik op grond van gravitasie en boorgatinligting gebaseer is, is oor die algemeen baie konserwatief.

FIGUUR 9: KLASSIFIKASIESTELSE E.
RISIKOSONERING

VERKLARING

- Sinkgat
- ⊙ Versakking
- I Baie lae risiko
- II Lae risiko
- III Matige risiko
- IV Hoë risiko
- V Baie hoë risiko



Aangesien dit praktyk is om boorgate slegs tot dertig meter diepte vir dolomietondersoeke van residensiële gebiede te boor, ontbreek inligting indien die boorgat in die deklaag of "residuüm A" stop. Geen inligting oor "residuüm B" of die bodemrots is dan beskikbaar, veral as daar ook nie gravitasiedata is nie.

Dit was dus 'n probleem om faktore, soos die grondwatersituasie en holte-bevattendheid van die bodemrots en "residuüm B", se waardes te bepaal as gevolg van 'n gebrek aan inligting. Die grondwatersituasie is as nommer 29 in Tabel 2 geneem.

By gevalle waar geen deklaag of "residuüm A" is nie, word die faktor " $C\psi + F\phi$ " se waarde beïnvloed. In 'n profiel wat byvoorbeeld slegs uit chertbreksie ("residuüm A" sonder deklaag), met onderliggende bodemrots bestaan, word dit geklassifiseer as 'n baie hoë risikosone, wat nie die geval is nie.

6.6 VOORGESTELDE MF-KLASSIFIKASIESTELSEL

Aangesien die gebied redelik toegebou is en groot dele deur plantasies bedek word, kon daar nie veel van die oppervlakinligting verkry word nie behalwe sones waar oppervlakwater akkumuleer. Waar daar dus dreineringsprobleme bestaan, is die gebiede vanaf die termiese beelde as hoër risikosones omlin.

Die termiese beelde is ook op grond van die grys-kleurskakering ingedeel (Figuur 10).

Daar is dus grootliks van die gravitasie-inligting gebruik gemaak om die gebied in kleiner sones in te deel (Figuur 11). Hierna is elke boorgat se risikowaarde bereken en is die verskillende sones wat deur die gravitasie uitgewys is, aangepas en aan elke geologiese eenheid 'n risiko ten opsigte van sinkgatvorming toegeken (Figuur 12).

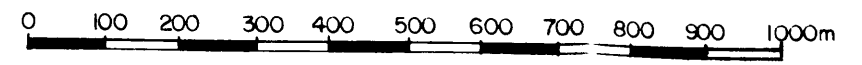
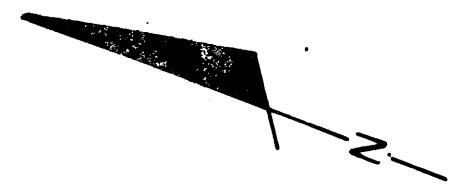
Die skade-evaluering het geen regionale tendense getoon nie maar het wel sones uitgewys waar strukture ernstig gekraak het en dus waar onstabiele sones voorkom (Figuur 13). Hierdie inligting het tot 'n groot mate die risiko-indeling soos in figuur 12 bevestig.

FIGUUR.10. MF-KLASSIFIKASIESTELSEL
TERMIESE INFRAROOI-INDELING.

VERKLARING

- Ontwikkelde gebiede
- Donkergrys sone
- Swart
- Witgrys
- Grys
- Ligtegrys

D - Swak dreinering



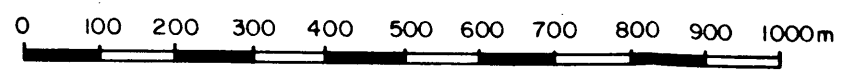
SKAAL 1:10000



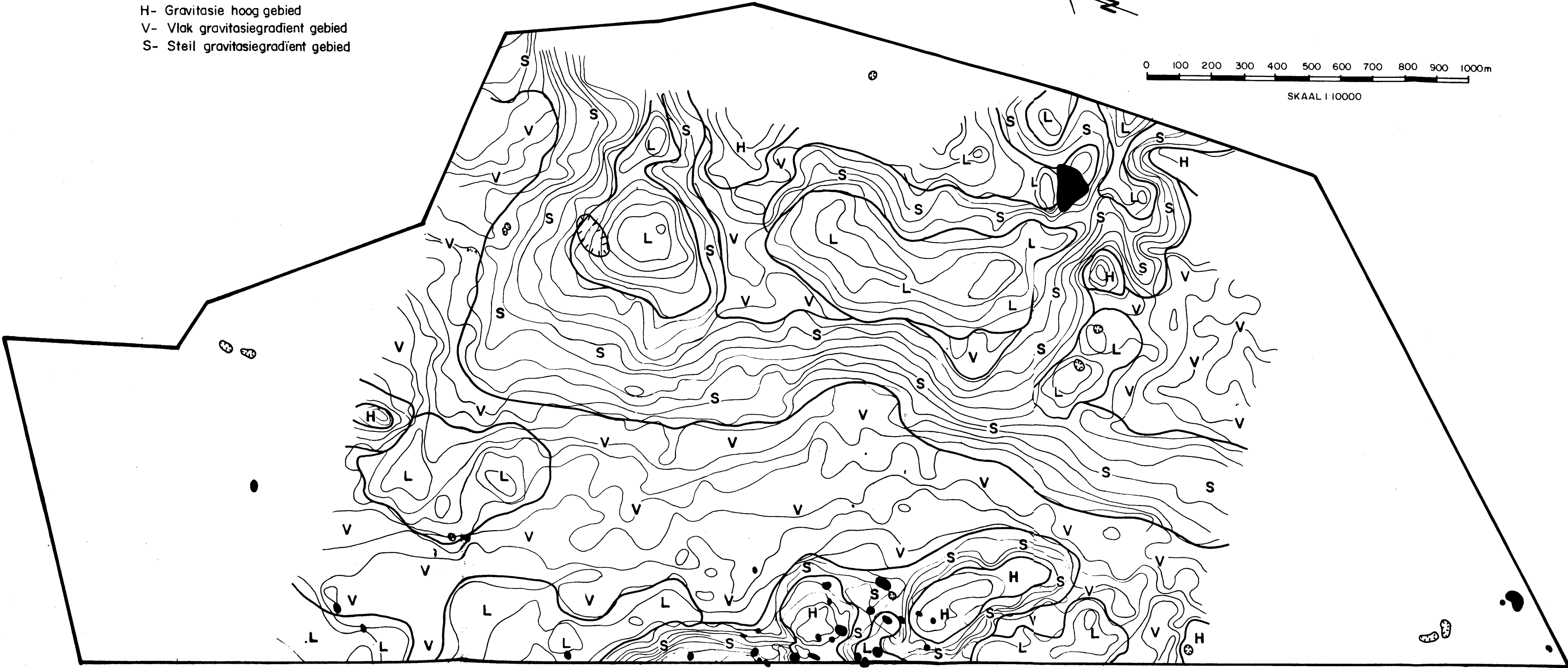
FIGUUR II. MF. KLASSIFIKASIESTELSEL
GRAVITASIEKAART

VERKLARING

- Sinkgat
- ⊕ Versakking
- L- Gravitatie laag gebied
- H- Gravitatie hoog gebied
- V- Vlak gravitasiegradient gebied
- S- Steil gravitasiegradient gebied



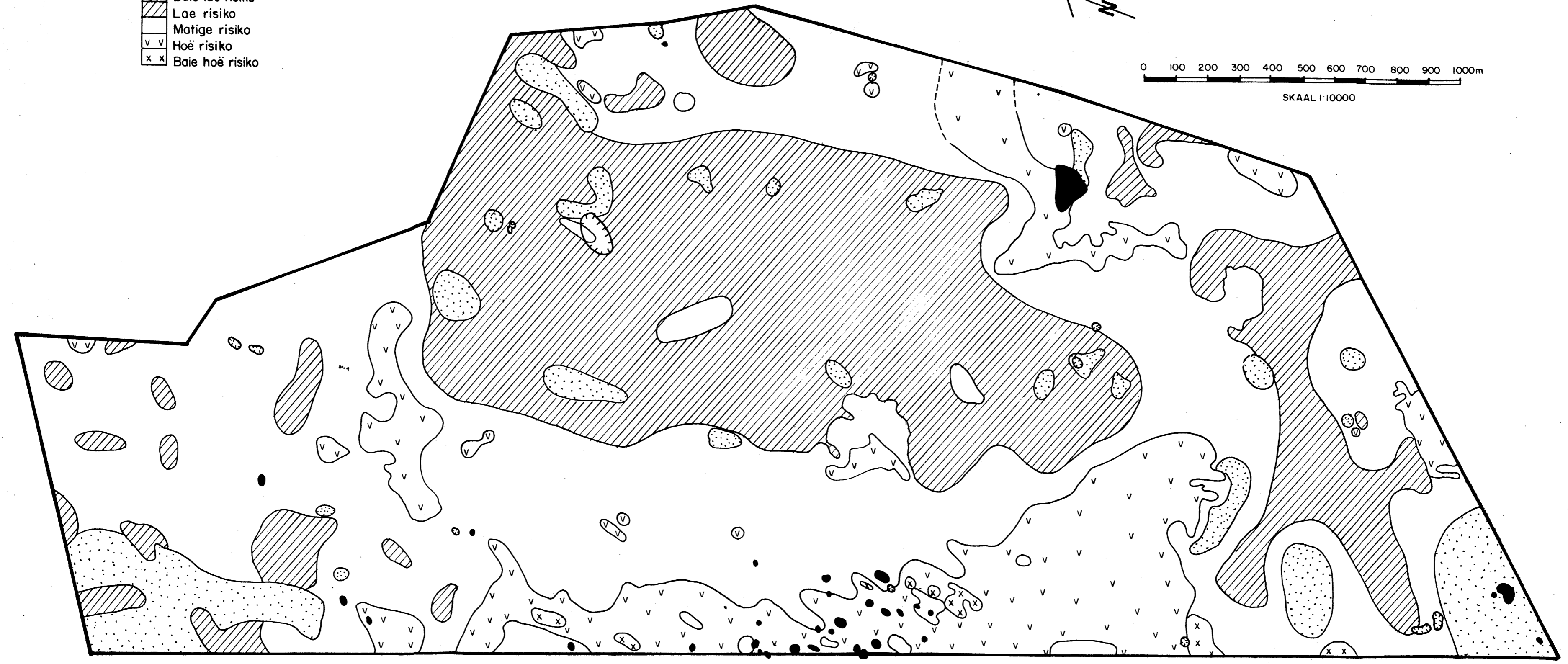
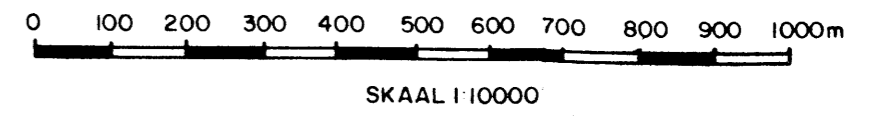
SKAAL 1:10000



FIGUUR 12. MF. KLASSIFIKASIESELSEL
RISIKOSONERING.

VERKLARING






- Sinkgat
- ⊙ Versakking
- ▨ Baie lae risiko
- ▧ Lae risiko
- Matige risiko
- ∇ ∇ Hoë risiko
- × × Baie hoë risiko

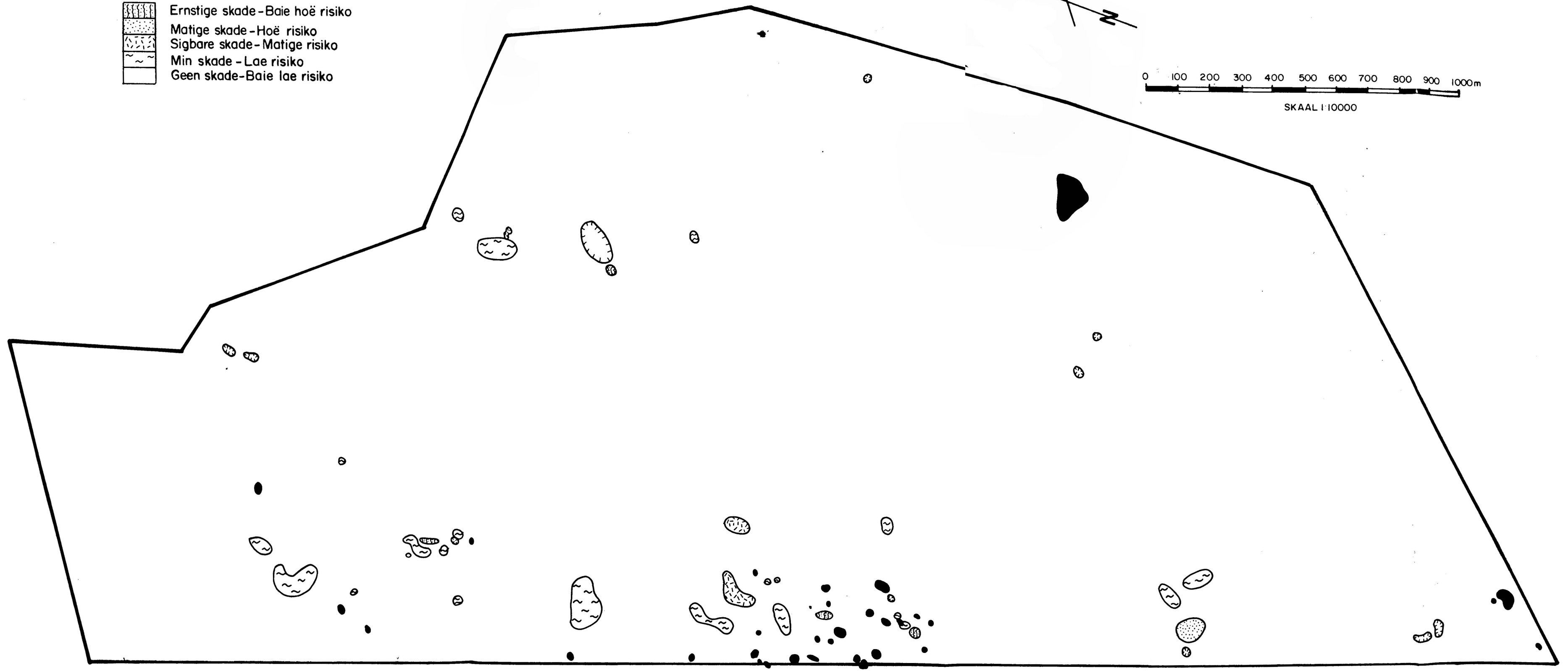
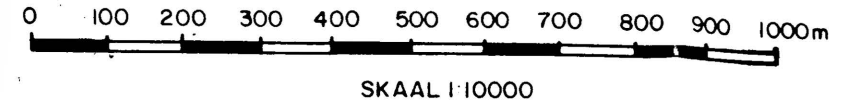


FIGUUR 13. MF- KLASSIFIKASIESTELSEL
SKADE-EVALUERING

VERKLARING

- Sinkgat
- ⊕ Versakking

-  Ernstige skade - Baie hoë risiko
-  Matige skade - Hoë risiko
-  Sigbare skade - Matige risiko
-  Min skade - Lae risiko
-  Geen skade - Baie lae risiko



Die gebiede wat deur skalie beslaan word, is as lae risikosones geklassifiseer met lae tot matige risikosones oor die rooigrond en chertbreksievoor-komste. Die vlak dolomietarea is as 'n hoë tot baie hoë risikogebied ingedeel.

Die risikosonering van die gebied is gedoen op grond van 'n buitengewone groot aantal boorgate. Dit sou dus sinvol wees om te kyk hoeveel boorgat-inligting saam met die termiese infrarooilynaftastingsbeelde en gravitasie-inligting nodig is om 'n risikosonering met aanvaarbare betroubaarheid te o¹ kan maak.

In die verskillende sones wat uit die termiese infrarooi en gravitasie-inligting verkry is, is 'n steekproef van boorgate, wat willekeurig gekies is om 'n redelike verspreiding binne elke sone te verteenwoordig, geneem.

In die vlak gradiëntsone is daar byvoorbeeld na 'n steekproef van 33 boorgate gekyk waaruit sewe verskillende geologiese toestande (vgl. bl. 46) geïdentifiseer kon word. Byna sestig persent van al hierdie gate het dolomitiese residuum getref en meer as 60 persent van die gate toon 'n matige risiko o₂ vir sinkgatvorming.

Drie geologiese toestande kon in die gravitasie "hoog" sone onderskei word, met 71 persent van die boorgate in die vlak dolomiet gebied.

Dieselfde prosedure is ook vir die ander sones en geologiese eenhede gevolg waar vyf geologiese toestande in die steil gradiëntsone asook in die gravitasie "laag" gebied geïdentifiseer kon word.

Tydens hierdie aanvanklike steekproef is daar na ongeveer 90 boorgate gekyk. Daar is toe om 'n beter risikosonering op grond van boorgatstabiliteitswaardes te maak, na nog 70 boorgate gekyk om die grense beter vas te stel.

Heelwat van die kleiner skalie- en rooigrondvoorkomste en ook van die klein matige, baie lae en baie hoë risikosones, wat tydens die oorspronklike sone-ring omlin is, is nie tydens die steekproef geïdentifiseer nie. Aangesien hierdie klassifikasiestelsel meer op groter gebiede van toepassing is, is dit nie baie belangrik om reeds in dié stadium van ondersoek 'n detail sone-ring te kan doen nie.

Die aantal boorgate wat nodig is om 'n aanvaarbare risikosonering te maak, kan dus aansienlik verminder word deur 'n gebied eers in minder variërende sones in te deel voordat daar met boorwerk begin word. Die variëring binne elke sone kan dan ook bepaal hoeveel boorwerk in elke sone nodig sou wees.

In die studiegebied kom die minste variasie in die gravitasie "hoog" sones voor en hoef daar dus nie so baie boorwerk gedoen te word as in die vlak gradiëntsones nie.

Die grootste voordeel van die klassifikasiestelsel is dat al die faktore deur middel van huidige ondersoektegnieke redelik akkuraat bepaal kan word. Dit is ook aanpasbaar by gebiede waar groot variasies in die geologie voorkom.

6.7 TOEPASSING VAN VOORGESTELDE MF-KLASSIFIKASIE OP KONTROLEGEBIED

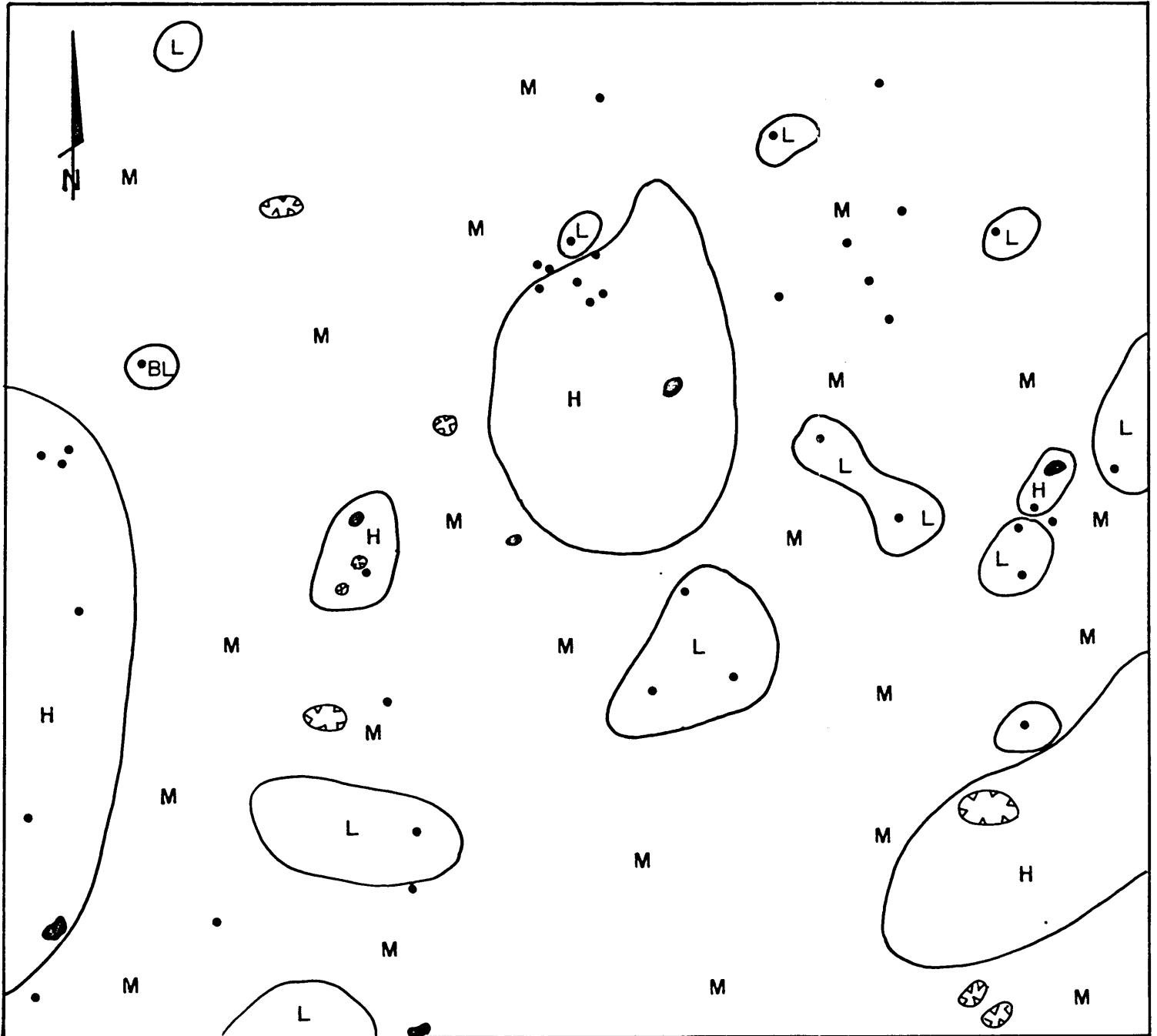
Aangesien hierdie klassifikasie deur teruganalise van inligting uit die studiegebied ontwikkel is, is dit ook toegepas op 'n kontrolegebied wat ongeveer 10 kilometer wes van die studiegebied geleë is en deur die Formasie Lyttelton beslaan word.

Die gebied is grootliks toegebou en die geologie is eenvormig met geen skalieloslappe of dik rooigrondvoorkomste nie.

Termiese infrarooilynaftastingsbeelde was nie van enige waarde nie as gevolg van die hoë graad van ontwikkeling. 'n Gravitasie-opname van die gebied is gedoen en die gebied is ingedeel in vier sones met die

gravitasie "hoog" sone	- hoë risiko
gravitasie "laag" sone	- lae risiko
steil gravitasiegradiëntsones	- matige risiko
vlak gravitasiegradiëntsones	- matige tot baie lae risiko

Aangesien al die geboue reeds ouer as hulle aanvanklik beplande ontwerpouderdom is en grotendeels uit baksteen of houtstrukture bestaan, kan daar nie 'n sinvolle kraakopname uitgevoer word nie. Die gebied word redelik deur boorgate gedek en vanuit die boorgatinligting en gravitasie-opname is die gebied in risikosones ingedeel (Figuur 14).



VERKLARING

- H - Hoë risiko
- M - Matige risiko
- L - Lae risiko
- BL - Baie lae risiko
- Sinkgat
- ▨ Versakking
- Boorgatposisie

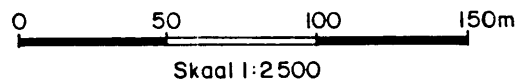


FIG. 14 MF-KLASSIFIKASIESTELSEL RISIKOSONERING VAN KONTROLE - GEBIED.

Daar kom ses sinkgate en nege versakkings in die gebied voor waarvan vier sinkgate in die hoë risikosone geleë is. Die ander 2 sinkgate is in die matige risikogebied. Vier van die versakkings kom in die hoë risikogebied en die ander vyf in die matige risikogebied voor.

Uit hierdie resultate kan dit dus afgelei word dat die voorgestelde MF-klassifikasiesistelsel ook in ander gebiede suksesvol toegepas kan word.

HOOFSTUK 7: VERGELYKING TUSSEN KLASSIFIKASIESTELSLS

’n Klassifikasiestelsel vir dolomietgebiede behoort ’n gebied te verdeel in sones waar die waarskynlikheid vir sinkgatvorming wissel van hoog na laag. Daar moet dus uiteindelik ’n antwoord gegee word oor die veiligheid en benutbaarheid van ’n gebied.

’n Goeie klassifikasie behoort aan die volgende vereistes te voldoen, naamlik

- a) Dit moet objektief deur enige persoon toegepas kan word.
- b) Dit behoort ’n gebied in eenders-reagerende sones in te deel.
- c) Die insetparameters moet vanuit inligting wat deur middel van bestaande ondersoektegnieke verkry kan word, waardeer word.
- d) Dit moet dien as kommunikasiemedium.

Bogenoemde vereistes is as uitgangspunt geneem vir die vergelyking van die verskillende klassifikasiestelsels.

Daar word uitspraak gelewer oor elke klassifikasiestelsel se objektiwiteit, in watter risikosones die bekende sinkgate voorkom en hoe die verskillende geologiese eenhede geklassifiseer word. Hieronder volg ’n bespreking van elke klassifikasiestelsel aan die hand van bogenoemde vereistes.

7.1 KLASSIFIKASIESTELSEL A

Hierdie metode is nie totaal objektief nie as gevolg van die subjektiwiteit van die kontoeringsproses.

Veertien sinkgate kom in die lae risikosone voor met sewe sinkgate in die matige risikosone en elf sinkgate in die hoë risikosone (Figuur 5, Tabelle 8, 9 en 10).

Slegs die vlak dolomietgebied word grootliks as ’n hoë risikosone geklassifiseer. Slegs boorgatinligting word gebruik by die toepassing van die stelsel.

7.2 KLASSIFIKASIESTELSEL B

Die stelsel is objektief.

Veertien sinkgate kom in die lae risikosone voor en sestien sinkgate in die matige risikosone (Figuur 6, Tabela 8, 9 en 10).

Die vlak dolomietgebied word as matige tot hoë risikosones geklassifiseer met die res van die gebied as lae risiko.

Die inligting benodig vir die indeling van 'n gebied volgens hierdie metode word uit boorgate en toetsslate verkry.

7.3 KLASSIFIKASIESTELSEL C

Die stelsel is redelik objektief.

Nege-en-twintig sinkgate kom in die matige risikosone voor met drie sinkgate in die hoë risikosone (Figuur 7, Tabela 8, 9 en 10).

Die vlak dolomietgebied word ook as 'n matig tot hoë risikosone geklassifiseer en die hele gebied verder as matige risiko.

Die inligting wat nodig is vir die indeling van 'n gebied volgens hierdie metode kan grotendeels met behulp van bestaande ondersoektegnieke bepaal word.

7.4 KLASSIFIKASIESTELSEL D

Die klassifikasiestelsel is objektief in sover dit die berekening van die stabiliteitswaardes betref.

Ses-en-twintig sinkgate kom in die matige risikosone voor en ses sinkgate in die hoë risikosone (Figuur 8, Tabela 8, 9 en 10).

Die vlak dolomietgebied word as 'n matige tot hoë risikosone geklassifiseer met dik chert, rooigrond oor skalie oor chert en stollingsgesteente voorkomste as matig tot lae risiko en die oorblywende gedeeltes as matige risiko.

Slegs boorgatinligting word benodig by die toepassing van hierdie stelsel.

7.5 KLASSIFIKASIESTELSEL E

Die stelsel is redelik objektief.

Een sinkgat kom in die baie lae risikosone voor, en twaalf sinkgate in die matige risikosone, drie sinkgate in die hoë risikosone en sestien sinkgate in die baie hoë risikosone (Figuur 9, Tabela 8, 9 en 10).

Die vlak dolomietgebied word as baie hoë risiko geklassifiseer met die dik chert (rooigrond oor skalie oor chert), en skalie oor chert voorkomste as baie lae tot lae risiko, die rooigrond oor chert as matige risiko en die stollingsgesteentevoorkomste as lae risiko.

Al die inligting wat nodig is vir die indeling van 'n gebied volgens hierdie stelsel kan nie uit bestaande ondersoektegnieke bepaal word nie.

7.6 VOORGESTELDE MF-KLASSIFIKASIESTELSEL

Hierdie klassifikasiestelsel is nie heeltemal objektief nie.

Drie sinkgate kom in die baie lae risikosone voor, tien sinkgate in die matige risikosone en negentien sinkgate in die hoë risikosone (Figuur 13, Tabela 8, 9 en 10).

Die vlak dolomietgebied word as baie hoë en hoë risikosones geklassifiseer en die dik chert as matig tot baie lae risiko, die rooigrond oor skalie oor chert as hoog tot baie laag, die rooigrond oor chert as matig tot hoog en die skalie oor chert as baie lae tot lae risikosones.

Al die inligting wat vir die toepassing van die stelsel nodig is, kan deur middel van bestaande ondersoektegnieke vasgestel word.

Tabel 8: Sinkgatvoorkomste

Klassifika- siestelsel	Baie hoë risiko	Hoë risiko	Matige risiko	Lae risiko	Baie lae risiko
A		12	5	15	
B			20	12	
C		4	28		
D		5	27		
E	16	3	12		1
MF		19	10		3

Alhoewel hierdie sisteme nie noodwendig almal 'n gebied ook indeel in risiko-sones ten opsigte van versakkingsvorming (doliene) nie, word 'n vergelykende tabel wat op versakkingsvoorkomste gebaseer is, ook ingesluit.

Tabel 9: Versakkingsvoorkomste

Klassifika- siestelsel	Baie hoë risiko	Hoë risiko	Matige risiko	Lae risiko	Baie lae risiko
A		4	1	7	
B			1	11	
C		2	10		
D		4	7	1	
E	1		7	2	2
MF		2	7	2	1

Tabel 10: Vergelykende tabel op grond van geologie

Geologiese eenheid Klassifikasiesistelsel	Vlak dolomiet	Dik chert	Rooigrond oor skalie oor chert	Rooigrond oor chert	Skalie oor chert	Stollingsgesteente
A	HR - LR	LR	LR	LR	LR	LR - MR
B	MR - HR	LR	LR	LR	LR	LR
C	HR - MR	MR	MR	MR	MR	MR
D	HR - MR	MR - LR	MR - LR	MR	MR	MR - LR
E	BHR	BLR	BLR - LR	MR	BLR - LR	LR
MF	BHR - HR	MR - BLR	HR - BLR	HR - MR	LR - BLR	HR - BLR

- BLR - Baie lae risiko
- LR - Lae risiko
- MR - Matige risiko
- HR - Hoë risiko
- BHR - Baie hoë risiko

Slegs klassifikasiesistelsel E en die voorgestelde MF-klassifikasiesistelsel soneer die gebied sodanig dat meeste van die sinkgate in die baie hoë en hoë risikosones voorkom. Die ander stelsels soneer die gebied so dat meeste sinkgate in die matige risikosone voorkom behalwe in die geval van klassifikasiesistelsel A waar die meeste sinkgate in die lae risikosone voorkom.

By die indeling van die res van die geologiese eenhede is daar nie 'n groot verskil tussen die verskillende klassifikasiesistelsels nie.

Uit die vergelykende studie blyk dit dat die verskillende klassifikasiesistelsels almal min of meer dieselfde boorgatindeling lewer, maar met die indeling van die sinkgatvoorkomste, gee stelsel E en die voorgestelde MF-stelsel 'n beter indeling as die ander stelsels.

Party van die sinkgate het plaasgevind as gevolg van onnatuurlike toestande soos byvoorbeeld waar langdurige konsentrasie van oppervlakwater voorgekom het tydens die konstruksie van 'n pad. Hierdie sinkgate wat in lae risiko-sones voorkom, beklemtoon net weereens die onvoorspelbare gedrag van die bodemprofiel sodra dit versadig word en ook die belangrikheid van doeltreffende dreinerings in dolomietgebiede.

Die indeling van die verskillende geologiese toestande in die gebied deur die onderskeie klassifikasiesistelsels kan aan die hand van tipiese boorgatprofiel vergelyk word (Tabel 11).

Die tipiese boorgatprofiel is uitgesoek deur na al die boorgate in 'n sekere geologiese toestand te kyk en daaruit 'n verteenwoordigende profiel te neem (Bylaag I).

Tabel 11: Vergelyking van indeling van boorgate deur verskillende klassifikasiesistels

Klassifikasiesistelsel	A	B	C	D	E	MF
Boorgatnommer						
1	L	L	M	H	M	M
2	H	L	H	H	H	H
3	L	L	M	L	BL	L
4	L	L	M	L	M	L
5	L	L	M	L	BH	M
6	L	L	M	L	M	L
7	L	L	M	M	BH	M
8	L	L	M	M	BH	M
9	L	L	M	L	BH	L
10	L	L	M	L	BH	L
11	L	L	M	M	H	M
12	L	L	M	M	BH	L
13	L	L	M	M	M	BL
14	L	L	M	L	M	L
15	L	L	M	M	BH	M
16	L	L	M	M	M	L
17	H	L	M	H	H	H
18	M	L	M	M	M	BL
19	H	M	H	H	BH	BH
20	M	H	M	M	L	L
21	H	M	H	H	BH	M
22	H	L	H	H	BH	H
23	L	L	M	M	M	BL
24	L	L	M	M	M	BL

BL - Baie lae risiko

L - Lae risiko

M - Matige risiko

H - Hoë risiko

BH - Baie hoë risiko

HOOFSTUK 8: GEVOLGTREKKINGS

- 8.1 Die evaluering van 'n dolomietterrein (Kleywegt, 1981) bly steeds 'n subjektiewe taak as gevolg van:
- a) die onortodokse gedrag van die natuur
 - b) die onkonvensionele variasie in fisiese eienskappe in dolomiet
 - c) die moeilikheid waarmee die in situ fisiese parameters van die bodemprofiel gekwantifiseer word
 - d) die moeilikheid om die data vir voorspellingsdoeleindes te modelleer en
 - e) die groot (ekstreme) veranderinge wat voorkom in die bodemprofiel en in die fisiese eienskappe indien dit deur water geaffekteer word.
- 8.2 Die klassifisering van dolomietgebiede in terme van die risiko vir sinkgatvorming vorm 'n belangrike inset vir die voortgesette doelmatige benutting van hierdie gebiede.
- 8.3 Die sinkgatprobleme en gevare wat ondervind word in die nie-ontwaterde dolomietgebiede, word tot 'n groot mate buite verhouding vergroot. Indien 'n gebied deeglik ondersoek en sinvol evalueer word en die nodige voorsorgmaatreëls, veral ten opsigte van dreinerings van oppervlaktwater, word toegepas, behoort die verdere ontwikkeling in dolomietgebiede nie 'n probleem te wees nie.
- 8.4 Die huidige metodes en tegnieke wat gebruik word in die ondersoek van 'n dolomietgebied sluit onder andere afstandswaarnemingstegnieke, geofisiese metodes - veral gravitasie-opnames - , boorwerk, toetslote en groot en klein diameter awegaarboorwerk in. Inligting wat met behulp van hierdie tegnieke versamel word, moet dan verwerk word om 'n dolomietterrein te evalueer in terme van die risiko vir oppervlak-onstabiliteit.
- 8.5 Verskeie klassifikasiesistelsels is in die verlede voorgestel waarvolgens 'n gebied in sekere risikosones ten opsigte van onstabiliteit

gesoneer kan word. Hierdie stelsels het elk sekere voor- en nadele en toepassingsvelde waarvoor dit aanvanklik bedink is.

- 8.6 Vyf klassifikasiestelsels wat in die literatuur opgespoor kon word, is op 'n gebied wat op dolomitiese gesteentes van die Groep Chuniespoort geleë is, toegepas. Die klassifikasiestelsels wissel van die heel eenvoudigste, byvoorbeeld stelsel B, tot baie gekompliseerde sisteme, soos byvoorbeeld stelsel E.
- 8.7 Klassifikasiestelsel A kyk slegs na die diepte tot en dikte van mangaanaarde.
- 8.8 Klassifikasiestelsel B neem slegs een faktor naamlik diepte tot die bopunte van dolomietoringrotse en/of swerfstene, in ag. Hierdie stelsel is nie sensitief genoeg nie, veral in gebiede waar die geologie varieër. Die hele toepassingsgebied (byvoorbeeld) word as lae risiko geklassifiseer behalwe vir 'n klein sone in die weste wat as hoë tot matige risiko geklassifiseer word.
- 8.9 Drie groepe faktore, naamlik natuurlike geologiese faktore, historiese besettingsfaktore en toekomstige besettingsfaktore, word in klassifikasiestelsel C verwerk tot 'n uiteindelijke skaderisikowaarde.
- 8.10 Klassifikasiestelsel D maak gebruik van inligting wat uit boorgatprofiele verkry word. Aan elke horison in die dolomitiese opeenvolging word 'n standaard kodenommer toegeken wat verband hou met sy waarskynlike stabiliteit. 'n Diepteverminderingfaktor word ook in berekening gebring.
- 8.11 Klassifikasiestelsel E vergelyk 'n aantal bydraende en voorkomende faktore ten opsigte van oppervlakkige beweging en herlei dit na die klein of groot bydrae van die faktore tot die waarskynlikheid van grondbeweging. Hierdie stelsel is omslagtig en al die faktore kan nie geredelik met huidige ondersoektegnieke bepaal word nie.
- 8.12 Die klassifikasiestelsels is elk vir bepaalde toestande ontwikkel en is dus slegs daar van toepassing. Dit is dus in 'n mate nie geregtig om al die stelsels op een bepaalde gebied te vergelyk nie.

- 8.13 'n Meervoudige faktor (MF) klassifikasiesistelsel word voorgestel wat verskeie faktore, wat oppervlakonstabiliteit beïnvloed, in ag neem met die voorbehoud dat die faktore gekwantifiseer kan word vanuit inligting versamel deur middel van bestaande ondersoektegnieke.
- 8.14 Die MF-klassifikasiesistelsel inkorporeer afstandswaarnemingstegniese, boorgatinligting, gravitasie-opnameresultate, oppervlakdreinerings- en skadegeskiedenis van 'n gebied. 'n Vyfpuntsskaal, van baie hoë tot baie lae risiko ten opsigte van oppervlakonstabiliteit, word gebruik om 'n gebied in te deel. Die stelsel kan sonder enige aanpassings op geologiese homogene sowel as variërende terreine toegepas word.
- 8.15 Die aantal boorgate wat nodig is om 'n sinvolle risikoonderoering te maak kan aansienlik verminder word deur die variasie in elke gravitasiesone in ag te neem.
- 8.16 In die studiegebied het die minste variasie in die gravitasie "hoog" sones voorgekom en die grootste variasie in die vlak gradiëntsones.
- 8.17 Uit tabelle 8, 9 en 10 is dit duidelik dat selfs nie die MF-klassifikasiesistelsel 100 persent suksesvol is nie. Dit is moontlik toe te skryf aan die vyf punte wat in 8.1 genoem word.
- 8.18 Die indeling van die risikograde in 'n vyfpuntsskaal is waarskynlik te fyn. 'n Beter indeling sal moontlik op 'n driepuntsskaal gemaak kan word.
- 8.19 Oppervlakonstabiliteit kan steeds in enige van die sones - selfs in die baie lae risikosone - voorkom, ongeag watter klassifikasie gebruik word. Die belangrikste faktor wat hier 'n rol speel, is die gedrag van die bodemprofiel indien dit deur water versadig word. Dit sal moeilik wees vir enige klassifikasie om hiervoor voorsiening te maak.
- 8.20 Uit toepassing van die MF-klassifikasiesistelsel op verskeie terreine waar sinkgate voorkom, kan die volgende afleidings ten opsigte van die veiligheid vir elke risikograad gemaak word, naamlik:

- a) dat die waarskynlikheid dat 'n sinkgat in die baie hoë en hoë risikosones sal vorm, so hoog is dat geen residensiële ontwikkeling daar behoort toegelaat te word nie.
- b) residensiële ontwikkeling in die matige risikosones slegs behoort plaas te vind indien uiters streng watervoorsorgmaatreëls toegepas kan word.
- c) in die lae en baie lae risikosones behoort watervoorsorgmaatreëls steeds toegepas te word. Die waarskynlikheid dat 'n sinkgat hier sal voorkom, is baie klein.

BEDANKINGS

Die volgende persone wil ek graag opreg bedank vir hulle hulp met die voorbereiding van hierdie verhandeling:

Die leier, prof. A van Schalkwyk vir sy inspirerende leiding, waardevolle wenke en kritiese beoordeling.

Die Hoofdirekteur van die Geologiese Opname vir die studiegeleentheid en vir toestemming om van amptelike gegewens gebruik te maak.

Die Nasionale dienspligtiges wat aan Geologiese Opname toegewys was gedurende 1982-83 vir hulle hulp met die insameling van data.

Mev. V Peer vir die netjiese natrekwerk.

Elmarié Mouton vir die hoë standaard tikwerk.

My vrou, Anne, vir haar volgehoue aanmoediging en morele ondersteuning gedurende die hele studietydperk.

BIBLIOGRAFIE EN VERWYSINGS

- BRINK, A.B.A., 1966 Sinkholes in the Transvaal Dolomites. S.A.F.U.I.S. Vol. 1 no. 5. Junie 1966.
- BRINK, A.B.A., 1979 Engineering Geology of Southern Africa. Vol. 1. Building Publications, Silverton.
- BRINK, A.B.A., 1981 Geology and Geomorphology. Universiteit van Pretoria. Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede, Pretoria, 26 - 27 November 1981.
- BRINK, A.B.A.; PARTRIDGE, T.C.; WILLIAMS, A.A.B.; 1982. Soil survey for engineering. Monographs on soil survey. Claredon Press, Oxford 1982.
- DAY, P.W.; WAGENER, F. von M.; 1981 A comparison and discussion of investigation techniques on Dolomites. Ground Profile no. 27. Julie 1981.
- DE BEER, J.H., 1981 Evaluation of dolomite areas. Universiteit van Pretoria. Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede, Pretoria, 26 - 27 November 1981.
- DONALDSON, G.W., 1963 Sinkholes and subsidence caused by subsurface erosion. Proc. 3rd reg. conf. for Africa on Soil Mech. Vol. 1. 1963.
- ENSLIN, J.F., 1951 Sinkholes in dolomite. Trans. S.A. Inst. Civ. Eng. Vol. 1 no. 5. 1951.
- ENSLIN, J.F.; SMIT, P.J.; 1955 Geophysical surveys for foundations in South Africa with special reference to the sinkholes in the dolomite south of Pretoria. Trans. S.A. Inst. Civ. Eng. Vol. 5 no. 9. September 1955.

- ERIKSSON, K.A.; TRUSWELL, J.F.; 1975 A palaeoenvironmental interpretation of the early Proterozoic Malmani Dolomite from Swartkops, South Africa. Precambrian Research, no. 2. 1975
- ERIKSSON, K.A.; MCCARTHY, T.S.; TRUSWELL, J.F.; 1975. Limestone formation and dolomitisation in a Lower Proterozoic succession for South Africa. Jnl. Sed. Petrology. Vol. 5, no. 3. 1975.
- HARTOPP, P.G., 1981 Interpretation and comparison of remote sensing methods in determining the engineering geological characteristics of dolomite areas. Universiteit van Pretoria. Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede, Pretoria, 26 - 27 November 1981.
- JANSEN, H., 1977 Die geologie van die landstreek rondom Pretoria. Toeligting van blaaie 2527 DA, DB, DC, DD en 2528 CA, CB, CC, CD. Geologiese Opname. Staatsdrukker. Pretoria.
- JENNINGS, J.E.; BRINK, A.B.A.; LOUW, A.; GOWAN, G.D.; 1965. Sinkholes and subsidences in the Transvaal Dolomite of South Africa. 6th Int. Conf. S.M. + F.E. Montreal, September 1965.
- JENNINGS, J.E., 1966 Building on dolomite in the Transvaal. Trans. S.A. Inst. Civ. Eng. Vol. 8 no. 2. 1966.
- JENNINGS, J.E.; KNIGHT, K.; 1975 A guide to construction on or with material exhibiting additional settlement due to "collapse" of grain structure. 6th Reg. Conf. S.M. + F.E., 1975.

- KIRSTEN, H.A.D., 1982 A classification system for excavation in natural materials. The civil engineer in South Africa, Vol. 24 no. 7. June 1982.
- KLEYWEGT, R.J.; ENSLIN, J.F.; 1973 The application of the gravity method to the problem of ground settlement and sink-hole formation in dolomite on the Far West Rand. Symp. I.A.E.G. on sinkholes and subsidence, Eng. geol. problem related to soluble rocks, Hannover, September 1973.
- KLEYWEGT, R.J.; PIKE, D.R.; 1982 Surface subsidence and sinkholes due to lowering of the dolomitic water-table on the Far West Rand gold field of South Africa. Annale van die Geologiese Opname. Vol. 16, 1982. Staatsdrukker, Pretoria.
- KLEYWEGT, R.J., 1980 Engineering geological problems associated with soluble rocks in the R.S.A. Ground Profile no. 23, July 1980.
- KLEYWEGT, R.J., 1981 Engineering evaluation of dolomitic areas. Universiteit van Pretoria. Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede, Pretoria, 26 - 27 November 1981.
- LISZKOWSKI, J., 1975 The influence of karst on geological environment in regional and urban planning. I.A.E.G. Bull. no. 12, 1975.
- LONGSHAW, T.G.; WARNER, T.A.; WITHERS, A.W.; 1981. Thermal infrared interpretation of the Malmani dolomite, Pretoria area. Appendices 1 and 2. Spectral Africa report no. 31(b)(SES 30).


















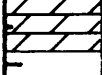
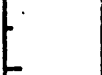





- MINNETT, R.C.A.; WITHERS, A.W.; 1980 The geology and ground conditions over the Malmani dolomite in the Pretoria area as interpreted from Thermal infrared Imagery. Spectral Africa report no. 31A (SES 30).
- PARTRIDGE, T.S., 1981 Geology and geomorphology. Universiteit van Pretoria. Seminaar oor die ingenieurs-geologie van dolomietgebiede, Pretoria, 26 - 27 November 1981.
- ROUX, P., 1979 Handleiding vir die geologiese beskrywing van dolomitiese boorsel. Geologiese Opname verslag no. 1979-0106.
- ROUX, P., 1980 Persoonlike mededeling. Universiteit van Pretoria.
- ROUX, P., 1981 Die mineralogie van dolomiet. Universiteit van Pretoria. Seminaar oor die ingenieurs-geologie van dolomietgebiede, Pretoria, 26 - 27 November 1981.
- S.A.C.S., 1980 Stratigraphy of South Africa. Part 1. Compiled by L.E. Kent (Handbook 8), Geological Survey of South Africa.
- SABINS, F.F., 1978 Remote sensing: Principles and interpretation. W.H. Freeman, Oxford, 1978.
- STEPHAN, L.A., 1975 Stability prediction from borehole logs of dolomitic areas. Ongepubliseerde verslag. Geologiese Opname.
- STEPHAN, L.A., 1975 An application of a statistical method for the evaluation of borehole data with respect to township stability. Ongepubliseerde verslag. Geologiese Opname.

- STEPHAN, L.A., 1975 Compilation of the geologic work done on the Verwoerdburg Municipality. Ongepubliseerde verslag. Geologiese Opname.
- VAN SCHALKWYK, A., 1981 Ontwikkelingspatroon en risiko-evaluasie in dolomietgebiede. Universiteit van Pretoria. Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede, Pretoria, 26 - 27 November 1981.
- VENTER, I.S., 1981 Evaluasie van dolomietgebiede - 'n klassifikasiebenadering. Universiteit van Pretoria, Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede, Pretoria, 26 - 27 November 1981.
- WAGENER, F. von M., 1980 Notes on the procedure to carry out a site investigation on dolomites. Ground Profile no. 24, October 1980.
- WAGENER, F. von M., 1982 Engineering Construction on dolomite. Ph.D. Thesis, University of Natal, 1982.
- WEAVER, J.M., 1979 Geological investigation conducted at T.E.K. base single quarters, Verwoerdburg. Report no. J90/1 for Dept. of Community Development, May 1979.
- WIID, B.L., 1981 Letter to the Editor. Ground Profile no. 25. January 1981.
- WILKINS, C., 1983 Persoonlike mededeling. Pretoria.

Verskeie beperkte verslae deur Geologiese Opname en privaatraadgewerfirmas is ook geraadpleeg.



Tipiese boorgatprofiele van die verskillende geologiese toestande

BOORGATNOMMER : 1

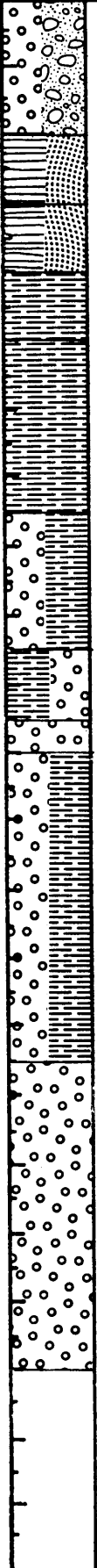
Diepte	Simbool	Penetrasietempo	BESKRYWING
3		1,00	Vars CHERTGRUIS
4,5		2,40	Klam rooibruin kleiige SLIK met geloogde chertgruis
7,5		3,20	
10,5		3,20	Vars tot geloogde CHERTBREKSIE met baie min klam rooibruin kleiige slik
			Geloogde tot vars CHERTBREKSIE met min klam bruin kleiige slik
			
			
		2,00	Klam donkerbruin slikkige KLEI (MANGAAN-AARDE) met geloogde chertbreksie
33			
			
			
			
			
			
		6,00	Vars harde rots DOLOMIET
50			
			
			
			
			
			
			
			
			

min/m

BOORGATNOMMER : 2


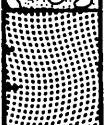
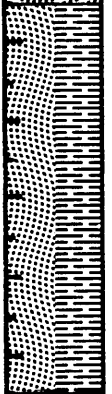

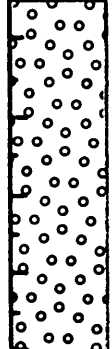
Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		0,40	Klam rooibruin slikkerige sand met geloogde chertgruis
7,5		0,40	Baie klam donker rooibruin kleiige SLIK met geloogde chertgruis
10,5		0,40	Klam bruin kleiige SLIK met geloogde tot vars CHERTGRUIS
		0,20	Geen monster (Waarskynlik Mangaanaarde)
30		7,20	Geloogde DOLOMIET
60			
		min/m	

BOORGATNOMMER : 3




Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
6		1,20	Droë rooibruin kleiige SLIK met min geloogde chertgruis, yster- en mangaanknolletjies en aarkwarts
9		1,20	Droë ligte rooi-oranje sandige KLEI
12		0,40	Droë ligte rooibruin slikkige SAND (SANDSTEEN)
15		1,20	Droë ligte rooibruin SKALIE
22,5		1,20	Witgrys tot rooigrys SKALIE
28,5		0,40	Witgrys geloogde CHERTBREKSIE en skalie
31,5		0,40	Ligte rooigrys SKALIE en chertbreksie
33		1,20	Grysbruin geloogde CHERTBREKSIE
46,5		0,40	Grysbruin geloogde CHERTBREKSIE en skalie
60		1,20	Vars CHERTBREKSIE

min/m

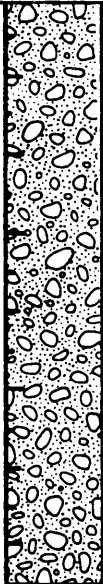


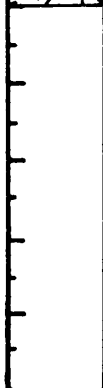
BOORGATNOMMER : 4

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
9		1,20	Klam rooibruin kleiige SLIK met min chertgruis
13,5		2,00	Droë geelbruin slikkige SAND en SANDSTEEN
28,5		2,00	Pers SANDSTEEN met witgrys SKALIE
46,5		1,20	Witgrys SKALIE met min pers sandsteen
60		1,20	Witgrys geloogde CHERTBREKSIE
		min/m	

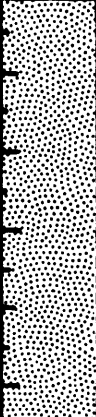

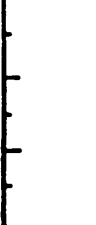
BOORGATNOMMER : 5

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
1,5		0,40	Klam rooibruin sandige SLIK
30		2,00	Verweerde STOLLINGSGESTEENTE
		min/m	



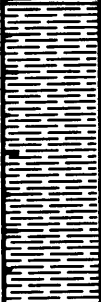
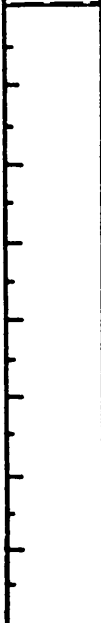
BOORGATNOMMER : 6

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
15		0,40	Klam rooibruin kleiige SLIK met min geloogde chertgruis
18		1,20	Klam groenbruin sandige KLEI (verweerde stollingsgesteente)
36		2,00	Matig verweerde stollingsgesteente met klam groenbruin sandige klei.
		min/m	

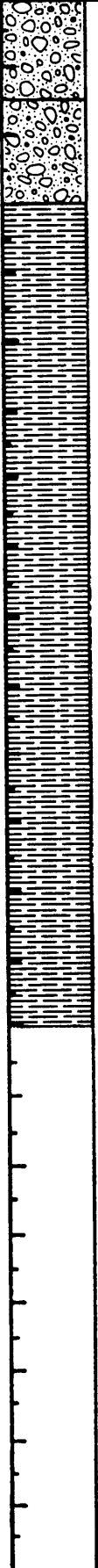
BOORGATNOMMER : 7

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
16,5		0,40	Droë rooibruin kleiige sanderige SLIK
43,5		2,00	Klam ligte rooi-oranje slykkige KLEI
60		1,20	Klam ligte rooi-oranje slykkige KLEI (SKALIE)
		min/m	



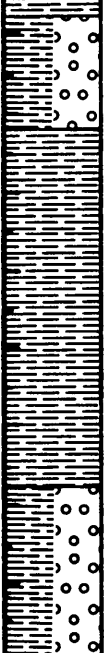
BOORGATNOMMER : 8

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		1,20	Klam rooibruin SLIK met min geloogde chertgruis
22,5		2,40	Klam rooibruin slykkige KLEI met baie min kwartskorreltjies
30		3,00	Droë geelbruin SKALIE met min geloogde chert en kwarts
		min/m	

BOORGATNOMMER : 9

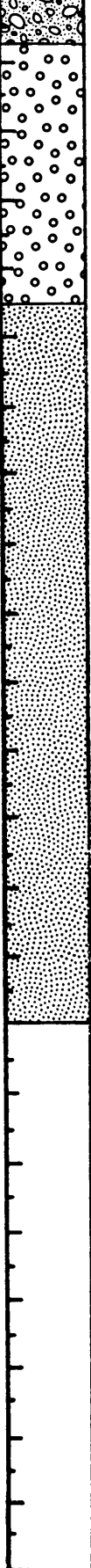
Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		1,20	Klam rooibruin sandige SLIK met geloogde chertgruis
6		2,00	Klam oranjebruin kleiige SLIK met min geloogde chertgruis en kwartskorrels
30		2,00	Geelbruin SKALIE met kwartskorrels brokstukkies sandsteen en chert
		min/m	

BOORGATNOMMER : 10

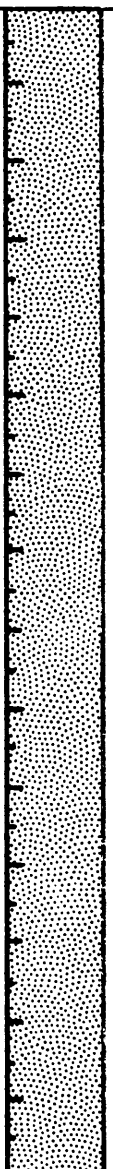

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
1,5		0,40	Droë bruin SAND met min rooibruin kleiige slik
3		0,40	Klam rooibruin kleiige SLIK met ligbruin SKALIE
		1,20	Grysbruin SKALIE
13,5		1,20	Grys SKALIE met min chertbrokstukkies
16,5		1,20	Bruingrys SKALIE
25,5		1,20	Grys SKALIE met min chertbrokstukkies
30			

min/m

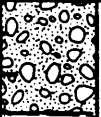

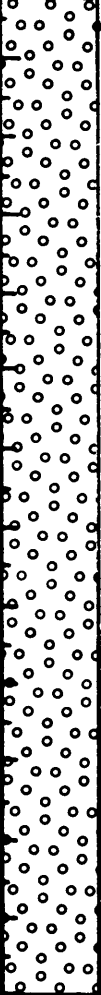

BOORGATNOMMER : 11

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
1,5		1,20	Klam rooibruin kleiige SLIK met min geloogde chertgruis
9		2,00	Geloogde tot vars CHERTBREKSIE met min klam rooibruin kleiige slik
30		2,00	Klam rooibruin kleiige SLIK
		min/m	


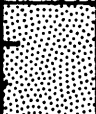



BOORGATNOMMER : 12

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
30		1,20	Klam rooibruin kleiige SLIK met baie min geloopte chertgruis
		min/m	

BOORGATNOMMER : 13

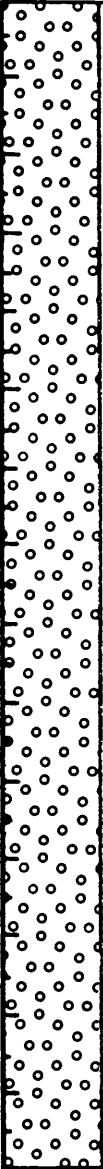

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		1,20	Klam rooibruin kleiige SLIK met geloogde CHERTGRUIS
4,5		1,20	Bruingrys SKALIE
		2,40	Geloogde tot vars CHERTBREKSIE
30			
		min/m	

BOORGATNOMMER : 14

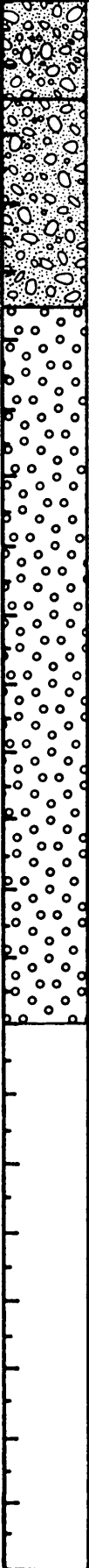
Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		0,40	Droë rooibruin kleiige SLIK met geloogde chertgruis
6		1,20	Droë ligbruin sandige SLIK
15		1,20	Bruingrys SKALIE
30		2,00	Effens geloogde CHERTBREKSIE
			

min/m

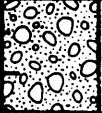


BOORGATNOMMER : 15

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
30		2,40	Geloogde tot vars CHERTBREKSIE
		min/m	

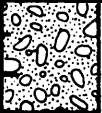
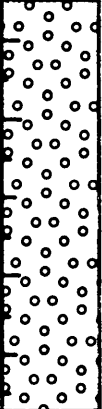

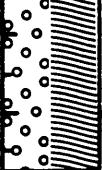
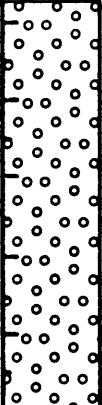

BOORGATNOMMER : 16

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		0,40	Droë rooibruin kleiige SLIK met geloogde chertgruis
9		1,20	Geloogde CHERTGRUIS met droë bruin sandige slik
30		1,20	Geloogde tot vars CHERTBREKSIE met baie min droë bruin kleiige slik
		min/m	

BOORGATNOMMER : 17

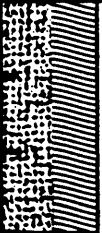
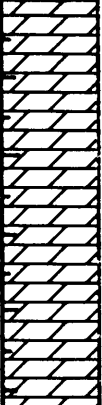


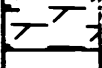
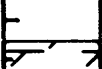
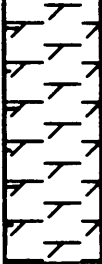

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		2,00	Geloogde CHERTGRUIS met klam rooibruin kleiige SLIK
30		2,40	Baie klam donker- tot rooibruin slikkige KLEI met mangaanaarde en geloogde chert
		min/m	

BOORGATNOMMER : 18

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		0,40	Klam rooibruin kleiige SLIK met min geloogde chertgruis
13,5		1,20	Geloogde tot vars CHERTBREKSIE
15		0,40	Geloogde CHERTBREKSIE met skalie
19,5		0,40	Geloogde CHERTBREKSIE met mangaanaarde
30		1,20	Geloogde tot vars CHERTBREKSIE
			

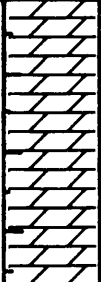
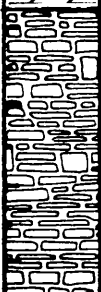
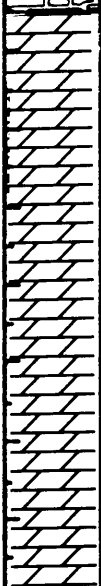

min/m

BOORGATNOMMER : 19

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
6		0,40	Klam donder rooibruin slykkige KLEI met ge- loogde chertgruis en mangaanaarde
		6,00	Geloogde tot vars harde rots DOLOMIET
16,5 18		7,00	Hoogs geloogde DOLOMIET met CHERTBREKSIE
19,5		4,40	Geloogde tot vars harde rots DOLOMIET
21		0,40	Geloogde tot vars harde rots DOLOMIET
22,5		0,00	Matig geloogde DOLOMIET met mangaanaarde
		0,40	Holte Matig geloogde DOLOMIET met mangaanaarde
30			


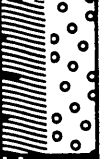

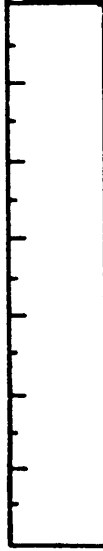
min/m

BOORGATNOMMER : 20

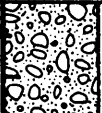


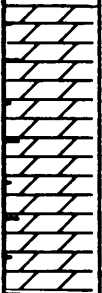
Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
7,5		6,40	Vars harde rots DOLOMIET
15		4,00	Genate DOLOMIET met min swartbruin mangaanaarde
30		6,40	Vars harde rots DOLOMIET
			

min/m

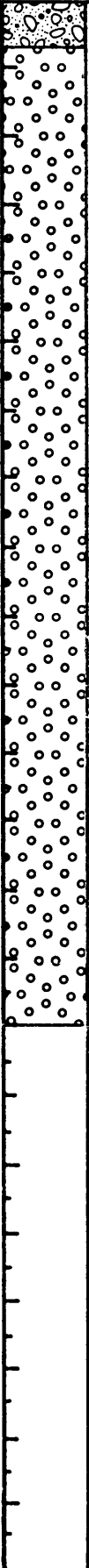
BOORGATNOMMER : 21

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		0,40	Geloogde CHERTGRUIS met klam rooibruin kleiige SLIK en mangaanaarde
6		0,40	Klam donkerbruin slikkige KLEI (MANGAANAARDE) met geloogde chertbreksie
24		6,00	Geloogde tot vars harde rots DOLOMIET
		min/m	


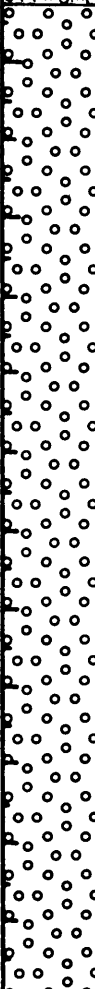

BOORGATNOMMER : 22

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
3		0,40	Klam rooibruin kleiige SLIK met geloogde chertgru...
12		0,40	Nat donkerbruin slikkige KLEI (MANGAANAARDE) met min geloogde chertbreksie
22,5		0,00	Geen monsterherwinning (Waarskynlik mangaan-aarde)
30		3,00	Geloogde tot vars harde rots DOLOMIET
		min/m	

BOORGATNOMMER : 23

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
1,5		1,20	Geloogde CHERTGRUIS met klam rooibruin kleiige SLIK
		2,00	Geloogde tot vars CHERTBREKSIE
30			
		min/m	

BOORGATNOMMER : 24

Diepte	Simbool	Penetrasietyempo	BESKRYWING
4,5		1,00	Klam rooibruin kleiige SLIK met geloogde CHERTGRUIS
30		1,20	Geloogde tot vars CHERTBREKSIE
		min/m	