

Ja

.6138 195 50.

U.O.V.S. BIBLIOTEEK

University Free State



34300000349146

Universiteit Vrystaat

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

**HANG- EN PUINMORFOMETRIE VAN HEUWELS MET 'N
DOLERIETDEKROTS IN DIE SEMI-ARIEDE
SUIDELIKE VRYSTAAT**

deur

SHEILA VRAHIMIS

Voorgelê ter vervulling van die graad Magister Artium in die Fakulteit Lettere en
Wysbegeerte in die Departement Geografie van die Universiteit van die Oranje-Vrystaat.

DESEMBER 1999

**Studieleier: Professor J.S. le Roux
Mede-studieleier: Mnr. C. Barker**

INHOUDSOPGAWE

	Bladsy
Figure	viii
Tabelle	xii
1. Inleiding	1
1.1 Agtergrond	1
1.2 Vorige navorsing	1
1.3 Prosesse op die hange	5
1.4 Ergodiese beginsel	5
1.5 Probleemstelling	7
1.6 Studiegebied	8
2. Veldmetodes en grafiese analise	11
2.1 Bemonstering	11
2.1.1 Bemonstering van heuwels	11
2.1.2 Keuse van die profiele	13
2.1.3 Bemonstering van die puin	15
2.2 Begrensing van die puinhang	18
2.3 Opmeting	20
2.3.1 Helling	20
2.3.2 Hindernisse	22
2.3.3 Meting van die puin op die lynmonster	22
2.3.4 Meting van die naatblokke van die vryhang	23

2.4 Verwerking van die data	25
2.4.1 Stip van die profiele	25
2.4.2 Kodering van die data	25
3. Hellingshoekfrekwensie	27
3.1 Inleiding	27
3.2 Frekwensieverspreiding van hellingshoeke	27
3.3 Resultate	28
3.4 Bespreking	30
4. Puingrootte en hellingshoek	32
4.1 Inleiding	32
4.2 Veranderlikes vir die verwerking van die data	32
4.3 Ruimtelike verspreiding van die data	43
4.4 Resultate	41
4.4.1 Hellingshoek as onafhanklike veranderlike vir 2m meeteenhede	42
4.4.1.1 Afhanklike veranderlike: Die rekenkundige gemiddelde van die gemiddelde deursnee ($\bar{D}$)	42
4.4.1.2 Afhanklike veranderlike: Gemiddelde phi-deursnee ($\Phi \bar{d}$)	42
4.4.1.3 Afhanklike veranderlike: Die rekenkundige gemiddelde van "Volume" (" $\bar{V}$ ")	44
4.4.1.4 Afhanklike veranderlike: Die grootste rots per meeteenheid $(\bar{d}_{maks})$	45
4.4.1.5 Afhanklike veranderlike: 'n Enkele dimensie van die puin $(\bar{a} \text{ en } \bar{b})$	45

	Bladsy
4.4.2 Onderlinge vergelyking van die korrelasiewaardes	46
4.4.3 Sinus van die hellingshoek as onafhanklike veranderlike vir 2m meeteenhede	49
4.4.4 Kumulatiewe hellingshoek as onafhanklike veranderlike vir 2m meeteenhede	49
5. Verwydering van uitskieters uit die data	53
5.1 Inleiding	53
5.2 Resultate	54
5.2.1 Hellingshoek as onafhanklike veranderlike	54
5.2.2 Die transformasies van hellingshoek as onafhanklike veranderlikes	57
5.3 Samevatting	57
6. Invloed van mikroreliëf op die meting van hellingshoek	61
6.1 Inleiding	61
6.2 Metode	62
6.3 Resultate	63
6.3.1 Afhanklike veranderlike: <i>Die rekenkundige gemiddelde van die gemiddelde deursnee ($\bar{D}_{6m}$)</i>	63
6.3.2 Afhanklike veranderlike: <i>Gemiddelde phi-deursnee ($\Phi\bar{d}$)</i>	65
6.3.3 Afhanklike veranderlike: <i>Gemiddelde "volume" ($\bar{V}$)</i>	65
6.3.4 Afhanklike veranderlike: <i>Die grootste rots per meeteenheid ($\bar{d}_{maks}$)</i>	66

6.3.5 Afhanklike veranderlike: 'n Enkele dimensie van die puin ($\bar{a}$ en $\bar{b}$)	66
6.4 Samevatting	68
7. Invloed van die lengtes van meeteenhede op die korrelasies	72
7.1 Inleiding	72
7.2 Metode	72
7.3 Resultate	73
7.4 Samevatting	75
8. Rushoek van die puin	77
8.1 Inleiding	77
8.2 Metode	78
8.3 Resultate	78
8.3.1 Korrelasies met gemiddelde deursnee ($\bar{d}$)	79
8.3.2 Korrelasies met die phi van die gemiddelde deursnee ($\phi\bar{d}$)	79
8.3.3 Korrelasies met "volume" (" $\bar{V}$ ")	79
8.3.4 Korrelasies met 'n enkele dimensie van die puin ($\bar{a}$ en $\bar{b}$)	79
8.4 Samevatting	81
9. Puingrootte	83
9.1 Inleiding	83
9.2 Metode	83

9.3 Resultate	84
9.3.1 Korrelasies vir die gemiddelde van gemiddelde deursnee ($\bar{D}$), en 'n enkele dimensie van die puin ($\bar{a}$ en $\bar{b}$)	84
9.3.2 Korrelasies vir die phi van die gemiddelde deursnee ($\phi\bar{d}$)	84
9.3.3 Korrelasies met "volume" (" $\bar{V}$ ")	85
9.3.4 Korrelasies met die grootste rots per meting ($\bar{d}_{maks}$)	85
9.4 Vergelyking tussen die korrelasies vir afstand en dié van hellingshoek	85
9.5 Die gemiddelde grootte van die puin vir elk van die vyf profiel intervale	89
9.6 Samevatting	91
 10. Partikelvorm en sortering	 93
10.1 Inleiding	93
10.2 Metode	98
10.3 Resultate	99
10.3.1 Vormverspreiding op die profiele as geheel	99
10.3.2 Vormverspreiding op die profiele verdeel in intervale	101
10.4 Afleidings: vorm en ligging	104
 11. Partikelvorm en grootte	 111
11.1 Inleiding	111
11.2 Metode	111
11.3 Resultate	112
11.4 Afleidings: vorm en grootte	125

12. Algemene bespreking	127
12.1 Inleiding	127
12.2 Beperking van die invloed van die variasie van puingrootte	127
12.2.1 Die transformasie na phi-waardes	128
12.2.2 Die grootste rots per meting ($\bar{d}_{maks}$)	128
12.2.3 Die verwydering van uitskieters	131
12.3 Beperking van die invloed van variasie in die onafhanklike veranderlike	132
12.3.1 Hellingshoek	132
12.3.1.1 <i>Afname in korrelasie met 'n afname in die variasie van hellingshoek</i>	133
12.3.2 Afstand (vanaf die vryhang na die voet van die puinhang)	135
12.4 Vergroting in die variasie van puingrootte	136
12.5 Beperking op die invloed van variasie van beide die onafhanklike en afhanklike veranderlike	137
12.5.1 Die lengtes van meeteenhede	137
12.6 Geen vermindering in die variasie van die data	139
12.7 Puingrootte	140
12.8 Hanglengtes en sortering	141
12.9 Die helling van die hange	144
12.10 Die prosesse op die hange	154
12.10.1 Rotsval	155
12.10.2 Rotskruip	157
12.10.3 Grondkruip	158
12.10.4 Oppervlakspoel	160
12.10.5 Verwering	162
12.10.5.1 <i>Chemiese verwering</i>	162

	Bladsy
12.10.5.2 <i>Fisiese verwerking</i>	163
12.10.6 Samevatting	165
12.11 Gevolgtrekkings	166
Bedankings	170
Bibliografie	171
Opsomming	179
Summary	182

FIGURE

		Bladsy
Fig. 1.1	Lokalteite van die hange wat opgemeet is.	8
Fig. 2.1	Skematiese voorstelling van die aansig van neus- en syhange in profiel en plan.	11
Fig. 2.2	Neushang van Bulberg in profiel.	12
Fig. 2.3	Melton se metode van puinbemonstering.	15
Fig. 2.4	Lynbemonstering.	15
Fig. 2.5	Opsigtelike verskil tussen die puinhang en pediment.	17
Fig. 2.6	Die growwe puin van die puinhang vorm 'n skerp grens met die oorwegende fyner sediment van die pediment.	18
Fig. 2.7	Die profielmeter van Le Roux.	19
Fig. 2.8	Die wyse waarop 'n hindernis oorkom word.	20
Fig. 2.9	Meting van die puin.	21

Fig. 2.10	Naatblokke van verskillende groottes in die dolerietplaat wat die vryhang van Bulberg vorm.	22
Fig. 2.11	Skematiese voorstelling van die profiele.	24
Fig. 3.1	Hellingshoekverspreiding vir lang profiele.	26
Fig 3.2	Hellingshoekverspreiding vir kort profiele.	27
Fig. 3.3	Hellingshoekverspreiding vir al die profiele.	28
Fig. 4.1	Die verwantskap tussen hellingshoek in grade (θ) en die sinus van die hellingshoek ($\sin\theta$).	49
Fig. 6.1	Die gemiddelde van die 2 meeteenhede se lesings.	62
Fig. 8.1	Skematiese voorstelling van die vier element hang soos deur King voorgestel.	78
Fig. 9.1	Opeenhoping van dolerietpuin op 'n sandsteendagsoom.	92
Fig. 10 1	Zingg se klassifikasie van die vorm van partikels op grond van die verhouding tussen die drie dimensies.	97
Fig. 10.2	Blokdiagram om die verspreiding van die verskillende vorms van die puin vir die profiele te toon.	100

Fig. 10.3	Blokvormige naatblokke in die vryhang van Bulberg.	108
Fig. 11.3	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Bulb 1.	113
Fig. 11.4	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Bulb 2.	114
Fig. 11.5	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Bulb 3.	115
Fig. 11.6	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Lang 1.	116
Fig. 11.7	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Lang 2.	117
Fig. 11.8	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Olev 1.	118
Fig. 11.9	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Olev 2.	119
Fig. 11.10	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Plat 1.	120

Fig. 11.11	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Plat 2.	121
Fig. 11.12	Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Plat 3.	122
Fig. 12.1	Deurdring van groot puin tot op die bodemgesteente van die puinhang.	130
Fig. 12.2	Sandsteendagsoom met dolerietpuin wat bo-op versamel.	128
Fig. 12.3	Illustrasie van die invloed van die groter reëlmaat van afstand op die kovariasie met puingrootte.	136
Fig. 12.4	Die swak moddersteen ondergrawe die sandsteen aktief.	152
Fig. 12.5	Statham se model van talushangontwikkeling.	156
Fig. 12.6	Dolerietgruis.	161
Fig. 12.7	Ondergraving van puin.	161
Fig. 12.8	Die gevolg van chemiese verwerking op die doleriet net onder die vryhang van Bulberg.	163
Fig. 12.9	Sekondêre nate in dolerietpuin.	163
Fig. 12.10	Die groei van ligene en korsmosse op die puin.	164

TABELLE

		Bladsy
Tabel 1.1	Lys van plantegroei op 'n hang van Bulberg	10
Tabel 4.1	Verklaring van die verskillende simbole vir die aanwysers van puingrootte soos in die teks gebruik	33
Tabel 4.2	Vergelyking van phi-waardes ($-\log_2$ deursnee in mm) met gemiddelde deursnee.	34
Tabel 4.3	Enkelvoudige korrelasies vir 2m meeteenhede met hellingshoek en die aanwysers van puingrootte as veranderlikes.	43
Tabel 4.4	Illustrasie van die effek wat min variasie in die grootte van die grootste rots op die korrelasies het.	49
Tabel 4.5	Enkelvoudige korrelasies vir 2m meeteenhede met die sinus van die hellingshoek ($\sin \theta$) en die aanwysers van puingrootte as veranderlikes.	50
Tabel 4.6	Enkelvoudige korrelasies vir 2m meeteenhede met kumulatiewe hellingshoek en die aanwysers van puingrootte as veranderlikes.	52
Tabel 5.1	'n Vergelyking van die enkelvoudige korrelasies tussen hellingshoek en puingrootte vir 2m meeteenhede voordat en nadat uitskieters uit die data verwyder is.	55

Tabel 5.2	'n Vergelyking van die enkelvoudige korrelasies tussen sinus van die hellingshoek en puingrootte vir 2m meeteenhede voordat en nadat uitskieters uit die data verwyder is.	58
Tabel 5.3	'n Vergelyking van die enkelvoudige korrelasies tussen kumulatiewe hellingshoek en puingrootte vir 2m meeteenhede voordat en nadat uitskieters uit die data verwyder is.	59
Tabel 6.1	'n Vergelyking tussen die enkelvoudige korrelasies (hellingshoek met puingrootte) vir 6m meeteenhede met dié van 2m meeteenhede.	64
Tabel 6.2	'n Vergelyking tussen die enkelvoudige korrelasies (hellingshoek met puingrootte) vir 'n enkele dimensie van puingrootte ($\bar{a}$ en $\bar{b}$).	67
Tabel 6.3	Die invloed van die kombinerings van meeteenhede op die afhanklike en onafhanklike veranderlikes.	70
Tabel 7.1	Spearman se rangorde korrelasies (r_s) tussen puingrootte en hellingshoek vir meetlengtes tussen 16m en 22m.	69
Tabel 7.2	Spearman se rangorde korrelasie (r_s) tussen puingrootte en hellingshoek vir vyf hangdele.	70
Tabel 7.3	Gemiddelde korrelasies vir gemiddelde deursnee ($\bar{d}$) as indikator van puingrootte vir verskillende meeteenheidlengtes.	71

Tabel 8.1	Enkelvoudige korrelasies (hellingshoek met puingrootte) vir elke puinfragment met die meeteenheid waar die voorkom.	80
Tabel 9.1	Enkelvoudige korrelasies vir 2m meeteenhede met afstand en die aanwysers van puingrootte as veranderlikes.	86
Tabel 9.2	Enkelvoudige korrelasies tussen hellingshoek en afstand vanaf die vryhang.	88
Tabel 9.3	Die gemiddelde grootte van die puin vir elk van die vyf profiel intervalle.	90
Tabel 10.1	Die gemiddelde verhouding van die drie dimensies tot mekaar van puin groter as 500mm in gemiddelde deursnee.	93
Tabel 10.2	Kriteria vir die identifisering van die vorm van partikels.	98
Tabel 10.3	Gebeurlikheidstabelle en resultate van die χ^2 - toets.	102
Tabel 10.4	Vormverspreiding op profiele verdeel in intervalle.	105
Tabel 11.1	Frekwensie van groot puin (≥ 800 mm gemiddelde deursnee) volgens vorm op die verskillende hangintervalle.	124
Tabel 12.1	Vergelyking tussen die gemiddelde korrelasies van hellingshoek en die transformasies daarvan met puingrootte.	133

Tabel 12.2 Enkele hangparameters van die profiele.

142

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1 AGTERGROND

Hierdie studie is aangepak om die volgende redes: eerstens is daar 'n leemte in die gepubliseerde werk bemerk, tweedens bestaan daar geen soortgelyke werk in die Vrystaat nie. Laastens is daar in 'n voorafstudie vir die honneursgraad tot ander gevolgtrekkings gekom as veral Fair en King wat op daardie stadium die belangrikste werk oor hange in Suid-Afrika die lig laat sien het.

1.2 VORIGE NAVORSING

Die verband tussen puingrootte en helling is deur vele navorsers ondersoek en beredeneer. Volgens Mabbutt (1977) word hellingshoek vir Lawson (1915) deur die maksimum grootte van die puin op die hang bepaal terwyl Bryan (1922) opmerk dat groot rotse op steil hange en kleiner puin op sagter hellings voorkom. Vir Bryan is die hellings dus afhanklik van die rushoek ("angle of repose") van die puin en beskryf hy die helling as rotsbeheerd ("boulder-controlled") (Mabbutt, 1977). Fair (1947, 1948a & b) kry 'n verwantskap tussen puingrootte en hellingshoek in drie verskillende klimaatstipes: vogtig, sub-tropies en semi-arië. Hierdie bevindings word klaarblyklik deur Robertson (1966), King (1967), Kirkby en Kirkby (1974), Church en andere (1979), Akagi (1980), Abrahams en andere (1985), Parsons en Abrahams (1987), Simanton en andere (1994), Simanton en Toy, 1994 en Poesen en andere (1998) ondersteun.

Daarenteen bevind Mammerickx (1964) dat pedimente met verskillende gemiddelde hellingshoeke deur dieselfde puingroottes bedek word. Melton (1965) vind slegs 'n baie lae korrelasie tussen hellingshoek en puingrootte in die gebied in Arizona waar hy sy studie

gedoen het. Oberlander (1972) ondersteun Melton se bevinding in sy studie in die Mojave woestyn en maak die volgende stelling : "The boulders covering such hills do not show any systematic changes in caliber throughout concave, convex, and straight slope segments; and there is no evident tendency for any size grouping to dominate any particular slope configuration." (1972, 17).

Mammerickx (1964) en Melton (1965) is van die enigste navorsers wat voor 1980 van kwantitatiewe navorsingstegnieke, waarvan die metodes duidelik in hul studies omskryf is, gebruik gemaak het. In latere navorsing word die metodes duidelik omskryf soos deur Akagi (1980), Abrahams en andere (1985), Parsons en Abrahams (1987), Simanton en andere (1994), Simanton en Toy (1994) en Poesen en andere (1998).

In Suid Afrika het slegs Fair (1947, 1948), King (1962), Robertson (1966) en Le Roux en Vrahimis (1987, 1990) op puin- of talushange navorsing gedoen. Behalwe vir die werk van Le Roux en Vrahimis (1987, 1990) in hierdie gedeelte van die Vrystaat is die enigste ander hangnavorsing wat in hierdie gebied gedoen is, erosiestudies deur Le Roux en Roos (1982, 1986a & b, 1991) asook verwering van oppervlakspoelmateriaal teen 'n hang met 'n lae helling (Le Roux, 1985).

In die Drakensberge van die oos- en noord-oos Vrystaat het Moon en Munro-Perry gesamentlik en afsonderlik op hangontwikkeling navorsing gedoen (1988, 1990, 1991). Ander relatief onlangse navorsing in die Drakensberge waarvan 'n gedeelte in die noord-oos Vrystaat is, is deur Meikeljohn (1992) in sy navorsing van vallei asimmetrie gedoen.

'n Probleem wat uit die literatuurstudie na vore gekom het, is dat navorsers die terme puinhang ("debris slope"), talushang ("talus slope") en "scree slope" as sinonieme gebruik (Fair, 1947 & 1948; King, 1962; Twidale, 1976; Gardner 1979 en Selby 1982). Russel (1976) onderskei tussen 'n "scree" hang wat volgens hom uit materiaal van eenvormige grootte bestaan, 'n talushang bedek deur puin van verskillende grootte en 'n puinhang bedek

deur verweerde en fyn materiaal. Tinkler (1966) verwys na "clitter slopes" as hange wat bedek word deur los fragmente. Die helling van hierdie hange word egter volgens hom deur die onderliggende materiaal, soos die bodemgesteente van die hang, bepaal.

Young (1972) tref 'n onderskeid tussen "scree, boulder-controlled" en "debris slopes" (puinhange). 'n "Scree slope" is volgens hom, konkaaf met 'n hellingshoek vir die boonste, steilste gedeelte van tussen 30° - 38° gevolg deur 'n langer, sagter helling van tussen 25° - 33° . Verder neem die gemiddelde grootte van die puin toe na onder. Statham (1973, 1976a & b) ondersteun hierdie bevinding van 'n hangafwaartse toename in puingrootte. Hy skryf dit daaraan toe dat groot partikels potensieel oor meer momentum beskik en dus tot onder kan beweeg en daar versamel. Verder word kleiner partikels in die holtes en openinge van die ongelyke "scree" oppervlak vasgevang en neig om hoër op teen die hang te akkumuleer.

Rotsbeheerde hange ("boulder-controlled slopes") is aanvanklik deur Bryan in 1922 (Statham, 1975) beskryf as lineêre hellings wat teen die rushoek van die rotse op hul oppervlak vorm. In woestyne breek die naatblokke van die bodemgesteente aanvanklik op in groot rotsblokke. Hierna vind verwering plaas, gevolg deur verwydering van die verweerde materiaal. Dit veroorsaak dat slegs die groot rotse op die hang oorbly. Hierdie rotse lê dus volgens hom teen die rushoek van die puin. Young (1972) noem dat hierdie rotse dikwels los van mekaar lê en mekaar dus nie steun nie. Hy stel voor dat dit die glywrywingshoek ("angle of sliding friction") is wat die stabiliteit van die hange bepaal. Hierdie los rotse vul holtes en gate in die bodemgesteente van die hang en beskerm dit sodoende teen verwering. Volgens hom neem die bodemgesteente uiteindelik die rushoek van die puin aan as gevolg van differensiële verwering.

Abrahams en andere (1985) verwys na puinhange ("debris slopes") wanneer hulle die hange in die woestyne van die die suid-weste van Amerika, waarna Bryan in 1922 as rotsbeheerd ("boulder-controlled") verwys het, Melton (1965) as puin bedekte hange ("debris-covered slopes") en waarna Oberlander (1972) as rotsbedek ("boulder-clad") verwys, bespreek.

Volgens hierdie skrywers bestaan puinhange uit 'n konvekse gedeelte bo, gevolg deur 'n effens konkawe deel wat soms 'n reguitlynige segment insluit. Die hang gaan oor in 'n lae helling pediment met die piedmontsone wat deel vorm van beide die pediment en die puinhang. Volgens hulle mag die puinhang oor 'n vryhang beskik maar dit is nie 'n vereiste nie. Intendeel, hulle het in hul navorsing puinhange met 'n vryhang opsetlik uitgeskakel.

Puinhange word deur Young (1972) beskryf as hange wat benede 'n vryhang voorkom. Die rotse wat van die vryhang losbreek en op die puinhang beland, word mettertyd deels deur grond bedek. Hierdie hange het maksimum hellingshoeke van meer as 25° en beskik oor 'n plantegroei bedekking. Puinhange kom in savanne, semi-ariëde tot vogtige sub-tropiese gebiede voor. Die hange is konkav en die grootte van die puinfragmente neig om toe te neem na die bokant van die hang.

Puinhange soos deur Young hierbo beskryf, is die tipe hange waarop die huidige studie toegespits is. Ongelukkig bestaan daar verwarring omtrent die onderskeid tussen puin-, talus- en "scree" hange. Hiervolgens is die hange wat Fair (1947, 1948a & b) byvoorbeeld ondersoek het, eintlik puin- en nie talushange nie. Fair (1948b, 72) noem dat die onderliggende bodemgesteente van sy talus of detritale hang dikwels dagsome toon. Die puin lê een of twee lae diep en omdat die bodemgesteente dagsoom moet 'n mens aflei dat die puin nie 'n aaneenlopende bedekking vorm nie. Verder is die plantbedekking van die heuwels van die sub-tropiese, vogtiger binneland van Natal sowel as dié in die vogtige kusstreek van Natal goed, al stel hy dit nie uitdruklik so nie. Hierdie klimaatstipes leen hulself tot die vorming van 'n dun grondbedekking met gepaardgaande plantegroei. Verder haal Young (1972, 135) vir Fair aan by sy beskrywing van puinhange, met ander woorde, dieselfde bron wat die bestaan van "scree" of talus aandui, word ook gebruik vir puinhange. Abrahams en andere (1985, 1987) dra tot die verwarring by soos hierbo uiteengesit.

Die verwarring tussen die verskillende konsepte, sowel as die mate waartoe elke term as 'n sinoniem vir die ander gebruik word, lei daartoe dat artikels wat op puinhange toegespits is,

vir bewyse van "scree" gebruik word. Die omgekeerde is ook aan die orde van die dag.

1.3 PROSESSE OP DIE HANGE

Wat die prosesse en sortering van die puin betref, skryf die meeste bronne dit aan massawerking toe (Cooke e.a. 1993, Chorley e.a. 1984, Mabbutt, 1977). Vir Sparrow (1965 & 1966) lê die puin benede die vryhang teen die rushoek van die puin en kruip dit hang af. Robinson (1966) stel voor dat die beweging van die puin op die hang stadig en onderbroke is. Sommige rotse val en rol egter vinnig hang af. Carson (1971) bevind in die semi-ariëde deel waar hy gewerk het dat lineêre hellings bepaal word deur die kritiese stabiliteitshoek wat deur die aard van die puin gehandhaaf word. Kirkby (Carson en Kirkby (1972)) bevind dat hange in droë en half-droë gebiede slegs oor 'n dun laag rotse beskik. Hieruit word afgelei dat die hellings nie akkumulasie hange is nie, maar dat ander prosesse (soos verwerping en oppervlak spoel) ook op hierdie hange aktief is. Die gevormde hang is effens konkaaf van aard en het growwer puin op die steiler dele. Abrahams en andere (1985) en Parsons en Abrahams (1987) vind dat die puinhange in hulle navorsing gevorm en aangepas is tot hidroliese werking. Poesen en andere (1998) skryf die sortering van die rotsfragmente op hange in suid-oos Spanje aan die selektiwiteit van watererosie toe.

1.4 DIE ERGODIESE BEGINSEL

Hierdie beginsel is in die ontwikkeling van geomorfologiese modelle (byvoorbeeld dié van Davis en King) van heelwat nut bevind. Aangesien dit ook in hangstudies gebruik kan word, sal die volgende kort uiteensetting die belangrikste uitgangspunte aanstip.

In die negentiende eeu het Maxwell, Boltzmann en Poncaré 'n statistiese studie van komplekse, dinamiese sisteme voorgestel wat nou as die ergodiese teorie bekend staan (Arnold & Avez, 1989). Die ergodiese teorie was aanvanklik vir meganika ontwikkel, maar word ook in baie ander rigtings aangewend. Die wiskundige definisies en die eerste

belangrike teoremas is deur Von Neumann, Birkhoff, Hopf en Halmos in die Dertigerjare van die vorige eeu ontwikkel (Arnold & Avez, 1989).

Die idee van entropie is ook deur Clasius, Maxwell en Boltzmann, wat as die grondleggers van statistiese meganika bekend staan, ingelei in verband met die analise van onomkeerbare ("irreversibility") verskynsels. Later vorm entropie die fundamentele konsep van inligtingsteorie. Kolmogorov kombineer die gedagtes rondom inligtingsteorie en entropie in die analise van sekere probleme van ergodiese teorie. Dit het tot gevolg die sogenaamde entropiese teorie van dinamiese sisteme (Sinai, 1985).

Ergodiese teorie is die wiskundige studie van die lang termyn gemiddelde gedrag van 'n sisteem. Die versameling van alle toestande van 'n sisteem vorm 'n ruimte, X . Die evolusie of ontwikkeling van die sisteem word deur die transformasie $T: X \rightarrow X$, voorgestel waar Tx die toestand ten tyde tydstip 1 van die sisteem by tydstip 0 is wat in die toestand x verkeer (Petersen, 1983, Sinai, 1985).

Die ergodiese hipotese is geformuleer in 'n poging (volgens Petersen (1983, 3), 'n onsuksesvolle poging), om "the conclusion that the time mean....and the space mean coincide almost everywhere" teweeg te bring. Hy gaan verder en stel dat indien die tyd gemiddelde van elke meetbare funksie amper oral ooreenstem met die ruimtelike gemiddelde, kan die sisteem ergodies genoem word. Denker e.a. (1976, 23) toon aan dat 'n dinamiese sisteem ergodies is indien daar aan sekere ekwivalente eienskappe voldoen word. Hieronder kan aangetoon word dat die tyds-gemiddelde gelyk is aan die ruimtelike gemiddelde. 'n Eienskap wat baie bruikbaar vir fisici is. Met ander woorde, in sekere gevalle is bemonstering in ruimte dus ekwivalent aan bemonstering oor tyd (Chorley, e.a., 1984).

Die werke van Jatje (1991), Ollagnier (1985), Bowen (1970), asook die verrigtinge van verskeie konferensies oor ergodiese teorie en aanverwante onderwerpe (Krengel, e.a., 1992; Denker & Jacobs, 1979; ens.), het almal te make met die wiskundige bewyse van ergodiese

teoremas. Ergodisiteit vereis streng statistiese aannames en is gebaseer op die energie pad van 'n sisteem. Wat onthou moet word is dat ergodisiteit nie 'n bewys op sigself is nie.

Abstrakte ergodiese teorie het te doen met die meetbare aksies (inwerkings) van groepe transformasies. Aangesien geomorfologie onder andere ook met die verandering (transformasies) van landvorme oor tyd te make het, is dit logies dat die ergodiese teorie ook vir hierdie vakgebied toepassings inhou. Die erosiesiklus van landvorme is grootliks op ergodiese aannames gebaseer.

Die gevaar van ergodiese redenering is dat landvorme in veronderstelde volgordes van tyd (tydreekse) geplaas mag word om 'n vooropgesette teorie te bewys. Verder is dit moontlik om 'n temporale siklus af te lei bloot omdat ruimtelike variasies van 'n vorm bestaan. Die ruimtelike variasies mag egter aan ander faktore toegeskryf word. Gewoonlik word slegs een veranderlike as 'n ergodiese indikator aanvaar, terwyl die ruimtelike verspreiding van 'n verskynsel ook aan ander faktore toegeskryf kan word (Chorley, e.a., 1984).

Sonder om in te veel detail verstrengel te raak, kom die gebruik van die ergodiese beginsel in hierdie studie daarop neer dat die ruimtelike frekwensie van 'n verskynsel omgekeerd eweredig aan die tempo van verandering beskou word. Vorme wat aan sneller verandering onderhewig is, sal met 'n kleiner frekwensie in die natuur voorkom. So byvoorbeeld sal heuwels (en dus heuwelhange) selde op uitsluitelik sagte gesteentes voorkom.

1.5 PROBLEEMSTELLING

Die doel van hierdie studie op puinhange is die volgende:

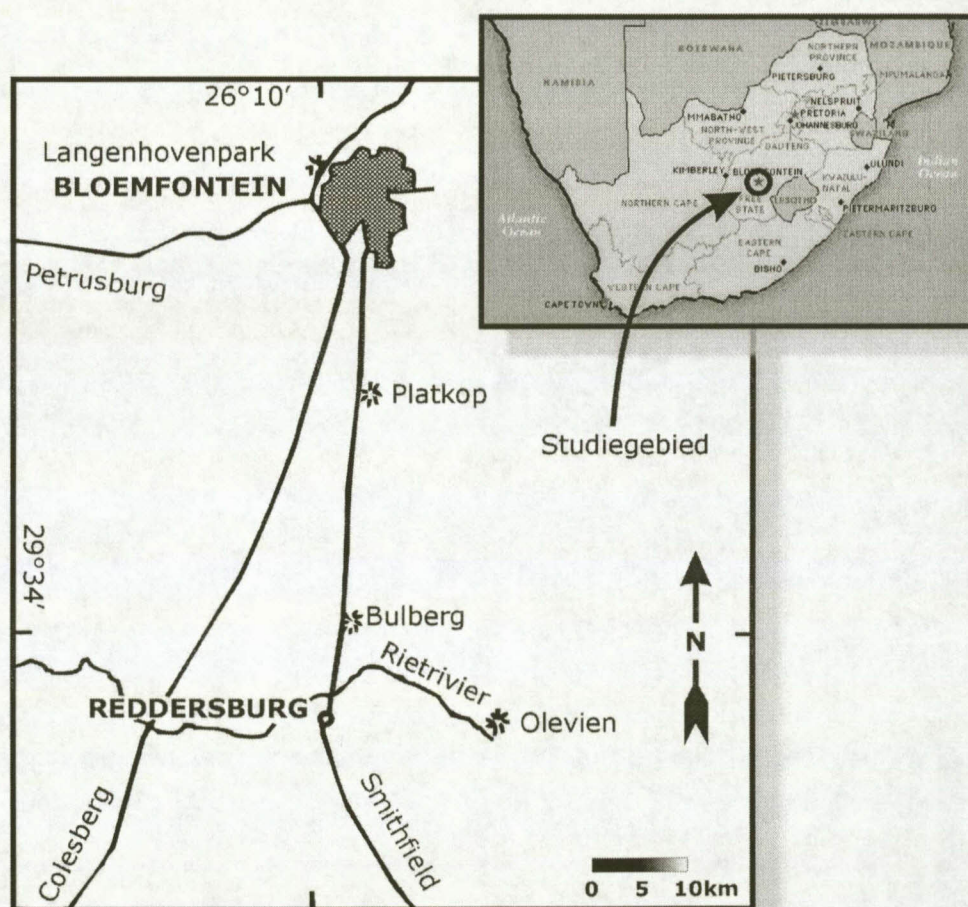
- Om deur empiriese navorsing en statistiese analise vas te stel of daar 'n kousale verwantskap tussen hellingshoek en puingrootte op puinhange bestaan soos deur sommige navorsers aangevoer word. Hiervoor is sekere hange gekies waarop die oorsprong van die

puin op die hange as veranderlike beheer kon word.

- Om vas te stel of daar 'n korrelasie tussen die vorm van die puin op die puinhange en hellingshoek is.
- Om te bepaal of puingrootte en -vorm 'n kousale verwantskap met ligging (afstand vanaf die vryhang) toon.

1.6 STUDIEGEBIED

Die studiegebied lê in die Suid Vrystaat tussen 29° en 30° S.Br. en 27° O.L. (Figuur 1.1).



Figuur 1.1: Lokaliteite van die hange wat opgemeet is.

Die gebied word onderlê deur die sedimentêre gesteentes van die Beaufortgroep van die Karoo Opeenvolging waarin dolerietindringings as plate en gange voorkom. Die heuwels wat vir die projek uitgesonder is, word gevorm deur die oorblyfsels van dolerietplate wat op die sagter Karoogesteentes lê.

Die klimaat van die gebied is semi-arië met 'n jaargemiddelde reënval van $\pm 500\text{mm}$. Tussen 70% en 80% van die totale reënval kom in die somer vanaf Oktober tot April voor. Gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur wissel vanaf 30°C tot 33°C in Januarie en 17°C tot 21°C in Julie. Die gemiddelde minimum temperatuur vir Julie is 0°C , maar mag in die suidelike deel van die studiegebied tot selfs -8°C daal (Le Roux en Roos, 1982, 115). Die gebied is aan bevriesing en ontdooiing onderhewig indien genoeg vog beskikbaar is.

'n Goeie plantebedekking kom op die hange voor en bestaan uit grasse, bossies, struie en bome soos in Tabel 1 aangetoon. Die basale bedekking van 'n noordelike hang van Bulberg wat in die suidelike deel van die studiegebied voorkom, is vasgestel. Hier was die basale bedekking 11%. Die basale bedekking van die plantegroei op die ander hange is waarskynlik van dieselfde orde, maar mag selfs hoër wees op hange wat suid front weens die groter beskikbaarheid van vog omdat hierdie hange aan die skadu-kant van die heuwels voorkom.

Vervolgens gaan 'n oorsig van die veldmetodes en grafiese analise gegee word.

Tabel 1: Lys van plantegroei op 'n hang van Bulberg.

Die plantegroeitipes wat voorkom is o.a. die volgende:

Grasse:

Themeda triandra, *Cymbopogon pluriodis*, *Eragrosta lehmanniana*, *Aristida congesta*,
Hyparrhenia hirta, *Melica decumbens*.

Bossies:

Rhigozum obovatum, *Protasparagus suaveolens*, *Felicia filifolia*, *Helichysum dregeana*,
Chrysocoma tenuifolia, *Lightfootia albens*.

Struik:

Euclea crispa, *Diospyros lycioides*, *Buddleja saligna*, *Rhus erosa*.

Bome:

Olea Africana, *Cussonia paniculata*.

HOOFSTUK 2

VELDMETODES EN GRAFIESE ANALISE

2.1 BEMONSTERING

2.1.1 Bemonstering van heuwels

Die literatuur is redelik vaag omtrent die rasionaal verbonde aan die keuse van profiele vir meting. Dit wil voorkom asof navorsers op 'n lukraak wyse profiele en heuwels selekteer. Fair (1947, 1948a & b) het hange in drie klimaatstipes bestudeer. 'n Sub-humiede klimaatstipe soos die binneland van Natal (1947), 'n vogtige klimaatstipe soos die "Coastal Hinterland of Natal" (1948b) en 'n half droë gebied wat deur die Karoo voorgestel word (1948a). Binne hierdie gebiede is hange lukraak geselekteer. Robinson (1966) het skynbaar sommige residuele heuwels in die Groot Visriviervallei gekies indien hulle oor 'n weerstandbiedende dekrots beskik. Tinkler (1966) se profiele is teen die eskarp van die Eglwyseg vallei in Noord Wallis op 'n skynbaar lukraak wyse gekies. Die wyse waarop Oberlander (1972, 1974) die hange in sy navorsingsprojek geselekteer het, word ook nie duidelik omskryf nie. Akagi (1980) het heuwels wat uit 'n verskeidenheid van bodemgesteentes bestaan, gekies. So byvoorbeeld was sommige profiele op graniet, sommige op ander gesteentes en 'n laaste groep op nie- graniet puinhange bedek deur 'n weerstandbiedende dekrots. Abrahams en andere (1985) en Parsons en Abrahams (1987) selekteer profiele gekenmerk deur sekere eienskappe in die sentrale deel van die Mojave woestyn. Verder kies hulle die profiele sodanig dat dit verskillende bodemgesteentes verteenwoordig, naamlik kwarts monzoniet, latitiese porforiet en wat hulle na verwys as "fanglomerate". Simanton en andere (1994) en Simanton en Toy (1994) kies hange wat 'n verskeidenheid van vorm en gradiënt voorstel uit twee gebiede in Arizona. Poesen en andere (1998) selekteer hange in die suid-ooste van Spanje sodanig dat dit ook verskillende litologiese eienskappe verteenwoordig met 'n plaaslike gradiëntwydte van 4

tot 66%.

Meiklejohn (1992) bepaal die valleihellings in sy studie op grond van metings op 1:50 000 topografiese kaarte van die Drakensberg Eskarp en word daar dus nie op veldwerk gekonsentreer nie.

Volgens Young (1972, 144 - 146) word hoofsaaklik van doelgerigte bemonstering ("purposive sampling") gebruik gemaak, met ander woorde, weloerwoë seleksie van die profiellyn deur die navorser. Hierdie metode kan as subjektief gekritiseer word, maar afhange van die gebruik van die resultate kan sinvolle data verkry word. Praktiese probleme (soos toegang) veroorsaak dat ewekansige steekproefneming in sommige gevalle onmoontlik is. Verder is kontinue (teenoor diskrete) verskynsels soos hange moeilik om ewekansig te bemonster (Young e.a., 1974). Indien ewekansige bemonstering genoodsaak word, is 'n aanpassing van die standaard metodes van punt bemonstering nodig.

Binne die studiegebied is vier inselberge gekies en op hierdie vier heuwels is tien profiele opgemeet. Dit is nie 'n ewekansige bemonstering nie omdat die keuse van die heuwels deur die vereistes wat aan 'n puinhang gestel word, gelei was. Hierdie vereistes behels die volgende:

* Die heuwel moet oor 'n vryhang beskik wat deur 'n regolietbedekte hang gevolg word waarop rotsblokke van verskillende groottes los lê of gedeeltelik begrawe is (Young, 1972, 135).

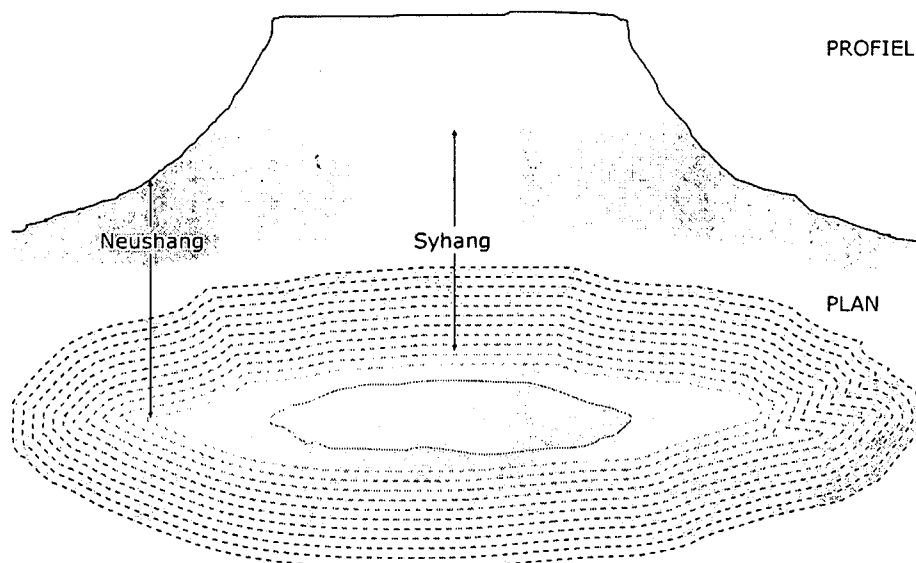
* Die heuwels moet oor 'n dolerietdekrots beskik wat die vryhang vorm terwyl die bodemgesteente van die puinhang uit sedimentêre gesteentes bestaan. Hierdie vereiste het tot gevolg dat die bron van die dolerietpuin op die puinhang tot die vryhang beperk is. Geen twyfel bestaan dus oor die oorsprong van enige dolerietpuin op die puinhang nie.

Indien die hele heuwel deur doleriet onderlê word, sou dit onmoontlik wees om die presiese herkoms (elevasie gewys) van 'n rotsblok te identifiseer. 'n Probleem waarvoor navorsers soos Oberlander (1972), Abrahams en andere (1985) en Parsons en Abrahams (1987) in hul projekte te staan gekom het.

Voorgenoemde vereiste veroorsaak dus dat die verspreiding van die puin op die hang sonder twyfel oor die posisionele herkoms waargeneem kan word.

2.1.2 Keuse van die profiele

Die meeste heuwels beskik oor twee tipes hange nl. 'n syhang en 'n neushang (Chorley e.a., 1984, 257). Slegs in die geval van koniese heuwels (spitskoppe of buttes) kan al die hange as óf neushange óf syhange beskou word.



Figuur 2.1: 'n Skematiese voorstelling van die aansig van neus- en syhange in profiel en plan. Stippellyne stel nie kontoere voor nie.

In die keuse van profiele vir hierdie studie is so ver moontlik gepoog om 'n voorbeeld

van 'n syhang sowel as 'n neushang in te sluit (Fig. 2.1 en 2.2).

Figuur 2.2: 'n Foto van die profiel van 'n neushang van Bulberg. Beide die helling en al die puin op so 'n profiellyn is gemeet.

Tien profiele is op 4 heuwels opgemeet (Figuur 2.11). Bulberg beskik oor 'n groot oppervlakte en dus is daar besluit om 3 profiele teen die hange te selekteer. Die ander heuwels (Langenhovenpark, Olevien en Platkop) beslaan elk 'n kleiner oppervlak en is daar besluit om slegs 2 profiele per heuwel te meet. Tydens die meet van die eerste profiel van Platkop het dit gelyk asof die puin hoofsaaklik binne 'n sekere grootte-kategorie voorkom ("cobble" grootte) met groot rotse aan die voet van die hang. Daar is

toe besluit om 'n derde profiel teen hierdie heuwel ook te meet sodat genoeg data versamel kon word om algemene tendense te bestudeer.

2.1.3 Bemonstering van die puin

Wat die bemonstering van die puin betref het navorsers soos volg te werk gegaan:

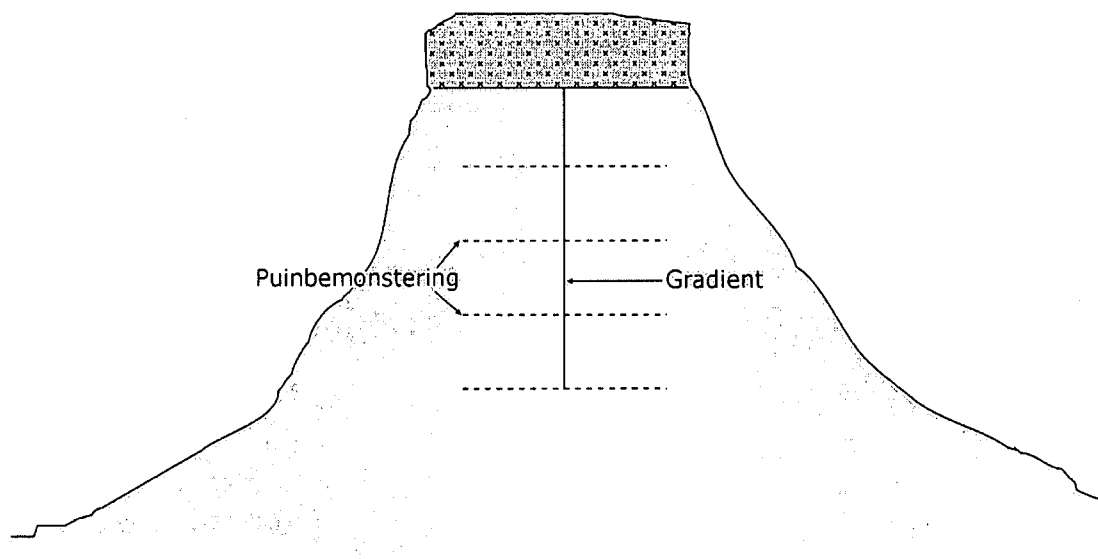
Melton (1965, 716) het 'n beginpunt op die steilste deel van die hang op 'n ewekansige wyse geselekteer. Hier het hy 'n maatband horisontaal neergelê en rotsfragmente groter as 2½ duim (62,5mm) in deursnee gemeet. Hy gee egter nie 'n aanduiding van die lengte van die maatband wat uitgeplaas is nie. Akagi (1980, 130,131) het 'n opname van puingrootte en helling teen verskeie hange in die suide van Arizona gedoen. Hy het al teen die profiel langs op 50m intervalle 3 x 3 m gebiede afgebaken en die tien grootste fragmente in die vierkant gemeet. Die gemiddelde waarde van die intermediêre dimensie (b-as) van die fragmente is dan bereken en as die grootte van die puin teenoor die hellingshoek gestip. Dit wil voorkom asof hy op 'n subjektiewe wyse die tien grootste fragmente geselekteer het deur slegs met die oog te skat. Verder meet hy op geselekteerde profiele op elke 50m (en in sommige gevalle elke 25m) 'n monster van slegs die grootste puin. Sy steekproef is dus nie aaneenlopend nie. Dit lyk dus of hy 'n steekproef binne 'n steekproef neem. Die vraag wat dus gevra kan word, is of sy puinmonster as verteenwoordigend van die hele hang beskou kan word. Die studies van Fair (1947,107;1948a, 72; 1948b, 40) haal 'n paar metings aan, maar hy verduidelik nie hoe die metings gedoen was nie. Tinkler (1966, 381) meet hangprofiele op sekere intervalle teen die lengte van die eskarp in die Eglwyseg vallei in Noord Wallis. Dit is egter nie duidelik hoe hy te werk gegaan het om die puingrootte van die "scree" te meet nie aangesien hy slegs verwys na 24 scree tellings. Daarna beskryf hy die groottes van die fragmente. Robinson (1966, 386 - 390) verwys ook na rotsgroottes sonder om in besonderhede in te gaan ten opsigte van metodes van meting.

Abrahams en andere (1985, 349) het maksimaal vier metings teen 'n profiel gemaak. Hier is die gradiënt oor 'n vyf meter afstand met 'n Abney-waterpas gemeet asook 'n monster van die puin geneem. Die monster beslaan tussen 50 en 200 partikels in 'n vierkant ("grid") per meting waarvan die middel dimensie van partikels groter as twee millimeter gemeet is. Indien partikelgroottes van minder as twee millimeter meer as 5% van die monster beslaan het, is 'n massamonster ("bulk sample") geneem en gesif om die grootte eienskappe van die fyn materiaal te bepaal. Parsons en Abrahams (1987, 424 & 425) neem metings op slegs een plek op elke hang. Hier word die hellingshoek gemeet oor 'n vyf meter interval asook die middel dimensie van 'n minimum van vyftig pundele wat onder die die interseksies van selgroottes van 0,5m binne 'n vierkant gevind is. Partikels groter as twee millimeter is gemeet met die behandeling van die fyner fraksie op dieselfde wyse as deur Abrahams en andere hier bo bespreek. Simanton en andere (1994) sluit fragmente groter as twee millimeter en Simanton en Toy (1994) sluit rotsfragmente van groter as 5mm in deursnee in in hul bepaling van die persentasie puinbedekking vir elke hangeenheid deur middel van punt-lyn bemonstering op 150mm transekte normaal tot die profiele. Grondmonsters van die boonste 50mm van die grondprofiel is geneem en in die laboratorium deur sif-analise ontleed vir persentasie (per gewig) fragmente groter as 5mm. Poesen en andere (1998, 327) meet tussen ses (6) en dertig hangsegmente met 'n klinometer en maatband op sewe hange in hulle studie in Spanje. Binne elk van die segmente word 'n verteenwoordigende "interril" gebied van ongeveer 100m² gekies en binne hierdie gebied neem hulle ortogonale skyfies van die grondoppervlak by ses ewekansig gekose plekke van ongeveer 0,5m². Die geprojekteerde skyfies word met die gebruik van 'n sentimeter skaal ontleed vir fragmente groter as 5mm en in verskillende klasgroottes geklassifiseer.

In ander hangstudies is daar hoofsaaklik op die meting van proses gekonsentreer. In hierdie gevalle is van die erosielyn metode gebruik gemaak. Kortliks kom hierdie metode daarop neer dat lyne parallel aan die kontoere gevef word. Enige fragmente wat op hierdie lyne voorkom, word ook gevef en kan dus gemeet word (Kirkby & Kirkby, 1974,

156; Williams, 1974, 420). Enige beweging van die geveerde partikels weg vanaf die erosielyste kan dan gemonitor word.

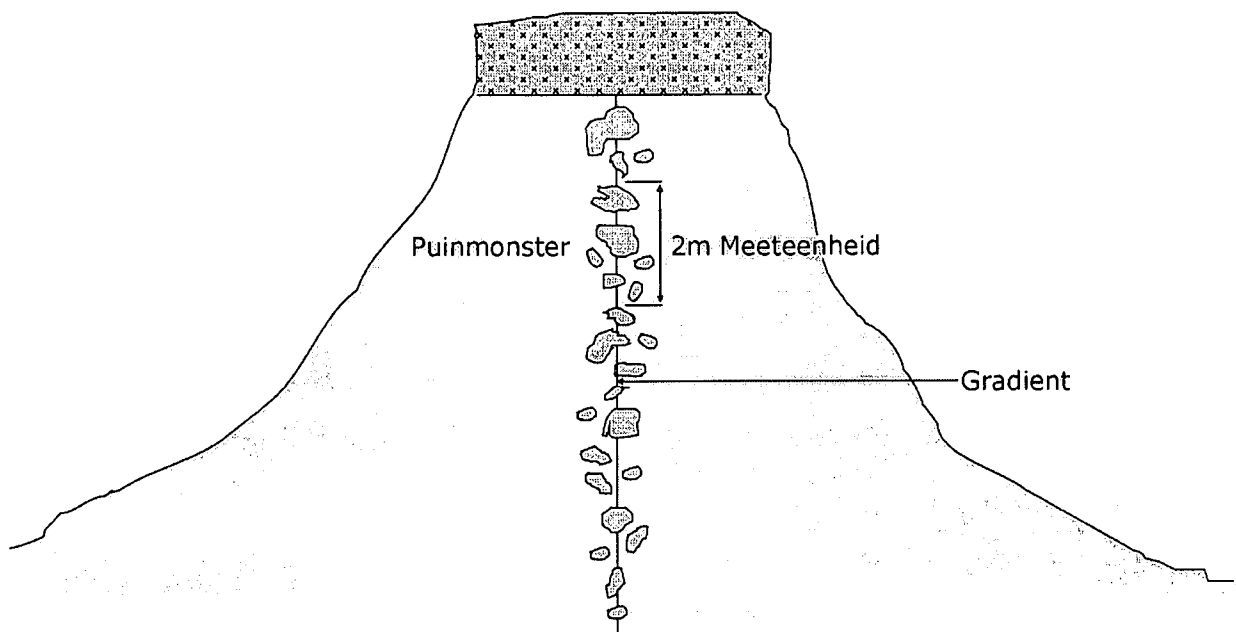
In hierdie projek is besluit om 'n lynmonster van die puin teen die ware helling van die hang te neem. Die bemonstering van die puin volg dus die profiellyn of maksimum gradiënt van die puinhang. Volgens Goudie (1981,31) is gradiënt die eerste derivaat (afgeleide) van die hoogtevlak ("altitude surface") en word die werking van gravitasie daardeur beïnvloed. In teenstelling met Melton (1965, 716) wat die gradiënt as 'n vertikale komponent en die bemonstering van die puin volgens 'n horisontale komponent meet (Figuur 2.3), word in hierdie studie beide gradiënt en puin as vertikale komponente gemeet (Figuur 2.4).



Figuur 2.3: Melton se metode van puinbemonstering

Die puin wat in die lynmonster ingesluit is, is dus verteenwoordigend van wat by 'n spesifieke meeteenheid op die helling voorkom en mag 'n aanduiding van die sortering wat deur gravitasie verkry word, wees.

Alle puin 30mm en groter, is in die lynmonster ingesluit. Dit het tot gevolg dat al die fragmente wat aan hierdie grootte voldoen en op 'n enkele profiellyn voorkom, gemeet is.



Figuur 2.4: Lynbemonstering (nie volgens skaal)

2.2 BEGRENSING VAN DIE PUINHANG

Dit word algemeen aanvaar dat die puinhang (of talushang) aan die voet van die vryhang begin (Fair, 1947 & 1948; King, 1957; Mabbut, 1977; Robinson, 1966; Young, 1972).

Die boonste grens van die puinhang word dus deur die vryhang bepaal.

Die onderste grens word egter gewoonlik slegs op grond van hellingshoek bepaal. Daar bestaan ook nie eenstemmigheid oor wat hierdie hoekwaarde moet wees nie. So stel Kirkby (1974, 156) die helling bokant die piedmontsone as 10° tot 20° . Vir Fair (1947, 109) is die minimum helling weer 19° . Oberlander (1972 & 1974) vind dat die pediment in sommige gevalle reeds teen 'n helling van 30° begin. In Abrahams e.a. (1985, 347) word "... the piedmont junctions and the debris slopes are together referred to as debris

slopes.” Parsons en Abrahams (1987, 425) stel die minimum helling vir hulle studie as 10° en aanvaar dat dit die grens tussen die puinhelling en die piedmontsone is. Allison en Goudie (1990) neem die laagste punt van elke profiel as daardie punt waar die pediment 10° oorskry. Poesen en andere (1998, 327) stel dat segmente tussen die voet van die hang en die steilste helling uitgesoek is. Hulle sê egter nie hoe die hangdele onderskei is nie.

Vir die doeleindes van hierdie projek is daar besluit om die onderste grens in terme van twee parameters, naamlik hellingshoek sowel as persentasie puinbedekking, vas te stel. Die pediment en die puinhang verskil ooglopend van mekaar ten opsigte van helling sowel as puinbedekking soos uit Figuur 2.5 blyk.

Figuur 2.5: Die opsigtelike verskil tussen die pediment en die puinhang. Die motor staan feitlik op die grens tussen die puinhang en die pediment

Hierdie twee faktore behoort dus in die vasstelling van die onderste grens van die puinhang in ag geneem te word. Sodoende is die onderste grens van die puinhang bepaal op grond van 'n lae hellingshoek ($\leq 5^\circ$) gekoppel aan 'n lae persentasie puinbedekking ($\leq 2\%$ puin $\geq 30\text{mm}$ deursnee). Die puinhang beslaan dus daardie deel van die hang wat oorwegend met growwe puin bedek is in teenstelling met die pediment wat met fyner sediment bedek is (Figuur 2.6).

Figuur 2.6: Die growwe puin van die puinhang vorm 'n skerp grens met die oorwegende fyner sediment van die pediment. Die pediment is op die voorgrond.

2.3 OPMETING

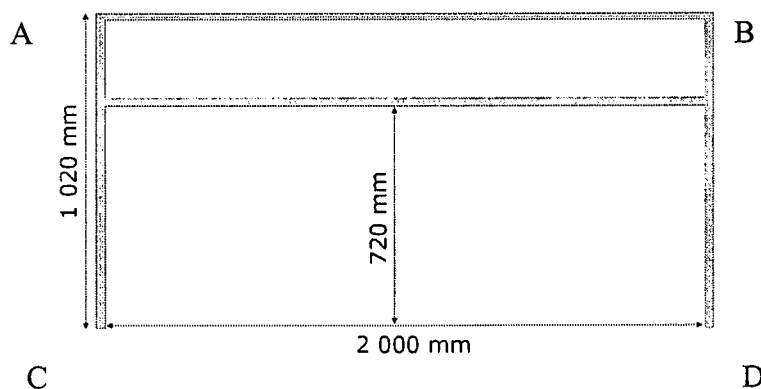
2.3.1 Helling

Die aspek (hellingsfrontrigting) van die geselekteerde profiel is met behulp van 'n

kompas bepaal. Hierna is die profiel van die hang met 'n profielmeter (Le Roux, 1980,9) en Abney-waterpas langs die ware helling (loodreg op die kontoere) gemeet.

Die profielmeter (Figuur 2.7) is van aluminium gemaak en beskik oor 'n grondvryhoogte van 720mm wat meting oor puin en mikroreliëf-kenmerke toelaat. Die lengte van die betrokke profielmeter is 2 000mm en voldoen aan die minimum vereistes vir die lengte van 'n meeteenheid soos deur Young (1972, 146) voorgestel. Volgens Goudie (1981,63) is die gebruik van kort meeteenhede tans die beste en slegs op baie lang en reëlmatige hange behoort meeteenhede langer as 5 000mm in lengte gebruik te word.

Die instrument werk op die beginsel dat die profiellyn CD parallel aan AB is. Die hoek wat die lyn AB vorm, word afgelees deur bloot 'n Abney-waterpas op AB te plaas en die lugborrel te sentreer.

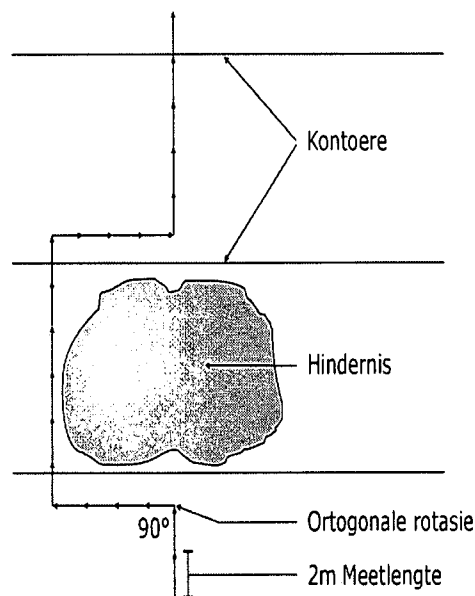


Figuur 2.7: Die profielmeter van Le Roux (1980,9)

Die hoek wat afgelees word verteenwoordig die hellingshoek tussen C en D omdat CD parallel aan AB is. Metingsfoute word tot 'n minimum beperk omdat dit nie nodig is om deur die instrument te peil nie. Die hellingshoek is tot die naaste 5 minute afgelees en aangeteken.

2.3.2 Hindernisse

Al die profiele is langs die ware helling van die hang gemeet. In die gevalle waar hindernisse soos bome en bosse voorgekom het, is die hindernis oorkom deur een of meer meeteenhede parallel aan die kontoere na die kant te meet. Deur die profielmeter sodanig te plaas dat die Abney-waterpas 'n 0° lesing aantoon, word verseker dat daar loodreg op die meetrigting en parallel aan die kontoere gemeet word. Hierna is weer loodreg op die kontoere helling af gemeet totdat die hindernis verbygesteek is waarna die rigting herstel is om ooreen te stem met die oorspronklike ware helling wat gemeet is (Figuur 2.8).

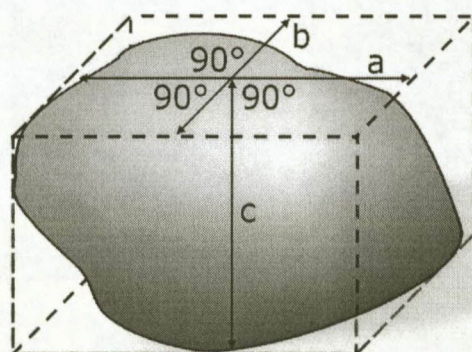


Figuur 2.8: Die wyse waarop 'n hindernis oorkom word (Le Roux,1980,12)

2.3.3 Meting van die puin op die lynmonster

Deur 'n maatband onder die profielmeter neer te lê, kon die persentasie lineêre puinbedekking gemeet word. Hierdie meting van die puin is presies vir die betrokke hellingshoek gemaak aangesien die maatband op posisie CD neergelê is (Figuur 2.7).

Al die puin 30mm en groter in deursnee wat aan die maatband geraak het, is gemerk en vorm deel van die lynmonster (Figuur 2.4). Drie dimensies van die puin is in elke geval gemeet. Dit is die grootste dimensie of lang-as van die rots (a-as) en reghoekig hierop die intermediêre- (b-as) en kleinste dimensie (c-as) soos in Figuur 2.9 aangetoon word.



Figuur 2.9: Meting van die puin

Indien enige puin gedeeltelik met sediment bedek is, is dit uitgegrawe en gemeet. Verder is aangeteken of die rotse een of meer lae diep begrawe is. Aangesien die bodemgesteente van die puinhang uit sedimentêre gesteentes van die Beaufortgroep bestaan, het daar sandsteenpuin in die omgewing van sandsteendagsome voorgekom. Hierdie sandsteenpuin is ook gemeet indien dit aan die maatband geraak het, maar is onderskei van die dolerietpuin. Die vorm van die sandsteenpuin was grootliks plat brokstukke m.a.w. beide die a- en b-asse is groter as die c-as. Geen moddersteen- en sliksteenpuin groter as 30mm deursnee is gevind nie. Dit kan waarskynlik daaraan toegeskryf word dat hierdie gesteentes relatief vinnig verbreek en verweer tot gruis, sand of klei wanneer dit aan die atmosfeer blootgestel word.

2.3.4 Meting van die naatblokke van die vryhang

Die nate wat in die doleriet van die vryhang voorkom, vorm blokke van verskillende

groottes (Fig. 2.10). Daar is gepoog om hierdie naatblokke te meet en kwantitatief vas te stel of daar 'n ooreenkoms met die grootte van die puin op die puinhang is.

Figuur 2.10: Naatblokke van verskillende groottes in die dolerietplaat wat die vryhang van Bulberg vorm. Die naatblokke strek in die vryhang in wat drie dimensionele meting daarvan verhinder.

Sover as moontlik is al drie dimensies van die naatblokke gemeet. Dit was egter soms

moeilik indien nie onmoontlik nie om sommige naatblokke te isoleer aangesien die blok in die vryhang (dekrots) in strek en die presiese begrensing van die rots nie moontlik was nie. Verder was dit moeilik om al die sekondêre nate wat in die doleriet vorm te onderskei. Dit het tot gevolg gehad dat meestal slegs die opvallende primêre naatblokke gemeet is.

2.4 VERWERKING VAN DIE DATA

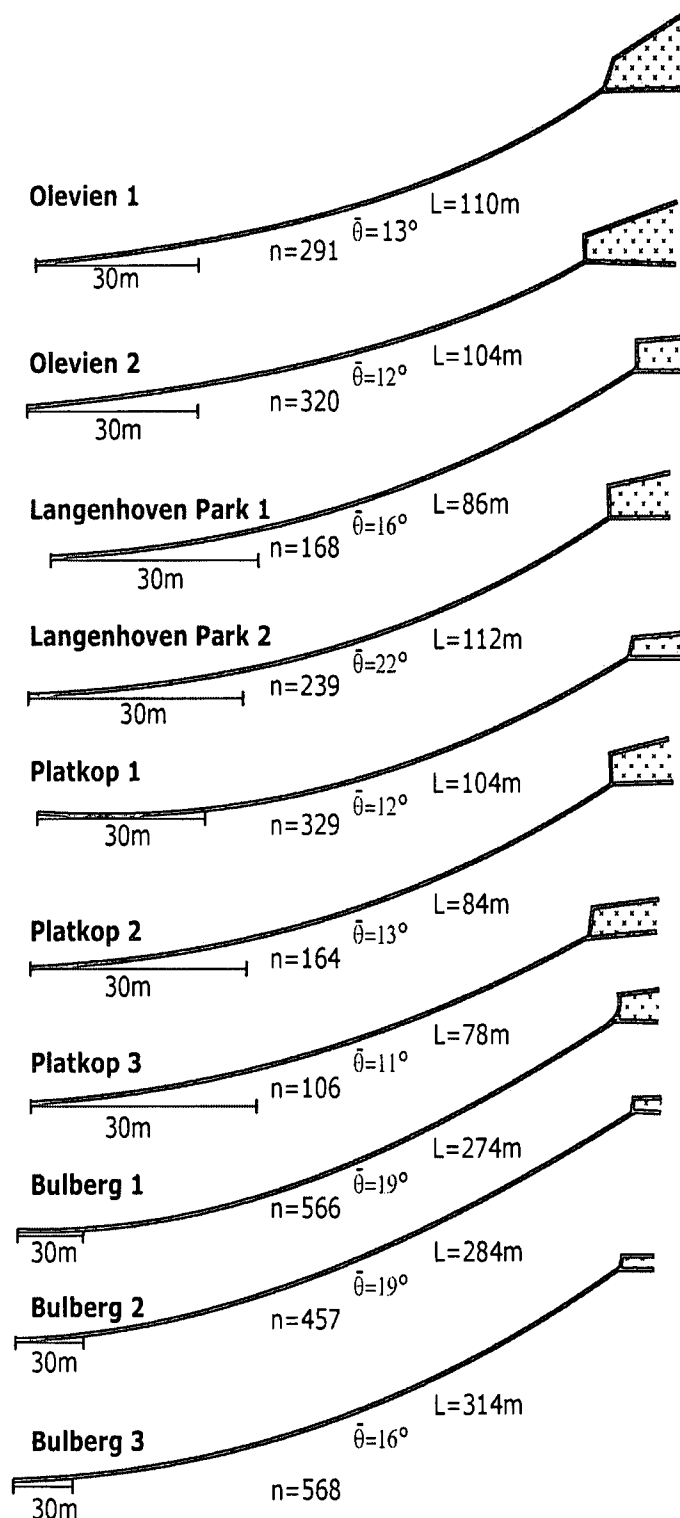
2.4.1 Stip van die profiele

Die hellingshoek wat in grade en minute in die veld gemeet is, is tot desimale herlei. Hierna is die profiele gestip deur kalkeer- papier oor grafiekpapier te plaas en die hoeke met 'n akkurate gradeboog af te merk. Die profiele is sonder vertikale oordrywing geteken. 'n Gerieflike skaal van 10mm vir 'n 2 000mm meeteenheid is gekies en die hoeke is tot die naaste halfgraad gestip. Figuur 2.11 is 'n skematiese voorstelling van die 10 profiele.

2.4.2 Kodering van die data

Die data is op Fortrankodeervorms oorgeskryf en by die ponsafdeling van die rekenaarsentrum van die U.O.V.S. ingehandig. Die data uitdrukke is noukeurig vir foute gekontroleer deur dit met die oorspronklike velddata te vergelyk. Sodoende is daar gepoog om die duplisering van foute uit te skakel en te verseker dat die data wat vir verwerking deur die rekenaar beskikbaar is, foutloos is.

Verder is daar van 'n persoonlike rekenaar (pc) gebruik gemaak vir woordverwerking, uitsetting en grafiese voorstelling van die data. Programme wat vir verwerking vir die data gebruik is, is: SPSS-X, Statistica, Harvard Graphics, Corel Word Perfect en Corel Draw.



Figuur 2.11: Skematiese voorstelling van die profile. Vryhanghoogtes is nie volgens skaal nie.

HOOFSTUK 3

HELLINGSHOEKFREKWENSIE

3.1 INLEIDING

In hierdie afdeling word die verspreiding van die hellingshoeke in die steekproef ondersoek. Young (1972:136) stel dat 'n basis van beskrywende data omtrent hellings in geomorfologie ontbreek en dat dit noodsaaklik is dat meer werk van 'n suiwer beskrywende aard beskikbaar gestel behoort te word. Aangesien hierdie gedeelte nie die fokus van die onderhawige studie vorm nie, gaan daar slegs aan die beskrywing van die gegewens aandag gegee word.

3.2 FREKWENSIEVERSPREIDING VAN HELLINGSHOEKE

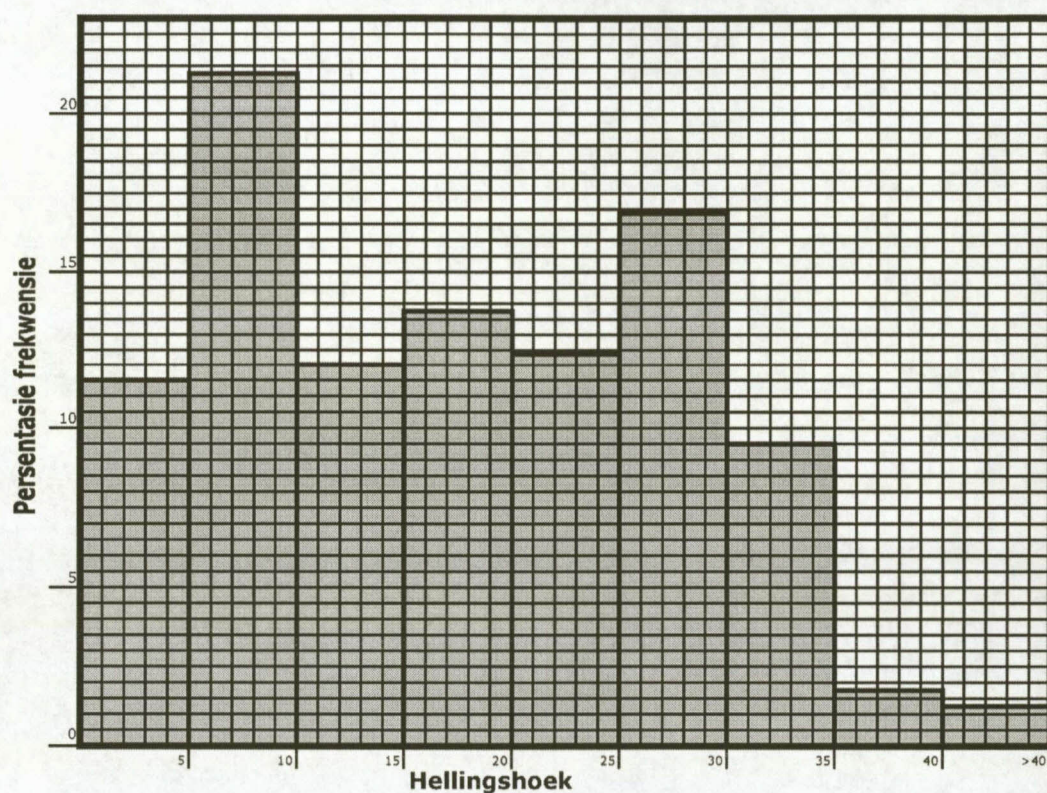
Die frekwensieverspreiding van die hellingshoeke soos oor elke twee meter meeteenheid gemeet, word in Figuur 3.1, 3.2 en 3.3 uitgebeeld. Figuur 3.1 en 3.2 toon die verspreiding van hellingshoeke vir lang en kort profiele aan. Die lang profiele is die drie profiele van Bulberg (Bulb 1, 2 en 3) gekombineerd en die kort profiele dui op die gekombineerde data van die oorblywende sewe profiele. Figuur 3.3 toon die samevoeging van die hellingshoeke van al die profiele in die steekproef aan.

Young (1972,163) gebruik die term "**kenmerkende hellingshoek**" vir daardie hoeke wat die meeste voorkom. Hierdie hoeke vertoon as modusse op 'n hellingshoekverspreidingsgrafiek. Daarenteen word na die klasinterval met die hoogste frekwensie as die "**primêre kenmerkende hellingshoek**" verwys.

3.3 RESULTATE

Figuur 3.1 toon dat die hellingshoekfrekwensieverspreiding bi-modaal is. Dit dui daarop dat die kenmerkende hellingshoeke vir die lang profile in die 5° tot 10° en

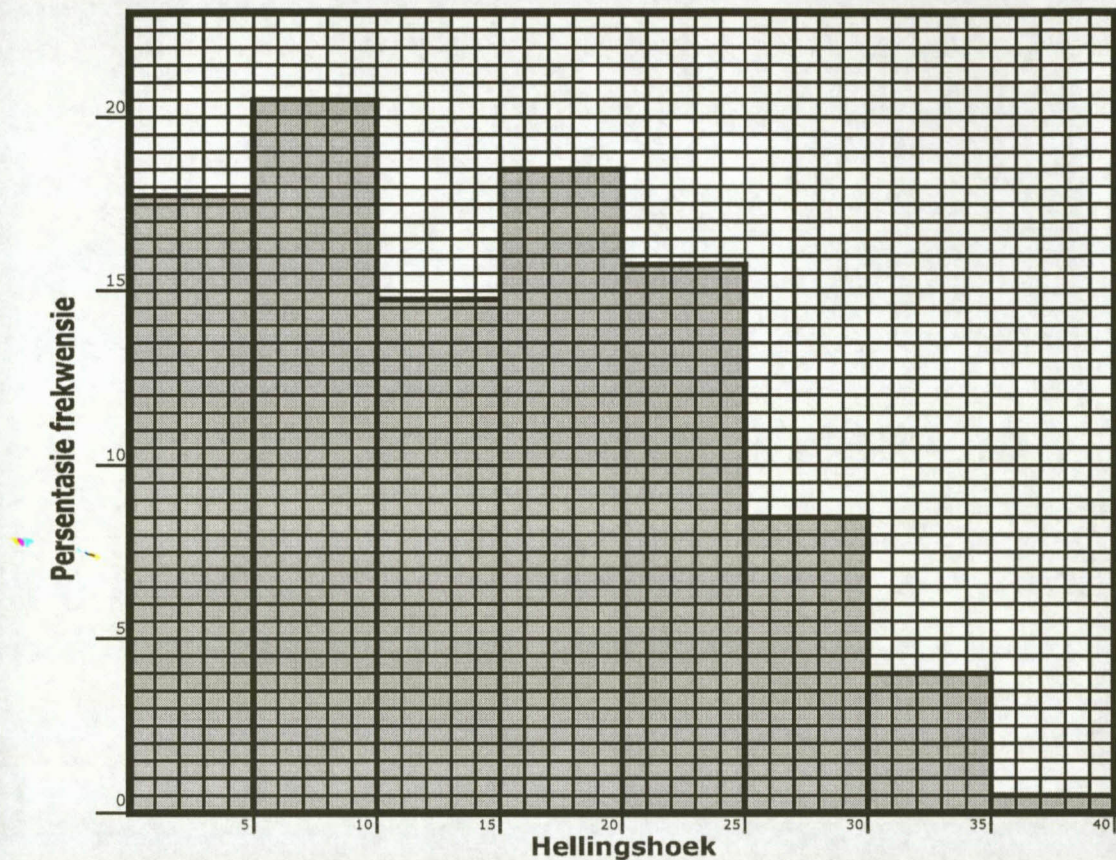
FIGUUR 3.1: Hellingshoekfrekwensieverspreiding vir lang profile



25° tot 30° klasintervalle lê. Die hellingshoek met die hoogste frekwensie en dus die primêre kenmerkende hellingshoek is in die 5° tot 10° klas.

Vir die kort profile is die hellingshoekverspreiding ook bi-modaal (Figuur 3.2). Die primêre kenmerkende hellingshoek val ook in die 5° tot 10° klasinterval met beide hierdie klasinterval en die 15° tot 20° klasinterval as kenmerkende hellingshoekintervalle.

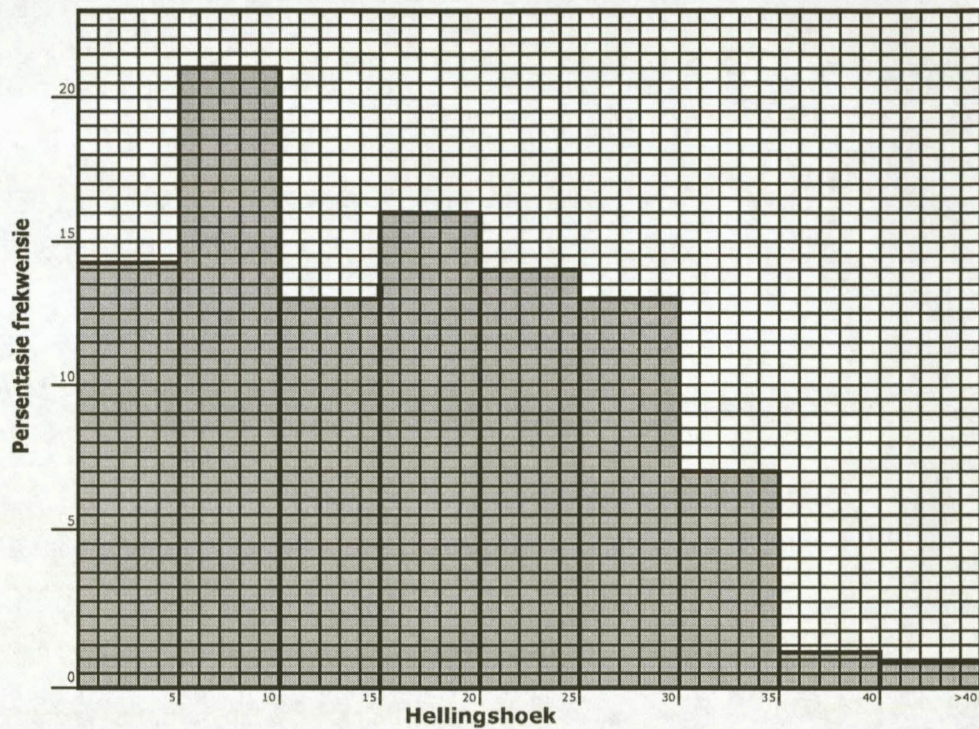
FIGUUR 3.2: Hellingshoekfrekwensieverspreiding vir kort profile



Die kenmerkende hellingshoeke vir al die profile gekombineerd (Figuur 3.3) val in die 5° tot 10° en 15° tot 20° klasintervalle met die 5° tot 10° klasinterval as die primêre kenmerkende hellingshoek.

Verder dui Figure 3.1, 3.2 en 3.3 daarop dat die hellingshoekfrekwensies nie normaal versprei is nie, maar skeef na regs is (positief skeef). Dit beteken dat lae hellingshoeke met 'n hoë frekwensie voorkom.

FIGUUR 3.3: Hellingshoekfrekwensieverspreiding vir die steekproefruimte - lang en kort profiele saamgevoeg



3.4 BESPREKING

Al drie die hellingshoekverspreidingsgrafieke is bi-modaal en skeef na regs. Die positief skewe aard van die verspreidings stem ooreen met Goudie (1981,34) sowel as Young (1972, 161) se bevindings. Volgens Young (1972,168) neig frekwensieverspreidings vir droë en half-droë gebiede om bi-modaal te wees terwyl dié van gematigde en reënwood gebiede tot 'n enkel-modale verspreiding neig. Hierdie studie is in 'n half-droë gebied gedoen en die bevindings is dus in ooreenstemming met dié van Young. Wat egter in gedagte gehou moet word, is dat die frekwensieverspreiding van die onderhawige studie slegs hellings van die puinhang insluit, terwyl dié waarna verwys word in die literatuur beide die vryhang en pediment insluit.

'n Interessante verskynsel is die verskil in die tweede piek vir die kenmerkende hellingshoek tussen kort en lang profiele. So toon Figuur 3.1 en 3.2 dat beide lang en kort profiele se primêre kenmerkende hellingshoek in die 5° tot 10° interval val. Daarenteen val die hoogste frekwensie vir hellingshoeke vir lang profiele (Fig. 3.1) in die 25° tot 30° interval teenoor die 15° tot 20° interval vir kort profiele (Fig. 3.2). 'n Moontlike verklaring hiervoor kan wees dat die lang profiele oor 'n dekrots beskik waarvan die meganiese sterkte van so 'n aard is dat dit hellings van hierdie aard kan ondersteun. Die sterkte van die dekrots is dus ook verantwoordelik daarvoor dat hierdie profiele sulke lang afmetings in lengte kan aanneem. Die kort profiele se dekrotse beslaan 'n kleiner oppervlakte en mag minder weerstandbiedend wees as gevolg van swakker meganiese sterkte waarskynlik te wyte aan chemiese en fisiese faktore. Hulle is dus nie in staat om so 'n groot persentasie hellings in die 25° tot 30° klasinterval te onderhou nie. Volgens die ergodiese beginsel kan daar dus geredeneer word dat:

- Die hellings in die 5° tot 10° klasinterval die mees stabiele hellings in die puinhellings vir die studiegebied is. Dit word gevolg deur hellings in die 15° tot 20° interval.
- Hellings bo 35° redelik onstabiel is en relatief gou deur platter hellings vervang word.

HOOFSTUK 4

PUINGROOTTE EN HELLINGSHOEK

4.1 INLEIDING

Die verwantskap tussen puingrootte en hellingshoek word in hierdie afdeling ondersoek. Uit die literatuur blyk dit dat hellingshoek deur sommige navorsers as afhanklik van puingrootte beskou word (Fair, 1947, 1948b; Kirkby, 1974; Young, 1972; Abrahams en andere, 1985; Parsons en Abrahams, 1987) terwyl ander weer die omgekeerde nl. puingrootte as afhanklik van hellingshoek beskou (Akagi, 1980, 139; Simanton en andere, 1994 en Simanton en Toy, 1994). Hierdie bevindings gaan met die versamelde data getoets word.

4.2 VERANDERLIKES VIR VERWERKING VAN DIE DATA

Die drie dimensies van die puin (kyk 2.3.3.) wat oor elke 2m meeteenheid bepaal is, is tot verskillende aanwysers van puingrootte verwerk. Die puindimensies is deurgaans in millimeter meeteenhede gemeet en die afgeleide dimensies ϕ en "volume" is dus daarop gebaseer. Hierdie aanwysers word in Tabel 4.1 getoon en sluit die volgende in:

Gemiddelde deursnee ($\bar{d}$): Die rekenkundige gemiddelde van die drie dimensies (in mm) $[(a + b + c)/3]$.

Phi-deursnee ($\phi\bar{d}$): Hierdie transformasie, $-\log_2$ van die deursnee in mm, is bereken omdat dit uiterste groot waardes onderbeklemtoon (Tabel 4.2) om sodoende 'n skewe verspreiding te normaliseer (Leeder, 1985).

Wat die transformasie na phi-waardes betref, is die volgende van belang: die phi-deursnee is vir die gemiddelde deursnee, $\bar{d}$, van elke partikel in 'n meeteenheid bereken. Soos blyk uit

Tabel 4.1: VERKLARING VAN DIE VERSKILLENDE SIMBOLE VIR DIE AANWYSERS VAN PUINGROOTTE SOOS IN DIE TEKS GEBRUIK.

Aanwyser	Simbool	Formule	Aanwyser	Simbool	Formule
Grootste dimensie	a		Gemiddelde grootste dim.	$\overline{a}$	$\Sigma a/n$
	b		Gemiddelde middel dim.	$\overline{b}$	$\Sigma b/n$
Middel dimensie			Gemiddelde kleinste dim.	$\overline{c}$	$\Sigma c/n$
Kleinste dimensie	c		Gemiddelde "Volume"	" $\overline{V}$ "	$\Sigma(a \times b \times c)/n$
"Volume"	" V "*	$a \times b \times c$	Rekenkundige gemiddelde van die gemiddelde deursnee	$\overline{D}$	$\frac{\Sigma(a+b+c)/3}{n}$
Gemiddelde deursnee	$\overline{d}$	$a + b + c/3$		$\Phi \overline{d}$ of $\phi \overline{d}$	$\frac{\Sigma \Phi \overline{d}}{n}$
phi-deursnee	$\phi \overline{d}$	$-\log_2 \left(\frac{a+b+c}{3} \right)$	Gemiddelde phi-deursnee		
	$\phi \overline{d} \neq \Phi \overline{D}$	$-\log_2 \overline{d}$			
<i>Grootste klip per meting</i>					
"Volume"	" V " _{maks} *				
Gemid. deursnee	$\overline{d}$ _{maks}				
phi-gemid. deursnee	$\phi \overline{d}$ _{maks}				
Grootste dim.	a _{maks}				
Middel dim.	b _{maks}				
Kleinste dim.	c _{maks}				

* Slegs beramings aangesien die vorms van dié van 'n kubus verskil. Geld vir alle aanwysers wat hierdie waardes gebruik.

Tabel 4.2: VERGELYKING VAN PHI-WAARDES ($-\text{LOG}_2$ deursnee in mm) MET GEMIDDELDE DEURSNEE ($a+b+c/3$).

DEURSNEE (mm)	PHI-DEURSNEE ($\phi\bar{d}$)	OPMERKINGS
30	-4,91	Klein puin
50	1ϕ -5,64	Om 'n verskil in ϕ -waarde van 1 teweg te bring, is die ooreenstemmende verskil in mm- waardes slegs 50mm
100		
150	-7,23	
200	1ϕ -7,64	Medium puin Om 'n verskil van 1 ϕ in hier- die groottekatgorie teweg te bring, is die ooreenstem- mende verkil 200mm
250		
300		
350		
400		
450	-8,81	
500	-9,97	
550	-9,10	
600	-9,23	
650	-9,35	
700	1ϕ -9,45	Groot puin Om 'n verskil van 1 ϕ in hierdie groottekatgorie teweg te bring, is die ooreenstemmende verskil 700mm
800		
900		
1 000		
1 100		
1 200		
1 300		
1 400		
1 500	-10,55	
1 600	-10,64	

Tabel 4.1 is $\bar{d} = (a + b + c)/3$ in mm en $\phi\bar{d}$ is dus $-\log_2 [(a + b + c)/3]$ van elke partikel. Die gemiddelde phi-deursnee, $\Phi\bar{d}$, is dus die rekenkundige gemiddelde van al die phi-deursneewaardes vir die betrokke meeteenheid $[(\sum \phi\bar{d})/n]$. Dit is dus nie gelyk aan die phi-deursnee van die rekenkundige gemiddelde van die gemiddelde deursnee waardes ($\bar{D}$) vir die meeteenheid nie. (m.a.w. gemiddelde ϕ -deursnee $\neq \phi$ -gemiddelde deursnee)

$$\Phi\bar{d} \neq \phi\bar{D}$$

(waar $\bar{D} = \frac{\sum(a + b + c)/3}{n}$ Volgens Tabel 4.1)

"Volume" ("V"): Hierdie aanwyser, $(a \times b \times c)$, dui nie volume in die ware betekenis van die woord aan nie omdat die puin nie reghoekige blokke of kubusse is nie. Die fragmente het eerder onreëlmatige vorms wat afwyk van die presiese dimensies van 'n reghoek of kubus. Waddell (1932, 444) stel dit so:

"It is, of course, understood that the true volume of a particle of cubic shape may be readily obtained when the length of its edge is known, but, since rock particles, in general, do not attain such regular shape, the example tends to show the erroneous impression of the volume of a particle when the mean diameter, as commonly defined, is used as an expression for "size.""

Die voorbeeld waarna verwys word, toon dat die metode van gemiddelde deursnee vir volume bepaling vir onreëlmatige voorwerpe waardes buite verband tot die werklike volume lewer.

Sommige puin is sferies of silindries van aard en dus benodig dit 'n ander formule vir ware volume bepaling. Daarom word volume hier in aanhalingstekens gebruik.

"Volume" ("V") is die produk van die drie dimensies ($a \times b \times c$).

Grootste puinbrokstuk per meeteenheid ($\bar{d}_{maks}$): Dit verteenwoordig die gemiddelde deursnee van die grootste fragment per meeteenheid.

Aangesien daar gewoonlik by elke meeteenheid 'n aantal puinfragmente voorkom, is 'n gemiddelde waarde per meeteenheid vir elk van die aanwysers van puingrootte bereken (die grootste klip per meeteenheid ($\bar{d}_{maks}$) uitgesluit). Hierdie gemiddelde waarde is dan met die hellingshoek van die betrokke meeteenheid vir die berekening van die korrelasies gebruik. In die teks sal daar van die simbole soos in Tabel 4.1 uiteengesit, gebruik gemaak word.

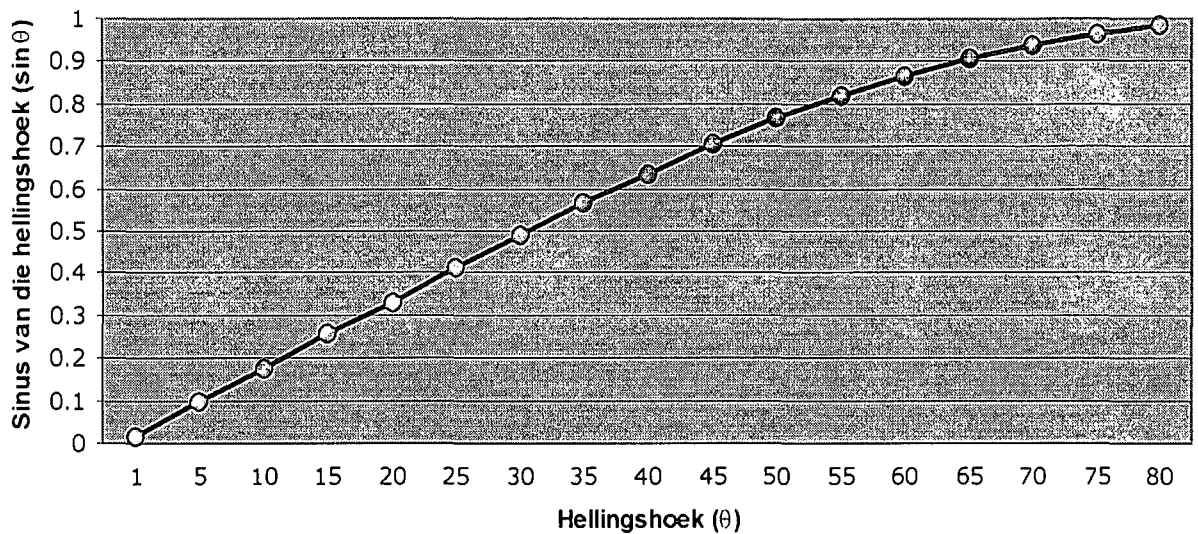
n Enkele dimensie (a en b)

Sommige navorsers het slegs een dimensie van die puin gemeet (Akagi, 1980, 140; Carson, 1969). Om vergelyking met ander studies moontlik te maak, word korrelasies met die grootste (a) of middel deursnee (b) ook getoon. Soos later sal blyk, is die belangrikste aanwysers van puingrootte daardie wat die afmetings van die puin so volledig moontlik betrek en wat dus al drie dimensies in berekening bring.

Hellingshoek

Dit blyk uit die literatuur dat sommige navorsers, bv. Kirkby & Kirkby (1974, 169) en Allison en Goudie (1990, 136) die sinus van die hellingshoek in plaas van hellingshoek as sodanig in grade gebruik. Die sinus van die hellingshoek beklemtoon lae hoekwaardes soos die grafiek (Figuur 4.1) aandui. Sodoende is die verskil in sinuswaarde tussen 'n hoek van 5° (0,09) en 15° (0,26) gelyk aan 0,17. Dieselfde 10° verskil tussen 'n hoek van 55° (0,82) en 65° (0,91) lewer 'n verskil van 0,09. Daar is dus min verskil in sinuswaardes by 'n hoë helling terwyl die verskil by lae hellings heelwat groter is. Die transformasie na sinus van

FIGUUR 4.1: Grafiese voorstelling van die verwantskap tussen hellingshoek in grade (θ) en sinus van die hellingshoek ($\sin \theta$)



die hellingshoek neig om variasie in die onafhanklike veranderlike te verminder en dus is dit vir hierdie studie bereken. Die berekening van hierdie waarde maak verder ook vergelyking met ander studies moontlik.

Daar is ook 'n kumulatiewe gemiddelde vir die hellingshoeke bereken. Die rede hiervoor is dat die posisie van 'n rots moontlik afhang van die hellingshoek wat dit voorafgegaan het. Hierdie kumulatiewe waarde is dus die rekenkundige gemiddelde van die hellingshoeke van al die meeteenhede tot op daardie punt. Sodoende is die finale kumulatiewe waarde van die meeteenheid aan die voet van die puinhang die gemiddelde hellingshoek van die hele profiel.

$$\text{Kumulatiewe hellingshoek} = (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \dots + \theta_n)/n$$

waar $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_n$ die hellingshoek vir meeteenheid 1, meeteenheid 2, meeteenheid 3, meeteenheid n is en n die totale aantal meeteenhede tot by meeteenheid n is.

'n Ander uitdrukking vir die finale waarde van kumulatiewe hellingshoek simbolies gestel is dus:

$$\bar{\theta} = \sum \theta / n$$

'n Verdere voordeel van die berekening van die kumulatiewe hellingshoek is dat dit die variasie wat in die meting van die hellingshoeke mag bestaan, grootliks verminder.

Vir die berekening van die enkelvoudige korrelasies is hellingshoek en die transformasies daarvan nl. die sinus van die hellingshoek en kumulatiewe hellingshoek as onafhanklike veranderlikes geneem. Die afhanklike veranderlikes is die aanwysers van puingrootte.

Die berekeninge is deur 'n rekenaar met SPSS-X programme uitgevoer.

4.3 DIE RUIMTELIKE VERSPREIDING VAN DIE KORRELASIES

Soos sal blyk uit die resultate bestaan daar 'n ruimtelike verspreiding in die waardes van die korrelasies. Elke profiel toon 'n korrelasie wat verskil van die ander profiele. Carson (1969) omseil hierdie probleem deur 'n "gemiddelde" korrelasie koëffisiënt vir sy studiegebied te bereken. Hy bereken die "gemiddelde" korrelasie as:

$$\bar{r} = \sum |r| / n$$

waar $|r|$ die absolute waarde van die korrelasie vir 'n profiel
en n die aantal profiele is

Indien daar dus 'n enkele waarde per veranderlike bereken word, kan die algemene tendens

van die korrelasies vir die betrokke veranderlike vir die studiegebied verkry word.

Afhangende van die aanname van homogeniteit van die steekproewe bestaan daar verskillende metodes vir die berekening van 'n enkele waarde vir die korrelasies (pers. komm. Dr. J.M. van Zijl, Wiskundige Statistiek, U.O.V.S.). Indien teoreties al die moontlike steekproewe uit 'n populasie getrek word en korrelasies word vir elkeen bereken, volg die waardes van hierdie korrelasies 'n verspreiding wat tussen -1 en +1 lê. Hierdie verspreiding beskik oor 'n gemiddelde, variansie, ensovoorts. Die steekproewe is dan ook homogeen want elkeen kom uit dieselfde populasie.

Die probleem waarvoor 'n navorser met 'n projek soos hierdie te staan kom, is in welke mate die steekproef korrelasie 'n akkurate beramer van die populasie korrelasie is. Een wyse waarop die betroubaarheid van die steekproef korrelasie verhoog word is deur die steekproefgrootte. Hoe groter die steekproef hoe beter is die waarskynlikheid dat die korrelasie tot die populasie veralgemeen kan word. Die aantal metings waaruit die steekproewe vir elke profiel vir 'n 2m meeteenheid bestaan wissel van $n = 39$ (vir die kleinste steekproef) tot $n = 157$ (vir die grootste steekproef). Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) behalwe waar anders aangetoon in die tabelle (Tabelle 4.3, 4.5 en 4.6).

Die aanname wat dus vir hierdie ondersoek geld is dat die tien profiele steekproewe uit dieselfde populasie is. Die volgende redes mag hierdie aanname regverdig:

* Die profiele kom in 'n gebied met homogene eienskappe ten op sigte van klimaat en materiaal (gesteente) voor.

* Die heuwels waarteen die profiele gemeet is, beskik oor vergelykbare kenmerke. Almal het 'n dolerietdekrots en vryhang met 'n puinhang wat deur Beaufortgesteentes onderlê word. Die puin op die hang is hoofsaaklik dolerietbrokstukke wat van die vryhang afkomstig is.

Indien die tien profiele steekproewe uit 'n homogene populasie is, mag almal bymekaar gevoeg word en 'n enkele korrelasie bereken word. Hierdie korrelasie is veralgemeenbaar tot die populasie. Andersins kan die rekenkundige gemiddelde van die 10 korrelasies bereken word:

$$\bar{r} = \sum r/n$$

waar r die korrelasiekoëffisiënt per profiel is en
 n die aantal profiele

'n Derde metode is die berekening van 'n geweegde gemiddelde korrelasie. Hierdie metode neem die grootte van die onderskeie steekproewe in ag. Dit word deur die volgende formule bereken:

$$\bar{r}_n = \frac{r_1 n_1 + r_2 n_2 + \dots + r_n n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n}$$

waar r_n = die geweegde gemiddelde korrelasie
 r_1 = die korrelasie van steekproef 1
 n_1 = die steekproefgrootte van steekproef 1

Beide die gemiddelde en geweegde gemiddelde korrelasies is slegs op die studieruimte van toepassing.

Die drie metodes hierbo bespreek lei tot waardes wat grootliks ooreenstem en word by elke tabel aangetoon. Die metode wat Carson (1969) gebruik deur slegs die absolute waarde van die korrelasies in ag te neem, sal nie vir hierdie projek geld nie aangesien die teken van die korrelasie 'n belangrike aanduiding van die verspreiding van die puin is. 'n Korrelasie van

$r = 0,8$ kan hier, vanselfsprekend, nie gelyk gestel word aan een van $r = - 0,8$ nie. In eersgenoemde toon die puin 'n afname in grootte wat positief kovarieer met 'n afname in bv. hellingshoek terwyl in laasgenoemde die puin in grootte toeneem soos die hellingshoek afneem. Hierdie verskil hou vir die doeleindes van hierdie studie belangrike implikasies in.

Soos later sal blyk, speel die naatspasiëring van die vryhang 'n belangrike rol in die bepaling van die oorspronklike grootte van die puin. Die naatspasiëring hang moontlik van die dikte asook die mineralogiese samestelling van die dekrots en tyd af. Aangesien elke heuwel in die studieruimte waarskynlik deur verskillende (maar tyd- en mineralogies verwante) dolerietplate oorkê word, mag dit aangevoer word dat die profiele nie as homogene steekproewe beskou mag word nie. Ten einde verwerking en analise van die data moontlik te maak, word daar egter, soos reeds verduidelik, aangeneem dat die tien profiele uit dieselfde populasie kom.

4.4 RESULTATE

Drie profiele is teen Bulberg opgemeet naamlik Bulberg 1, 2 en 3. Teen die heuwel in Langenhovenpark is twee profiele opgemeet naamlik Langenhovenpark 1 en 2. Teen Olevien is twee profiele opgemeet naamlik Olevien 1 en 2; en teen Platkop is drie profiele gemeet naamlik Platkop 1, 2 en 3 (par. 2.1.2). Daar sal met die volgende afkortings na die profiele verder verwys word:

Bulb 1, 2 en 3; Lang 1 en 2; Olev 1 en 2; Plat 1, 2 en 3.

In Tabel 4.3 is hellingshoek as onafhanklike veranderlike beskou en met die aanwysers van puingrootte gekorreleer. Vervolgens word die korrelasies met elk van die aanwysers afsonderlik beskryf waarna 'n bespreking van die resultate volg. Die beduidendheidsvlak vir die korrelasies word ten alle tye getoon. Indien 'n korrelasie nie beduidend is nie word dit met die afkorting n.b. aangedui.

4.4.1 Hellingshoek as onafhanklike veranderlike vir 2m meeteenhede

4.4.1.1 Afhanklike veranderlike: *Die rekenkundige gemiddelde van die gemiddelde deursnee in mm ($\bar{D}$):*

Waar $\bar{D} = \sum(a+b+c)/3$

Volgens Tabel 4.3 is die korrelasies (r) kleiner as 0,4 ($0,26 \leq r \leq 0,36$) in die geval van 6 profiele (Bulb 1,2,3; Olev 1; Plat 1,2) terwyl dit feitlik nul ($r = -0,01$) vir Lang 2 is. Hierdie korrelasies is beduidend behalwe vir Lang 2 en Plat 1 ($p > 0,05$).

Die korrelasies is groter as 0,5 ($0,52 \leq r \leq 0,59$) vir drie profiele (Lang 1; Olev 2; Plat 3) en beduidend ($p \leq 0,05$). Dit beteken dat hellingshoek ten beste minder as 35% (r^2 van Lang 1) van die totale variansie in puingrootte vir hierdie aanwyser verklaar. In die meeste gevalle is dit minder as 13%.

Tabel 4.3 toon dat die drie metodes vir die bepaling van 'n gemiddelde korrelasie (onder par. 4.3 bespreek) grootliks ooreenstem. Volgens die grootste waarde ($\bar{r} = 0,35$) verklaar hellingshoek ($\bar{r}^2$) slegs 12% van die totale variansie in puingrootte vir al die profiele. Die saamvoeging van die data van al 10 profiele en die korrelasie sodoende bereken ($r = 0,33$) lei tot 'n statisties beduidende waarde ($p \leq 0,05$). Hierdie korrelasie mag dus tot die populasie veralgemeen word.

4.4.1.2 Afhanklike veranderlike: *Gemiddelde phi-deursnee ($\Phi\bar{d}$):*

Waar $\Phi\bar{d} = \sum\phi\bar{d}/n$

Die rigting van die korrelasies vir hierdie aanwyser van puingrootte is negatief, met ander woorde, hoe laer die hellingshoek hoe groter is $\Phi\bar{d}$. Dit beteken dat daar 'n afnemende

Tabel 4.3: ENKELVOUDIGE KORRELASIES VIR 2m MEETENHEDE MET HELLINGSHOEK EN DIE AANWYSERS VAN PUINGROOTTE AS VERANDERLIKES.
(Die totale aantal meeteenhede per profiel word as die n-waarde getoon. Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) behalwe waar aangetoon as nie beduidend (n.b.).)

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

PROFIEL	GROOTSTE DIMENSIE	MIDDEL DIMENSIE	"VOLUME"	GEMIDDELDE DEURSNEE	PHI-DEURSNEE	GROOTSTE ROTS
	$\bar{a}$	$\bar{b}$	" $\bar{V}$ "	$\bar{D}$	$\Phi \bar{d}$	$\bar{d}_{maks}$
Bulb 1 n = 142	0,33	0,28	0,17	0,29	-0,29	0,47
Bulb 2 n = 157	0,30	0,25	0,14n.b.	0,26	-0,22	0,42
Bulb 3 n = 137	0,35	0,27	0,30	0,32	-0,23	0,44
Lang 1 n = 43	0,60	0,63	0,58	0,59	-0,50	0,66
Lang 2 n = 56	0,08n.b.	-0,04n.b.	-0,07n.b.	-0,01n.b.	-0,34	0,28
Olev 1 n = 55	0,42	0,32	0,30	0,36	-0,33	0,62
Olev 2 n = 52	0,59	0,54	0,58	0,57	-0,48	0,70
Plat 1 n = 52	0,34	0,29	-0,11n.b.	0,27n.b.	-0,44	0,05n.b.
Plat 2 n = 42	0,34	0,33	0,26n.b.	0,34	-0,38	0,33
Plat 3 n = 39	0,55	0,53	0,54	0,52	-0,50	0,70
Gemiddelde korrelasie: tien profiele saamgevoeg	0,37	0,31	0,20	0,33	-0,33	0,46
Geweegde gemiddelde korrelasie	0,36	0,30	0,23	0,32	-0,32	0,45
Rekenkundige gemiddelde korrelasie ($\bar{x}$)	0,39	0,34	0,27	0,35	-0,37	0,47

neiging in die gemiddelde deursnee in mm van die puin na die voet van die hang bestaan. Al die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$).

Volgens die waardes van die korrelasies ($-0,22 \leq r \leq -0,5$) verklaar hellingshoek ten beste 25% (r^2 Plat 3) van die totale variansie in puingrootte vir hierdie aanwyser. Vir ses profiele (Bulb 1,2,3; Lang 2; Olev 1; Plat 2,3) is $r < 0,4$ en dus verklaar hellingshoek vir die grootste deel van die steekproef minder as 15% van die totale variansie in puingrootte.

Die saamvoeging van die data van al 10 profiele lei tot 'n statisties beduidende ($p \leq 0,05$) korrelasie van $r = -0,33$ wat tot die populasie veralgemeenbaar is. Hiervolgens verklaar hellingshoek minder as 11% van die totale variansie in puingrootte.

4.4.1.3 Afhanklike veranderlike: Die rekenkundige gemiddelde van "volume" (" $\bar{V}$ ")

Waar " $\bar{V}$ " = $\Sigma(axbxc)/n$

Die korrelasies (r) is 0,3 en kleiner vir vyf profiele (Bulb 1,2,3; Olev 1; Plat 2). Dit is groter as 0,5 ($0,54 \leq r \leq 0,58$) vir drie profiele (Lang 1; Olev 2; Plat 3) en vir twee profiele (Lang 2; Plat 1) is die korrelasies negatief. Vir laasgenoemde twee profiele sowel as vir Bulb 2 en Plat

2 is die korrelasies nie beduidend nie ($p > 0,05$). Vir die res is die korrelasies statisties beduidend ($p \leq 0,05$).

Op grond van die individuele korrelasies verklaar hellingshoek ten opsigte van volume ten beste 34% (r^2 Lang 1, Olev 2) en vir die grootste deel van die steekproef 9% en minder van die totale variansie in puingrootte.

Die drie metodes vir die berekening van 'n gemiddelde korrelasie lei tot waardes wat grootliks ooreenstem. Die hoogste waarde is vir die gemiddelde korrelasie ($\bar{r} = 0,27$). Die

korrelasie vir die 10 hellings saamgevoeg is $r = 0,2$. Hierdie waarde is beduidend ($p \leq 0,05$) en mag dus tot die populasie veralgemeen word. Die bepaaldheidskoëffisiënt ($r^2 = 0,04$) dui daarop dat hellingshoek volgens hierdie aanwyser slegs 4% van die totale variansie in puingrootte verklaar.

4.4.1.4 Afhanklike veranderlike: Die grootste rots per meeteenheid ($\bar{d}_{\text{maks}}$)

Die korrelasies (r) is groter as 0,42 en beduidend vir sewe van die profiele (Bulb 1,2,3, Lang 1, Ol 1,2, Plat 3). Hiervan is vier korrelasies bo 0,62 ($0,62 \leq r \leq 0,7$). Dit sluit in Lang 1, Olev 1 en 2 en Plat 3. Vir Lang 2 en Plat 2 is die korrelasies onderskeidelik 0,28 en 0,33 terwyl dit vir Plat 1 feitlik nul is ($r = 0,05$) en nie beduidend nie.

Op grond van die individuele korrelasies verklaar hellingshoek ten minste 8% (r^2 Lang 2) en ten beste 49% (r^2 Plat 2) van die variansie in puingrootte. Dit sluit dan die korrelasie van Plat 1 uit.

Die drie metodes vir die bepaling van 'n gemiddelde korrelasie se waardes stem hoofsaaklik ooreen. Die korrelasie vir die 10 profiele saamgevoeg ($r = 0,46$) is beduidend ($p \leq 0,05$) en dus tot die populasie veralgemeenbaar. Hiervolgens verklaar (r^2) hellingshoek 21% van die totale variansie in puingrootte.

Die keuse van die grootste rots per meeteenheid as aanwyser van puingrootte lewer die hoogste korrelasie met hellingshoek.

4.4.1.5 Afhanklike veranderlike: 'n Enkele dimensie van die puin ($\bar{a}$ en $\bar{b}$):

Die korrelasies vir die grootste dimensie ($\bar{a}$) is oor die algemeen effens hoër as vir die ander aanwysers van puingrootte met uitsondering van die grootste rots per meeteenheid ($\bar{d}_{\text{maks}}$).

Die grootste waarde vir die bepaling van 'n gemiddelde korrelasie is $\bar{r} = 0,39$.

Die korrelasies vir die middel dimensie ($\bar{b}$) stem hoofsaaklik ooreen met dié van die ander aanwysers van puingrootte ($\bar{d}_{\text{maks}}$ uitgesonder). Die hoogste waarde vir die gemiddelde korrelasies is $\bar{r} = 0,34$.

Die algemene tendens van hierdie korrelasies stem ooreen met wat onder $\bar{d}$ in paragraaf 4.4.1.1 bespreek is. Geen verdere bespreking sal dus aan hierdie twee aanwysers van puingrootte gewy word nie.

4.4.2 Onderlinge vergelyking van die korrelasiewaardes

Gemiddelde deursnee in mm ($\bar{D}$) en phi-deursnee ($\Phi\bar{d}$)

In die geval van Platkop 1 en Langenhovenpark 2 (asook tot 'n geringer mate vir Platkop 2) is die korrelasie met $\Phi\bar{d}$ hoër as vir $\bar{D}$. Hierdie profiele word gekenmerk deur groot rotse (groter as 700mm gemiddelde deursnee ($\bar{d}$)) aan die voet van die puinhange. Hierdie rotse kan as uitskieters, soos in Hoofstuk 5 volledig gedefinieer en bespreek word, beskou word. Die uitskieters verlaag die betekenisvolheid sowel as die beduidendheid van die korrelasies met $\bar{D}$ ($r_{\bar{D}} = -0,01$ n.b.). Deur die gemiddelde deursnee in mm ($\bar{d}$) na phi-deursnee te transformeer word die operasionele waardes van die uitskieters sodanig verklein dat die korrelasies vir hierdie profiele verhoog. Sodoende verhoog die transformasie die korrelasie na $r = -0,44$ ($\Phi\bar{d}$) vir Platkop 1 waar dit aanvanklik $r = 0,27$ n.b. vir $\bar{D}$ was. Vir Langenhovenpark 2 verhoog die transformasie die korrelasie na $r = -0,34$ ($\Phi\bar{d}$) teenoor $r = -0,01$ n.b. vir $\bar{D}$.

Die nadeel wat die phi-transformasie vir hierdie studie inhou is die beklemtoning van fyner puin (Tabel 4.2). Dit het tot gevolg dat die invloed van kleiner puin by hoë hellingshoeke

beklemtoon word terwyl die groot stukke puin daar onderbeklemtoon word. Die gevolg is 'n algemene verlaging in die korrelasies van hierdie aanwyser in vergelyking met dié vir die gemiddelde deursnee ($\bar{D}$) vir die individuele profiele.

"Volume" ($\bar{V}$)

Soos hierbo aangetoon, word Lang 2 en Plat 1 deur groot rotse ($\bar{d} \geq 700\text{mm}$) aan die voet van die puinhange gekenmerk. Die negatiewe korrelasies vir hierdie profiele wat op 'n toename in puingrootte met 'n afname in hellingshoek dui, toon dat die produk van die drie dimensies van die puin in mm hierdie uiterste waardes oorbeklemtoon. Die uitskieters word sodanig oorbeklemtoon dat slegs 'n klein aantal die algemene afnemende neiging van die puingrootte kan omkeer.

Indien die berekening van die volume van die puin egter in meters i.p.v. millimeters geskied, sal die uitskieters nie tot dieselfde mate oorbeklemtoon word nie. Die volgende dien as 'n illustrasie hiervan:

Gestel 'n rots beskik oor die volgende afmetings:

	Dimensies			Produk
	a	b	c	
millimeters	2 000	1 000	500	1 000 000 000 mm ³
meters	2,0	1,0	0,5	1,0 m ³

Die oorbeklemtoning van 'n rots met hierdie grootte, wanneer in millimeters gemeet word, en op grond van die produk-effek, is duidelik.

Aan die anderkant toon Lang 1, Olev 2 en Plat 3 korrelasies wat min of meer ooreenstem met

dié van die aanwysers tot dusver bespreek. Op hierdie profiele kom daar relatief groot puin hoog op teen die hange voor. Die produkeffek beklemtoon hierdie puin en lei tot die relatiewe goeie korrelasies vir hierdie profiele ($0,54 \leq r \leq 0,58$).

Die korrelasies met volume is oor die algemeen laer as vir al die ander aanwysers van puingrootte as gevolg van die produk-effek van die uitskieters. Op grond hiervan dui 'n relatiewe hoë korrelasie vir hierdie aanwyser op relatief goed gesorteerde puin op 'n hang want dit sal groot rotse by hoë hellingshoeke beklemtoon.

Die grootste klip per meting ($\bar{d}_{maks}$)

Die grootste korrelasies word gevind waar 'n enkele waarneming per meeteenheid uitgesonder word soos in die geval van die grootste klip per meeteenheid. Gewoonlik kom daar puin van verskillende groottes binne 'n meeteenheid voor. Hierdie variasie beïnvloed enige gemiddelde waarde wat vir 'n meeteenheid bereken word. Deur slegs die maksimum waarde van die variasiebreedte te gebruik, word hierdie variasie uitgeskakel met 'n gepaardgaande verbetering in kovariasie met die onafhanklike veranderlike.

Die uitsonderings hier is Plat 1 ($r = 0,05$) en Plat 2 ($r = 0,33$). In die geval van Plat 2 verlaag die korrelasie baie gering in vergelyking met $\bar{D}$ ($r = 0,34$). Die rede vir die verlaging in korrelasies met hierdie aanwyser vir die genoemde twee profiele is dat die grootste partikel per meeteenheid in hierdie gevalle feitlik dieselfde afmetings behou van bo tot onder op die hang. Daar is dus min variasie in die grootte van hierdie partikel soos in die voorbeeld in Tabel 4.4 geïllustreer word.

Hieruit is dit duidelik dat die korrelasie vir θ met $\bar{D}$ groter sal wees as vir $\bar{d}_{maks}$. Voeg hierby die voorkoms van uitskieters aan die voet van die hang soos vroeër genoem en dit verklaar die lae korrelasie ($r = 0,05$) vir Plat 1. 'n Lae korrelasie met hierdie aanwyser dui dus op die swak sortering van growwe puin op die hange.

Tabel 4.4: Illustrasie van die effek wat min variasie in die grootte van die grootste rots op die korrelasies het.

HELLINGSHOEK	PUIN ($\bar{d}$) in mm			n	$\bar{D}$ in mm	$\bar{d}$ maks
θ	a	b	c			
30°	100	90	50	3	80	100
20°	100	80	50	3	77	100
10°	100	80	40	3	73	100
5°	100	80	30	3	70	100

4.4.3 Sinus van die hellingshoek as onafhanklike veranderlike vir 2m meeteenhede

Die korrelasies vir die transformasie na sinus van die hellingshoek (Tabel 4.5) lei oor die algemeen tot 'n geringe verlaging in die waarde van die korrelasies in vergelyking met dié van hellingshoek in grade (Tabel 4.3). Behalwe dat die waardes van die korrelasies effens kleiner is, volg dit dieselfde patroon as vir hellingshoek vroeër in par. 4.4.1 beskryf en geld dieselfde bespreking vir die aanwysers van puingrootte dus ook hier.

Die sinus van die hellingshoek beklemtoon lae hoekwaardes soos die grafiek (Figuur 4.1) aandui. Die rede waarom die korrelasies voor en na die transformasie dieselfde patroon volg, is omdat die verwantskap tussen hellingshoek in grade en die sinus van die hellingshoek omtrent lineêr is tot by 30° (Figuur 4.1). Verder is die hoekeenhede van die puinhange selde groter as 30° soos in Hoofstuk 3 bespreek is.

4.4.4 Kumulatiewe hellingshoek as onafhanklike veranderlike vir 2m meeteenhede

Die kumulatiewe hellingshoek toon 'n reëlmatige afname in hoek van bo tot onder op die hang

Tabel 4.5: ENKELVOUDIGE KORRELASIES VIR 2m MEETENHEDE MET DIE SINUS VAN HELLINGSHOEK ($\sin\theta$) EN DIE AANWYSERS VAN PUINGROOTTE AS VERANDERLIKES.
(Die totale aantal meeteenhede per profiel word as die n-waarde getoon. Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) behalwe waar aangetoon as nie beduidend (n.b.).)

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

PROFIEL	GROOTSTE DIMENSIE	MIDDEL DIMENSIE	"VOLUME"	GEMIDDELDE DEURSNEE	PHI-DEURSNEE	GROOTSTE ROTS
	$\bar{a}$	$\bar{b}$	" $\bar{V}$ "	$\bar{D}$	$\Phi \bar{d}$	$\bar{d}_{maks}$
Bulb 1 n = 142	0,24	0,21	0,11n.b.	0,22	-0,23	0,41
Bulb 2 n = 157	0,28	0,24	0,10n.b.	0,24	-0,21	0,37
Bulb 3 n = 137	0,33	0,23	0,22	0,28	-0,20	0,39
Lang 1 n = 43	0,48	0,50	0,43	0,46	-0,42	0,54
Lang 2 n = 56	-0,01n.b.	-0,11n.b.	-0,15	-0,08n.b.	-0,32	0,19n.b.
Olev 1 n = 55	0,30	0,22n.b.	0,17n.b.	0,26n.b.	-0,24n.b.	0,48
Olev 2 n = 52	0,57	0,52	0,55	0,55	-0,45	0,68
Plat 1 n = 52	0,27	0,24n.b.	0,12n.b.	0,23n.b.	-0,41	0,04n.b.
Plat 2 n = 42	0,37	0,30	0,24n.b.	0,32	-0,35	0,39
Plat 3 n = 39	0,42	0,40	0,40	0,39	-0,37	0,56
Gemiddelde korrelasie: tien profile saamgevoeg	0,33	0,28	0,14	0,29	-0,30	0,42
Geweegde gemiddelde korrelasie	0,30	0,25	0,18	0,27	-0,28	0,39
Rekenkundige gemiddelde korrelasie ($\bar{x}$)	0,33	0,28	0,22	0,29	-0,32	0,41

met die finale kumulatiewe hoekwaarde gelyk aan die gemiddelde hellingshoek vir die puinhang. Berekening van hierdie indikator vir hellingshoek veroorsaak dus 'n vermindering in die variasie wat hellingshoek, as gevolg van byvoorbeeld mikroreliëf, vir elke 2m meeteenheid toon.

Die reëlmaat wat in die onafhanklike veranderlike teweeg gebring word, veroorsaak 'n verlaging in die korrelasies met die aanwysers van puingrootte (Tabel 4.6) in vergelyking met beide hellingshoek en sinus van die hellingshoek. Die puin neem nie met dieselfde reëlmaat in grootte af na die voet van die hange as wat die transformasies van hellingshoek afneem nie. Die vermindering van variasie in die onafhanklike veranderlike beklemtoon skynbaar die onreëlmatige verspreiding van die puin op die puinhange. Hieruit kan dus afgelei word dat die sortering van die puin swak is.

Andersins beskou, mag dit daarop dui dat die grootte van die puin 'n invloed op mikroreliëf het en dat mikroreliëf weer 'n invloed op die sortering van die puin het. 'n Groot rots mag 'n mikroreliëfeienskap beskerm en dus op so 'n manier 'n relatief hoër hellingshoek op daardie punt help handhaaf.

Die korrelasies volg dieselfde patroon as vir hellingshoek onder par. 4.4.1 bespreek en gaan dus nie verder individueel bespreek word nie.

Tabel 4.6: ENKELVOUDIGE KORRELASIES VIR 2^m MEETEENHEDE MET KUMULATIEWE HELLINGSHOEK EN DIE AANWYSERS VAN PUINGROOTTE AS VERANDERLIKES.
(Die totale aantal meeteenhede per profiel word as die n-waarde getoon. Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) behalwe waar aangedui as nie beduidend (n.b.).)

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

PROFIEL	GROOTSTE DIMENSIE	MIDDEL DIMENSIE	"VOLUME"	GEMIDDELDE DEURSNEE	PHI-DEURSNEE	GROOTSTE ROTS
	$\bar{a}$	$\bar{b}$	" $\bar{V}$ "	$\bar{D}$	$\Phi \bar{d}$	$\bar{d}_{maks}$
Bulb 1 n = 142	0,28	0,22	0,09n.b.	0,24	-0,28	0,45
Bulb 2 n = 157	0,29	0,25	0,10	0,25	-0,22	0,42
Bulb 3 n = 137	0,28	0,23	0,21	0,26	-0,21	0,38
Lang 1 n = 43	0,56	0,59	0,46	0,55	-0,49	0,61
Lang 2 n = 56	-0,04n.b.	-0,17n.b.	-0,12n.b.	-0,13n.b.	-0,19n.b.	0,16n.b.
Olev 1 n = 55	0,35	0,24	0,24	0,28	-0,26	0,55
Olev 2 n = 52	0,54	0,48	0,57	0,52	-0,40	0,72
Plat 1 n = 52	0,29	0,23	0,12n.b.	0,22n.b.	-0,41	0,02n.b.
Plat 2 n = 42	0,31	0,32	0,27n.b.	0,32	-0,29	0,41
Plat 3 n = 39	0,51	0,52	0,45	0,48	-0,49	0,60
Gemiddelde korrelasie: Tien profiele saamgevoeg	0,40	0,35	0,18	0,36	-0,36	0,44
Geweegde gemiddelde korrelasie	0,31	0,26	0,19	0,27	-0,29	0,42
Rekenkundige gemiddelde korrelasie ($\bar{x}$)	0,34	0,29	0,24	0,30	-0,32	0,43

HOOFSTUK 5

VERWYDERING VAN UITSKIETERS UIT DIE DATA

5.1 INLEIDING

Dit blyk uit die vorige hoofstuk dat daar by sommige profiele groot rotse by lae hellingshoeke voorkom wat tot lae korrelasies lei. Barnett en Lewis (1978,4) definieer 'n "uitskieter" as 'n waarneming wat skynbaar teenstrydig met die res van die data is. 'n Kenmerk van 'n uitskieter is die effek wat dit op die waarnemer het en dus is die hantering van uitskieters 'n subjektiewe saak.

Daar bestaan verskillende metodes vir die identifisering van uitskieters. Hieronder val die visuele metode wat 'n uitskieter identifiseer wanneer dit die algemene patroon versteur (Barnett & Lewis, 1978, 235). 'n Waarnemer word met die keuse gelaat om die uitskieter te verwerp, te akkommodeer of as integrale deel van die data te aanvaar.

'n Uitskieter is vir die doeleindes van hierdie studie visueel geïdentifiseer. Dit word gedefinieer as daardie puin met 'n gemiddelde deursnee ($\bar{d}$) groter of gelyk aan 700mm wat by hellingshoeke kleiner of gelyk aan 10° voorkom. Uitskieters is dus besondere groot rotse wat naby of aan die voet van die puinhang voorkom. Dit is moontlik vir hierdie puin om op 'n ander wyse as die kleiner puin helling af te beweeg deur byvoorbeeld te val en te rol.

Uitskieters is tot dusver as integrale deel van die data aanvaar en korrelasies is met die totale dataset bereken wat lae korrelasies gelever het (Hoofstuk 4). Dit is deur middel van die phi-transformasie ($-\log_2 \bar{d}$) geakkommodeer en soos geblyk het, word die waardes van die groot puin op enige plek teen die hang onderbeklemtoon. Daarenteen word die waardes van die klein puin relatief sterker beklemtoon (Tabel 4.2). Indien die groot puin wat laag op die

hang voorkom uit die data verwyder word, word die invloed van hierdie uitskieters op die korrelasies uitgeskakel.

5.2 RESULTATE

Tabel 5.1 toon 'n vergelyking tussen die korrelasies wat al die puin insluit sowel as dié waarvan die uitskieters verwyder is. Die aanwysers van puingrootte wat hier gebruik is, is "Volume" ($\bar{V}$), Gemiddelde Deursnee ($\bar{D}$) en phi-deursnee ($\Phi\bar{d}$). Ongelukkig kon daar nie korrelasies vir die grootste klip per meeteenheid bereken word nie omdat die uitskakeling van uitskieters tot meeteenhede aanleiding gee waar daar geen groot rotspuin voorkom nie.

By Lang 1, Olev 1 & 2 en Plat 3 kom daar geen puin met $\bar{d} \geq 700\text{mm}$ op enige plek op die hange voor nie. Die korrelasies van hierdie profiele verskil dus nie voor en nadat uitskieters uit die data verwyder is nie.

5.2.1. Hellingshoek as onafhanklike veranderlike

Die verwydering van uitskieters uit die data lei tot 'n geringe verhoging in al die korrelasies (Tabel 5.1). Die grootste verhoging word vir Plat 2 gevind. So verhoog die korrelasie vir "volume" ($\bar{V}$) van $r = 0,26$ (n.b.) tot $r = 0,45$ en gemiddelde deursnee ($\bar{D}$) vanaf $r = 0,34$ tot $r = 0,48$. Die korrelasie vir $\Phi\bar{d}$ verhoog vanaf $r = -0,38$ tot $r = -0,46$. Al hierdie korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$).

Wat die gemiddelde korrelasies betref verhoog "volume" ($\bar{V}$) vanaf $\bar{r} = 0,27$ tot $\bar{r} = 0,35$. Gemiddelde deursnee ($\bar{D}$) verhoog vanaf $\bar{r} = 0,35$ tot $\bar{r} = 0,41$ en gemiddelde phi- deursnee ($\Phi\bar{d}$) verhoog vanaf $\bar{r} = -0,37$ tot $\bar{r} = -0,39$. Die grootste verhoging in korrelasie is vir gemiddelde deursnee ($\bar{D}$) nadat uitskieters uit die data verwyder is. Hiervolgens verklaar (r^2) hellingshoek dus 17% van die totale variansie in puingrootte.

Tabel 5.1: 'n VERGELYKING VAN DIE ENKELVOUDIGE KORRELASIES TUSSEN HELLINGSHOEK EN PUINGROOTTE VIR 2m MEETEENHEDE VOORDAT EN NADAT UITSKIETERS UIT DIE DATA VERWYDER IS.

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

PROFIEL	"VOLUME"	("V̄")	GEMIDDELDE DEURSNEE	(D̄)	PHI- DEURSNEE	(Φd̄)
	ALLE PUIN	UITSKIETERS VERWYDER	ALLE PUIN	UITSKIETERS VERWYDER	ALLE PUIN	UITSKIETERS VERWYDER
Bulb 1 n = 142	0,17	0,29	0,29	0,38	-0,29	-0,31
Bulb 2 n = 157	0,14n.b.	0,19	0,26	0,33	-0,22	-0,25
Bulb 3 n = 137	0,30	0,30	0,32	0,33	-0,23	-0,24
Lang 1* n = 43	0,58	–	0,59	–	-0,50	–
Lang 2 n = 56	-0,07n.b.	0,06n.b.	-0,01n.b.	0,12n.b.	-0,34	-0,38
Olev 1* n = 55	0,30	–	0,36	–	-0,33	–
Olev 2* n = 52	0,58	–	0,57	–	-0,48	–
Plat 1 n = 52	-0,11n.b.	0,20n.b.	0,27n.b.	0,44	-0,44	-0,49
Plat 2 n = 42	0,26n.b.	0,45	0,34	0,48	-0,38	-0,46
Plat 3* n = 39	0,54	–	0,52	–	-0,50	–
Gemiddelde korrelasie n = 10	0,27	0,35	0,35	0,41	-0,37	-0,39
Gemiddelde korrelasie n = 6#	0,12	0,25	0,25	0,35	-0,32	-0,36

*By hierdie profiele kom daar nie uitskieters, soos in die teks gedefinieer, voor nie.

#Die berekening van hierdie gemiddelde korrelasie sluit profiele waarby geen uitskieters voorkom nie, uit.

Dit blyk uit Tabel 5.1 dat die hoogste korrelasies met hellingshoek oor die algemeen vir gemiddelde deursnee ($\bar{D}$) sonder uitskieters vir die meeste profiele is. Hierdie aanwyser van puingrootte toon ook die hoogste gemiddelde korrelasie. Die uitsonderings is Lang 2 en Plat 1. Hierdie twee profiele toon die hoogste korrelasies vir gemiddelde phi-deursnee ($\Phi\bar{d}$) met uitskieters verwyder (Lang 2 $r = -0,38$; Plat 1 $r = -0,49$). Dit beteken dat by beide profiele daar steeds groot puin laag op die hange voorkom. Hierdie puin is egter kleiner as 700mm in deursnee ($\bar{d}$) en voldoen nie aan die definisie wat vir 'n uitskieter geld nie, maar is groot in vergelyking met die puin wat algemeen op die hange voorkom. So kom daar by Lang 2 waarnemings groter as 400mm ($\bar{d}$) maar kleiner as 700mm ($\bar{d}$) by hellingshoeke $\leq 10^\circ$ voor. Daar is ook puin groter as 700mm ($\bar{d}$) wat by hellingshoeke groter as 10° maar kleiner as 14° voorkom. Hierdie gevalle vorm dus steeds uitskieters in die algemene patroon van die data, maar voldoen nie aan die definisie van 'n uitskieter soos vroeër in die teks uiteengesit is nie. Die phi-transformasie onderbeklemtoon hierdie uitskieters en daarom is die korrelasies vir ($\Phi\bar{d}$) in hierdie gevalle hoër as vir $\bar{D}$. Die korrelasies met $\bar{V}$ toon vir hierdie profiele slegs 'n geringe verhoging (Lang 2 $r_V = 0,06$; Plat 1 $r_V = 0,2$) wat steeds laag is. Dit is verder 'n aanduiding dat daar 'n onreëlmatige verspreiding van die groot puin voorkom. Gelees saam met die korrelasies vir $\bar{d}_{\text{maks}}$ vir 2m meeteenhede (par. 4.4.1.4) dui dit op die onreëlmatige verspreiding van groot rotse.

In die geval van profiele waarvan die korrelasies vir gemiddelde phi-deursnee ($\Phi\bar{d}$) (met uitskieters verwyder) laer is as vir gemiddelde deursnee ($\bar{D}$) soos Bul 1, 2, 3 en Plat 2, is daar gevind dat daar fyner puin by hoër hellingshoeke voorkom. Die verwydering van die uitskieters onder op die hange uit die data veroorsaak dat die invloed van die fyner puin bo teen die hang meer waarneembaar met die phi-transformasie is. Wat in gedagte gehou moet word, is dat die phi-transformasie groot puin enige plek op die hang onderbeklemtoon. Die onderbeklemtoning van groot puin gepaardgaande met die oorbeklemtoning van fyn puin deur die phi-transformasie het 'n verlaging in die korrelasies met ($\Phi\bar{d}$) in vergelyking met ($\bar{D}$) as aanwyser van puingrootte tot gevolg soos vroeër onder par. 4.4.2 aangetoon.

5.2.2 Die transformasies van hellingshoek as onafhanklike veranderlike

Die transformasies van hellingshoek (sinus van die hellingshoek en kumulatiewe hellingshoek) toon basies dieselfde patroon vir die korrelasies (Tabelle 5.2 en 5.3) as vir hellingshoek onder paragraaf 5.2.1 bespreek. Die korrelasies is egter effens laer. Aangesien die patroon nie noemenswaardig verskil vir die transformasies nie, geld die bespreking van paragraaf 5.2.1 ook hier behalwe dat soos onder par. 4.4.4 aangetoon is, dui die verlaging in korrelasies vir hierdie veranderlikes dat die puin op die hange onreëlmatig versprei en dus swak sorteer is.

5.3 SAMEVATTING

Die verwydering van uitskieters uit die data lei tot $\pm 10\%$ verhoging in die korrelasies (bv. Bul 1 $r_D = 0,29$ met uitskieters verhoog tot $r_D = 0,38$ na verwydering van die uitskieters). Die gemiddelde korrelasies toon ook 'n geringe verhoging. Die verhoging in die korrelasies het dus ook 'n verhoging in die bepaaldheidskoeffisiënt (r^2) tot gevolg. Sodoende is daar 'n verhoging van ongeveer 10% in die verklaring van die variansie van die afhanklike veranderlike nadat die uitskieters verwyder is. Die profiele waar die grootste verbetering in korrelasies voorkom nadat die uitskieters verwyder is, is Plat 1 en 2. Beide hierdie profiele is heelwat korter as Bul 1, 2 en 3.

Soos aangetoon onder par. 4.4.2 kom daar fyn puin by hoë hellingshoeke voor wat tot 'n verlaging in die korrelasies lei. Sou die fyn puin bo teen die hang en die groot rotse onder op die hang uit die data verwyder word, sal dit tot selfs 'n groter verhoging in die korrelasies tussen hellingshoek en puingrootte lei.

Die voorkoms van al die verskillende groottes puin in die puinpakket mag egter daarop dui dat verskillende prosesse vir sekere materiaalgroottes geld.

Tabel 5.2: 'n VERGELYKING VAN DIE ENKELVOUDIGE KORRELASIES TUSSEN SINUS VAN DIE HELLINGSHOEK ($\sin \theta$) EN PUINGROOTTE VIR 2m MEETEENHEDE VOORDAT EN NADAT UITSKIETERS UIT DIE DATA VERWYDER IS.

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

PROFIEL	"VOLUME"	("V")	GEMIDDELDE DEURSNEE	(D)	PHI-DEURSNEE	($\Phi \bar{d}$)
	ALLE PUIN	UITSKIETERS VERWYDER	ALLE PUIN	UITSKIETERS VERWYDER	ALLE PUIN	UITSKIETERS VERWYDER
Bulb 1 n = 142	0,11n.b.	0,20	0,22	0,29	-0,23	-0,25
Bulb 2 n = 157	0,10n.b.	0,12	0,24	0,30	-0,21	-0,26
Bulb 3 n = 137	0,22	0,22	0,28	0,29	-0,20	-0,20
Lang 1* n = 43	0,43	—	0,46	—	-0,42	—
Lang 2 n = 56	-0,15	-0,09n.b.	-0,08n.b.	-0,02n.b.	-0,32	-0,34
Olev 1* n = 55	0,17n.b.	—	0,26n.b.	—	-0,24n.b.	—
Olev 2* n = 52	0,55	—	0,55	—	-0,45	—
Plat 1 n = 52	0,12n.b.	0,18n.b.	0,23n.b.	0,40	-0,41	-0,47
Plat 2 n = 42	0,24n.b.	0,35	0,32	0,39	-0,35	-0,38
Plat 3* n = 39	0,40	—	0,39	—	-0,37	—
Gemiddelde korrelasie n = 10	0,22	0,25	0,29	0,33	-0,32	-0,34
Gemiddelde korrelasie n = 6#	0,11	0,16	0,20	0,28	-0,29	-0,32

* By hierdie profile kom daar nie uitskieters voor nie.

Die berekening van hierdie gemiddelde korrelasie sluit profile waar daar nie uitskieters voorkom nie, uit.

Tabel 5.3: 'n VERGELYKING VAN DIE ENKELVOUDIGE KORRELASIES TUSSEN KUMULATIEWE HELLINGSHOEK EN PUINGROOTTE VIR 2m MEETEENHEDE VOOR EN NADAT UITSKIETERS UIT DIE DATA VERWYDER IS.

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

PROFIEL	"VOLUME"	("V")	GEMIDDELDE DEURSNEE	(D)	PHI-DEURSNEE	(Φd)
	ALLE PUIN	UITSKIETERS VERWYDER	ALLE PUIN	UITSKIETERS VERWYDER	ALLE PUIN	UITSKIETERS VERWYDER
Bulb 1 n = 142	0,09n.b.	0,21	0,24	0,34	-0,28	-0,32
Bulb 2 n = 157	0,10n.b.	0,14	0,25	0,32	-0,22	-0,28
Bulb 3 n = 137	0,21	0,21	0,26	0,27	-0,21	-0,21
Lang 1* n = 43	0,46	–	0,55	–	-0,49	–
Lang 2 n = 56	-0,12n.b.	-0,03n.b.	-0,13n.b.	-0,05n.b.	-0,19n.b.	-0,22n.b.
Olev 1* n = 55	0,24n.b.	–	0,28	–	-0,26	–
Olev 2* n = 52	0,57	–	0,52	–	-0,40	–
Plat 1 n = 52	0,12n.b.	0,16n.b.	0,22n.b.	0,39	-0,41	-0,48
Plat 2 n = 42	0,27n.b.	0,41	0,32	0,41	-0,29	-0,33
Plat 3 n = 39	0,45	–	0,48	–	-0,49	–
Gemiddelde korrelasie n = 10	0,24	0,28	0,30	0,35	-0,32	-0,35
Gemiddelde korrelasie n = 6#	0,11	0,18	0,19	0,28	0,27	0,31

* By hierdie profiele kom daar nie uitskieters voor nie.

Die berekening van hierdie gemiddelde sluit die profiele waar daar nie uitskieters by voorkom nie, uit.

Tot dusver is daar aandag gegee aan metodes om die variasie in puingrootte te verminder. Dit is gedoen deur transformasies sowel as die verwydering van uitskieters uit die data. Daar is egter ook faktore wat 'n variasie in die onafhanklike veranderlike (hellingshoek) veroorsaak. Hierdie variasie in hellingshoek is deur middel van die sinus van die hellingshoek en berekening van 'n kumulatiewe hellingshoek gemanipuleer. Die invloed van mikroreliëf op die meting van hellingshoek is dus ook belangrik.

HOOFSTUK 6

INVLOED VAN MIKRORELIËF OP DIE METING VAN HELLINGSHOEK

6.1 INLEIDING

Die oppervlak van die hange is nie gelyk nie en enige ongelykheid beïnvloed die hellingshoek wat op daardie posisie gemeet word. Mikroreliëf veroorsaak groot variasie in hellingshoek en dit beïnvloed die korrelasies. Die uiteensetting wat volg toon die persentasie fout wat deur mikroreliëf veroorsaak kan word.

Die meeteenheid wat in die studie gebruik word se lengte is 2m. Dit beskryf dus 'n sirkel met radius van 2 000mm.. Die omtrek van hierdie sirkel word verkry uit die formule: $2\pi r$, dus

$$\begin{aligned} & 2 \pi 2\,000 \\ & = 12\,566,37 \text{ mm} \end{aligned}$$

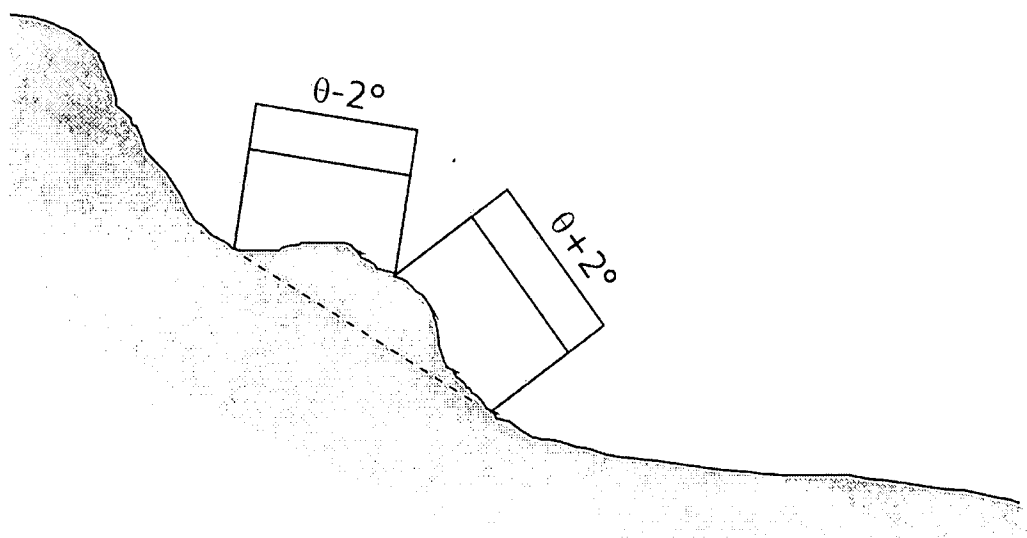
Daar is 360° in 'n sirkel en om dus 'n verskil van 1° in die meting van hellingshoek te veroorsaak moet die grootte van die mikroreliëf die volgende wees:

$$\begin{aligned} & 12\,566,37 \div 360 \\ & \approx 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Die ongelyke oppervlak van die hang veroorsaak mikroreliëf van dikwels meer as 35 mm wat dus 'n "fout" van ongeveer 17% impliseer. Hierdie fout wat in die meting a.g.v. enige ongelykheid ontstaan, word gewoonlik met die volgende meting gekanselleer. So kan aangetoon word dat indien mikroreliëf 'n lesing van 2° te veel by 'n meting veroorsaak, dit

dikwels met die volgende meting reggestel word (Figuur 6.1).

Die variasie wat dus a.g.v. 'n ongelyke oppervlak in die hellingshoek veroorsaak word, verkry groter reëlmaat indien meer as een meeteenheid gekombineer word en die gemiddelde hellingshoek vir die saamgevoegde meeteenhede bereken word. Aangesien die puin by elke meeteenheid met daardie betrokke hellingshoek gekorrelleer is, vind die invloed van mikroreliëf neerslag in die korrelasies. Om hierdie invloed te beperk, is daar besluit om drie meeteenhede tot een 6m meeteenheid in die data te kombineer. Die kombinerings van die meeteenhede beïnvloed egter ook die variasie wat in puingrootte bestaan aangesien gemiddelde waardes vir elke langer meeteenheid bereken word. Die verlenging van die meeteenheid wysig dus beide die afhanklike en onafhanklike veranderlikes.



Figuur 6.1: Die gemiddelde van die 2 meeteenhede se lesings sal die hellingshoek wat met die stippellyn voorgestel word, aantoon.

6.2 METODE

Drie opeenvolgende meeteenhede is saamgevoeg en die gemiddelde hellingshoek is bereken.

Die aanwysers van puingrootte, groot (a) en middel (b) dimensie, "volume" (V), gemiddelde deursnee ($\bar{d}$) en phi-deursnee ($\Phi\bar{d}$) (sien Tabel 4.1), per waarneming is verwerk tot 'n gemiddelde waarde vir elk van die saamgevoegde meeteenhede. Dus is die gemiddelde van bv. "volume" (" $\bar{V}$ ") per saamgevoegde meeteenheid as volg verkry:

$$“\bar{V}” = \sum(axbxc)/n$$

waar n = die aantal waarnemings vir die drie gekombineerde meeteenhede is. In die geval van die grootste rots per meting ($\bar{d}_{maks}$) is die grootste waarneming vir die drie meeteenhede geselekteer.

Enkelvoudige korrelasies is vir die nuutgeskepte data bereken met hellingshoek as die onafhanklike veranderlike. Die afhanklike veranderlike is die aanwysers van puingrootte.

6.3 RESULTATE

Tabelle 6.1 en 6.2 toon 'n vergelyking van die resultate van die nuutgeskepte 6m interval met dié van die 2m meeteenhede. Die korrelasies is met hellingshoek as onafhanklike veranderlike bereken.

6.3.1 Afhanklike veranderlike: *Die rekenkundige gemiddelde van die gemiddelde deursnee ($\bar{D}_{6m}$):*

Dit blyk uit Tabel 6.1 dat die langer interval tot 'n verhoging in die positiewe korrelasies van agt profiele lei. Die uitsondering is Olev 2 waar die korrelasie vanaf $r_{2m} = 0,57$ verlaag tot $r_{6m} = 0,49$. Die negatiewe korrelasie van Lang 2 verhoog vanaf $r_{2m} = -0,01$ tot $r_{6m} = -0,18$. Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) behalwe vir Lang 2 en Plat 2.

Tabel 6.1: 'n VERGELYKING TUSSEN DIE ENKELVOUDIGE KORRELASIES (HELLINGSHOEK MET PUINGROOTTE) VIR 6m MEETEENHEDE MET DIÉ VAN 2m MEETEENHEDE (Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) behalwe waar aangetoon met n.b.).

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

	AANTAL METINGS	GEMIDDELDE DEURSNEE	PHI-GEMIDDELDE DEURSNEE	"VOLUME"		GROOTSTE ROTS PER METING			
PROFIEL	n_{6m}	$\bar{D}_{6m}$	$\bar{D}_{2m}$	$\Phi \bar{d}_{6m}$	$\Phi \bar{d}_{2m}$	" $\bar{V}$ " $_{6m}$	" $\bar{V}$ " $_{2m}$	$\bar{d}_{maks}$ 6m	$\bar{d}_{maks}$ 2m
Bulb 1	48	0,52	0,29	-0,50	-0,29	0,28	0,17	0,50	0,47
Bulb 2	53	0,41	0,26	-0,30	-0,22	0,22 _{n.b.}	0,14 _{n.b.}	0,37	0,42
Bulb 3	46	0,45	0,32	-0,32	-0,23	0,44	0,30	0,54	0,44
Lang 1	15	0,76	0,59	-0,65	-0,50	0,84	0,58	0,91	0,66
Lang 2	19	-0,18 _{n.b.}	-0,01 _{n.b.}	-0,44	-0,34	-0,29 _{n.b.}	-0,07 _{n.b.}	0,31 _{n.b.}	0,28
Olev 1	19	0,51	0,36	-0,44	-0,33	0,51	0,30	0,59	0,62
Olev 2	18	0,49	0,57	-0,32 _{n.b.}	-0,48	0,72	0,58	0,94	0,70
Plat 1	18	0,47	0,27 _{n.b.}	-0,64	-0,44	-0,23 _{n.b.}	-0,11 _{n.b.}	0,06 _{n.b.}	0,05 _{n.b.}
Plat 2	14	0,36 _{n.b.}	0,34	-0,40	-0,38	0,31 _{n.b.}	0,26 _{n.b.}	0,33 _{n.b.}	0,33
Plat 3	13	0,60	0,52	-0,50 _{n.b.}	-0,50	0,72	0,54	0,87	0,70
Gemid. korrelasie ($\bar{r}$)		0,44	0,35	-0,45	-0,37	0,35	0,27	0,54	0,47

Die gemiddelde korrelasie verhoog vanaf $\bar{r}_{2m} = 0,35$ tot $\bar{r}_{6m} = 0,44$. Hiervolgens verklaar hellingshoek sowat 19% van die variansie in puingrootte indien die effek van mikroreliëf beperk word.

6.3.2 Afhanklike veranderlike: *Gemiddelde phi-deursnee ($\Phi\bar{d}$):*

Die langer interval lei tot 'n verhoging in die korrelasies van agt profiele (Tabel 6.1). Hierdie agt korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$). Die korrelasies wat nie verhoog nie is Olev 2 en Plat 3. Laasgenoemde toon geen verandering vir die 6m interval teenoor die 2m meeteenheid nie terwyl Olev 2 'n verlaging van $r_{2m} = -0,48$ tot $r_{6m} = -0,32$ toon.

Die gemiddelde korrelasie verhoog vanaf $\bar{r}_{2m} = -0,37$ tot $\bar{r}_{6m} = -0,45$. Hellingshoek verklaar dus sowat 20% van die variansie in puingrootte wanneer die effek van mikroreliëf verminder word teenoor 14% vir die 2m meeteenheid.

6.3.3 Afhanklike veranderlike: *Gemiddelde "volume" ($\bar{V}$):*

Tabel 6.1 toon dat die verlengde meeteenheid tot 'n verhoging in die korrelasies van agt profiele lei (Bulb 1,2,3, Lang 1, Olev 1,2, Plat 2,3). Hiervan is twee korrelasies nie beduidend nie ($p \geq 0,05$). Hulle is Bul 2 en Plat 2. Die korrelasies vir Lang 2 en Plat 1 is negatief. Hierdie negatiewe korrelasies verhoog vir Lang 2 vanaf $r_{2m} = -0,07$ tot $r_{6m} = -0,29$ en vir Plat 1 vanaf $r_{2m} = -0,11$ tot $r_{6m} = -0,23$.

Die profiel wat die grootste verhoging in korrelasie toon is Lang 1 ($r_{6m} = 0,84$ teenoor $r_{2m} = 0,58$). Olev 2 en Plat 3 toon beide ook hoë korrelasies vir die verlengde interval ($r_{6m} = 0,72$ vir beide). Hierdie drie profiele beskik oor groot puin teen hoë hellingshoeke en soos onder par. 4.2.2 aangedui beklemtoon volume die effek van groot partikels. Hierdie effek het 'n negatiewe uitwerking by profiele wat oor uitskieters beskik. Sodoende vergroot die negatiewe korrelasies van Lang 2 ($r_{2m} = -0,07$ teenoor $r_{6m} = -0,29$) en Plat 1 ($r_{2m} = -0,11$

teenoor $r_{6m} = -0,23$).

Die gemiddelde korrelasie verhoog vanaf $\bar{r}_{2m} = 0,27$ tot $\bar{r}_{6m} = 0,35$. Hellingshoek verklaar (r^2) dus sowat 12% van die variansie in puinggrootte waar hierdie aanwyser van puinggrootte ter sprake is.

6.3.4 Afhanklike veranderlike: Die grootste klip per meeteenheid ($\bar{d}_{maks}$):

Dit blyk uit Tabel 6.1 dat die verlengde interval tot 'n verhoging in die korrelasies van sewe profiele lei. Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) vir vyf profiele (Bulb 1, Bulb 3, Lang 1, Olev 2, Plat 3). Die geringe verhoging in korrelasie van Lang 2 en Plat 1 is egter nie beduidend nie.

Die korrelasie vir Plat 2 toon geen verandering nie terwyl Bulb 2 en Olev 1 'n effense afname toon.

Die grootste verhoging in korrelasie is vir Lang 1 ($r_{6m} = 0,91$ teenoor $r_{2m} = 0,66$) gevolg deur Olev 2 ($r_{6m} = 0,94$ teenoor $r_{2m} = 0,7$) en Plat 3 ($r_{6m} = 0,87$ teenoor $r_{2m} = 0,7$).

Die gemiddelde korrelasie verhoog vanaf $\bar{r}_{2m} = 0,47$ tot $\bar{r}_{6m} = 0,54$. Hierdie aanwyser van puinggrootte toon dan ook die grootste korrelasie van al die aanwysers vir die langer meetinterval. Sodoende verklaar (r^2) hellingshoek 29% van die totale variansie in puinggrootte van die groot rotse.

6.3.5 Afhanklike veranderlike: 'n Enkele dimensie van die puin ($\bar{a}$ en $\bar{b}$):

Die verlenging van die meetinterval lei oor die algemeen tot 'n verhoging in die korrelasies vir beide die grootste ($\bar{a}$) en middeldimensie ($\bar{b}$) as aanwysers van puinggrootte (Tabel 6.2). Die verspreiding van die korrelasies volg min of meer dieselfde patroon as vir gemiddelde

Tabel 6.2: 'n VERGELYKING TUSSEN DIE ENKELVOUDIGE KORRELASIES (HELLINGSHOEK MET PUINGROOTTE) VIR 6m MEETEENHEDE MET Diè VAN 2m MEETEENHEDE (Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) behalwe waar aangetoon met n.b.).

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

PROFIEL	AANTAL METINGS	GEMIDDELDE GROOTSTE DIMENSIE		GEMIDDELDE KLEINSTE DIMENSIE	
	n_{6m}	$\bar{a}_{6m}$	$\bar{a}_{2m}$	$\bar{b}_{6m}$	$\bar{b}_{2m}$
Bulb 1	48	0,56	0,33	0,51	0,28
Bulb 2	53	0,48	0,30	0,41	0,25
Bulb 3	46	0,50	0,35	0,41	0,27
Lang 1	15	0,76	0,60	0,81	0,63
Lang 2	19	-0,04 _{n.b.}	0,08 _{n.b.}	-0,19 _{n.b.}	-0,04 _{n.b.}
Olev 1	19	0,59	0,42	0,46	0,32
Olev 2	18	0,58	0,59	0,38	0,54
Plat 1	18	0,56	0,34	0,49	0,29
Plat 2	14	0,43 _{n.b.}	0,34	0,30 _{n.b.}	0,33
Plat 3	13	0,67	0,55	0,61	0,53
Gemiddelde korrelasie		0,51	0,39	0,42	0,34

deursnee onder paragraaf 6.3.1 bespreek en dus geld daardie bespreking ook hier.

6.4 SAMEVATTING

Dit blyk uit voorgaande dat die beperking van die invloed van mikroreliëf, soos verkry word deur die metings te kombineer tot 'n langer meetinterval, tot 'n ongeveer 10% verhoging in die korrelasies lei. Die grootste verhoging in gemiddelde korrelasie word vir gemiddelde deursnee ($\bar{D}$) gevind. Sodoende is die gemiddelde korrelasie $\bar{r}_{6m} = 0,44$ teenoor $\bar{r}_{2m} = 0,35$.

Die profiele wat die beste sortering toon is Lang 1 en Plat 3. Hierdie profiele toon die grootste korrelasies vir $\bar{D}$, " $\bar{V}$ " en $\bar{d}_{maks}$. Die laer korrelasie vir $\Phi\bar{d}$ in vergelyking met $\bar{D}$ dui daarop dat daar fyn puin op hierdie hange voorkom wat die sortering nadelig beïnvloed. Daarenteen dui die groot korrelasies vir " $\bar{V}$ " en $\bar{d}_{maks}$ dat die growwe puin op die hange goed gesorteer is.

Wat Olev 2 aanbetref toon hierdie profiel verlaagde korrelasies vir $\bar{D}_{6m}$ en $\Phi\bar{d}_{6m}$. Hierdie profiel beskik oor baie fyn puin op die hang afgewissel met groot rotsblokke by hoë hellingshoeke. Die onreëlmatige sortering van die puin kovarieer goed met die variasie in hellingshoek soos dit vir 2m meeteenhede manifesteer. Met die kombinerings van meeteenhede varieer helling egter minder terwyl die variasie in die puin steeds bestaan. Dit het tot gevolg laer korrelasies vir die 6m meeteenheid vir $\bar{D}$ en $\Phi\bar{d}$. Die effek van die fyn puin word egter deur die groot puin oorheers in die berekening van " $\bar{V}$ " en heeltemal uitgeskakel in die berekening van $\bar{d}_{maks}$. Daarom verhoog beide hierdie korrelasies vir die verlengde meeteenheid. Die groot puin toon dus 'n goeie sortering op hierdie hang. Die algemene sortering van Olev 2 is dus nie so goed soos vir Lang 1 en Plat 3 wat deurgaans hoër waardes vir al die aanwysers van puingrootte met die langer meetinterval toon nie.

Wat die sortering van Lang 2 en Plat 1 betref is die volgende ter sprake: Beide profiele

beskik oor groot puin onder op die hang daarom verhoog die korrelasies met $\Phi \bar{d}$ vir die langer meeteenheid sowel as die negatiewe korrelasies vir " $\bar{V}$ " in beide gevalle. Vir Plat 1 verhoog $\bar{D}$ vir die langer meeteenheid wat daarop dui dat daar baie variasie binne 'n meeteenheid voorkom wat uitgeskakel word deur die kombinerings van meeteenhede soos onderstaande voorbeeld illustreer. Die groot puin op hierdie hang toon daarenteen geen sortering soos die korrelasies van feitlik nul vir $\bar{d}_{\text{maks}}$ aantoon. Daarenteen dui die geringe verhoging in die korrelasies van $\bar{d}_{\text{maks}}$ vir Lang 2 dat die growwe puin beter sortering toon as die res van die puinpakket. Die mengsel van growwe en fyn puin binne die langer meeteenheid toon steeds baie groot variasie met die gevolglike laer korrelasie vir $\bar{D}$. Beide Lang 2 en Plat 1 beskik dus oor swak sortering met uitskieters onder op die hang terwyl Lang 2 beter sortering van die groot puin as Plat 1 toon.

Die invloed van mikroreliëf vind neerslag in die korrelasies en hierdie invloed is deur die verlengde meetinterval beperk. Dit het tot gevolg 'n vermindering in die variasie van die onafhanklike veranderlike wat tot 'n groter kovariasie met die afhanklike veranderlike in die meeste gevalle gelei het. Wat in gedagte gehou moet word, is dat die kombinerings van die meeteenhede tot 'n langer meetinterval nie slegs 'n invloed op die variasie van die onafhanklike veranderlike het nie, maar dat dit ook die variasie in die afhanklike veranderlike beïnvloed. Dit word deur die volgende voorbeeld (Tabel 6.3) geïllustreer:

Tabel 6.3: Die invloed van die kombinerings van meeteenhede op die afhanklike en onafhanklike veranderlikes.

MEETEEENHEID	θ	PUINGROOTTE (in millimeters)	$\bar{\theta}$ VERLENGDE MEETINTERVAL	GEMIDDELDE PUINGROOTTE (in mm) VIR DIE VERLENGDE MEETINTERVAL
1	30	265		
2	32	890		
3	28	393	30	516
4	30	95		
5	21	223		
6	24	282	25	200

Dit is duidelik uit tabel 6.3 dat variasie in beide veranderlikes beïnvloed word.

Waar die sortering van rots groottes op die hange egter swak is, het die vermindering in die variasie van die onafhanklike veranderlike veroorsaak dat die variasie in die afhanklike veranderlike beklemtoon word met gevolglike verlaging in die kovariansie en korrelasies.

Nog 'n faktor wat 'n invloed op die korrelasies het, is die oorskakeling van die meting van hellingshoek in grade en minute na desimale om verwerking van die data te doen. Die oorskakeling veroorsaak baie variasie in hellingshoek (θ) byvoorbeeld 20,83; 20,67; 20,75. Gestel 'n rots van 250mm deursnee kom by al drie metings voor, sou dit tot 'n lae korrelasie lei. Vir alle praktiese doeleindes mag voorgenoemde hellingshoeke tot 21 afgerond word wat 'n volmaakte kovariansie in die voorbeeld met puingrootte toon. Daarenteen sou puin van onderskeidelik 250mm; 200mm en 300mm 'n beter kovariansie met hellingshoek (onafgerond) gee, al is dit steeds swak gesorteerde puin. Dit dui dus daarop dat die

moontlikheid bestaan dat 'n groot variasie in puingrootte (swak sortering) tot 'n redelike goeie korrelasie met hellingshoek kan lei indien hellingshoek ook oor baie variasie beskik.

HOOFSTUK 7

INVLOED VAN DIE LENGTES VAN MEETEENHEDE OP DIE KORRELASIES

7.1 INLEIDING

Uit die vorige hoofstuk blyk dit duidelik dat die verlenging van die meeteenheid soos verkry deur drie meeteenhede tot 'n enkele ses meter eenheid te kombineer tot $n \pm 10\%$ verhoging in die korrelasies lei. In hierdie afdeling gaan die effek van nog langer meeteenhede op die korrelasies ondersoek word. Sodoende sal die meeteenheid verleng word tot tussen 16 meter en 22 meter (Tabel 7.1) asook 'n verdere verlenging deur elke profiel in vyf gelyke intervalle te verdeel (Tabel 7.2). Deur die profile in vyf gelyke intervalle te verdeel, verleng die meeteenhede vir elke profiel, maar nie tot dieselfde mate nie aangesien die profile oor verskillende lengtes beskik.

7.2 METODE

Elke profiel is in vyf gelyke intervalle verdeel. Dit is verkry deur die aantal meeteenhede per profiel deur 5 te deel. Indien die aantal nie presies deur 5 deelbaar was nie, is die nodige aanpassings gemaak om die intervalle sover moontlik gelyk te kry. Die gemiddelde puingrootte vir elke interval is voorts bereken. Korrelasies tussen die vyf hangdele en die gemiddelde puingrootte is bereken (Tabel 7.2).

Die drie profile van Bulberg is verder ook in 14 gelyke intervalle verdeel. Dit is gedoen omdat die verdeling in slegs vyf intervalle tot meetlengtes van 50 meter en meer lei. Die drie dimensies van die puin wat oor elke 2m meeteenheid versamel is, is tot die gemiddelde deursnee vir elke interval verwerk. Die gemiddelde hellingshoek vir elke interval is bereken. Spearman se rangorde korrelasie (r_s) is vir die gemiddelde puingrootte en die gemiddelde

hellingshoek vir beide die vyf hangintervalle vir al die profile sowel as die 14 van Bulberg bereken (Tabel 7.1). Hierdie nie-parametriese berekening van korrelasie is gekies omdat die steekproefgroottes klein is ($n = 5$ en $n = 14$ respektiewelik). Spearman se rangorde korrelasie (r_s) is meer betroubaar as Pearson se produkmomentkorrelasie (r) vir klein monsters.

7.3 RESULTATE

Die resultate word in Tabele 7.1 en 7.2 gegee. Hierdie tabelle toon ook die lengtes van elke meeteenheid soos deur die verdeling verkry is, aan.

Tabel 7.1: SPEARMAN SE RANGORDE KORRELASIES (r_s) TUSSEN PUINGROOTTE EN HELLINGSHOEK VIR MEETLENGTES TUSSEN 16 EN 22 METER

PROFIEL	n	r_s	α	MEETLENGTE
Bulb 1	14	0,90	$\leq 0,01$	20m
Bulb 2	14	0,51	$\leq 0,01$	22m
Bulb 3	14	0,61	$\leq 0,01$	20m
Lang 1	5	0,90	$\leq 0,05$	17m
Lang 2	5	-0,80	$> 0,05_{n.b.}$	22m
Olev 1	5	0,70	$> 0,05_{n.b.}$	22m
Olev 2	5	0,70	$> 0,05_{n.b.}$	21m
Plat 1	5	0,80	$> 0,05_{n.b.}$	21m
Plat 2	5	0,80	$> 0,05_{n.b.}$	17m
Plat 3	5	0,80	$> 0,05_{n.b.}$	16m
GEMIDDELDE KORRELASIE ($\bar{r}$)		0,59		

Volgens Tabel 7.1 is die korrelasie vir Bulb 1 (r_s) 0,9 en vir Bulb 2 en 3 $r_s = 0,51$ en $0,61$ respektiewelik. Al drie hierdie korrelasies is beduidend ($p \leq 0,01$). Die korrelasies vir die res van die profiele wissel tussen $0,7 \leq r_s \leq 0,9$ behalwe vir Lang 2 waar die korrelasie $-0,8$ is. Hiervan is slegs Lang 1 ($r_s = 0,9$) beduidend. Die gemiddelde korrelasie is $0,59$. Hiervolgens verklaar (r_s^2) hellingshoek ongeveer 35% van die variansie in puingrootte.

Tabel 7.2: SPEARMAN SE RANGORDE KORRELASIE (r_s) TUSSEN PUINGROOTTE EN HELLINGSHOEK VIR VYF HANGDELE

PROFIEL	n	r_s	α	MEETLENGTE
Bulb 1	5	0,90	0,05	57m
Bulb 2	5	0,90	0,05	63m
Bulb 3	5	0,70	$>0,05n.b.$	55m
Lang 1	5	0,90	0,05	17m
Lang 2	5	-0,80	$>0,05n.b.$	22m
Olev 1	5	0,70	$>0,05n.b.$	22m
Olev 2	5	0,70	$>0,05n.b.$	21m
Plat 1	5	0,80	$>0,05n.b.$	21m
Plat 2	5	0,80	$>0,05n.b.$	17m
Plat 3	5	0,80	$>0,05n.b.$	16m
GEMIDDELDE KORRELASIE ($\bar{r}$)		0,64		

Volgens tabel 7.2 lê die korrelasies tussen $r_s = 0,7$ en $r_s = 0,9$ vir nege profiele (Bulb 1,2,3, Lang 1, Ol 1,2, Plat 1,2,3). Die korrelasie van Lang 2 is negatief ($r_s = -0,8$). Weens die baie klein steekproefgrootte ($n=5$) is die beduidendheid van die korrelasies laag. Slegs Bulb 1 en 2 sowel as Lang 1 se korrelasies is statisties beduidend ($p \leq 0,05$). Die gemiddelde korrelasie

vir die tien profiele is 0,64. Hierdie korrelasie is relatief laag as gevolg van die negatiewe invloed van Lang 2. Hierdie effek is ook op tabel 7.1 van toepassing. Indien die bepaaldheidskoëffisiënt (r_s^2) vir die gemiddelde korrelasie bereken word, dan verklaar hellingshoek ongeveer 41% van die variansie in puingrootte.

7.4 SAMEVATTING

Die verdeling van die profiele lei tot meeteenhede van tussen 16 en 22 meter (Tabel 7.1). Die verlenging veroorsaak 'n verhoging in die korrelasies van ongeveer 15% teenoor dié van die ses meter meeteenheid en 24% teenoor dié van die twee meter meeteenheid. Die verklaring van die variansie in puingrootte word deur hierdie metode verhoog vanaf $r_{2m}^2 = 0,12$ (2m meeteenheid) na $r_s^2 = 0,35$ en feitlik verdubbel na 35% teenoor $r^{2\%} = 19\%$ vir die ses meter meeteenheid.

Tabel 7.3: DIE GEMIDDELDE KORRELASIES VIR GEMIDDELDE DEURSNEE ($\bar{d}$) AS INDIKATOR VAN PUINGROOTTE VIR VERSKILLENDE MEETEENHEID LENGTES

MEETEENHEID LENGTES

GEMIDDELDE KORRELASIE	2m	6m	16 - 22m	16 - 57m
$\bar{r}$	0,35	0,44	0,59 (0,75)	0,64 (0,80)
$\bar{r}^2$	0,123	0,194	0,35	0,41
$r^{2\%}$	12,3%	19,4%	35%	41%

(Die waardes in hakies is die gemiddelde korrelasies sonder Lang 2)

Indien die meeteenhede van Bulberg nog langer gemaak word soos verkry word deur die profiele in vyf gelyke intervale te verdeel, word 'n verdere verhoging in die korrelasies gevind. Tabel 7.3 toon 'n vergelyking tussen die gemiddelde korrelasies vir al die

meetlengtes tot dusver bespreek. Hieruit kan gesien word dat die gemiddelde korrelasie vanaf 0,59 tot 0,64 verhoog. Die meetlengtes van Bulberg is nou langer as 50 m elk. Indien die effek van Lang 2 buite rekening gelaat word, dan verklaar hellingshoek tussen 49% (r_s^2 van Bulb 3 wat die laagste korrelasie toon) en 81% (r_s^2 van Bulb 1, 2, Lang 1) van die variansie van puingrootte vir hierdie lang meeteenheid.

Die effek van die groot variasie in puingrootte sowel as hellingshoek is beperk deur die kombinerings van die meeteenhede tot langer meeteenhede. Korrelasies is bereken vir 'n ses meter eenheid sowel as vir die verdeling van die hange in vyf intervalle wat tot 'n selfs langer meeteenheid aanleiding gee. Die korrelasies het in elke geval verhoog ook in die geval van Lang 2 waar die negatiewe korrelasie selfs groter geword het.

Wat hieruit afgelei kan word is dat die sortering van die puin op die hange swak is, daarom is die korrelasies vir 2m meeteenhede klein. Indien die variasie in die puin beperk word soos deur net die grootste rots per meting uit te sonder, verhoog die korrelasies vir 8 profile, slegs Lang 2 en Plat 1 toon lae korrelasies. Word die variasie in hellingshoek sowel as puingrootte verder beperk deur die kombinerings van meeteenhede verhoog die korrelasies selfs verder. Indien die meeteenheid selfs langer gemaak word soos deur die hang in slegs vyf metings intervalle te verdeel, word redelik sterk korrelasies ($0,7 \geq r_s \geq 0,9$) verkry.

Uit die voorgaande is dit duidelik dat indien vanuit die staanspoor slegs van 'n lang meeteenheid gebruik gemaak was, sou die variasie in puingrootte en gevolglike aanduiding van swak sortering nie so duidelik na vore gekom het nie. Dit mag dalk die rede bied waarom sommige navorsers aflei dat die puin goed gesorteer is en dat daar 'n direkte (kousale) verband tussen hellingshoek en puingrootte bestaan.

HOOFSTUK 8

RUSHOEK VAN DIE PUIN

8.1 INLEIDING

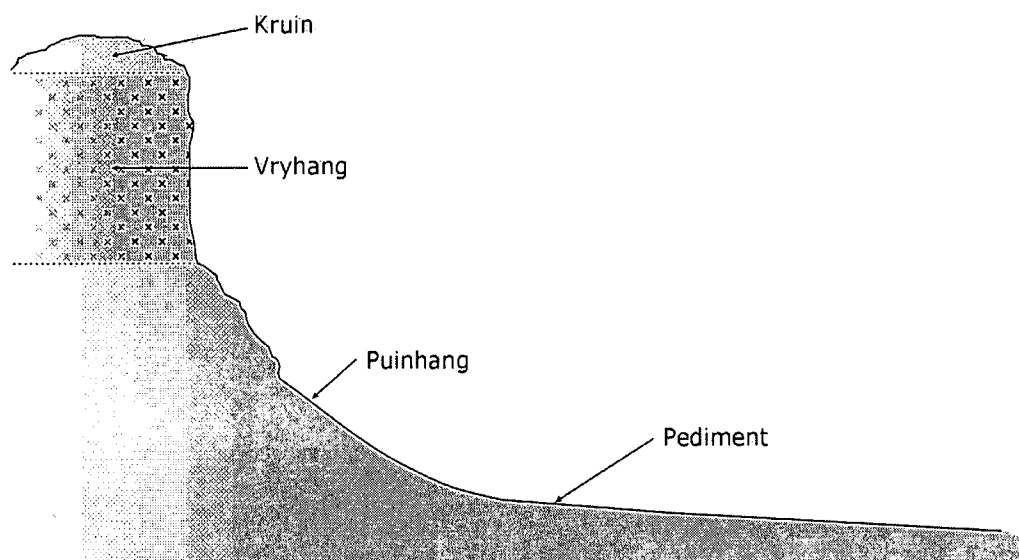
Volgens Statham (1975, 264) word die presiese betekenis van die term 'rushoek van die puin' dikwels swak begryp en gedefinieer. Young (1972, 130) beskou die rushoek van die puin as daardie hoek waarteen opgehoopte los materiaal lê. Hy stel die term 'stilstandshoek' ("angle of settling") voor as daardie helling waarteen los materiaal tot ruste kom nadat basale steun verwyder is. Chorley e.a. (1984, 235) gebruik die term vir die ontwikkeling van talus of "scree". Volgens hulle akkumuleer materiaal teen die rushoek en die rushoek reflekteer ook die vorm en gerondheid van die partikels. Young (1972, 130) gebruik die term ook in die geval van "scree" en talus.

Fair (1948a, 72) stel die volgende omtrent hange in die Karoo:

"The declivity of the talus slope is determined by the angle of repose of debris upon it and this in turn, is governed by the size and supply of the boulders."

Vir hom is die hangelement net onder die vryhang (Fig. 8.1) die talus of "detrital slope" (1948a, 71). Dit stem ooreen met wat in hierdie studie as die puinhang beskou word.

Indien die konsep van 'rushoek van die puin' ("angle of repose") vir puinhange geld wat impliseer dat hellingshoek afhanklik van puingrootte is, behoort die puin volgens grootte by spesifieke hellingshoeke te lê. Elke individuele puinfragment rus dus teen die hellingshoek wat vir daardie grootte geld. In hierdie afdeling word die verband tussen elke puinfragment in die lynmonster en die hellingshoek waarby dit lê, ondersoek. Dit behels die berekening van korrelasies tussen elke individuele rots- of puinfragment met die betrokke meeteenheid



Figuur 8.1: 'n Skematiese voorstelling van die vier element hang soos deur King voorgestel (Reynhardt en Vrahimis, 1992)

(hellingshoek) waarby dit voorkom. Die aanname wat hier gemaak word, is dat die hellingshoek binne die meeteenheid nie varieer nie. Daar word dus aanvaar dat al die puin wat binne 'n betrokke meeteenheid voorkom presies teen die hellingshoek wat oor daardie 2 meter gemeet is, lê.

8.2 METODE

Die aanwysers van puingrootte soos in Hoofstuk 4 uiteengesit, is vir elke puinfragment bereken. Daarna is hellingshoek met hierdie aanwysers van puingrootte vir elke individuele rots gekorrelleer.

8.3 RESULTATE

Die steekproefgroottes is besonder groot omdat elke individuele puinfragment in die lynmonster met hellingshoek gekorrelleer is. So is die steekproefgroottes volgens tabel 8.1

vir Bulb 3 gelyk aan $n = 568$ en vir Plat 1 is dit $n = 329$.

8.3.1 Korrelasie met gemiddelde deursnee ($\bar{d}$)

Volgens tabel 8.1 is die korrelasies beduidend vir agt profile ($p \leq 0,05$). Die korrelasies vir Lang 2 en Plat 1 is nie beduidend nie ($p \geq 0,05$). Die grootste korrelasie is vir Olev 1 ($r = 0,37$) en die kleinste korrelasie is vir Lang 2 ($r = -0,03$ n.b.). Die gemiddelde korrelasie ($\bar{r}$) is 0,21.

8.3.2 Korrelasie met phi van die gemiddelde deursnee ($\phi \bar{d}$)

Die grootste korrelasie is vir Olev 1 ($r = -0,35$) en die laagste korrelasie is vir Bulb 2 ($r = -0,07$). Al die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$). Die gemiddelde korrelasie ($\bar{r}$) is -0,22.

8.3.3 Korrelasie met "Volume" ("V")

Die grootste korrelasie is vir Olev 2 ($r = 0,33$). Die laagste korrelasie is vir Lang 2 ($r = -0,07$) en hierdie korrelasie sowel as die korrelasie vir Plat 1 is nie beduidend nie ($p \geq 0,05$). Al die ander korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$). Die gemiddelde korrelasie ($\bar{r}$) is 0,15.

8.3.4 Korrelasie met 'n enkele dimensie van die puin (a en b)

Die hoogste korrelasie vir a is vir Olev 1 ($r = 0,38$) en die laagste vir Lang 2 ($r = -0,06$) en nie beduidend nie. Al die ander korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$). Die gemiddelde korrelasie ($\bar{r}$) is 0,22.

Die hoogste korrelasie vir b is $r = 0,35$ (Olev 1) en die laagste vir Lang 2 ($r = 0,03$) en nie

Tabel 8.1: ENKELVOUDIGE KORRELASIES (HELLINGSHOEK MET PUINGROOTTE) VIR ELKE PUINFRAGMENT MET DIE MEETWEENHEID WAAR DIT VOORKOM.

(Die totale aantal puindele per profiel word as die n-waarde getoon. Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) behalwe waar aangetoon as nie beduidend (n.b.)).

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

PROFIEL	GROOTSTE DIMENSIE (a)	MIDDEL DIMENSIE (b)	"VOLUME" (V)	GEMIDDELDE DEURSNEE ($\bar{d}$)	PHI- DEURSNEE ($\Phi \bar{d}$)
Bulb 1 n=566	0,30	0,27	0,14	0,28	-0,29
Bulb 2 n=457	0,13	0,10	0,07	0,10	-0,07
Bulb 3 n=568	0,20	0,15	0,15	0,17	-0,11
Lang 1 n=169	0,28	0,29	0,25	0,26	-0,22
Lang 2 n=239	-0,06n.b.	-0,03n.b.	-0,07n.b.	-0,03n.b.	-0,20
Olev 1 n=291	0,38	0,35	0,24	0,37	-0,35
Olev 2 n=320	0,30	0,30	0,33	0,30	-0,21
Plat 1 n=329	0,13	0,12	-0,06n.b.	0,11n.b.	-0,20
Plat 2 n=164	0,22	0,19	0,14	0,20	-0,24
Plat 3 n=106	0,33	0,31	0,26	0,31	-0,29
GEMIDDELDE KORRELASIE	0,22	0,21	0,15	0,21	-0,22

beduidend nie. Al die ander korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$). Die gemiddelde korrelasie ($\bar{r}$) is 0,21.

8.4 SAMEVATTING

Uit die voorgaande blyk dit dat die korrelasies vir die aanwysers van puingrootte en hellingshoek oor die algemeen laag is. Die gemiddelde korrelasie lê tussen die volgende waardes $0,17 \leq \bar{r} \leq 0,22$. Hiervolgens verklaar puingrootte ten beste 5% van die totale variansie in hellingshoek.

Die korrelasie vir "Volume" van Olev 2 dui daarop dat hierdie profiel oor relatiewe groot puin by hoë hellingshoeke beskik terwyl Plat 1 en Lang 2 oor groot puin by lae hellingshoeke beskik. Soos reeds aangetoon (par.4.3) veroorsaak die produk-effek van volume dat groot rotse se invloed op die korrelasies beklemtoon word. Daarenteen toon die korrelasies vir $\phi \bar{d}$ vir laasgenoemde profile op uitskieters in die sin van groot rotse by lae hellingshoeke. Die algemene verlaging vir hierdie aanwyser van puingrootte dui verder ook op fyn puin by hoër hellingshoeke.

Volgens die konsep "rushoek van die puin" is hellingshoek afhanklik van puingrootte of meer spesifiek van die rushoek van die puin. Hiervolgens lê puin volgens grootte by verskillende hellingshoeke. Dit is duidelik uit die lae waardes van die korrelasies dat hellingshoek swak verklaar word deur puingrootte. Die konsep van rushoek van die puin om hellingshoek te verklaar geld dus nie vir hierdie hange nie. Daar moet dus ander faktore wees wat hellingshoek bepaal.

In die geval van rotsbeheerde hange ("boulder controlled slopes") of meer spesifiek "slope controlled boulders" volgens Mabbutt (1977, 44) is dit moontlik dat hellingshoek eerder puingrootte beheer. Indien puingrootte die afhanklike veranderlike in die korrelasies is, toon die lae korrelasies dat hellingshoek min van die variansie van puingrootte verklaar.

Puinggrootte word dus ook deur ander faktore bepaal. Die gevolgtrekking van Mabbutt (1977,44) dat rotsgrootte en hellingshoek "geassosieer mag wees deur 'n gemeenskaplike kontrole" mag dus ook hier ter sprake wees.

HOOFSTUK 9

PUINGROOTTE

9.1 INLEIDING

Dit blyk uit die voorgaande dat puingrootte min afhanklik van hellingshoek is. Daar is dus ander faktore wat die sortering van die puin op die hange beïnvloed. Verskillende prosesse is waarskynlik verantwoordelik vir die wegbeweeg van puin nadat dit van die vryhang af losgebreek het. Gedurende die beweging na onder ondergaan die puin verwerking. Indien die puin dus slegs aan stadige massabeweging soos grond- en rotskruip onderhewig was, kan afstand weg vanaf die vryhang ekwivalent aan tyd (beskikbaar vir verwerking) gestel word. Hierdie tyd wat dit vir die puin neem om na onder te beweeg sal dus die grootte daarvan beïnvloed.

In hierdie gedeelte gaan die grootte van die puin op die hange ondersoek word. Dit word gedoen om vas te stel of puingrootte met afstand weg van die vryhang afneem.

9.2 METODE

Aangesien die lengte van die profielmeter wat in die studie gebruik is twee meter is, is dit moontlik om die afstand vanaf die vryhang te bepaal deur slegs die meeteenhede te akkumuleer. Sodoende is die afstand vanaf die vryhang twee meter vir die eerste meting, vier meter vir die tweede en so aan. Op hierdie manier is dit moontlik om die totale afstand vanaf die vryhang te bepaal.

Die puin binne elke meeteenheid is tot die aanwysers van puingrootte soos in Hoofstuk 4 bespreek is, herlei. Korrelasies tussen afstand en puingrootte is bereken (Tabel 9.1).

Verder is elke profiel in vyf gelyke intervale verdeel. Sodoende stel elke interval 'n posisie verder weg vanaf die vryhang voor. Die gemiddelde vir die puin is vir elke interval bereken. Analise van variansie is vir die vyf puingemiddeldes van elke profiel bereken. Die resultate tesame met die f- waarskynlikhede word in Tabel 9.2 gegee.

9.3 RESULTATE

Die korrelasies tussen afstand en die aanwysers van puingrootte word in Tabel 9.1 getoon.

9.3.1 Korrelasies vir $\bar{D}$ (gemiddelde deursnee), $\bar{a}$ en $\bar{b}$

Dit blyk uit tabel 9.1 dat die korrelasies vir hierdie aanwysers van puingrootte negatief is, behalwe vir Lang 2 waarvoor dit positief is. Die korrelasies vir $\bar{D}$ wissel tussen $-0,18 \leq r \leq -0,52$ behalwe vir Lang 2 waar $r = 0,14$. Die korrelasies is beduidend in sewe gevalle en slegs Lang 2, Plat 1 en Plat 2 is nie beduidend nie. Die gemiddelde korrelasie is $\bar{r} = -0,28$.

Die korrelasies vir $\bar{a}$ en $\bar{b}$ volg dieselfde patroon as vir $\bar{D}$ met 'n gemiddelde korrelasie vir $\bar{a}$ as $\bar{r} = -0,32$ en vir $\bar{b}$ as $\bar{r} = -0,27$.

9.3.2 Korrelasies vir $\Phi \bar{d}$

Die korrelasies vir hierdie aanwyser van puingrootte is positief en wissel tussen $0,14 \leq r \leq 0,47$. Al die korrelasies is beduidend behalwe die een vir Lang 2. Die gemiddelde korrelasie is $\bar{r} = 0,3$.

Die korrelasies is effens laer as vir $\bar{D}$ behalwe vir Bul 1, Lang 2 en Plat 1. Dit beteken dat daar uitskieters op hierdie profiele voorkom wat sodanig deur die phi-transformasie akkommodeer word dat dit die korrelasies verhoog. Die verhoging is gering in die geval van

Bul 1 ($r_{\bar{D}} = 0,21$; $r_{\phi\bar{d}} = 0,23$) terwyl dit vir Lang 2 vanaf $r_{\bar{D}} = 0,14$ tot $r_{\phi\bar{d}} = 0,14$ verhoog (vir gemiddelde deursnee dus vanaf 'n positiewe verband tussen puingrootte en afstand m.a.w. puin vergroot met 'n groter afstand vanaf die vryhang. Dit word deur die akkommodasie van uitskieters d.m.v. die phi-transformasie verander na 'n afname in puingrootte met toenemende afstand) en vir Plat 1 vanaf $r_{\bar{D}} = -0,18$ tot $r_{\phi\bar{d}} = 0,36$ verhoog.

9.3.3 Korrelasies met "Volume" (" $\bar{V}$ ")

Die korrelasies met "volume" is negatief en oor die algemeen laer as vir enige van die ander aanwysers van puingrootte. Die korrelasies wissel vanaf $-0,08 \leq r \leq -0,57$ behalwe vir Lang 2 wat 'n positiewe korrelasie toon ($r = 0,09$). Hiervan is die korrelasies van vyf profiele nie beduidend nie. Die gemiddelde korrelasie is $\bar{r} = -0,22$.

9.3.4 Korrelasies met die grootste rots per meting ($\bar{d}_{\text{maks}}$)

Hierdie korrelasies is almal negatief en wissel tussen $-0,01 \leq r \leq -0,72$. Hiervan is slegs twee nie beduidend nie (Lang 2 en Plat 1). Die gemiddelde korrelasie is $\bar{r} = 0,42$. Hierdie aanwyser toon dan ook die grootste korrelasies van al die aanwysers van puingrootte behalwe in die geval van Plat 1.

9.4 Vergelyking tussen die korrelasies vir afstand en dié van hellingshoek

Indien die individuele waardes van die korrelasies tussen afstand en die aanwysers van puingrootte ondersoek word, blyk dit dat hierdie korrelasies dieselfde patroon volg as dié vir hellingshoek as onafhanklike veranderlike in Hoofstuk 4 bespreek (Tabel 4.3). Die verklarings vir die korrelasies van die individuele profiele soos vir hellingshoek bespreek, geld dus ook hier. Die volgende uitsonderings is egter ter sprake:

- i) Die korrelasies vir afstand met die aanwysers van puingrootte is negatief (behalwe in die

Tabel 9.1: ENKELVOUDIGE KORRELASIES VIR 2m MEETENHEDE MET AFSTAND EN DIE AANWYSERS VAN PUINGROOTTE AS VERANDERLIKES.

(Die totale aantal meeteenhede per profiel word as die n - waarde getoon. Die korrelasies is beduidend ($p \leq 0,05$) behalwe waar aangetoon as n.b.)

AANWYSERS VAN PUINGROOTTE

PROFIEL	GROOTSTE DIMENSIE $\bar{a}$	MIDDEL DIMENSIE $\bar{b}$	"VOLUME" $\bar{v}$	GEMIDDELDE DEURSNEE $\bar{D}$	PHI- DEURSNEE $\phi \bar{d}$	GROOTSTE ROTS $\bar{D}_{maks}$
Bulb 1 n = 142	-0,25	-0,20	-0,08(n.b.)	-0,21	0,23	-0,42
Bulb 2 n = 157	-0,27	-0,22	-0,08(n.b.)	-0,23	0,20	-0,41
Bulb 3 n = 137	-0,38	-0,30	-0,26	-0,34	0,26	-0,43
Lang 1 n = 43	-0,5	-0,54	-0,47	-0,5	0,42	-0,59
Lang 2 n = 56	0,05(n.b.)	0,17(n.b.)	0,09(n.b.)	0,14(n.b.)	0,14(n.b.)	-0,17(n.b.)
Olev 1 n = 55	-0,32	-0,22	-0,22(n.b.)	-0,26	0,23n.b.	-0,53
Olev 2 n = 52	-0,55	-0,47	-0,57	-0,52	0,40	-0,72
Plat 1 n = 52	-0,24(n.b.)	-0,19(n.b.)	0,12n.b.	-0,18(n.b.)	0,36	-0,01(n.b.)
Plat 2 n = 42	-0,28(n.b.)	-0,23(n.b.)	-0,19(n.b.)	-0,25(n.b.)	0,28(n.b.)	-0,33
Plat 3 n = 39	-0,49	-0,51	-0,49	-0,48	0,47	-0,62
REKENKUNDIGE GEMIDDELDE KORRELASIE ($\bar{x}$)	-0,32	-0,27	-0,22	-0,28	0,30	-0,42

geval van phi-deursnee). Dit beteken dat daar 'n omgekeerde verband tussen afstand en puingrootte bestaan, met ander woorde, daar is 'n afnemende tendens in puingrootte met 'n toename in afstand weg vanaf die vryhang.

ii) Die korrelasies vir afstand is in die meeste gevalle effens laer as dié vir hellingshoek. Die gemiddelde korrelasies is egter deurgaans laer vir afstand as vir hellingshoek. Sodoende wissel die gemiddelde korrelasies vir afstand met die aanwysers van puingrootte vanaf -0,22 tot -0,42 ($-0,22 \leq \bar{r} \leq -0,42$) met 'n gemiddelde korrelasie van $\bar{r} = 0,3$ vir $\Phi \bar{d}$. Dit wissel vir hellingshoek (Tabel 4.3) vanaf $0,27 \leq r \leq 0,47$ met 'n gemiddelde korrelasie vir $\Phi \bar{d}$ van $\bar{r} = -0,37$.

Volgens Tabel 9.2 korreleer hellingshoek as afhanklike veranderlike beide betekenisvol ($-0,83 \leq r \leq -0,95$) en beduidend ($p \leq 0,05$) met afstand as onafhanklike veranderlike. Die korrelasies is negatief en dus bestaan daar 'n omgekeerde verwantskap tussen hellingshoek en afstand. Dit beteken dat hoe verder daar weg beweeg word vanaf die vryhang (afstand toeneem) hoe laer word die hellingshoek. Die gemiddelde korrelasie vir die 10 profile is $\bar{r} = -0,89$. Die korrelasie tussen hierdie twee veranderlikes is nie perfek nie weens die variasie in hellingshoek as gevolg van mikroreliëfeienskappe (Hoofstuk 6). Die profiel wat die grootste mate van onreëlmatigheid ten opsigte van mikroreliëf toon is Lang 1 ($r = -0,83$) terwyl die profiel met die grootste reëlmaat Olev 1 ($r = -0,95$) is.

Die korrelasies met afstand en die aanwysers van puingrootte is laer as dié vir hellingshoek omdat afstand vanaf die vryhang reëlmatig met elke 2m meeteenheid toeneem. Daar bestaan geen variasie in hierdie reëlmaat nie. Wanneer puingrootte met die absolute reëlmatigheid waarmee afstand toeneem, vergelyk word, dan verminder die kovariansie. Sodoende word die onreëlmatigheid in die sortering van die puin benadruk (afstand neem reëlmatig toe, puingrootte verminder met minder reëlmaat). So byvoorbeeld toon Lang 2 die volgende

TABEL 9.2: ENKELVOUDIGE KORRELASIES TUSSEN HELLINGSHOEK EN AFSTAND VANAF DIE VRYHANG (n= aantal meeteenhede per profiel).

PROFIEL	n	KORRELASIE (r^*)
Bulb 1	142	-0,88
Bulb 2	157	-0,90
Bulb 3	137	-0,88
Lang 1	43	-0,83
Lang 2	56	-0,87
Olev 1	55	-0,95
Olev 2	52	-0,94
Plat 1	52	-0,91
Plat 2	42	-0,90
Plat 3	39	-0,87
Gemiddelde korrelasie ($\bar{r}$)		-0,89

Korrelasies statisties beduidend ($p \leq 0,05$)

waarnemings (Afstand vanaf vryhang (L), hellingshoek (θ) en gemiddelde puingrootte ($\bar{D}$)):

L	θ	$\bar{D}$
16m	24	265mm
18m	27	890mm
<i>onderbreking van data ter wille van verkorting</i>		
24m	25	393mm

Tabel 9.3: DIE GEMIDDELDE GROOTTE VAN DIE PUTN VIR ELK VAN DIE VYF PROFIEL INTERVALLE.

PROFIEL	GEMID- DELDE DEURSNEE	n	GEMID- DELDE DEURSNEE	n	GEMID- DELDE DEURSNEE	n	GEMID- DELDE DEURSNEE	n	GEMID- DELDE DEURSNEE	n
Bulb 1	271 <i>2</i>	123	287 <i>1</i>	127	244 <i>3</i>	96	179 <i>4</i>	115	165 <i>5</i>	105
Bulb 2	276 <i>2</i>	141	328 <i>1</i>	118	260 <i>3</i>	84	251 <i>4</i>	88	239 <i>5</i>	43
Bulb 3	315 <i>1</i>	115	236 <i>3</i>	130	250 <i>2</i>	109	241 <i>4</i>	97	171 <i>5</i>	117
Lang 1	258 <i>1</i>	43	258 <i>2</i>	37	189 <i>4</i>	42	221 <i>3</i>	31	138 <i>5</i>	16
Lang 2	239 <i>5</i>	64	280 <i>3</i>	61	272 <i>4</i>	51	364 <i>1</i>	37	337 <i>2</i>	26
Olev 1	144 <i>1</i>	85	120 <i>2</i>	67	94 <i>3</i>	59	71 <i>5</i>	50	104 <i>4</i>	31
Olev 2	122 <i>1</i>	61	103 <i>2</i>	77	76 <i>5</i>	68	84 <i>3</i>	64	79 <i>4</i>	51
Plat 1*	158 <i>2</i>	70	165 <i>1</i>	65	156 <i>3</i>	75	123 <i>5</i>	64	152 <i>4</i>	56
Plat 2	241 <i>2</i>	36	327 <i>1</i>	24	208 <i>3</i>	39	205 <i>4</i>	32	188 <i>5</i>	34
Plat 3	287 <i>2</i>	37	323 <i>1</i>	23	265 <i>3</i>	18	209 <i>4</i>	14	186 <i>5</i>	15

n - Hoeveelheid puindele per interval

Syfers in kursief gedruk dui rangordes van gemiddelde deursnee aan met 1 as die grootste en 5 as die kleinste.

*F-waarskynlikheid vir hierdie profiel nie beduidend nie ($p>0,05$).

Dit is duidelik uit voorgenoemde waarnemings dat enige korrelasie tussen puingrootte en afstand kleiner as tussen puingrootte en hellingshoek sal wees. Die puin is onreëlmatig sorteer, hellingshoek neem nie reëlmatig af nie en dus is die kovariasie groter. Daarenteen neem afstand reëlmatig toe met 'n gevolglike kleiner kovariansie met puingrootte.

9.5 Die gemiddelde grootte van die puin vir elk van die vyf profiel intervale.

Dit blyk uit Tabel 9.3 dat die gemiddelde grootte van die puin met afstand vanaf die vryhang afneem. Dit is die geval vir nege profiele. Slegs Lang 2 toon die teenoorgestelde tendens. Vir ses profiele kom die kleinste gemiddelde grootte van die puin op interval 5 voor. Dit is die verste posisie weg vanaf die vryhang. Hierdie profiele is Bulb 1,2,3; Lang 1; Plat 2 & 3. By Olev 1 en Plat 1 kom die kleinste gemiddelde grootte van die puin op interval 4 voor. Die kleinste gemiddelde grootte van die puin word dus vir 8 profiele op interval 4 of 5, dus laag af op die hange gevind. Vir Lang 2 kom die kleinste gemiddelde grootte op interval 1 voor terwyl dit vir Olev 2 op interval 3 voorkom.

Die grootste gemiddelde puingrootte word vir 4 profiele naaste aan die vryhang, dit is op interval 1, gevind. Hierdie profiele is Bulb 3, Lang 1, Olev 1 & 2. Vir 5 profiele (Bulb 2 & 3, Plat 1,2 & 3) kom die grootste puingemiddelde op interval 2 voor. Die grootste puingemiddelde word dus naby die vryhang op interval 1 of 2 vir 9 profiele gevind. Slegs Lang 2 is die uitsondering hier met die grootste puingemiddelde wat op interval 4 voorkom.

Analise van variansie (ANAVA) is op die vyf gemiddeldes van elke profiel uitgevoer om vas te stel of die waargenome verskille in die gemiddeldes vir die vyf intervale ook in die populasie voorkom. Soos blyk uit Tabel 9.3 is die verskille statisties beduidend vir nege profiele. Slegs Plat 1 is nie beduidend nie. Wat in gedagte gehou moet word, is dat ANAVA slegs aantoon dat sommige van die gemiddelde groottes van mekaar verskil. Dit toon nie aan waar die verskille voorkom nie (tussen watter gemiddeldes van watter intervale) asook of meer as net twee gemiddeldes van mekaar statisties beduidend verskil nie. Ander statistiese

metodes is nodig om hierdie verskille aan te toon.

9.6 SAMEVATTING

Die korrelasies met afstand en puingrootte is oor die algemeen laag, maar tesame met die verdeling van elke profiel in vyf gelyke intervale blyk daar wel 'n tendens te bestaan vir die puin om in grootte na die voet van die hange af te neem. Indien afstand met tyd vervang word, neig die puin dus om oor tyd te verklein. Weens die lae korrelasies is dit duidelik dat puingrootte nie slegs afhanklik van afstand of tyd beskikbaar vir verwerking is nie.

Die voorkoms van sandsteendagsome op die profiele (Bulberg) veroorsaak ook dat afstand weg vanaf die vryhang nie eenvoudig gelyk aan tyd beskikbaar vir verwerking gestel kan word nie. Puin versamel op die dagsome en dus word die beweging vertraag (Figuur 9.1). Sodoende veroorsaak 'n dagsoom ook dat puin langer blootgestel word aan hoofsaaklik fisiese verwerking. Daar kom nie grond op 'n dagsoom voor wat tot groter vogtigheid en dus chemiese verwerking lei nie. Die dagsome mag moontlik 'n verklaring bied waarom die korrelasies met afstand en puingrootte so laag is.

HOOFSTUK 10

PARTIKELVORM EN SORTERING

10.1 INLEIDING

Die profiele wat die beste sortering toon is Langenhovenpark 1, Olevien 2 en Platkop 3. Van hierdie drie profiele toon Lang 1 die grootste korrelasies met "volume" (" $\bar{V}$ ") en die grootste rots per meting ($\bar{d}_{maks}$) as aanwysers van puingrootte (Tabelle 4.3 en 6.1). Nadere ondersoek van die groot puin op hierdie hang toon dat die verskil tussen die lang as (a-as) en kortste as (c-as) die grootste waarde van al die profiele vir hierdie profiel lewer (Tabel 10.1). Dit het 'n ondersoek na die vorm van puin geïnisieer.

Tabel 10.1: DIE GEMIDDELDE VERHOUDING VAN DIE DRIE DIMENSIES TOT MEKAAR VAN PUIN GROTER AS 500mm IN GEMIDDELDE DEURSNEE.

PROFIEL	DIMENSIES			VERSKIL
	GROOT	MIDDEL	KLEIN*	(GROOT MINUS KLEIN)
Bulb 2	1,54	1,26	1	0,54
Lang 1	2,01	1,67	1	1,01
Lang 2	1,47	1,18	1	0,47
Olev 2*	2,21	1,37	1	1,21
Plat 1	1,82	1,40	1	0,82
Plat 3	1,89	1,24	1	0,89

* Olevien 2 het geen puin groter as 500mm gemiddelde deursnee nie en dus is alle puin groter as 300mm in die berekening van die gemiddelde verhouding ingesluit.

*Hierdie is as verwysingswaarde arbitrêr as eenheidswaarde gekies.

Die vorm van partikels geniet baie aandag onder geoloë en meer spesifiek sedimentoloë wat die gedrag daarvan in 'n vervoermedium probeer vasstel met die oog op die ontleding van sedimentêre afsettings. In hierdie verband kan na die werk van Waddell (1932), Krumbein & Pettijohn (1938), Krumbein (1941), Sneed & Folk (1958), Folk & Ward (1956), Flemming (1965), Griffiths (1967) en Winkelmolen (1971) verwys word.

Met die vorm van 'n partikel word die geometriese vorm bedoel (Krumbein & Sloss, 1951, 78; Goudie, 1981, 86; Leeder, 1985). Dit sluit verskeie, maar verbandhoudende konsepte in, naamlik daardie aspekte van vorm wat

- afhang van die relatiewe afmetings van die drie dimensies (a-, b- en c-asse) asook
- die hoekigheid of gerondheid van die partikel.

Eersgenoemde aspek dui op die vorm van die partikel en laasgenoemde dui die gerondheid aan.

Vorm, soos hierbo gedefinieer, beïnvloed die beweeglikheid van die partikel, met ander woorde hoe gereidelik dit verplaas kan word en dus in hierdie studie die mate van beweeglikheid daarvan helling af. Die verhouding van die drie dimensies tot mekaar bepaal grootliks die ligging van die swaartepunt van puindele met betrekking tot die helling en hoe gereidelik stabiliteit deur ondergraving versteur kan word om beweging te inisieer. Verder speel die verhouding van die drie dimensies tot mekaar 'n rol in die beweeglikheid van die rotsblok wanneer dit aanvanklik van die vryhang losbreek en oor die momentum beskik om oor 'n relatiewe lang afstand binne 'n kort tyd te beweeg. Vorm hou dus hier verband met tyd, want 'n sfeer beskik as gevolg van sy vorm, oor die potensiaal om in 'n kort tyd oor 'n lang afstand te beweeg, byvoorbeeld om tot onder op die hang te rol. 'n Plat, bladvormige fragment wat oor dieselfde momentum as die sfeer beskik, sal nie tot onder kan rol nie en sal dus as gevolg van sy vorm 'n baie langer tyd neem, asook deur ander prosesse, om dieselfde

afstand as die sfeer af te lê.

Gerondheid in die fluviale verband, dui op attrisie en dus op die afstand van vervoer en krag van die vervoermedium (Krumbein & Sloss, 1951,78). Gerondheid kan in hierdie studie gesien word as die tyd wat vir verwerking beskikbaar was. 'n Ongeronde partikel se hoekigheid bied 'n groter oppervlak wat aan verwerking blootgestel word as 'n geronde partikel. Dit veroorsaak sneller verwerking van die onreëlmatigheid as die res van die partikel. Die verwerking van die hoekigheid veroorsaak groter gerondheid van die fragment. Verder kan die afstand van die puin vanaf die vryhang ook aan tyd gekoppel word. Die vryhang is die bron van die puin en indien die puin deur stadige massabeweging hang af vervoer word, is die puin onder op die hang relatief ouer as dié naby die vryhang. 'n Toename in afstand vanaf die vryhang impliseer dus meer beskikbare tyd vir verwerking. Tyd en afstand kan dus in sekere opsigte as ekwivalent in die studie van puinhange gesien word.

Die verhouding van die drie dimensies tot mekaar is 'n aanduiding van die sferisiteit van 'n partikel (Krumbein & Sloss, 1951,78). Die vergelyking vir sferisiteit soos deur Waddell (1932, 444 & 445) ontwikkel sien soos volg daaruit (Krumbein & Sloss, 1951,78):

$$\text{Sferisiteit} = \sqrt[3]{\frac{\text{Volume van die partikel}}{\text{Volume van 'n omsluitende sfeer}}}$$

Om sferisiteit te visualiseer kan 'n klip van enige vorm denkbildig in 'n omsluitende sfeer "geplaas" word. 'n Sferiese klip sal die totale omsluitende sfeer vul terwyl 'n dun skyf slegs 'n klein deel daarvan sal vul. Die sferisiteit van 'n partikel neem dus toe namate dit meer van die omsluitende sfeer vul. Wanneer die twee volumes dieselfde is, is sferisiteit gelyk aan een (1,0). 'n Dun, naaldvormige partikel se sferisiteit is amper nul en alle partikels se sferisiteit lê tussen nul en een (Krumbein & Sloss, 1951,78).

Sferisiteit is gedeeltelik 'n funksie van die verhouding tussen die oppervlakte en die volume

van 'n partikel. 'n Sfeer se oppervlakte tot volume verhouding is die kleinste van alle vorms. Hierdie verhouding neem toe soos wat sferisiteit afneem. Sferisiteit gee dus 'n aanduiding van die potensiële beweeglikheid van 'n partikel teen 'n hang want volume, en dus massa en momentum, neem met die derde mag van die deursnee toe. Daarenteen neem oppervlakte en dus weerstand, slegs met die kwadraat van die deursnee van die partikel toe (Young, 1972, 131). Hoe groter die oppervlakte tot volume verhouding, hoe groter is die weerstand en hoe minder beweeglik is die partikel.

Sferisiteit, soos in bostaande vergelyking gedefinieer, bied die basis vir verskeie metingsmetodes. Volgens Krumbein & Sloss (1951, 78) kan volume vir groot partikels bepaal word deur die verplasing van water. Hierdie volume kan dan uitgedruk word as 'n sfeer met 'n nominale deursnee, d , dit wil sê

$$V = \pi/(6)d^3$$

Die omsluitende sfeer beskik oor 'n deursnee gelyk aan die grootste dimensie van die partikel, met 'n gevolglike volume van

$$V = (\pi/6) a^3$$

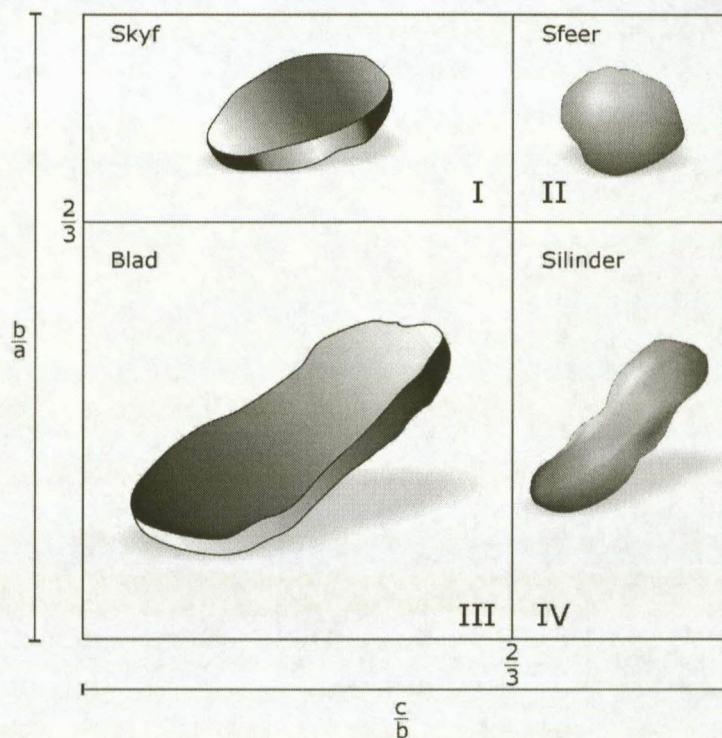
Sferisiteit kan dus soos volg bereken word:

$$\begin{aligned} \text{Sferisiteit} &= \sqrt[3]{\frac{(\pi/6)d^3}{(\pi/6)a^3}} \\ &= d/a \end{aligned}$$

Volgens hierdie definisie is sferisiteit inderwaarheid die verhouding van die nominale

deursnee (d) tot die grootste dimensie (a) van die partikel.

Zingg (1935, 54) klassifiseer 'n partikel in een van vier vorms. Die vorm word verkry deur die verhouding van die middel tot grootste dimensie (b/a) te stip teenoor die verhouding van die kortste tot middel dimensie (c/b). Figuur 10.1 is 'n diagrammatiese voorstelling van Zingg se klassifikasie.



Figuur 10.1: Zingg se klassifikasie van die vorm van partikels op grond van die verhouding tussen die drie dimensies (aangepas uit Zingg, 1935, 55).

Sneed en Folk (1958,117) het 'n klassifikasie stelsel wat op hidrouliese beginsels gebaseer is, ontwikkel. Hiervolgens onderskei hulle tien vorm kategorieë. Hul maksimum projeksie sferisiteit vergelyk die maksimum projeksie oppervlakte van 'n partikel (die produk van die lang (a-as) en middel (b-dimensie)) met die maksimum projeksie oppervlakte van 'n sfeer met dieselfde volume. Die aanname is dat die partikel 'n drie-as ellipsoïde met die volgende

asse is: L (lang), I (middel) en S (kort). Die maksimum projeksie oppervlakte kan dan van die volgende formule bereken word:

$$\Psi = \sqrt[3]{S^2/LI}$$

10.2 METODE

Elke partikel wat in die lynmonster versamel is, is in een van Zingg (1935, 54) se vormklasse verdeel op grond van die verhouding van die asse (a-, b- en c) tot mekaar. Sodoende is daar tussen die vier vorms (sfeer, skyf, blad en silinder) op grond van die kriteria in Tabel 10.2 onderskei:

Tabel 10.2: KRITERIA VIR DIE IDENTIFISERING VAN DIE VORM VAN PARTIKELS (ZINGG, 1935).

VORM	KLAS	VERHOUDING VAN DIE ASSE	
		b/a	c/b
Silinder	IV	$\leq 0,67$	$\geq 0,67$
Blad	III	$\leq 0,67$	$\leq 0,67$
Sfeer	II	$\geq 0,67$	$\geq 0,67$
Skyf	I	$\geq 0,67$	$\leq 0,67$

a - grootste dimensie; b - middel dimensie; c - kleinste dimensie

Die verspreiding van die vorms is vir elke profiel bepaal. Verder is elke profiel in vyf intervale verdeel en die verspreiding van die verskillende vorms op elke interval is ondersoek.

10.3 RESULTATE

10.3.1 Vormverspreiding op die profiele as geheel

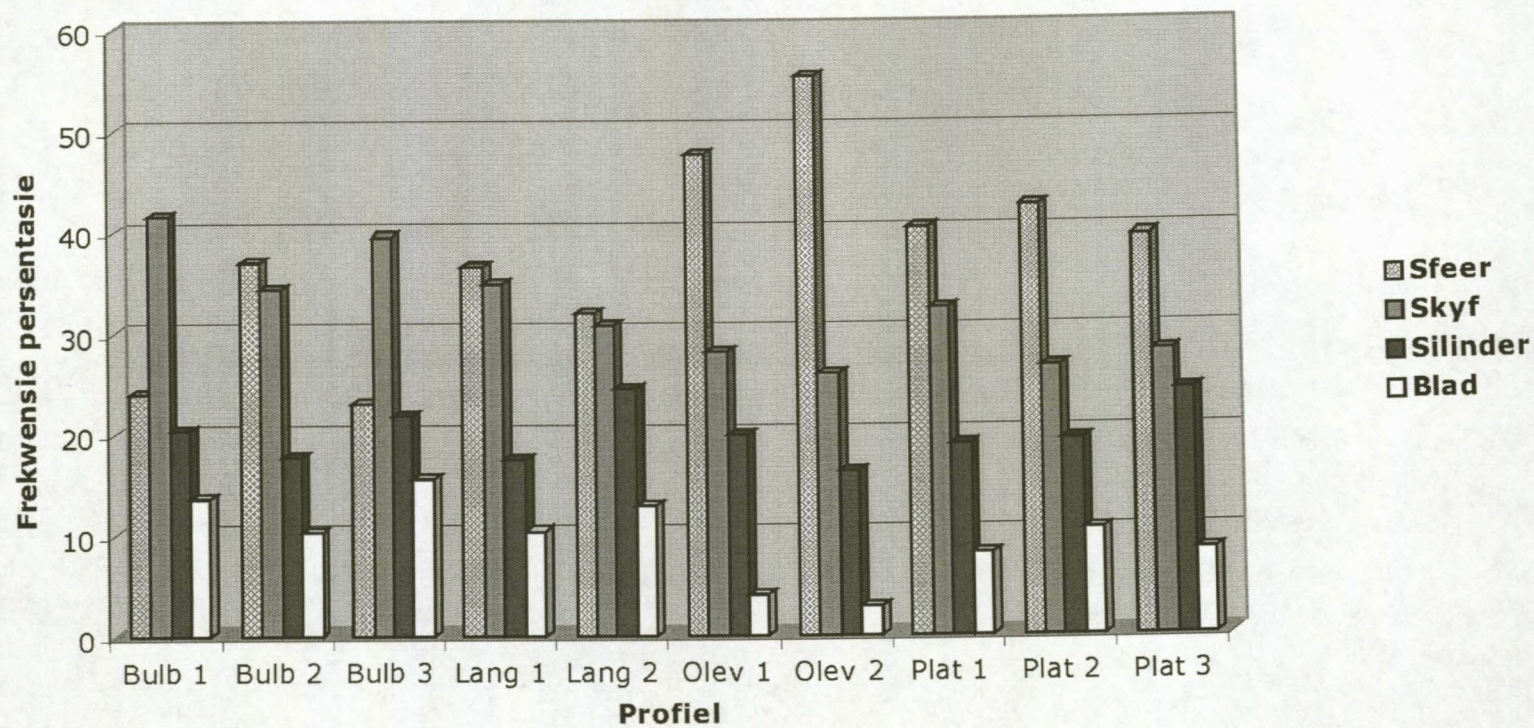
Die verspreidingsfrekwensie van die verskillende vorms vir die profiele word as persentasies in Figuur 10.2 uitgebeeld. Die volgende blyk uit die staafdiagram:

i) Die sfeer en die skyf is die vorms wat die meeste voorkom. Die skyf toon 'n voorkoms van tussen 25% en 42%. Daar bestaan meer variasie in die voorkoms van die sfeer met die laagste by Bulb 3 (23%) en die hoogste by Olev 2 (55%). Die frekwensie van die silinder is kleiner met die hoogste persentasie by Lang 2 (25%) en die laagste persentasie by Bulb 2 (18%). Die vorm wat deurgaans die minste op al die profiele voorkom is die blad. Dit wissel tussen 3% by Olev 2 tot 16% by Bulb 3.

ii) Die verspreidingsfrekwensie van vorm vir die verskillende profiele van 'n spesifieke heuwel neig om dieselfde te wees. Sodoende oorheers die sfeer die profiele van Langenhovenpark, Platkop en Olevien. Dit word respektiewelik deur die skyf, silinder en die blad gevolg. Vir Bulberg oorheers die skyf by twee profiele (Bulb 1 en 3). Die sfeer kom met die hoogste frekwensiepersentasie (37%) by Bulb 2 voor, gevolg deur die skyf met 34,5%. Al drie profiele van Bulberg toon dieselfde verspreidingsvolgorde vir die silinder en die blad.

Hierdie neiging kan aan statistiese toetsing onderwerp word om vas te stel of daar tot die populasie veralgemeen kan word. Aangesien die vormdata nominaal van aard is, kan van die chi-kwadraadverspreiding (χ^2) gebruik gemaak word om vas te stel of die neiging statisties beduidend is. Die statistiese hipotese wat dan getoets moet word is dat die vormverspreiding op die verskillende profiele van 'n spesifieke heuwel nie van mekaar verskil nie. In die geval van die chi-kwadraattoets vorm hierdie hipotese egter die nul-hipotese. Indien die vormverspreiding van 'n spesifieke heuwel dus dieselfde vir al die hange van 'n heuwel is,

FIGUUR 10.2: Blokdiagram om die verspreiding van die verskillende vorms van die puin vir die profile te toon



sal die chi-kwadraattoets nie die nul-hipotese verwerp nie. Dit is egter nie statisties metodologies korrek om te poog om die nul-hipotese nie te verwerp nie. Frederick Williams (1979, 67) stel dit so: " If a study results in failure to reject a null hypothesis, the researcher has not really "proved" a null hypothesis, but has failed to find support for the research hypothesis." Hierdie punt is ook met Dr J.M. van Zijl van die Departement Wiskundige Statistiek, U.O.V.S. bespreek en hy het daarop gewys dat statistici onderling oor die saak mag verskil. Dit is nie metodologies korrek om statistiek op hierdie wyse aan te wend nie, maar daar is gevalle waar dit wel so aangewend word en dan dui dit slegs daarop dat met die data tans tot die beskikking van die navorser dit wil voorkom asof dit nie moontlik is om die nul-hipotese te verwerp nie. Dit sou dus op daardie stadium lyk asof 'n sekere tendens ook in die populasie kon voorkom.

Tabel 10.3 toon die gebeurlikheidstabelle en resultate van die χ^2 -toets vir die vier heuwels aan. Dit is hieruit duidelik dat die nul-hipotese nie vir Langenhovenpark, Olevien en Platkop verwerp word nie. Daar bestaan dus nie 'n beduidende verskil in die vormverspreidings van die profiele van hierdie heuwels nie. Met ander woorde, die vormverspreidings van hierdie heuwels ten opsigte van individuele profiele verskil nie in die populasie nie. (Dit is met in agneming van voorgenoemde bespreking dat statistiese metodes nie poog om 'n nul-hipotese te aanvaar nie). In die geval van Bulberg word die nul-hipotese verwerp en bestaan daar dus 'n beduidende verskil in die vormverspreiding van hierdie drie profiele.

10.3.2 Vormverspreiding op die profiele verdeel in intervale

Dit blyk uit Tabel 10.4 dat die tipe vorm wat die eerste interval oorheers (die boonste vyfde van 'n hang) dieselfde vir die verskillende profiele van 'n spesifieke heuwel is. Sodoende toon al drie profiele van Bulberg asook beide profiele van Langenhovenpark dat die skyf oorheers. By die drie profiele van Platkop asook beide profiele van Olevien oorheers die sfeer. Vanaf interval twee verander die situasie en kenmerk dieselfde oorheersende vorm nie al die profiele van 'n spesifieke heuwel nie.

Tabel 10.3: GEBEURLIKHEIDSTABELLE EN RESULTATE VIR DIE χ^2 TOETS.

PROFIEL	SFEER	SKYF	VORM SILINDER	BLAD	RY TOTAAL	
Bulb 1	136	235	118	77	566	
Bulb 2	178	165	84	51	478	
Bulb 3	132	223	124	89	568	
KOLOM TOTAAL	446	623	326	217	1 612	(A)
Lang 1	62	59	30	18	169	
Lang 2	77	74	59	31	241	
KOLOM TOTAAL	139	133	89	49	410	(B)
Olev 1	139	82	59	12	292	
Olev 2	177	83	52	9	321	
KOLOM TOTAAL	316	165	111	21	613	(C)
Plat 1	134	107	62	27	330	
Plat 2	70	44	32	19	165	
Plat 3	42	30	26	9	107	
KOLOM TOTAAL	246	181	120	55	602	(D)

H_0 : DIE VORMVERSPREIDING VAN DIE PUIN VIR DIE PROFIELE VAN 'N SPESIFIEKE HEUWEL VERSKIL NIE

H_1 : DIE VORMVERSPREIDING VAN DIE PUIN VIR DIE PROFIELE VAN 'N HEUWEL VERSKIL VAN MEKAAR

(A) Bulberg

Vryheidsgrade = 6

$$\chi^2 = \frac{\sum(O - E)^2}{E}$$

$$= 33,2$$

$\alpha:0,01 = 16,812$

Verwerp H_0 . Daar bestaan 'n beduidende verskil in die voorkoms van die vorm van die puin op die verskillende profile van Bulberg.

(B) Langenhovenpark

Vryheidsgrade = 3

$$\chi^2 = 3,2$$

$$\alpha: 0,01 = 11,345; \alpha: 0,05 = 7,815$$

$3,2 < 7,815$ dus kan H_0 nie verwerp word nie. Daar bestaan dus nie 'n beduidende verskil in die vormverspreiding van die puin van die verskillende profiele van Langenhovenpark nie.

(C) Olevien

Vryheidsgrade = 3

$$\chi^2 = 3,187$$

$$\alpha: 0,01 = 11,345; \alpha: 0,05 = 7,815$$

$3,187 < 7,815$ dus kan H_0 nie verwerp word nie. Daar bestaan dus nie 'n beduidende verskil in die vormverspreiding van die puin vir die verskillende profiele van Olevien nie.

(D) Platkop

Vryheidsgrade = 6

$$\chi^2 = 4,2$$

$$\alpha: 0,01 = 16,812; \alpha: 0,05 = 12,592$$

$4,2 < 12,592$ dus kan H_0 nie verwerp word nie. Daar bestaan dus nie 'n beduidende verskil in die vormverspreiding van die puin vir die verskillende profiele van Platkop nie.

Wanneer daar na interval vyf gekyk word, is dit opvallend dat vir agt profiele die oorheersende vorm 'n sfeer is. Die uitsonderings is Bulb 1 en Bulb 3. Bulb 1 toon slegs 'n geringe verskil tussen die sfeer (34%) en die skyf (36%) wat oorheers. Op interval 4 van Bulb 1 is die voorkoms van die skyf 46% teenoor die 24% van die sfeer. Die sfeer toon dus 'n toename vanaf interval vier na interval vyf terwyl die skyf 'n afname toon. By Bulb 3 kom die skyf en die sfeer met dieselfde frekwensiepersentasie (37% elk) op interval 4 voor. Indien die oorspronklike vormverspreiding op interval een van hierdie profiel in ag geneem word, blyk dit dat die skyf met 40% en die sfeer met 15% voorkom. Die sfeer toon dus 'n toename van 11% vanaf interval een tot interval vyf teenoor 'n 3% toename in die skyf.

Uit bogenoemde lyk dit dus asof daar 'n neiging bestaan vir die puin om sferies na die voet van die hange te word. Dit wil dus voorkom asof vorm en ligging op die hang soos deur die vyf intervale voorgestel word, 'n verwantskap toon.

10.3.3 Afleidings: vorm en ligging

In hierdie deel van die Vrystaat is die reliëf hoofsaaklik die gevolg van die verskil in weerstand teen verwerking van die dolerietindringings en die minder weerstandbiedende Beaufortgesteentes. Die heuwels wat in hierdie studie ingesluit is, bestaan telkens uit 'n dolerietplaat wat op sagter Beaufortgesteentes lê. Die dolerietplaat vorm die dekrots vir al die hange asook die vryhang wat die bron van die puin vir die puinhang is. Dit blyk uit Figuur 10.2 dat die vormverspreiding vir die profiele van dieselfde heuwel grootliks ooreenstem. 'n Moontlike rede hiervoor kan dus wees dat die bron van die puin, wat die vryhang van die dekrots is, oor homogene eienskappe beskik ongeag van die hangfrontrigting. Hierdie eienskappe neig om die puin sodanig te beïnvloed dat dit vir al die profiele van 'n heuwel dieselfde vormverspreiding gee. Dit mag dus wees dat die dolerietplaat wat die dekrots van 'n heuwel vorm oor 'n redelike homogene struktuur en tekstuur beskik wat in reaksie op drukverligting en afkoeling (na indringing) neig om nate te vorm wat oorheersend dieselfde vorm aan die puin gee. Hierdie aspek kan in 'n latere studie

Tabel 10.4: Vormverspreiding van die puin (in persentasie) vir die profiele verdeel in intervale.

Bulberg 1				Bulberg 2				Bulberg 3				
Inter- val	Sfeer	Skyf	Silin- der	Blad	Sfeer	Skyf	Silin- der	Blad	Sfeer	Skyf	Silin- der	Blad
1	21,14	42,28	20,33	16,26	30,5	34,04	23,4	12,06	14,78	40,0	22,61	22,61
2	22,05	40,94	24,41	12,6	30,51	41,53	16,95	11,02	18,46	37,69	23,85	20,0
3	18,75	41,67	22,92	16,67	36,9	30,95	19,05	13,1	22,94	38,53	26,61	11,93
4	24,35	46,09	17,39	12,17	52,27	35,23	7,95	4,55	37,11	37,11	17,54	8,25
5	34,29	36,19	19,05	10,48	46,81	23,4	17,02	12,77	25,64	42,74	17,95	13,68

Langenhovenpark 1				Langenhovenpark 2				
Interval	Sfeer	Skyf	Silinder	Blad	Sfeer	Skyf	Silinder	Blad
1	23,26	41,86	20,93	13,95	25,0	39,71	22,06	13,24
2	27,03	51,35	8,11	13,51	31,15	27,87	27,87	13,11
3	45,24	23,81	16,67	14,29	21,57	29,42	31,37	17,65
4	46,43	25,0	25,0	3,57	53,85	28,21	10,26	7,69
5	52,63	26,32	21,05	0	40,91	18,18	31,82	9,09

Olevien 1				Olevien 2				
Interval	Sfeer	Skyf	Silinder	Blad	Sfeer	Skyf	Silinder	Blad
1	40,0	27,06	24,71	8,24	46,15	24,62	23,08	6,15
2	50,75	25,37	20,9	2,99	55,68	27,27	13,64	3,41
3	40,68	35,59	22,03	1,69	63,08	20,0	15,38	1,54
4	60,0	20,0	16,0	4,0	52,94	32,35	13,24	1,47
5	54,84	35,48	9,68	0	60,0	22,86	17,14	0

Platkop 1				Platkop 2				Platkop 3				
Interval	Sfeer	Skyf	Silinder	Blad	Sfeer	Skyf	Silinder	Blad	Sfeer	Skyf	Silinder	Blad
1	37,5	33,75	22,5	6,3	37,5	20,0	27,5	15,0	35,14	32,43	21,62	10,81
2	34,33	41,79	19,4	4,48	36,67	30,0	13,33	20,0	21,74	30,43	43,48	4,35
3	46,75	28,58	11,69	12,99	56,1	36,59	7,32	0	44,44	27,78	16,67	11,11
4	36,67	30,0	30,0	3,33	29,63	29,63	29,63	11,11	50,0	28,57	14,27	7,14
5	50,0	26,09	8,7	15,22	48,15	14,81	22,22	14,81	60,0	13,34	20,0	6,67

empiries deur laboratorium ontleding van die mineralogiese samestelling van die doleriet vasgestel word.

Die drie profiele van Bulberg toon egter nie heeltemal dieselfde vormverspreiding nie en volgens die χ^2 toets (Tabel 10.3) kom hierdie neiging ook in die populasie voor. Die profiel wat die uitsondering hier veroorsaak, is Bulb 2 waar die sfeer 'n effens hoër frekwensie (37%) teenoor die skyf (34,5%) toon. Indien daar na die vormverspreiding van interval 1 van hierdie heuwel se drie profiele gekyk word (Tabel 10.4), blyk dit dat dieselfde vorms die eerste interval oorheers. Die vormverspreiding van die puin naby die vryhang toon dus dieselfde patroon as vir die ander twee profiele van Bulberg. Dit is moontlik dat verwerking vir die verskil in die verdere vormverspreiding van profiel 2 verantwoordelik is. Verdere verklarings vir hierdie uitsondering mag die volgende wees:

i) Die dekrots van Bulberg bestaan uit 'n dolerietplaatindringing wat oor 'n relatiewe groot oppervlakte strek. Dit is dus moontlik dat daar plaaslike mineralogiese verskille in die samestelling van 'n indringing van hierdie grootte kan voorkom. Hierdie verskille mag weer moontlik aanleiding gee tot naatverspreidingspatrone wat van plek tot plek verskil. Die naatverspreidingspatrone beïnvloed die vorm van die puin op die verskillende hangdele van die heuwel.

ii) Aangesien die vormverspreiding van die puin op die eerste interval van die drie profiele ooreenstem, mag dit wees dat die verskil in die vormverspreiding van die profiele in hul geheel toegeskryf kan word aan die reaksie van die puin op verwerking laer af op die hange. Daar moet in ag geneem word dat Bulberg oor die grootste hanglengtes in die studie beskik (ongeveer 300 meter). Vir puin om deur middel van stadige massabeweging hang af te beweeg is 'n lang tyd vir verwerking op hierdie hange beskikbaar indien tyd en afstand as ekwivalent gestel word.

iii) Dit is ook moontlik dat lokale verskille in mineralogiese samestelling van die

dolerietdekrots meer prominent in die verlede was. Die huidige puin op die puinhelling kan verskil van die huidige dekrots. Daarom stem die puinverspreiding op interval 1 ooreen (naby die vryhang), maar verskil vir die profiele in geheel.

Dit blyk verder uit Figuur 10.2 en die beskrywing van die resultate dat die sfeer en die skyf die vorms is met die hoogste frekwensies. Dit word gevolg deur die silinder en laastens die blad. Om 'n moontlike verklaring vir hierdie volgorde te bied moet daar gekyk word na die voorkoms van die verskillende vorms op die verskillende hangdele. Die verskillende liggings op die hange word deur die vyf gelyke hangintervalle voorgestel. Dit blyk dat die sfeer die vorm is wat die onderste dele van die hange oorheers. Die ander vorms toon weer 'n algemene afnemende neiging na die onderste dele van die hange.

Die toename van die sfeer op die onderste dele van die hange kan waarskynlik aan die rol wat verwerking op die vorms van die puin het, toegeskryf word. Toenemende afstand vanaf die vryhang impliseer dat meer tyd vir verwerking beskikbaar was en dat die oorspronklike vorm van die puin dus verander kon word. Afstand word hier as 'n maatstaf van tyd gesien en toenemende afstand kan dus as ekwivalent aan meer tyd beskikbaar vir verwerking beskou word. Die aanname wat hier geld is dat die meeste puin deur middel van stadige massabeweging soos grond- en rotskruip hang af beweeg het.

Die hoë voorkoms van die sfeer aan die voet van die hang kan waarskynlik toegeskryf word aan verwerking wat neig om die puin, ongeag van die oorspronklike vorm, tot 'n sfeer te omskep. Selfs in die gevalle waar 'n sfeer die aanvanklike vorm op die eerste vyfde van die hang (dus naby die vryhang) oorheers soos in die gevalle van Olevien en Platkop, neem die uiteindelijke frekwensies van hierdie vorm aan die voet van die hang (interval 5) toe. So byvoorbeeld is die frekwensiepersentasie van die sfeer vir Plat 3 (Tabel 10.4) 35% vir interval een en 60% vir interval 5.

Daar is gevind dat op die laer hangdele aan die voet van die puinhang 'n akkumulasie van

fyner puin en grond voorkom. Baie van die puin wat op interval vyf voorkom is dus gedeeltelik begrawe. Dit dra daartoe by dat chemiese verwerking meer intens op die puin kan inwerk deurdat meer vog beskikbaar is en sodoende kan dit bydra om die vorm tot sferies verander.

Die blad is die vorm wat deurgaans met die laagste frekwensie op al die profiele voorkom. Vir hierdie vorm is die verskil in afmetings tussen die grootste en middel dimensies sowel as tussen die middel en kleinste dimensie meer as vir enige van die ander vorms. Die lae voorkoms van die blad in dolerietpuin kan waarskynlik aan twee faktore toegeskryf word:

Eerstens, verhinder die fisiese eienskappe van die doleriet moontlik dat drukverligting en afkoeling nate lewer wat grootliks aan hierdie vorm oorsprong gee. Dit mag wees dat die doleriet in hierdie streek neig om blokvormige eerder as bladvormige naatblokke te vorm. Hierdie aspek word deur kwalitatiewe waarneming, soos deur Figuur 10.3 geïllustreer, ondersteun. Hierdie moontlike faktor mag ook nog 'n rede vir die hoë voorkoms van die sfeer

Figuur 10.3: Blokvormige naatblokke in die vryhang van Bulberg.

op die hange bied.

Tweedens, mag dit wees dat al sou die nate bladvormige puin lewer, die invloed van sekondêre nate sodanig op hierdie puinvorm inwerk dat dit relatief vinnig in een van die ander vorms verander. Die skyf is waarskynlik die vorm waarin dit die maklikste sal verander omdat hierdie vormtipe ook plat, maar nie langwerpig is nie. Verder toon die blad 'n algemene afnemende neiging na die voet van die hange (Tabel 10.4) met ander woorde, dit wil dus voorkom asof dit as gevolg van sekondêre nate oorgaan na 'n ander vorm. In die uitsonderlike gevalle waar daar 'n toename in hierdie vorm aan die voet van die hang gevind word soos by Bulb 2, kan dit moontlik aan sekondêre nate in 'n ander puinvorm toegeskryf word. Die sekondêre nate lei dan moontlik tot opbreking en afsplintering en mag tot 'n vermeerdering in bladvormige fragmente lei.

Die aard van die silindriese vorm veroorsaak dat dit 'n vormtipe is wat nie maklik uit een van die ander vormtipes deur verwering ontstaan nie. Die ander drie vorms se dimensies veroorsaak dat sekondêre nate nie tot 'n logiese verandering na 'n silinder lei nie. Die oorsprong van die silinder is moontlik slegs die gevolg van die vorm wat die primêre nate daaraan gee. Sekondêre nate in die silinder kan tot een van die ander vorms aanleiding gee en dit mag 'n verklaring vir die afnemende neiging hang af vir hierdie vorm bied.

Die aanname wat by hierdie bespreking ter sprake kom, is dat die primêre naatpatroon en spasiëring van die nate van die dekrots oor tyd dieselfde gebly het. Die aanname is dus dat die naatpatroon en spasiëring wat oorheers het toe die puin wat tans op interval vyf voorkom, gevorm is, min of meer dieselfde was as wat tans die puin vir interval een vorm. Indien hierdie aanname korrek is, kan deur middel van ergodiese redenering tot die volgende gevolgtrekkings gekom word:

- Ongeag die oorspronklike vorm van die puin neig verwering om die puin in 'n sfeer te verander.

- Deur frekwensie met tyd te vervang volgens die ergodiese beginsel kan die blad as die vormtipe beskou word wat die kortste tyd op die hange bestaan. Weens die aard van hierdie vormtipe, naamlik langwerpig en plat, kan dit weens opbreking maklik in 'n ander vorm verander. Die vorm waarin dit waarskynlik geredelik sal verander is die skyf.
- Voorgenoemde rede bied 'n moontlike verklaring vir die hoë voorkoms van die skyf op die hange.
- Die vorm wat die langste tyd op die hange kan bestaan en dus as die mees stabiele vorm beskou kan word, is die sfeer.

Vir voorgenoemde bespreking geld die aanname deurgaans dat die naatblokvorm wat oorheers het vir die vorming van die puin op interval 1 dieselfde is as wat die puin wat nou op interval 5 voorkom, gevorm het. Indien hierdie aanname dus nie geld nie, mag 'n ander verklaring vir die groter voorkoms van die sfeer op interval 5 toegeskryf word aan 'n naatblokpatroon wat groter voorkeur aan die sfeervorm in die verlede gegee het.

HOOFSTUK 11

PARTIKELVORM EN GROOTTE

11.1 INLEIDING

Soos in die inleiding van Hoofstuk 10 genoem, toon drie profiele (Lang 1, Olev 2 en Plat 3) goeie sortering van die puin op die hange. Die gemiddelde verhouding van die drie dimensies van die puin met 'n deursnee van groter as 500mm is vir hierdie profiele groter as vir die res. Veral Lang 1 toon waardes groter as 1 (Tabel 10.1). Vervolgens gaan 'n verwantskap tussen vorm en puingrootte ondersoek word.

11.2 METODE

Elke fragment van die puin in die lynmonster van 'n profiel is aanvanklik in een van 10 klasintervalle op grond van gemiddelde deursnee ingedeel. Die kleinste klasinterval strek vanaf 30 tot 100 mm; daarna volg die res met 'n klasintervallengte van 100 mm. Die grootste klasinterval is 'n oop klasinterval van 900 mm en groter. Aangesien hierdie verdeling tot klasintervalle aanleiding gee wat onderling nie veel in grootte van mekaar verskil nie, is besluit om van 'n geometriese graderingskaal gebruik te maak. Met so 'n norm vir klassifisering sal 'n 100mm grootteverskil nie 'n beduidende verskil by groot rotse teweeg bring nie ('n rots met 'n deursnee van 600mm of 700mm is steeds 'n baie groot rots, terwyl 100mm 'n groot verskil maak in puin van kleiner groottes). Die geometriese skaal verdeel die puin in 5 klasintervalle soos volg:

30 - 100mm, 100 - 200mm, 200 - 400mm, 400 - 800mm en 800mm en groter.

Verder is elke hang in vyf gelyke intervalle verdeel om verskillende posisies vanaf die vryhang voor te stel. Die voorkoms en vorm van die puin met 'n gemiddelde deursnee van 800mm en meer is voorts vir elke hang ondersoek.

11.3 RESULTATE

Wanneer die staafdiagramme van Figure 11.3 tot 11.12 beskou word, kan die volgende waargeneem word:

Die skyf oorheers al die puingrootte kategorieë van Bulb 1 (Fig 11.3). Daar bestaan 'n toename in die voorkoms van die silinder en die blad in die 400 tot 800mm kategorie. Die sfeer toon min of meer dieselfde persentasie voorkoms (tussen 20% en 30%) vir al die grootte kategorieë.

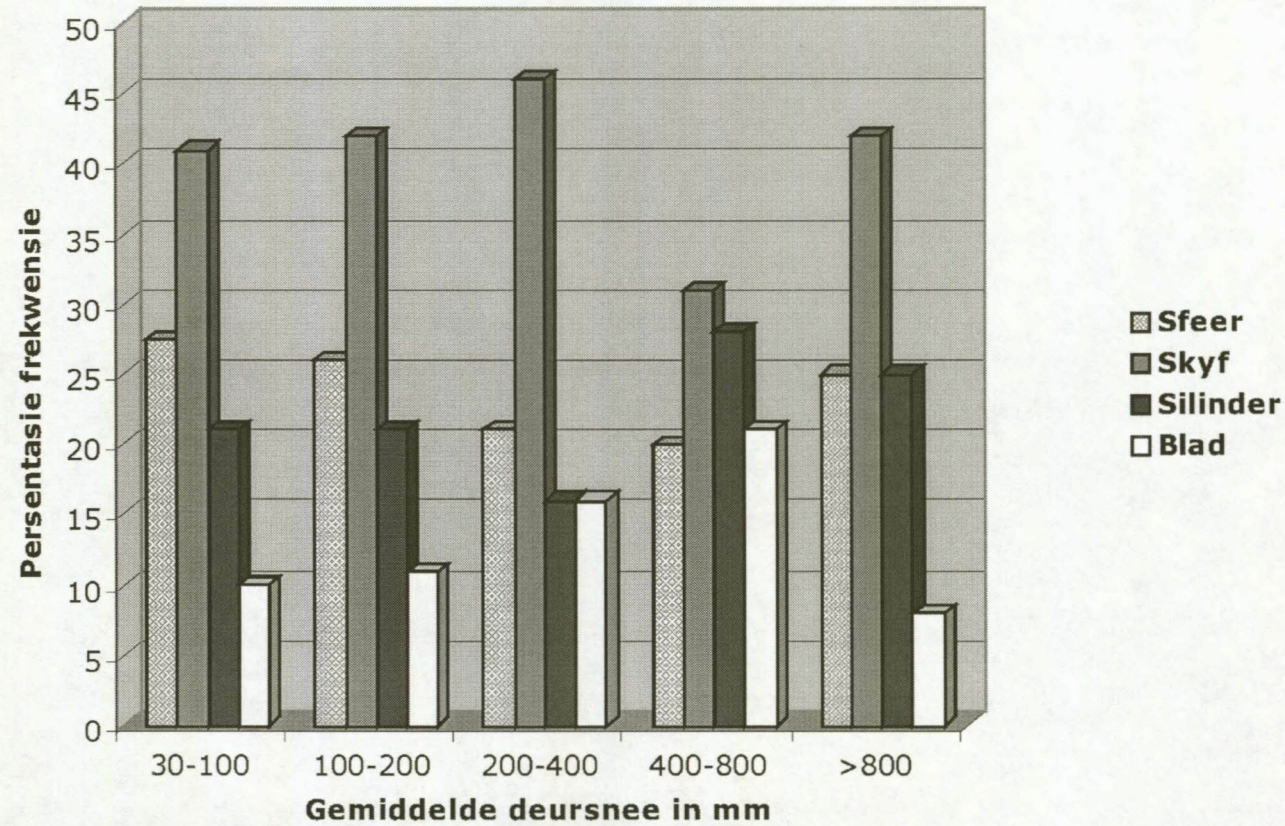
Vir Bulb 2 (Fig 11.4) oorheers die sfeer die 30 - 100mm, 200 - 400mm en die groter as 800mm kategorieë. Die skyf oorheers die oorblywende 2 kategorieë en ontbreek totaal in die groter as 800mm klas. Die silinder en die blad toon ongeveer dieselfde verspreidingspatroon vir al die grootte kategorieë met die blad wat die laagste voorkoms toon.

Die skyf oorheers al die grootte kategorieë vir Bulb 3 (Fig 11.5) en kom in gelyke mates met die sfeer en die silinder in die groter as 800mm kategorie voor. Beide die sfeer en die silinder toon 'n toename in hierdie kategorie. Bulb 3 toon die hoogste voorkoms vir die silinder vir al die profiele van Bulberg.

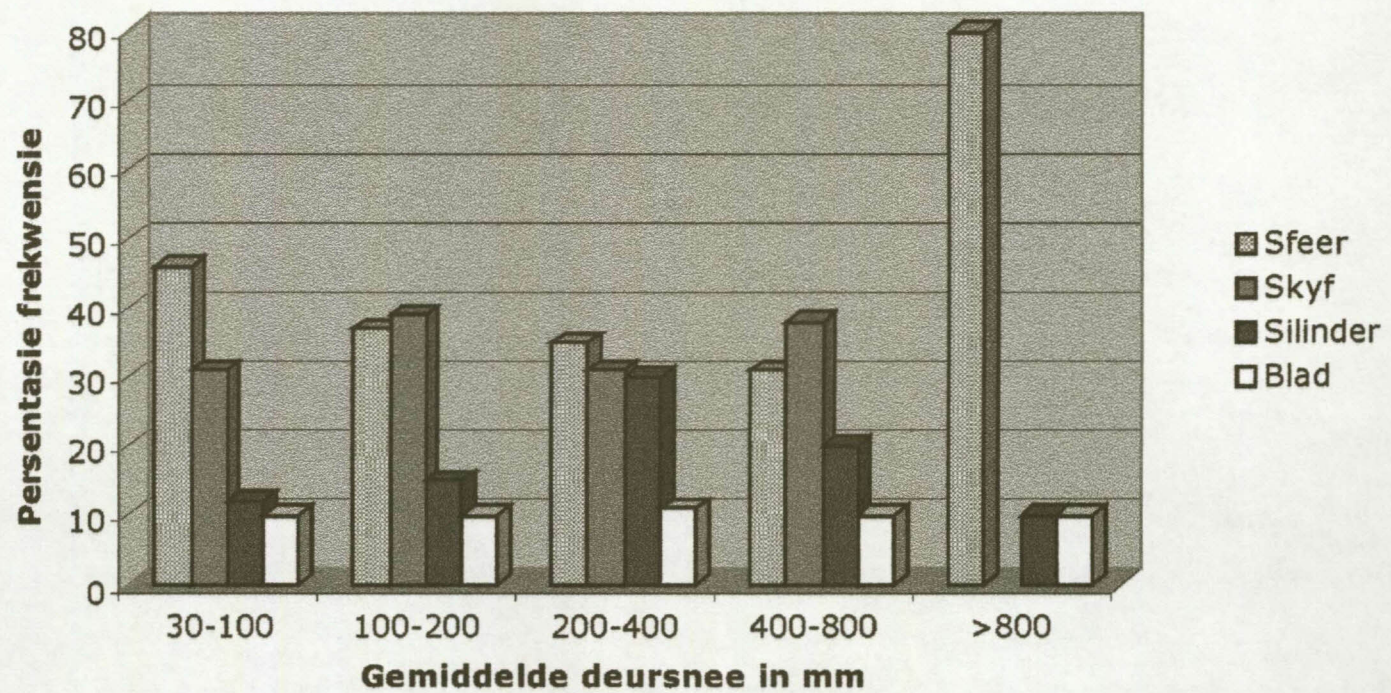
Vir Lang 1 (Fig 11.6) oorheers die skyf die 30 - 100mm en groter as 800mm kategorieë terwyl dit in min of meer gelyke mates met die sfeer in die 200 - 400mm en 400 - 800mm kategorieë voorkom. In die geval van Lang 2 (Fig 11.7) oorheers die skyf die 30 - 200mm kategorieë. Die sfeer oorheers al die groter kategorieë, maar kom in gelyke mates met die silinder in die 200 - 400mm klas voor.

By Olev 1 (Fig 11.8) oorheers die sfeer die 30 - 400mm kategorieë met die skyf die groter as 400mm klas. Die sfeer oorheers al die grootte kategorieë vir Olev 2 (Fig 11.9). Die blad toon 'n baie lae persentasie voorkoms by hierdie twee profiele.

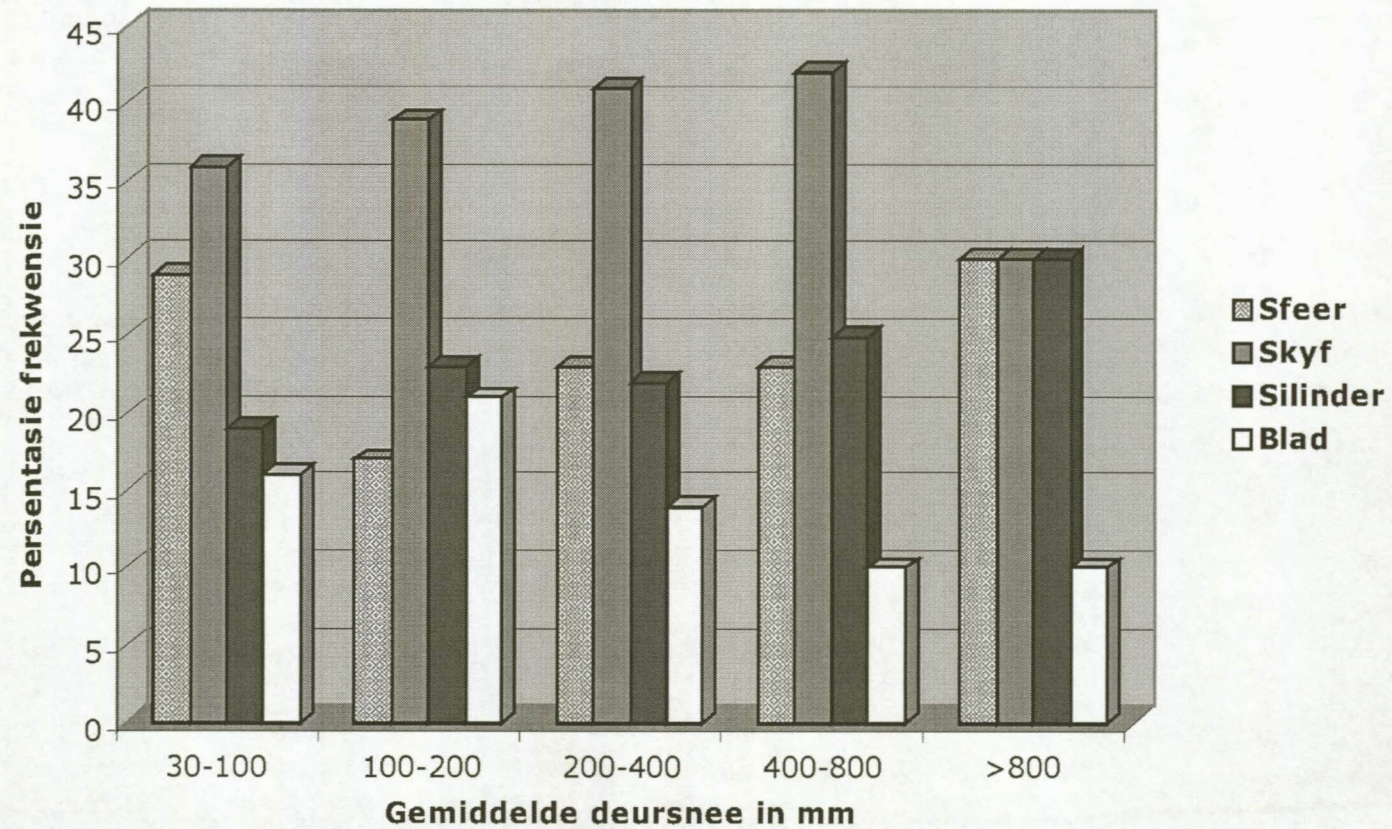
FIGUUR 11.3: Persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Bulb 1.



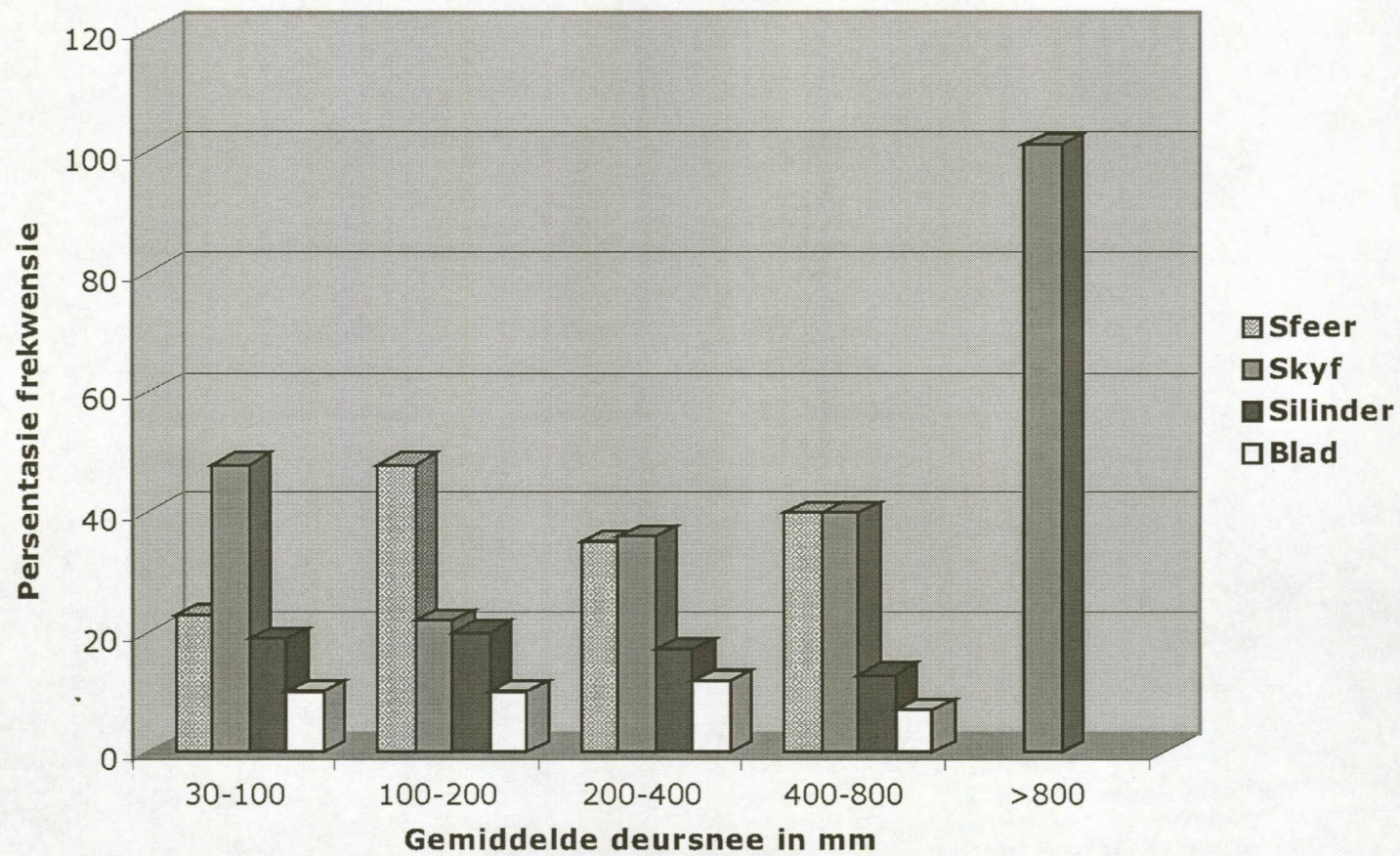
FIGUUR 11.4: Die persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Bulb 2.



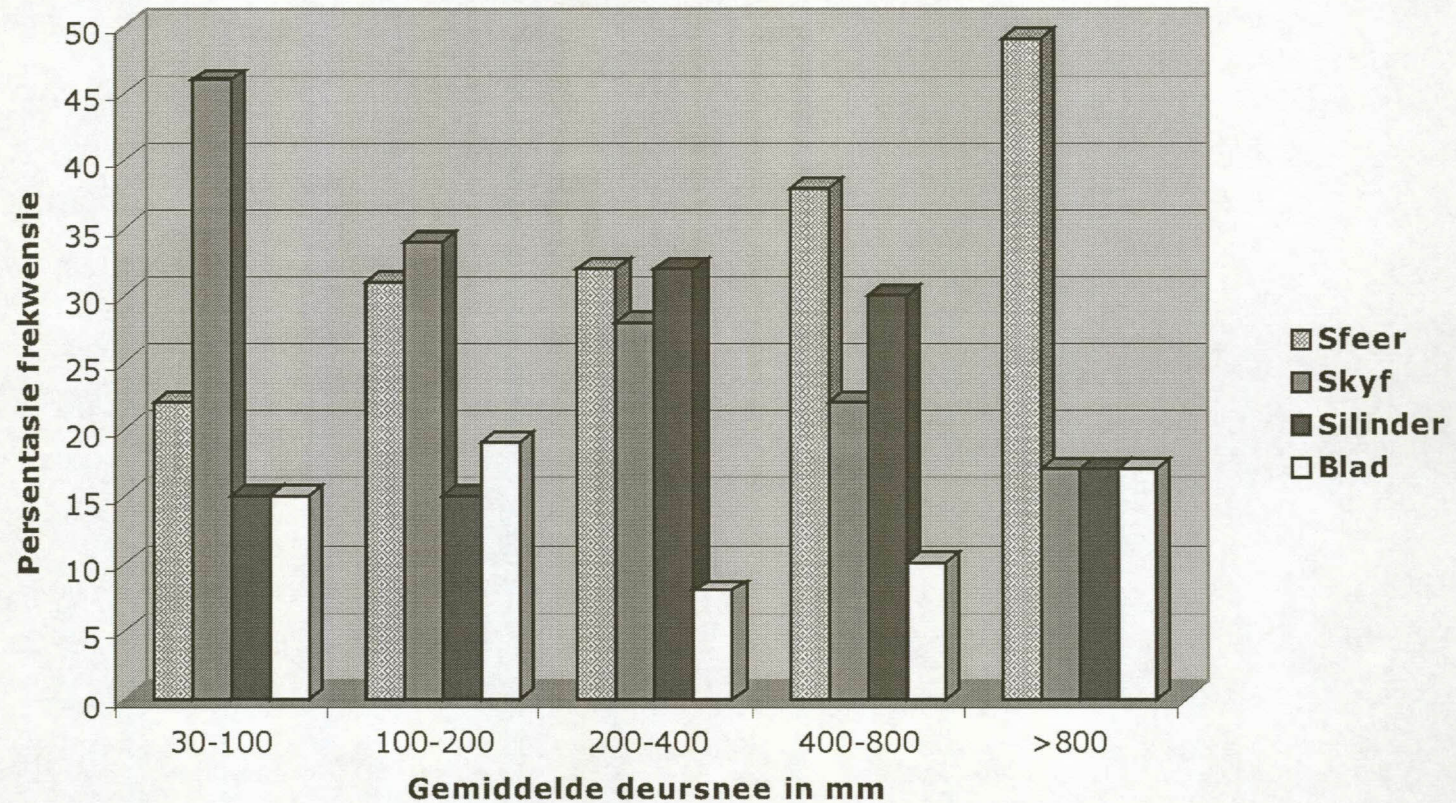
FIGUUR 11.5: Die persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Bulb 3.



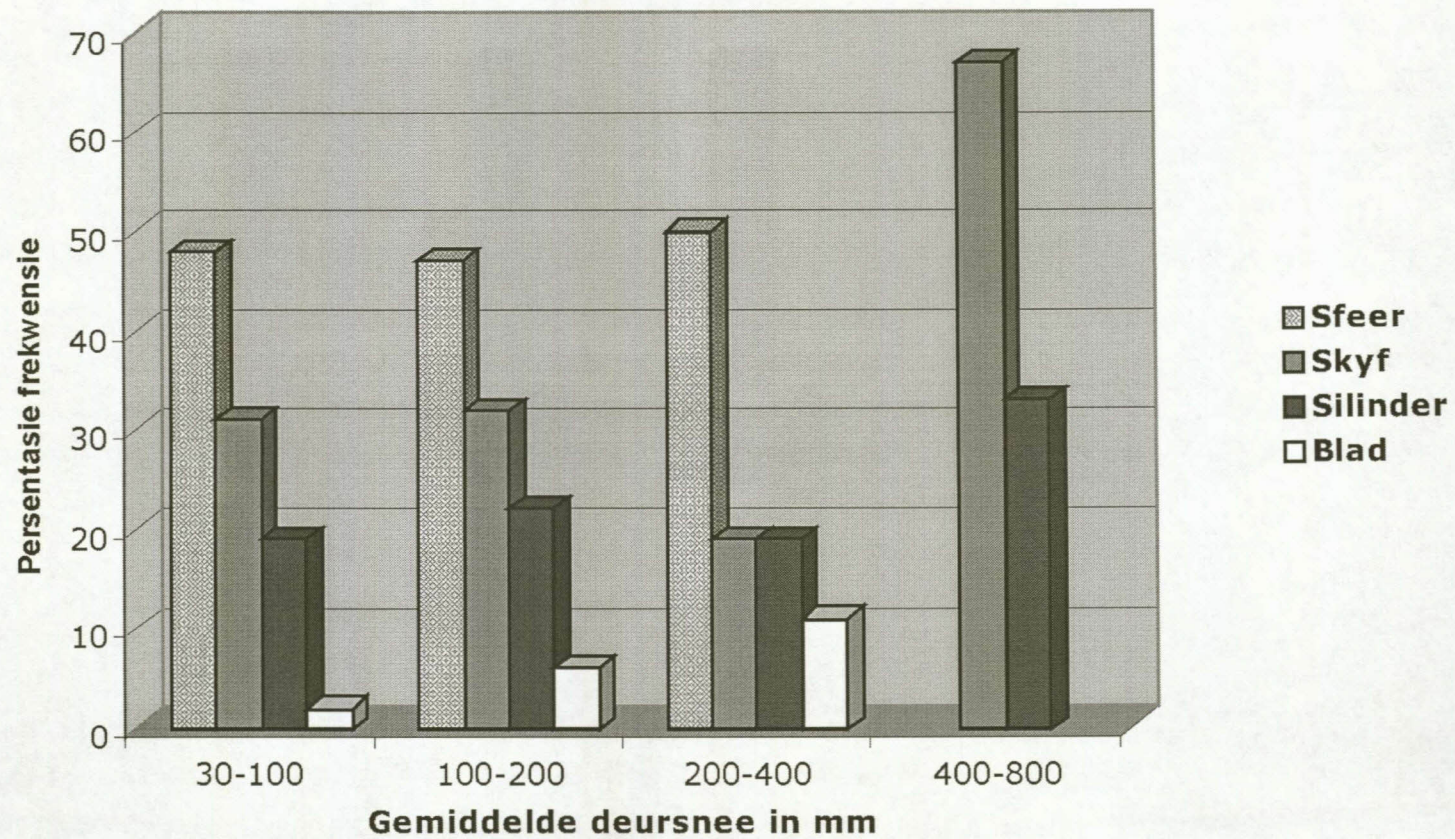
FIGUUR 11.6: Die persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Lang 1.



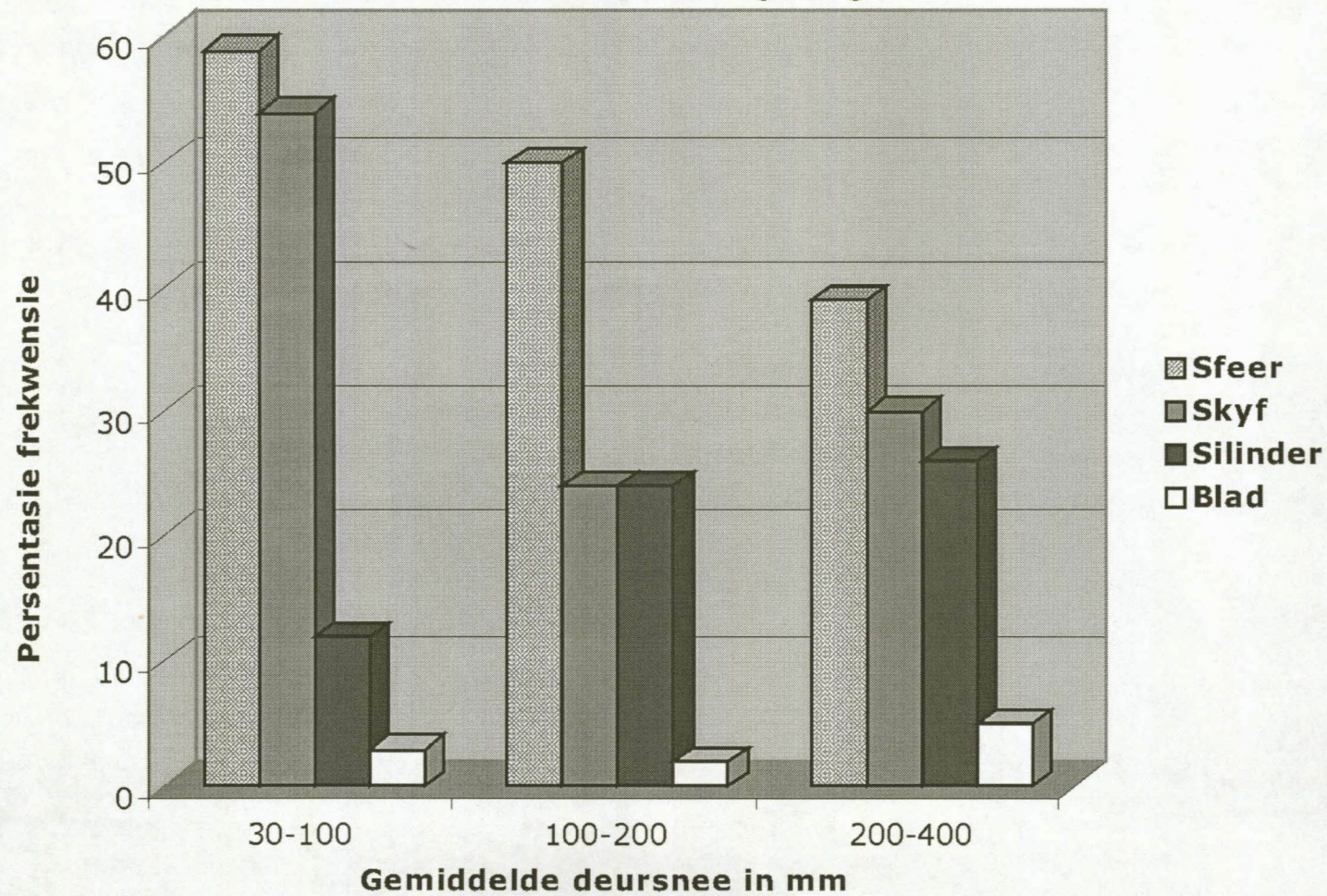
FIGUUR 11.7: Die persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Lang 2.



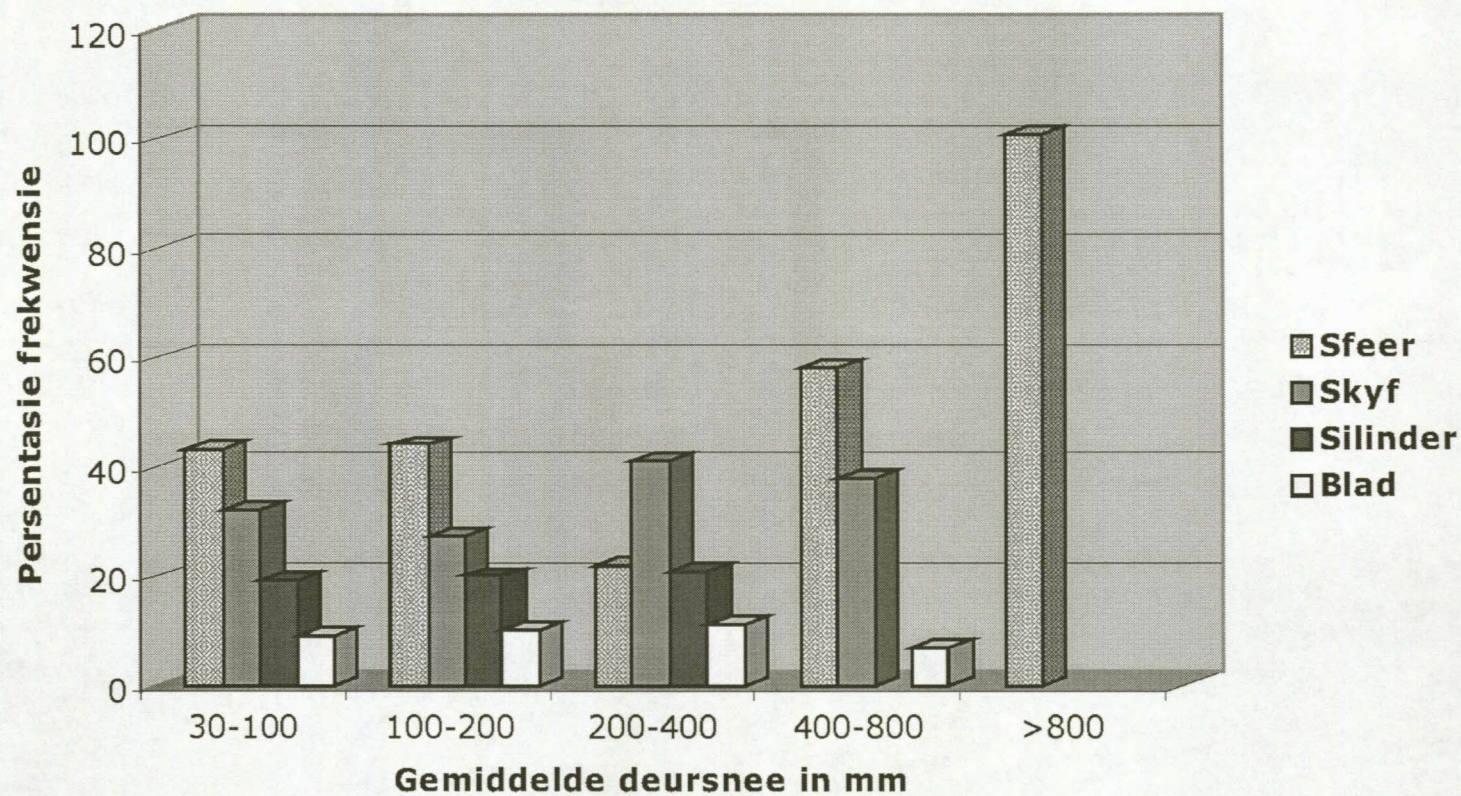
FIGUUR 11.8: Die persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Olev 1.



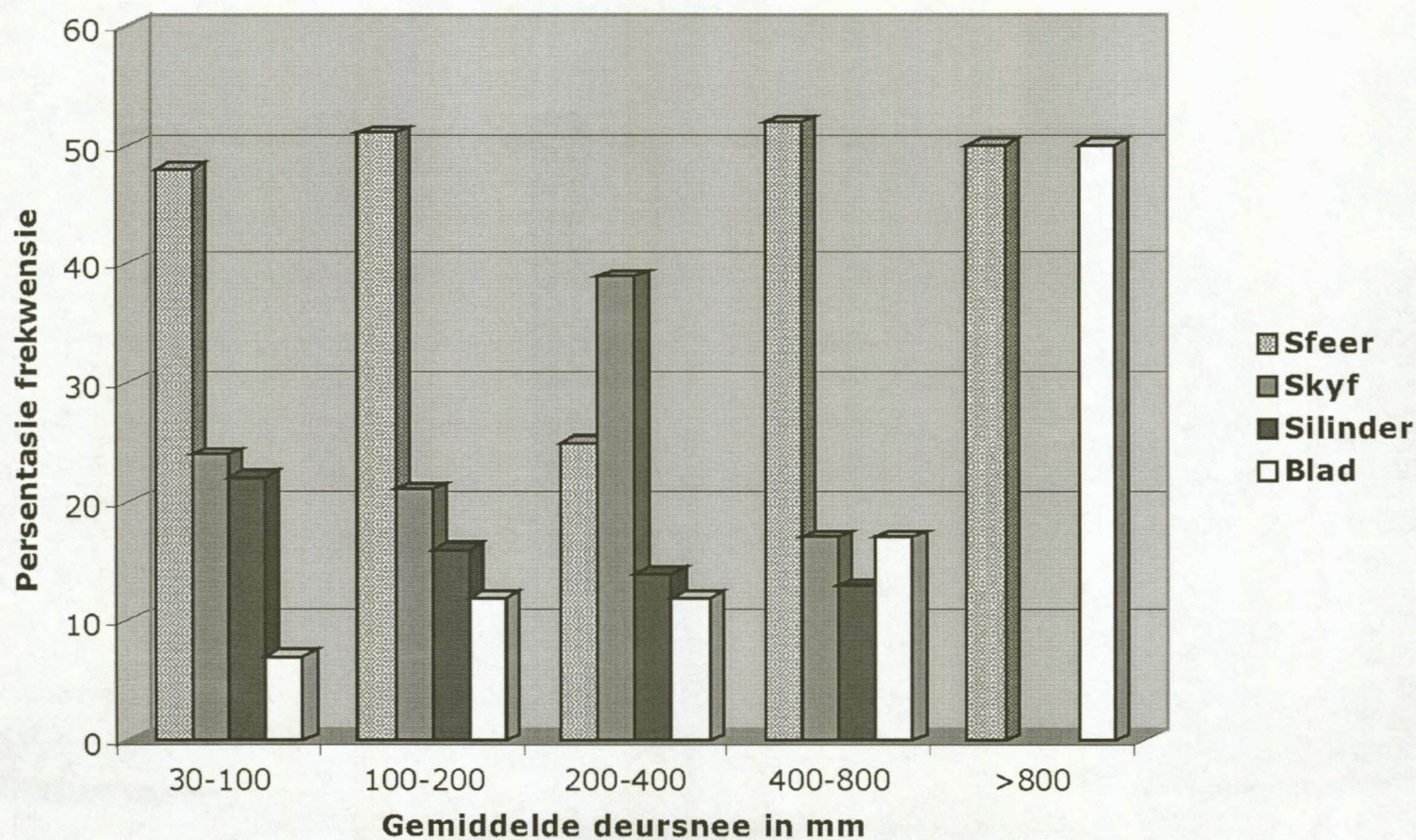
FIGUUR 11.9: Die persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Olev 2.



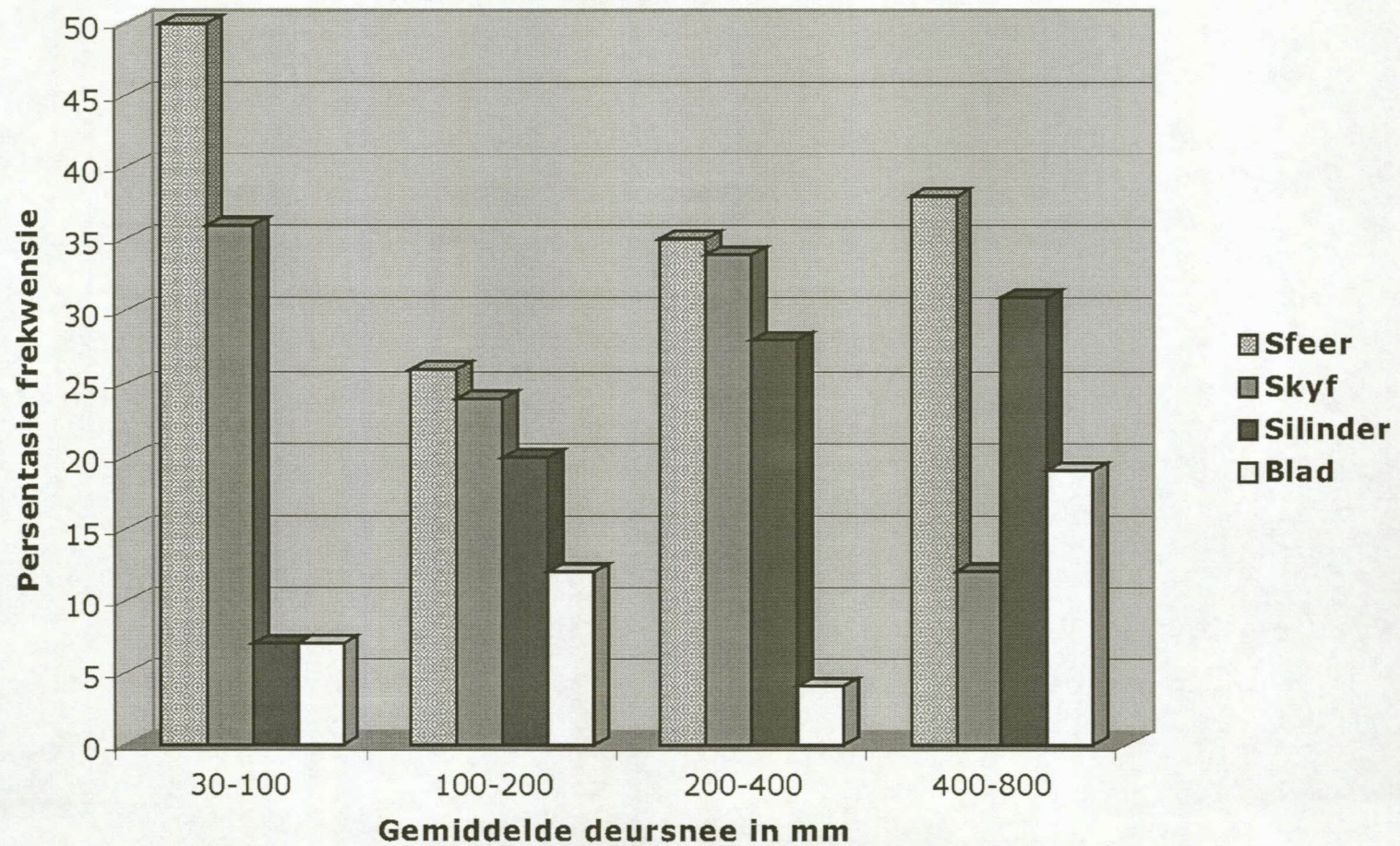
FIGUUR 11.10: Die persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Plat 1.



FIGUUR 11.11: Die persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Plat 2.



FIGUUR 11.12: Die persentasie frekwensie van die verskillende vorms van die puin volgens grootte vir Plat 3.



Die sfeer oorheers die 30 - 200mm sowel as die 400 en groter kategorieë vir Plat 1 (Fig 11.10). Die skyf oorheers die 200 - 400mm klas. Vir Plat 2 (Fig 11.11) oorheers die sfeer al die grootte kategorieë behalwe die 200 - 400mm klas waar die skyf die hoogste voorkoms toon. Die silinder en die sfeer kom in gelyke mates in hierdie klas voor. In die geval van Plat 3 (Fig 11.12) oorheers die sfeer al die grootte kategorieë, maar die skyf en die silinder kom met feitlik dieselfde persentasie voorkoms in die 100 - 400mm kategorieë as die sfeer voor. Die silinder toon 'n toename in die 400 - 800mm klas.

Opsommend kan die volgende gestel word:

- Daar bestaan 'n neiging vir 'n sekere vormtipe om feitlik al die groottekategorieë van 'n hang te oorheers.
- In die 800mm+ kategorie oorheers die sfeer vir ses profiele (Bulb 2 & 3, Lang 2, Plat 1, 2 & 3) terwyl die skyf die ander twee profiele (Bulb 1 en Lang 2) met puin in hierdie grootteklas oorheers. Die skyf en die sfeer kom in gelyke mates by Bulb 3 voor.
- Die sfeer oorheers die 30 - 100mm klas vir ses profiele (Bulb 2, Plat 1, 2 & 3, Olev 1 & 2). Die skyf oorheers die oorblywende vier profiele.

Wanneer daar na die analise van die grootste puin (800mm en groter) gekyk word soos in Tabel 11.1 uiteengesit, blyk die volgende:

Die totale hoeveelheid puin in hierdie grootte klas is 34. Hiervan is 21 sfeervormig. Volgens tabel 11.1 kom 14 van hierdie sfeervormige puin vanaf interval 2 op die hange voor. Dit is 67% van die totale sfeervormige puin. Hiervan kom nege (43%) vanaf interval 3, dus laag af op die hange, voor. Daar kom sewe sfeervorms (33%) op interval 1 voor.

Van die totale hoeveelheid puin in hierdie klas is twaalf skyfvormig. Hiervan kom tien (83%) op interval 1 voor, een op interval 2 en een op interval 5. Die hoeveelheid silinders is elf met ses (55%) op interval 1; vier (36%) op interval 2 en een op interval 3.

Tabel 11.1: Frekwensie van groot puin ($\geq 800\text{mm}$) volgens vorm op die verskillende hangintervalle.

INTERVAL	VORM			
	SFEER	SKYF	SILINDER	BLAD
<u>BULBERG 1: n = 12</u>				
1	3	5	3	1
2	1	1	2	
3			1	
4				1
5	1	1		
<u>BULBERG 2: n = 10</u>				
1	1			
2	2		1	1
3	3			
4	1			
5	1			
<u>BULBERG 3: n = 10</u>				
1	3	3	2	
2			1	
4				1
<u>LANGENHOVENPARK 1: n = 1</u>				
1		1		
<u>LANGENHOVENPARK 2: n = 6</u>				
1		1	1	1
4	1			
5	2			
<u>PLATKOP 1: n = 1</u>				
4	1			
<u>PLATKOP 2: n = 2</u>				
2	1			
4				

Laasgenoemde vyf silinders kom almal op die drie profiele van Bulberg voor. Daar is ses bladvormige rotse. Hiervan kom twee (33%) op interval 1, een op interval 2 (17%) en drie (50%) op interval 4 voor.

11.4 AFLEIDINGS: VORM EN GROOTTE

Dit wil voorkom asof die vryhang of dekrots 'n sekere puinvorm oorheersend lewer want 'n sekere vormtipe oorheers feitlik al die groottekatégorieë van 'n hang. Die sfeer is die vorm wat die algemeenste vir al die groottekatégorieë voorkom. Dit word gevolg deur die skyf. Die mineralogiese samestelling van die doleriet in hierdie streek gee dus blykbaar groter voorkeur aan die vorming van sfeer- en skyfvormige puin.

Indien die klein puin beskou word (100mm en kleiner) toon dit dat die sfeer gevolg deur die skyf oorheers. Daar kan dus afgelei word dat puin neig om sfeervormig te word as gevolg van verwering, maar dit kan ook toegeskryf word aan die feit dat die doleriet in hierdie streek groter voorkeur vir 'n sekere puinvorm het, ongeag van die grootte van die puin.

Dit blyk uit die analise van die puin van groter as 800mm dat die sfeervormige puin laer af op die hange gevind word. Dit is te wagte want hierdie vorm, gekoppel aan die groot massa en dus momentum as gevolg van die besondere groot deursnee, beskik oor die vermoë om vinnig helling af te beweeg (deur te rol) wanneer dit van die vryhang losbreek. Die skyf en silinder kom weer grotendeels naby die vryhang voor. Dit kan moontlik toegeskryf word aan die min beweeglikheid van hierdie vormtipe. Verder hang die beweeglikheid van die silinder van die orientasie van hierdie puinvorm ten opsigte van die kontoere af. Dit is moontlik vir die silinder om vinnig laer af teen die hang te beweeg indien die lang-as parallel aan die kontoere oriënteer. Hierdie mag 'n verklaring bied vir die hoë persentasie silinders op interval 2.

Die verspreiding van die blad is egter problematies aangesien 50% van hierdie vorm laag af op die hang voorkom. Die blad is ook 'n vorm wat oor min beweeglikheid beskik en dus sou dit nader aan die vryhang verwag word. Dit mag wees dat die blad die mees stabiele

vorm vir hierdie puingrootte is en dus sy vorm vir die langste periode op die hang behou. Andersins mag dit wees dat die vryhang-nate minder van hierdie vorm tans en in die onlangse verlede gevorm het, daarom die lae frekwensie op die intervale nader aan die vryhang. Nog 'n verklaring mag wees dat die blad, weens sy vorm, op kleiner puin en plantegroei rus waaroor dit dan gly of skuif. Dit dring dus nie die regoliet binne nie en beweeg relatief vinniger hang af as die skyf of die silinder.

Laastens moet onthou word dat die klassifikasie om die puin in verskillende vorms te verdeel dié van Zingg is. Hierdie klassifikasie is ontwikkel om die vorm van sedimente wat deur 'n fluviale medium vervoer is, te bestudeer. Die prosesse op die hange verskil van dié waarvoor die klassifikasie oorspronklik ontwikkel is. Puin mag ook meer hoekig verweer deur hierdie prosesse. Die stelsel van Zingg is toegepas sonder enige wysigings en dit mag moontlik 'n effek op die bevindings hê.

HOOFSTUK 12

ALGEMENE BESPREKING

12.1 INLEIDING

Die verband tussen puingrootte en hellingshoek is in die voorafgaande empiries op tien puinhange in die sentrale deel van die Vrystaat ondersoek. Korrelasies is met die versamelde data tussen hellingshoek en puingrootte bereken. Verskillende indikatore vir puingrootte is bereken en met hellingshoek gekorrelleer. Dit het tendense in die data aangetoon wat bespreek is. Verskeie statistiese manipulasies is op die data uitgevoer. Dit het ingesluit 'n beperking op die invloed van die variasie van puingrootte (soos deur die phi-transformasie (ϕ) en uitsondering van die grootste rots wat per meting ($\bar{d}_{\text{maks}}$) verkry is); 'n beperking in invloed van die variasie van hellingshoek soos deur die berekening van die sinus van die hellingshoek ($\sin \Theta$) en kumulatiewe hellingshoek verkry is asook beperking in die invloed van variasie van beide die afhanklike en onafhanklike veranderlikes soos deur die verlenging van die meeteenhede verkry is.

Vervolgens gaan elke manipulasie bespreek en evalueer word. Moontlike verklarings vir tendense word aangebied. 'n Algemene bespreking van die bevindings van die studie word ingesluit asook 'n teoretiese verklaring vir die helling van die puinhange in die onderhawige studie. Dit word gevolg deur 'n bespreking van die prosesse op die hange en gevolgtrekkings.

12.2 BEPERKING VAN DIE INVLOED VAN DIE VARIASIE VAN PUINGROOTTE

'n Beperking van die invloed van die variasie van puingrootte is bewerkstellig deur die transformasie na phi-waardes asook deur die uitsondering van die grootste rots per meting.

Verder is die invloed van variasie ook beperk deur die verwydering van uitskieters (gemiddelde deursnee ($\bar{d}$) $\geq 700\text{mm}$ teen hellingshoeke $\leq 10^\circ$) uit die data.

12.2.1 Die transformasie na phi-waardes

Deur die berekening van die phi-waardes ($-\log_2 \bar{d}$) van die puin word die invloed van groot brokstukke op die korrelasies onderbelyk. Waar uitskieters op die hange ter sprake is, het hierdie transformasie 'n verhoging in die korrelasies in vergelyking met gemiddelde deursnee ($\bar{D}$), tot gevolg gehad (byvoorbeeld Lang 2 en Plat 1). Die korrelasies vir hierdie indikator van puingrootte is egter oor die algemeen laer as vir dié met gemiddelde deursnee ($\bar{D}$). Die rede hiervoor is dat die beperking van variasie soos verkry word met hierdie aanwyser nie eksklusief op groot puin ter sprake is nie. Fynere puin word weer relatief swaarder belyk om 'n algehele verkleining van variasie te verkry (vergelyk Tabel 4.2 wat 'n uiteensetting van die effek van phi (ϕ) toon). Die variasie in puingrootte word dus aan beide kante van die grootteverspreiding beïnvloed. Dit het tot gevolg dat die invloed van fyn puin by hoë hellingshoeke 'n groter invloed op die korrelasies het. Die vermindering in die variasie van puingrootte koreleer dan swakker met dié van hellingshoek en lei tot 'n algemene verlaging in die korrelasies.

12.2.2 Die grootste rots per meting ($\bar{d}_{\text{maks}}$)

Die uitsondering van slegs die maksimum waarde van die variasiebreedte binne 'n meeteenheid gee 'n idee van die sortering van die growwe puin op 'n hang. Hierdie aanwyser skakel die groot variasie van die puin wat in die puinpakket voorkom, grotendeels uit. Die hoogste korrelasies word vir hierdie indikator verkry.

Die nadeel van die gebruik van hierdie aanwyser is dat dit die groot variasie van puingrootte, wat op swak sortering dui, nie aantoon nie. Kritiek kan dus teen navorsing gevoer word wat slegs van die grootste rots per meting gebruik gemaak het (byvoorbeeld Akagi, 1980).

Weens die hoë korrelasies wat vir hierdie aanwyser verkry word, mag die rol van ander prosesse op die hang oor die hoof gesien word. Vandaar die afleiding by navorsers soos Akagi dat die rushoek van die puin vir die hellingshoek verantwoordelik is.

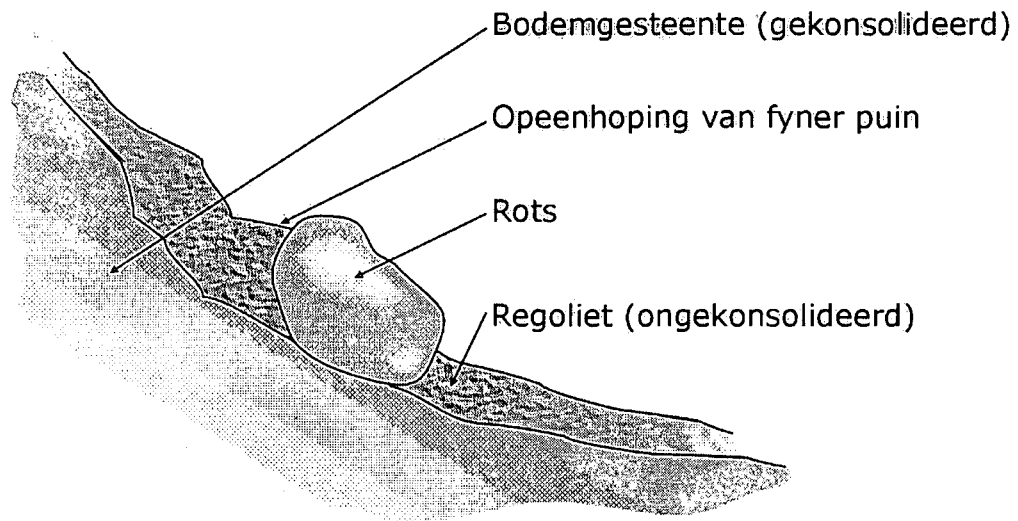
Die hoë korrelasies vir hierdie aanwyser van puingrootte verdien egter bespreking. Volgens Cooke e.a. (1993,136,137) lyk dit of groot rotse by hoë hellings in die woestyn lê omdat

- die fyner materiaal deur spoel verwyder word en dus die groter puin laat agterbly
- op steil hellings die kleiner fragmente makliker wegbeweeg (rol) met die gevolglike agterbly van die groter rotse.

In hierdie studie is bevind dat die vorm van die fragment 'n invloed op die beweegbaarheid daarvan het. Sfeervormige fragmente se beweegbaarheid is groter as dié van die ander vormtipes. Dit is dus nie noodwendig dat kleiner fragmente net op grond van die hoë helling maklik sal beweeg nie.

Verdere moontlike verklarings (veral vir die klimaatstipe van hierdie studie) is die volgende:

1. Groot rotse wat van die vryhang losbreek en nie dadelik tot onder beweeg nie kan weens hul grootte en digtheid (hulle is digter as ongekonsolideerde materiaal) mettertyd tot op die bodemgesteente van die puinhang deurdring. Die ongekonsolideerde materiaal is nie baie dik nie en vorm 'n relatief dun lagie op die puinhang. Die digtheid van die groot rotse veroorsaak dat hulle deur hierdie ongekonsolideerde materiaal dring, onder andere as gevolg van beweging deur uitsetting en inkrimping, en uiteindelik op die bodemgesteente rus (Figuur 12.1). Die rotse wat tot op die bodemgesteente deurgedring het, beweeg helling af op grond van die volgende:



Figuur 12.1: Deurdring van groot puin tot op die bodemgesteente van die puinhang.

- Verwering van die bodemgesteente wat tot ondergraving lei. Hulle beweeg dus stadiger as die res van die ongekonsolideerde puinmateriaal van die puinhang en lê vervolgens by hoër hellingshoeke wat tot goeie kovariasie aanleiding gee.

- Rotskruip is die beweging van rots op rots (dus rots op bodemgesteente). Indien 'n fragment teen 'n helling lê, sal die rots beweeg as gevolg van termiese uitsetting en inkrimping (Chorley e.a., 1984, 239 - 250). Rotskruip neem af met 'n toename in die ongelykheid of growwigheid van die rotsoppervlakke (meer wrywing). Daarenteen kan die ongelyk oppervlak van 'n rots tot verminderde kontakpunte tussen die rots en die bodemgesteente lei. Attewell en Farmer (in Chorley e.a., 1984, 248) verwys na hierdie kontakpunte as "asperities" (kontakpunte). Water, wat een van die faktore van verminderde skuifsterkte ("shear strength") is, kom nie by hierdie kontakpunte voor nie. Wanneer al die openinge in die regoliet egter met water gevul is (die regoliet versadig is), ontstaan poriewaterdruk. Poriewaterdruk verminder die druk van die kontakpunte en kan tot beweging van die rots aanleiding gee.

2. Indien figuur 12.1 krities beskou word, moet daar afgelei word dat verwering van die bodemgesteente aan die bokant van die rots heelwat vinniger sal plaasvind. Die opeenhoping van die puin aan die hang-op kant van die rots sal veroorsaak dat die regoliet langer daar vogtig sal bly as aan die hang-af kant van die rots. Vogtigheid gee in hierdie klimaat aanleiding tot verhoogde chemiese verwering. Sodoende versnel verwering van die bodemgesteente. Indien hierdie verwering 'n holte in die bodemgesteente vorm, mag dit die swaartepunt van die rots sodanig ondergrawe dat dit in die holte vassteek. Dit is nog 'n moontlike rede waarom groot rotse langer by hoë hellingshoeke bly lê.

3. Weens die langer tyd wat dit vir hierdie rotse neem om uiteindelik hang af te beweeg aangesien hulle stadiger as die res van die puinpakket beweeg soos onder punt 1 en 2 aangedui, word hulle langer blootgestel aan verwering en dus verklein hulle soos hulle laer hellingshoeke bereik. Dit bied 'n verdere verklaring vir die relatiewe goeie korrelasies met hierdie aanwyser.

4. Die fyn materiaal wat groot rotse aan hul hang-op kant vaskeer (Figuur 12.1) mag 'n verklaring bied waarom die korrelasie met gemiddelde deursnee ($\bar{D}$) en phi van die gemiddelde deursnee ($\Phi\bar{d}$) gewoonlik laer is as vir die grootste rots per meting ($\bar{d}_{\text{maks}}$) (Hoofstuk 4).

12.2.3 Die verwydering van uitskieters

Uitskieters is in die data geïdentifiseer en daar is gepoog om hul effek op die variasie in puingrootte te beperk. Dit is verkry deur die verwydering daarvan uit die data. Sodoende is hul invloed op die korrelasies uitgesluit. 'n Verhoging van ongeveer 10% in die korrelasies is die gevolg (Tabel 5.1).

Die definisie wat aan 'n uitskieter in hierdie studie gegee is, is die voorkoms van groot puin ($\bar{d} \geq 700\text{mm}$ deursnee) by lae hellingshoeke ($\leq 10^\circ$). Daarenteen kan die bestaan van fyn

puin by hoë hellingshoeke ook as uitskieters beskou word en uit die data verwyder word. Die bestaan van fyn puin by hoë hellings sowel as groot puin by lae hellings dui daarop dat die puin swak gesorteer is. Ander prosesse as slegs die konsep van rushoek van die puin soos vele navorsers waaronder Bryan (1922) (in Abrahams en andere, 1985) en Fair (1947, 1948 a & b) as rede vir hangontwikkeling aanbied, is dus op die hange ter sprake. Dit word verder deur die grootte van die variasiebreedte sowel as die variansie van die puin binne 'n meeteenheid, bevestig.

12.3 BEPERKING VAN DIE INVLOED VAN VARIASIE IN DIE ONAFHANKLIKE VERANDERLIKE

12.3.1 Hellingshoek

'n Beperking in die variasie van hellingshoek is verkry deur die berekening van die sinus sowel as 'n kumulatiewe waarde daarvan. Wat die sinus van hellingshoek betref stel Allison en Goudie (1990, 136) die volgende:

"...sine is a concave-up function of angle for the range zero to ninety degrees. Consequently strings of sines in sequence, such as those recorded in hillslope profile surveys, are less 'spikey'".

Deur hierdie transformasies word die effek van mikroreliëf op die korrelasies verminder. Hierdie vermindering het egter tot 'n verlaging in die korrelasies gelei (Tabel 12.1). Die reëlmaat wat dus deur die transformasies van hellingshoek verkry word, veroorsaak dat die onreëlmatigheid in puingrootte beklemtoon word. 'n Groter reëlmaat in die afname in hellingshoek na die voet van die hang kovarieer dus swakker met dié van puingrootte. Die afname in korrelasies is dus 'n verdere bewys dat die puin op die hange swak gesorteer is.

'n Verdere aspek wat tot die variasie in hellingshoek aanleiding gee, is die meting van

hellingshoek in die veld. Dit is tot die naaste vyf minute afgelees en aangeteken. Die oorskakeling van hellingshoek gemeet in grade en minute in die veld na hellingshoek in desimale eenhede vir die verwerking van die data beklemtoon variasie. Baie van die variasie in hellingshoek kan uitgeskakel word deur slegs tot een desimaal af te rond of selfs tot die naaste heelgetal. Sodoende word die invloed van die variasie in die onafhanklike veranderlike op die korrelasies beperk. Indien die puin relatief goed gesorteer is, sal dit tot groter korrelasies aanleiding gee, andersins sal die korrelasies selfs laer wees as wat dit vir hierdie studie verkry is.

12.3.1.1 Afname in korrelasie met afname in die invloed van variasie in hellingshoek

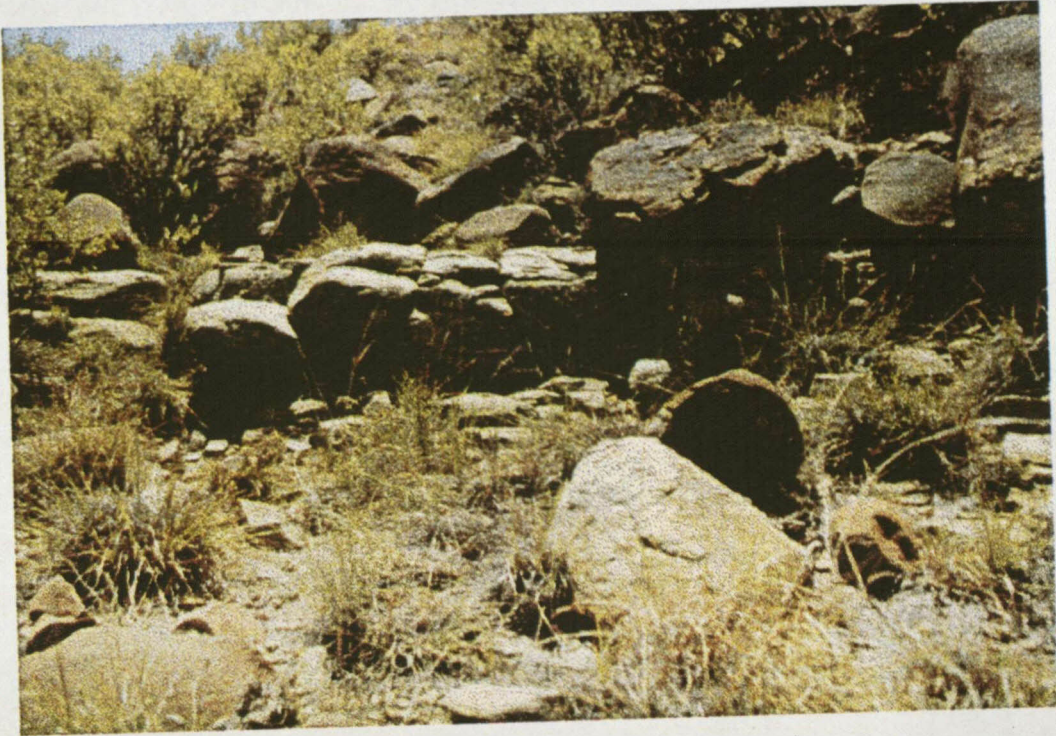
Dit is nodig om aandag te wy aan die verlaging van die korrelasies indien groter reëlmaat in hellingshoek bewerkstellig word soos met die sinus van die hellingshoek en kumulatiewe hellingshoek verkry is (Tabel 12.1). Een afleiding kan wees dat die sortering van die puin swak is. Op sommige van die hange kom goed ontwikkelde sandsteendagsome voor

Tabel 12.1: VERGELYKING TUSSEN DIE GEMIDDELDE KORRELASIES ($\bar{r}$) VAN HELLINGSHOEK EN DIE TRANSFORMASIES DAARVAN, MET PUINGROOTTE.

ONAFHANKLIKE VERANDERLIKE	AFHANKLIKE VERANDERLIKE AANWYSERS VAN PUINGROOTTE			
	$\bar{V}$	$\bar{D}$	$\Phi \bar{d}$	$\bar{d}_{\text{maks}}$
Hellingshoek (Θ)	0,27	0,35	- 0,37	0,47
Sin Θ	0,22	0,29	- 0,32	0,41
Kumulatiewe Θ	0,24	0,30	- 0,32	0,43

$\bar{V}$ - "Volume"; $\bar{D}$ - Gemiddelde deursnee; $\Phi \bar{d}$ - Gemiddelde phi-deursnee; $\bar{d}_{\text{maks}}$ - Grootste rots per meting

(byvoorbeeld Bulberg). Hierdie dagsome beskik oor 'n plat vlak waarop puin tydelik versamel (Figuur 12.2). Die puin hoop hier op en is vir verdere beweging veral van die verwerking van die dagsoom afhanklik. Die dagsoom veroorsaak dus 'n vertraging in die proses van die puin beweging en dra by tot swak sortering.



Figuur 12.2: Sandsteendagsoom met dolerietpuin wat bo-op versamel.

Daar kan ook aangevoer word dat die puin die sandsteendagsoom beskerm en sodoende die mikroreliëfkenmerk versterk. Dit kan 'n moontlike verklaring bied waarom die korrelasies vóór die transformasies effens hoër is as ná die transformasie.

Daarenteen kan daar weer geredeneer word dat die opeenhoping van die puin tot groter retensie van vog lei met 'n gepaardgaande verhoging van chemiese verwerking in hierdie klimaatstipe. Dit behoort die verwerking van mikroreliëf te versnel.

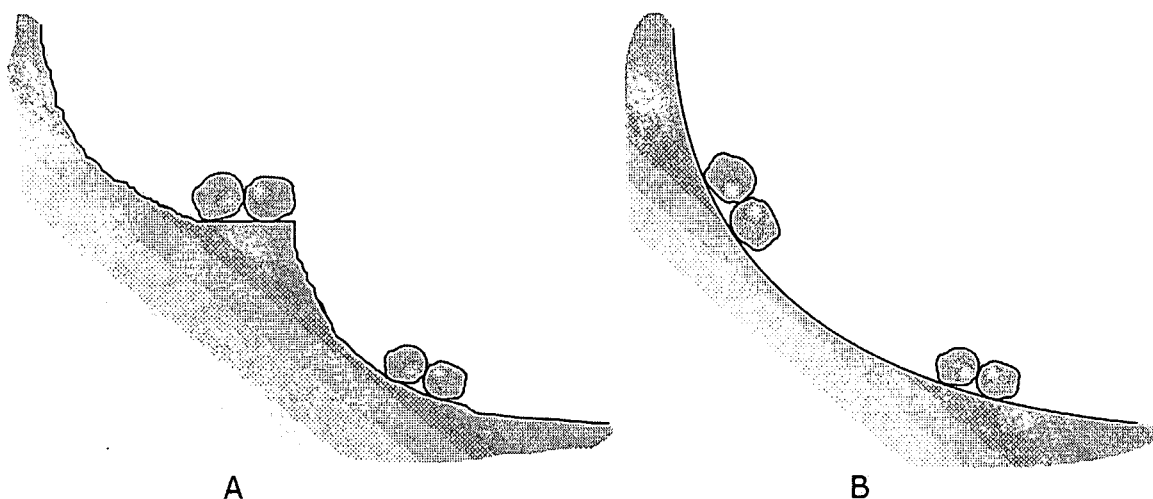
Verder skep 'n groterige rots dikwels sy eie mikroreliëf deurdat die een been van die meetinstrument met tye op so 'n rots gerus het. Dit het tot gevolg 'n hoër lesing vir hellingshoek wat kovarieer met die groter rots.

12.3.2 Afstand (vanaf vryhang na voet van puinhang)

Deur korrelasies met absolute afstand (nie geprojekteerde lineêre afstand) as onafhanklike veranderlike te bereken word die effek van variasie tot 'n minimum beperk aangesien afstand absoluut reëlmatig na die voet van die puinhang toeneem. Mikroreliëf eienskappe, soos dagsome op die hange, veroorsaak variasie in die reëlmaat waarmee hellingshoek na die voet van die hang afneem (maak die hang “spikey” in die woorde van Allison en Goudie (1990)). Deur die berekening van die sinus van hellingshoek ($\sin \theta$) en kumulatiewe hellingshoek word variasie verminder, maar word die effek van mikroreliëf eienskappe nie totaal uitgeskakel nie. Daarenteen word hierdie variasie totaal uitgeskakel deur die gebruik van afstand as onafhanklike veranderlike (Figuur 12.3).

Daar is bevind dat die verkryging van absolute reëlmaat in die onafhanklike veranderlike (afstand) die laagste kovariansie met puingrootte lewer soos die verlaging in die korrelasies aantoon (Hoofstuk 9). Sodoende dra mikroreliëf eienskappe daartoe by om die swak sortering op die hange te verbloem. Byvoorbeeld die voorkoms van sandsteendagsome wat 'n lae helling het en waarop relatiewe groot puin versamel soos in 12.3.1.1 bespreek is.

Gestel daar is 'n paar sulke dagsome met 'n helling van 0° tot 3° en puin met 'n gemiddelde deursnee van 100mm versamel daarop. Die lae helling kovarieer nou goed met die groter gemiddelde deursnee. Indien die effek van die lae hoekwaardes van hierdie dagsome uitgeskakel word, word die kovariasie ook beïnvloed soos deur Figuur 12.3 geïllustreer.



Figuur 12.3: 'n Illustrasie van die invloed van die groter reëlmaat van afstand op die kovariasie met puingrootte. A. Hellingshoek B. Afstand

A toon 'n voorstelling van 'n hang met dagsome en B die uitskakeling van die effek daarvan op dieselfde hang soos met afstand vanaf die vryhang verkry word. Hieruit is dit duidelik dat die kovariansie vir A beter sal wees as vir B.

12.4 VERGROTING IN DIE VARIASIE VAN PUINGROOTTE

Deur die berekening van "volume" as 'n indikator van puingrootte word die variasie van die puin vergroot. Weens die produkeffek van hierdie aanwyser word die effek van groot rotse op die korrelasies beklemtoon. 'n Hoë korrelasie vir hierdie aanwyser dui op goeie sortering van die puinpakket en veral van die growwe puin op die hang. 'n Lae of negatiewe korrelasie daarenteen dui daarop dat die swak sortering aan die invloed van groot puin by lae hellingshoeke toegeskryf kan word. Hierdie aanwyser beklemtoon dus die rol van uitskieters terwyl dit die effek van fyn puin onderbeklemtoon. 'n Hoë korrelasie vir "volume" ($\bar{V}$) teenoor 'n korrelasie vir die phi van die gemiddelde deursnee ($\phi\bar{d}$) wat effens laer as vir gemiddelde deursnee ($\bar{D}$) is, dui daarop dat die growwe puin goed sorteer is, maar dat die finer puin swak op die hang sorteer is. 'n Voorbeeld hiervan is die hang wat as Lang 1

bekend staan.

12.5 BEPERKING OP DIE INVLOED VAN VARIASIE VAN BEIDE DIE ONAFHANKLIKE EN AFHANKLIKE VERANDERLIKES

Die invloed van mikroreliëf op hellingshoek word verminder deur die transformasie na $\sin \Theta$ en die berekening van 'n kumulatiewe hellingshoek. Deur die meeteenhede te kombineer tot 'n langer meetinterval word mikroreliëfkenmerke se invloed op die korrelasies ook beperk. Die langer meetinterval het egter ook 'n effek op die variasie in puingrootte. Die korrelasies vir die langer meetinterval het 'n verhoging getoon (Hoofstuk 6) wat tot 'n ondersoek van die effek van die lengtes van die meeteenheid gelei het.

12.5.1 Die lengtes van meeteenhede

Goudie (1981, 63) het 'n meeteenheid van tussen een en vyf meter en Young (1972, 146) een van tussen twee en twintig meter voorgestel. Sommige navorsers (Akagi, 1980; Reynhardt, 1982) verkies 'n langer meetlengte. Andere (Abrahams e.a (1985) en Parsons & Abrahams (1987)) neem slegs 'n paar metings per profiel waar hellingshoek en puingrootte dan bepaal word.

In hierdie studie is die oorspronklike lengte van die meeteenheid twee meter. Dit is egter moontlik om die lengte van die meeteenheid in die prosessering van die data te verleng deur eenvoudig 'n aantal meeteenhede bymekaar te tel en die gemiddelde van die puin vir die langer meeteenheid te bereken. Op hierdie wyse word variasie in puingrootte verminder deurdat die individuele waardes van die puin deur 'n gemiddelde vir die meetlengte vervang word. Om dieselfde rede veroorsaak die verlenging van die meetinterval ook vermindering in die variasie van hellingshoek.

Korrelasies is eerstens vir die oorspronklike twee meter meeteenheid bereken. Daar is bevind

dat die korrelasies oor die algemeen laag is. Die gemiddelde korrelasies vir die aanwysers van puingrootte wissel tussen $0,27 \leq \bar{r} \leq 0,47$ met die gemiddelde korrelasie vir $\bar{D}$ as $\bar{r} = 0,35$ (Tabel 4.3). Indien die meeteenheid verleng word na 'n ses meter lengte deur middel van die kombinerende van drie twee meter eenhede verhoog die korrelasies met ongeveer 10%. Sodoende wissel die gemiddelde korrelasies vir die aanwysers van puingrootte tussen $0,35 \leq \bar{r} \leq 0,54$ met die gemiddelde korrelasie vir $\bar{D}$ as $\bar{r} = 0,44$ (Tabel 5.1). Word die meeteenheid verder verleng tot 'n lengte wat wissel tussen 16 meter en 22 meter verhoog die gemiddelde korrelasie vir gemiddelde deursnee tot $\bar{r}_s = 0,59$ (Tabel 7.1). Dit is 'n verhoging van 24% op die oorspronklike meeteenheid. Wanneer die meeteenheid verder verleng word tot sommige van 50 meter en meer verhoog die gemiddelde korrelasie van gemiddelde deursnee tot $\bar{r}_s = 0,64$ (Tabel 7.2). Dit is 'n verhoging van 29% op die oorspronklike meeteenheid. Verder blyk dit uit Tabel 7.3 dat indien die invloed van Lang 2 op die gemiddelde korrelasies weggelaat sou word, dit tot 'n korrelasie van $\bar{r}_s = 0,8$ sal lei wat op 'n verhoging van 45% op dié van die twee meter eenheid dui.

Dit is duidelik uit die voorgaande dat indien van 'n langer meeteenheid uit die staanspoor gebruik gemaak is, dit tot hoër korrelasies aanleiding sou gee. Sodoende sou die swak sortering van die puin nie duidelik vorendag gekom het nie wat 'n invloed op die afleidings uit die resultate sou hê. Hierdie mag 'n verklaring bied waarom vele navorsers (Akagi (1980), Abrahams en andere (1985) en Parsons & Abrahams (1987)) hoër korrelasies in hul studies verkry het.

Abrahams en andere (1985, 349) stel in die beskrywing van hul werkswyse die volgende:

“Measurements were usually made at more than one site on a profile but never at more than four. On most profiles one of the measurements was at the maximum slope. At each site the hillslope gradient was measured in degrees over a 5m length using an Abney level...”

Hulle gaan dan verder en beskryf hoe die puinbemonstering by elk van hierdie metings

plaasgevind het.

Parsons en Abrahams (1987, 424) bemonster op twee maniere hul hellings soos uit die volgende blyk:

“In the first part, termed *among-debris slopes analysis* (cf. Melton 1965, p.727) we examine the relation between gradient and particle size using data obtained from many debris slopes, and in the second we investigate the relation between these variables along individual slope profiles.”

Sodoende meet hulle in die eerste geval hellingshoek en puingrootte op slegs een plek per hang. Hierdie posisie van meting verskil tussen die hange sodanig dat 'n reeks verskillende gradiënte vanaf die piedmontsone tot die maksimum helling ingesluit word. In die tweede geval word vier tot ses plekke op agt individuele profiele gemeet (1987, 426), terwyl daar in hierdie studie op elke twee meter afstand 'n meting op 10 individuele profiele gemaak is.

Die verskil in aantal metings hou belangrike implikasies vir die resultate in soos hierbo bespreek is. Soos aangetoon, verhoog die korrelasies met 'n afname in die aantal meeteenhede en/of verlenging van die meeteenheidlengte. Hierdie faktor hou belangrike gevolge vir die afleidings van hierdie tipe navorsing in.

12.6 GEEN VERMINDERING IN DIE VARIASIE VAN DIE DATA

Korrelasies is bereken vir elke puinfragment groter as 30mm in die puinpakket met die betrokke hellingshoek waar dit voorkom. Hiervolgens wissel die gemiddelde korrelasies vir die aanwysers van puingrootte tussen $0,15 \leq \bar{r} \leq 0,22$ (Tabel 8.1). Volgens die konsep rushoek van die puin wat beteken dat elke puingrootte teen 'n spesifieke helling voorkom, is daar dus vir hierdie studie 'n baie geringe verband tussen hellingshoek en puingrootte.

12.7 PUINGROOTTE

In hierdie studie verskil die bodemgesteente van die puinhang met die puin wat daarop voorkom. Die puin wat in die data ingesluit is, is doleriet wat van die vryhang afkomstig is. Die herkoms en verspreiding van die puin op die hange kan dus duidelik bepaal word. 'n Voordeel wat Abrahams en andere (1985) en Parsons en Abrahams (1987) nie het nie aangesien die puinhang en die puin in hulle studies uit dieselfde gesteente bestaan.

Die naatspasiëring van die vryhang gee aan die puin die oorspronklike grootte en vorm. Afhangende van die vryhanghoogte en -helling, sal grootte bepalend wees of die rots oor potensieel genoeg momentum beskik (wanneer dit begin beweeg) om moontlik tot onder op die hang te beweeg aangesien volume, en dus massa en momentum, met die derde mag van die deursnee toeneem terwyl oppervlak, en dus wrywing, slegs met die kwadraat van die deursnee toeneem (Young, 1972, 131).

By talushange is bevind dat indien die hellingshoek laer as 'n sekere kritiese waarde is (die rushoek van die puin), dan is die verlies aan energie met impak op die hang meer as die aanvanklike energie deur swaartekrag gewen (Young, 1972, 131). Die afstand wat deur die puin beweeg word, berus dus op momentum en hellingshoek.

Die vorm sal egter bepaal of die rots, indien dit wel oor genoeg momentum beskik, tot onder sal beweeg. In hierdie studie is bevind dat groot sfeervormige fragmente laag op die hange voorkom. Dit kan daaraan toegeskryf word dat 'n sfeer oor die kleinste oppervlak tot volume verhouding van al die vormtipes beskik. Dit verminder wrywing en skep die potensiaal vir die rots om 'n groter afstand wat deur momentum verskaf is, te beweeg. Verder beskik 'n sfeervormige rots ook oor die vorm om, indien dit oor 'n kritiese grootte beskik (momentum), deur vinnige massabeweging hang-af te rol. Hier sal die rots *in situ* verdere verwerking ondergaan. Die wrywingspotensiaal van 'n blad- of skyfvormige rots is hoog en werk dus negatief in op die afstand wat hierdie vormtipes met vinnige massabeweging hang-

af kan beweeg. Indien 'n rots skyfvormig is, sal dit heel waarskynlik bo teen die hang lê en slegs deur stadige massabewegingsprosesse (grond- en rotskruip) tot onder beweeg.

Indien die rots met stadige massabewegingsprosesse hang-af beweeg, word dit oor tyd aan verwering op die hang blootgestel. Dit veroorsaak dat dit kleiner word soos dit laer hellings bereik en verbeter die verband tussen hellingshoek en puingrootte.

Die grootte van die puin op die hange is dus 'n komplekse funksie van naatblokspasiëring, tyd, hellingshoek, vorm en proses.

Aangesien die oorspronklike grootte van die puin deur die naatintervalspasiëring van die vryhang bepaal word, is die logiese afleiding dat hierdie naatblokke opgemeet behoort te word. Die opmeting van hierdie aspek bied egter probleme aangesien die naatblokke binne die vryhang instrek (Fig. 2.10). Dit is dus nie moontlik om al drie dimensies van al die naatblokke op te meet nie en sodoende die oorspronklike grootte van die puin af te lei nie. 'n Moontlike oplossing sou dalk kon wees om die naatblokke waarvan al drie dimensies beskikbaar is te meet, die gemiddelde grootte daarvan te bereken en met betroubaarheidsintervalle die populasie gemiddelde te beraam (Luus en andere, 1989). Hierdie aspek kan verder ondersoek te word. Wat egter in gedagte gehou moet word, is dat die naatblokafmetings wat nou bestaan nie noodwendig dieselfde is as dié wat die puin in die verlede gelewer het nie.

12.8 HANGLENGTES EN SORTERING

Die sortering van die puin is goed op Lang 1, Pat 3 en Olev 2 (Tabelle 4.3 tot 4.5). Hiervolgens is die korrelasies vir 'n 2m meeteenheid vir die grootste rots per meting ($\bar{d}_{\text{maks}}$) groter as 0,5. Die korrelasies vir "volume" (" $\bar{V}$ ") is groter as 0,4 wat daarop dui dat die growwe puin op hierdie hange goed sorteer is. Die korrelasies verhoog deurgaans soos wat eksperimente met die data uitgevoer is. Sodanig is die korrelasies vir 'n ses meter

meeteenheid vir die grootste rots per meting ($\bar{d}_{maks}$) 0,9 (afgerond) vir al drie profiele en kovarieer dit goed met “volume” (“ $\bar{V}$ ”) wat korrelasies van groter as 0,7 vir die hange toon (Tabel 6.1).

Indien Tabel 12.1 beskou word, toon dit dat die hanglengtes van hierdie profiele

Tabel 12.1: Enkele hangparameters van die profiele.

Profiel	$\bar{\theta}$	Puinhanglengte	Plaaslike reliëf*
Bulb 1	19,1°	284m	93m
Bulb 2	18,5°	314m	99,63m
Bulb 3	15,56°	274m	75,5m
Lang 1	15,55°	86m	23m
Lang 2	22,44°	112m	43,75m
Olev 1	13,06°	110m	≈25m
Olev 2	11,64°	104m	≈21m
Plat 1	12,34°	104m	22m
Plat 2	13,49°	84m	≈20m
Plat 3	11,31°	78m	15,3m

$\bar{\theta}$ = Gemiddelde hellingshoek vir die puinhang

* Met driehoeksmeting bereken

onderskeidelik 86m, 104m en 78m is. Verder is die gemiddelde hellings van hierdie profiele onderskeidelik 15,6°, 11,6° en 11,3°. Die lokale reliëf van hierdie hange wissel tussen 15m en 23m.

Daarenteen toon die drie profiele van Bulberg wat oor lang hanglengtes beskik

(gemiddeld 284m volgens Tabel 12.2), swak sortering van die puin (lae korrelasies tussen hellingshoek en puingrootte). Die profiel van Lang 2 toon ook swak sortering ten spyte van 'n relatiewe kort hanglengte. Volgens Tabel 12.1 beskik hierdie profiel oor die hoogste gemiddelde helling vir die puinhang ($22,4^\circ$) in die steekproef.

Met inagneming van die feit dat die steekproef van tien profiele relatief klein is en veralgemening dus beperk is, word die volgende tendense waargeneem:

Hange met kort lengtes en sagte hellings toon goeie sortering van die puin. Dit kan waarskynlik daaraan toegeskryf word dat daar hoofsaaklik stadige massabewegingsprosesse op hierdie hange voorkom. Verder is die vryhanghoogtes van hierdie hange ook relatief klein. Die kort vryhang gepaardgaande met die sagte puinhanghelling veroorsaak 'n beperking aan die momentum wat puin nodig het om deur vinnige massabewegingsprosesse vervoer te word. 'n Verdere moontlike verklaring is dat die verweringsprosesse op hierdie hange in harmonie met die vervoerprosesse is sodat die puin oor die algemeen na onder op die hang verklein. Dit geld veral vir die stadige massabewegingsprosesse (grond- en rotskruip). Die swakker sortering van die fyner puin soos uit die ander indikatore afgelei kan word, mag moontlik aan oppervlakspoel toegeskryf word wat fyner materiaal selektief verwyder. Hierdie puin word afgeset sodra die vervoerproses energie verloor. Die groot puin op die hange veroorsaak 'n vertraging in vloeispoed ("flow velocity") (Simanton en Toy, 1994,214). Dit sal afsetting van fyn puin tot gevolg hê wat 'n moontlike verklaring bied vir die opeenhoping van fyner puin teen die hang-op kant van 'n groot rots (par. 12.2.2).

Die swak sortering op Lang 2 kan waarskynlik aan die hoë helling van die puinhang tesame met 'n relatiewe groot vryhang- en kort puinhanglengte toegeskryf word. Beide hierdie veranderlikes veroorsaak dat groot rotse oor die nodige momentum beskik om, indien die vorm geskik is, deur vinnige massabewegingsprosesse tot onder op die hang te beweeg (sien par. 12.10.8) 'n Verdere moontlike verklaring mag wees dat die steil helling van die puinhang veroorsaak dat die stadige massabewegingsprosesse wat wel op die hang plaasvind

nie in ewewig met die verweringsprosesse is nie. Die massabewegingsprosesse vind vinniger plaas as gevolg van die steil helling. Tesame met oppervlakspoel veroorsaak dit swak sortering van die puin.

Bulberg beskik oor 'n relatiewe hoë vryhang (ongeveer 5m) en 'n relatiewe steil puinhang. Veral die reguitlynige segment van interval 1 is steil ($\bar{\theta} = 29^\circ$). Die swak sortering wat Bulberg toon, kan waarskynlik daaraan toegeskryf word dat groot rotse oor die nodige momentum beskik om, indien die vorm geskik is, deur vinnige massabewegingsprosesse verder af teen die puinhang, en in sommige gevalle tot onder op die hang te beweeg. Daarbenewens het Bulberg ook sandsteendagsome waarop dolerietpuin versamel en wat tot 'n vertraging in die massabewegingsproses lei. Die korrelasies met die grootste rots per meting is groter as vir die ander aanwysers van puingrootte vir hierdie heuwel (volgens tabel 4.3 is $r > 0,42$) wat daarop dui dat daar 'n algemene afnemende neiging in die grootte van groot puin op hierdie hange bestaan. Die lang hang-lengte van hierdie heuwel mag 'n ewewig tussen verwerking en die vervoerprosesse van groot puin tot gevolg hê, maar dit word verbloem deur vinnige massabewegingsprosesse sowel as prominente sandsteendagsome met lae hellings waarop dolerietpuin versamel.

Dit is dus duidelik uit die voorgaande dat die helling van die puinhang asook die vryhang-hoogte 'n rol in die sortering van die puin speel, net soos wat by talushange bevind is (par.12.7). By puinhange is die puinhanglengte egter ook belangrik. Die sortering van die puin berus dus op 'n komplekse interaksie van vryhanghoogte, die helling van die puinhang, puinhanglengte, prosesse op die hang, vorm en oorspronklike grootte van die puin soos deur die naatblokspasiëring van die vryhang bepaal word, asook die voorkoms van dagsome op die puinhang.

12.9 DIE HELLING VAN DIE HANGE

Sover is in die voorafgaande aangetoon dat die verband tussen hellingshoek en puingrootte

klein is. Die totale puinpakket op die hange is dus swak sorteer. Moontlike redes vir die swak sortering is ondersoek. Manipulasies van die data is uitgevoer en dit het sekere tendense aangetoon wat ondersoek is. Faktore wat die grootte van die puin en die gepaardgaande verspreiding daarvan beïnvloed, is voorgestel en bespreek. Die kritiese vraag bestaan egter steeds: wat bepaal die helling van die hange?

Die verwarring wat in die literatuur rondom die gebruik van puinhange bestaan, veroorsaak dat daar na 'n verskeidenheid van hange, waaronder talus, as puinhange verwys word (par.1.2). Verder kan puinhange oor 'n dekrots en vryhang beskik terwyl 'n vryhang deur navorsers soos Abrahams en andere (1985, 347) en Parsons en Abrahams (1987, 424) spesifiek in hulle navorsing in die keuse van hange uitgeskakel is. Die dekrots en vryhang mag verder uit dieselfde gesteente as die vryhang bestaan, of dit kan uit 'n ander gesteente bestaan soos in hierdie studie. Navorsers soos Abrahams e.a (1985) en Parsons en Abrahams (1987) noem die hange in hul navorsing puinhange wat deur ander navorsers as rotshange ("boulder slopes") (Oberlander, 1972), rots-beheerd ("boulder-controlled") (Bryan (1923) in Mabutt, 1977) bekend staan. Hierdie hange bestaan uit 'n bodemgesteente en puin op die hange wat uit dieselfde gesteente bestaan.

Verder verskil die metodes van steekproefneming van beide die helling van die hange (sien par.12.5) sowel as die puin op die hange tussen die verskillende navorsers (Hoofstuk 2, par. 2.1.3). Abrahams en andere (1985, 349), Parsons en Abrahams (1987, 425) en Simanton en andere (1994) sluit alle fragmente groter as 2mm intermediêre deursnee in die steekproef in. Simanton en Toy (1994) en Poesen en andere (1998) neem as afsnypunt vir waterwerking fragmente kleiner as 5mm in deursnee en sluit puin van 5mm en groter in deursnee in die steekproef in. In hierdie studie is alle fragmente van 30mm en groter in die steekproef ingesluit terwyl Akagi (1980) slegs die grootste rotse op geselekteerde punte in sy steekproef insluit.

Uit hierdie magdom van verskillende metodes van steekproefneming, verskillende hangtipes

wat almal as puinhange bekend staan, asook verwarring tussen die konsepte en terme (byvoorbeeld puinhange, talushange en “screes” (Hoofstuk 1, par. 1.2)) word resultate verkry en afleidings gemaak. Die verskillende afleidings word verder van toepassing op mekaar gemaak (par. 1.2) wat tot grootskaalse verwarring aanleiding kan gee.

Indien voorgenoemde in gedagte gehou word wanneer 'n teoretiese grondslag gebou word, kan waardevolle beginsels egter onderskei word. Sodanig is van die afleidings van vele navorsers sinvol vir hierdie studie, maar kan nie ten volle van toepassing op hierdie projek gemaak word nie.

Abrahams en andere (1985, 353) vind dat puinhange met dieselfde gradiënt maar verskillende bodemgesteentes bemanterel word deur puingroottes wat van mekaar verskil. So stel hulle die volgende:

“...the size of debris mantling their surfaces reflects the size of particles initially released from the rock by weathering together with the subsequent rate of weathering of these particles relative to their rate of removal.”

Hieruit is dit dus duidelik dat die konsep rushoek van die puin hier nie geld nie en dit word later bevestig wanneer hulle aantoon dat sommige hange 'n klein of geen verwantskap tussen helling en puingrootte toon. Hulle stel dan 'n kontinuum van hange voor wat wissel van hange gevorm op weerstandbiedende bodemgesteentes wat 'n groot naatintervalspasiëring toon (met 'n swak of geen verwantskap tussen puingrootte en gradiënt) tot hange op minder weerstandbiedende gesteentes met 'n fyn of klein naatintervalspasiëring en 'n groot verwantskap tussen puingrootte en gradiënt. Laasgenoemde hange beskou hulle as goed aangepas by bestaande prosesse en “transport-limited”. Die meganiese sterkte van die bodemgesteente bepaal dus waar 'n puinhang op hierdie kontinuum val en so sluit hulle dan af (1985, 356):

“The most important factors controlling where a particular debris slope falls along this continuum are the joint spacing and mechanical strength of the underlying rock.”

Oberlander (1972 & 1974) bevind geen korrelasie tussen rotsgrootte en gradiënt nie en beweer dat die rotse op die rotshange in Arizona as “corestones” deur verwerking uit die bodemgesteente van die hange gevorm het tydens ’n natter klimaat. Nadat die fynere materiaal in die regoliet verwyder is tydens ’n droë klimaat het hierdie rotse op die puinhange agtergebly. In die 1987 studie van Parsons en Abrahams redeneer hulle dat die fyn materiaal op die steil dele van die hange deur waterwerking verwyder word wat dan lei tot groot rotse wat daar agterbly. Die fyn materiaal versamel hang-af teen laer hellingshoeke. Hulle skryf die hange waar die verband tussen hellingshoek en puingrootte swak is toe aan ’n swak aanpassing by huidige klimaatstoestand en prosesse. So stel hulle as volg (431):

“The degree of adjustment of any part of a debris slope varies inversely with both gradient and joint spacing. ... As the joint spacing becomes wider, the part of the debris slopes that is unadjusted increases and the relation between gradient and particle size weakens.”

Hulle sluit af met die volgende omtrent puinhange met ’n fyn naatstruktuur (431):

“It is therefore concluded that the strong correlation obtained between S (helling) and D (deursnee van die puin) for these debris slopes are due to D decreasing as debris slopes become better adjusted and to debris slopes becoming better adjusted at progressively lower gradients.”

Die rotse vorm dus deur middel van die nate van die bodemgesteente van die puinhang. Dit wil voorkom asof hulle reken dat die puin dan deur verwerking *in situ* verklein en die fyn materiaal deur water verwyder word na laer hellings. Die aanpassing van die hange hou slegs verband met hidroliese prosesse. Hierdie navorsers ignoreer dus ander prosesse as waterwerking op die hange.

Behalwe dat die hange in voorgenoemde studies verskil van die hange wat vir hierdie studie geselekteer is deurdat 'n vryhang ontbreek en dat die bodemgesteente van die puinhang dieselfde as die puin wat daarop voorkom is, neem hulle ook nie massabewegingsprosesse op die hange in ag nie. Hulle beweer egter indirek dat die hange struktuurbeheerd is deur na die naatblokspasiëring en meganiese sterkte te verwys.

Wanneer die hange in hierdie studie ondersoek word, word die volgende waargeneem (Tabel 12.1):

By Lang 2 is die puinhanglengte 112m en die vryhanghoogte ongeveer 3m tot 4m. Dit gee 'n ratio van vryhanghoogte tot puinhanglengte van 4:112 of ongeveer 1:28. Die lokale reliëf van hierdie profiel kan met eenvoudige driehoeksmeting as 43,75m tot aan die bokant van die puinhang (vryhang uitgesluit) bereken word. Indien daar aangeneem word dat die gemiddelde helling van die vryhang 90° is, kan die vryhanghoogte bygetel word wat die totale plaaslike reliëf 46,75m of ongeveer 47m maak. Die gemiddelde helling van die puinhang is $22,4^\circ$. Indien die aanname geld dat die gemiddelde helling van die vryhang 90° is, kan die gemiddelde helling vir die totale hang (vryhang en puinhang) bereken word. Vir Lang 2 is dit dan 26° . Die vryhang is relatief hoog terwyl die dekrots van hierdie heuwel 'n klein oppervlakte beslaan. Die naatspasiëring van die vryhang vorm groot naatblokke. Die bodemgesteente van die puinhang is moddersteen, sliksteen en sandsteen. Geen prominente dagsome kom op hierdie puinhang voor nie.

Plat 1 het 'n puinhanglengte van 104m teenoor 'n vryhanghoogte van kleiner as 1,5m. Die vryhang tot puinhang verhouding is 1,5:104 of ongeveer 1:69. Dit is dus 'n kleinverhouding vir hierdie twee elemente ('n klein puinhang relatief tot die puinhang). Die plaaslike reliëf vir die puinhang is volgens berekening 22m. Indien die vryhang hierby gevoeg word (aanname dat vryhanghelling 90° is), dui dit op 'n totale plaaslike reliëf van ongeveer 24m ($22m + 1,5m$). Die gemiddelde helling van die puinhang is $12,3^\circ$. Die gemiddelde helling van die puinhang en vryhang elemente kan bereken word as $13,8^\circ$ (indien aangeneem word dat die

vryhanghelling 90° is). In werklikheid is die vryhang vir hierdie profiel laer as 90° wat beteken dat die gemiddelde puinhang/vryhang helling inderdaad kleiner as $13,8^\circ$ is. Platkop se vryhang is klein en die dekrots beslaan ook 'n klein oppervlakte (ongeveer dieselfde as Langenhovenpark). Die naatintervalspasiëring van die vryhang vorm 'n fyn tot gemiddelde patroon met ander woorde oorwegend klein naatblokke. Verder kom geen prominente dagsome op die puinhang, wat hoofsaaklik onderlê word deur moddersteen, sliksteen en 'n bietjie sandsteen, voor nie.

By Bulb 2 is die puinhanglengte 314m en die vryhanghoogte ongeveer 5m. Dit gee 'n vryhang tot puinhang ratio van 5:314 of ongeveer 1:63. Die plaaslike reliëf van hierdie profiel is volgens berekening 99,63m tot aan die bokant van die puinhang. Indien aanvaar word dat die vryhang oor 'n gemiddelde helling van 90° beskik, kan die totale plaaslike reliëf as 104,63m of ongeveer 105m bereken word. Die gemiddelde helling van die puinhang is $18,5^\circ$ en die gemiddelde helling van die puinhang/vryhang elemente $20,6^\circ$ (aanname dat gemiddelde vryhanghoogte 90° is). Die dekrots van Bulberg beslaan 'n groot oppervlak (kwalitatief gesproke ten minste tien keer dié van Langenhovenpark en Platkop). Die puinhang vertoon prominente sandsteendagsome.

Hierdie drie hange is uitgesonder want hulle is verteenwoordigend van drie tipiese hang situasies: lank, kort en steil. Die hange van Olevien word in die drie situasies outomaties verteenwoordig (Tabel 12.1).

Beide Langenhovenpark en Platkop beskik oor ongeveer dieselfde dekrots oppervlakte. Die vryhang van hierdie profiele verskil egter in terme van hoogte (dikte van dekrots) asook naatblokspasiëring. Die fyner naatblokstruktuur van Platkop veroorsaak sneller chemiese verwerking van die vryhang en dus 'n verswakking van die meganiese sterkte daarvan.

Die vryhang tot puinhang verhouding vir Lang 2 is groter as vir Plat 1, met ander woorde, Lang 2 beskik oor 'n hoër vryhang met 'n relatief kort puinhang. Die gemiddelde helling van

die vryhang/puinhang elemente is 26° en feitlik dubbel dié van Plat 1 (14°). Die lokale reliëf (48m) is ook dubbel dié van Plat 1 (24m).

Tussen Bulberg en Platkop is daar geen ooreenkomste nie terwyl Bulb 2 en Lang 2 oor soortgelyke naatblokspasiëring van die vryhang beskik. Beide profiele front noord of noord-wes. Indien slegs die toegang van water in ag geneem word en alle ander faktore as dieselfde beskou word, behoort die verwerkingstempo van die vryhang vir beide hierdie profiele dus ongeveer dieselfde te wees. Onder hierdie omstandighede kan deduktief geredeneer word dat die meganiese sterkte van die dekrots vir hierdie twee profiele ongeveer dieselfde is.

In vergelyking met Lang 2 het Bulb 2 'n relatief kort vryhang teenoor 'n lang puinhang (vergelyk die vryhang/puinhang verhoudings). Die plaaslike reliëf van 110m is meer as dubbel dié van Lang 2 (48m) en kan vir hierdie studie as hoog aanvaar word. Daarenteen is die gemiddelde helling van die puinhang/vryhang elemente vir Lang 2 (26°) hoër as vir Bulb 2 (22°). Die gemiddelde puinhanghelling is ook hoër vir Lang 2 (22°) teenoor 19° vir Bulb 2.

Uit voorgenoemde wil dit dus voorkom asof die vryhang by Bulberg nie so geredelik deur die puinhang ondermyn word nie. Dit beteken dat óf die puinhang óf die vryhang oor weerstandbiedende materiaal beskik of beide. Namate die dekrots stadig ondermyn word erodeer die res van die landskap weg. Dit veroorsaak dat hierdie heuwel uitstaan in 'n vlakte "see".

Die hoë plaaslike reliëf dui dus op 'n weerstandbiedende struktuur. Hierdie afleiding word deur die lokale reliëf van Langenhovenpark wat dubbel dié van Platkop is, ondersteun (oppervlak van dekrots vir beide ongeveer dieselfde). Die klein vryhanghoogte en fyner naatstruktuur van Platkop dui op 'n swakker dekrots. Verwerking hiervan vind sodanig plaas dat dit nie 'n hoë lokale reliëf kan vorm nie. Die doleriet is egter steeds meer

weerstandbiedend as die gesteentes van die Beaufort en dus vorm dit 'n mesa met 'n beperkte hoogte, anders as Bulberg wat uitstaan in 'n vlaktesee.

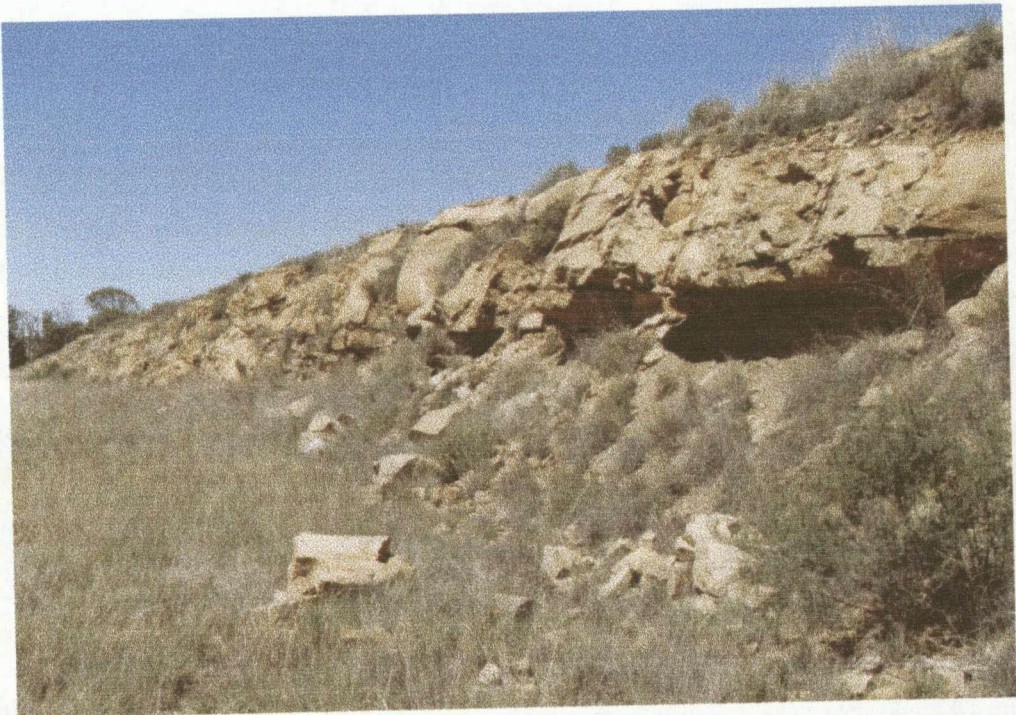
Uit die voorgenoemde bespreking wil dit dus voorkom asof lokale reliëf as 'n indikator van meganiese sterkte gebruik kan word. Verder kan dit ook gesien word as 'n aanduiding van die tyd wat 'n hang in die landskap bestaan (deur vervanging van ruimte met tyd, met ander woorde, ergodiese redenering). Hiervolgens is Bulberg dus die mees weerstandbiedende struktuur (groot hoogte) en bestaan dit ook die langste in die landskap van die drie heuwels. Platkop is weer jonger as Bulberg en Langenhovenpark. Dit sal ook nie vir 'n lang tyd in die landskap bestaan nie en sal waarskynlik voor Langenhovenpark verdwyn want die dekrots van Platkop is swakker as dié van Langenhovenpark.

Wat die helling van die puinhang betref is die volgende ter sprake:

Indien aanvaar word dat beide Bulberg en Langenhovenpark oor 'n dekrots met ooreenstemmende meganiese sterkte beskik, is die kritiese vraag waarom beide die helling van die puinhang en die gemiddelde helling van die puinhang/vryhang element vir Langenhovenpark hoër is as vir Bulberg. 'n Moontlike verklaring mag in die meganiese sterkte van die puinhang gevind word. Die meganiese sterkte van die puinhang bepaal tot welke mate die vryhang ondermyn sal word. Indien die meganiese sterkte van die puinhang laag is, sal dit die vryhang aktief ondermyn. Dit sal veroorsaak dat beide teen 'n relatief vinnige tempo terugwyk. 'n Steil en relatiewe kort puinhang is die gevolg. Hierdie ontwikkeling is moontlik soortgelyk aan die hangontwikkeling wat in 'n padsnit op die N1 suid van Bloemfontein waargeneem is, hoewel die dekrots in hierdie geval sandsteen is.

Hierna volg 'n kort uiteensetting van die moontlike hangontwikkeling van die padsnit ter ondersteuning van 'n afleiding dat die meganiese sterkte van die puinhang waarskynlik 'n rol in hangontwikkeling speel.

Toe die pad gebou was, is ongeveer 'n 90° snit deur die bodemgesteente van 'n hang geskiet. Dit het 'n stratigrafie van moddersteen wat deur sandsteen oorlê word, ontbloot. Beide het aanvanklik ongeveer 'n 90° helling gevorm. Die swak moddersteen ondergrawe die sandsteen egter aktief (Figuur 12.4). Dit veroorsaak dat sandsteenblokke afbreek en aan die voet van die hang versamel. Tans het die moddersteen 'n helling van kleiner as 90° en die sandsteen vorm 'n helling van groter as 90° wat dus 'n oorhangende rots op hierdie stadium vorm. Dit is duidelik dat die moddersteen nie oor die meganiese sterkte beskik om 'n helling van 90° te handhaaf nie.



Figuur 12.4: Die swak moddersteen ondergrawe die sandsteen aktief. Die sandsteen vryhang handhaaf tans 'n hellingshoek van meer as 90° en vorm 'n oorhangende rots. Dele wat reeds afgebreek het weens die ondermyning van die moddersteen puinhang, en wat oor genoeg momentum beskik het, lê aan die voet van die puinhang. Ander sandsteenpuindele lê op die puinhang.

Dit wil voorkom dat die moddersteen aktief sal voortgaan om die sandsteen te ondergrawe totdat die moddersteen 'n helling bereik wat in ewililibrium met die meganiese sterkte van

moddersteen is. Dan sal die tempo van ondergraving stadiger word. Intussen sal die sandsteenvryhang vir relatiewe kort periodes hellings groter as 90° bereik. Die tydsverloop wat die vryhang 'n oorhangende kenmerk vorm, sal afhang van die meganiese sterkte van die sandsteen. Dit sal egter altyd 'n tydelike kenmerk wees. Die moddersteen sal voortgaan met vinnige ondermyning totdat dit 'n ewilibrum helling bereik. Dan sal die hang verder ewewydig terugwyk terwyl die sandsteen 'n helling van ongeveer 90° behou (wat in ooreenstemming met die sandsteen se meganiese sterkte in hierdie geval is). Wat in gedagte gehou moet word, is dat die basisvlak in hierdie geval baie stadig verlaag en dus as relatief vas beskou kan word.

Die helling wat ooreenstem met die meganiese sterkte van gesteentes (ekwilibrum helling) kan verder nagevors word. Sodoende kan ewilibrum hellings van bepaalde meganiese sterktes dus vasgestel word.

Indien die bodemgesteente van die puinhang sterk is, sal die ondermyning van die dekrots stadiger plaasvind. Die puinhang word lank in lengte met 'n matige steil helling. Bulberg is 'n moontlike voorbeeld hiervan. Die voorkoms van sandsteendagsome op hierdie puinhang kan moontlik ook as bewys van die groter meganiese sterkte van die puinhang dien.

Daar is in hoofstuk 3 bevind dat die verspreiding van hellingshoeke bi-modaal is wat ooreenstem met wat deur Young (1972) vir halfdroë klimate gepostuleer is. Die tweede piek van die kenmerkende hellingshoeke vir kort en lang profiele verskil egter. So is bevind (Figuur 3.1 en 3.2) dat lang profiele se kenmerkende hellingshoeke in die 25° tot 30° kategorie val teenoor kort profiele waar dit in die 15° tot 20° kategorie val. Hierdie bevinding mag die afleiding van 'n meer weerstandbiedende puinhang vir lang hange in hierdie studie verder ondersteun.

Die volgende skynbare teenstrydigheid blyk uit voorgenoemde bespreking: Indien die bodemgesteente van die puinhang relatief sterk is, sal die gemiddelde helling (nie

kenmerkende hellingshoek nie) van die puinhang matig wees. Indien dit swak is, sal die gemiddelde helling steiler wees.

Die lokale reliëf hang dus van die meganiese sterkte van die dekrots asook die oppervlakte daarvan af. Indien dit 'n baie groot oppervlakte beslaan, sal dit 'n langer tyd neem om te verweer en sal dit dus uitstaan in die landskap ongeag die meganiese sterkte van die puinhang. Die puinhanghelling sal egter steil wees indien die meganiese sterkte van die puinhang swak is en minder steil indien die meganiese sterkte groter is.

Die aanname wat vir voorgenoemde geld is dat die basisvlak relatief vas is. Hiermee word bedoel dat aktiewe inkerwing deur die plaaslike spruite en riviere stadig plaasvind.

Dit wil dus voorkom asof die puinhange in die onderhawige studie hoofsaaklik struktuurbeheerd is. Die puin op die hange het egter 'n invloed op die prosesse op die hange. Sodoende stel Simaton en Toy (1994, 213) die volgende:

“Recent research demonstrates that rock-fragment cover on hillslope surfaces profoundly influences the operation of hydrologic and geomorphic processes.”

Vervolgens gaan aandag aan die prosesse op die hange gewy word.

12.10 DIE PROSESSE OP DIE HANGE

Die prosesse wat op die hange plaasvind is rotsval, rotskruip, grondkruip, oppervlakspoel en verwering. Groot puin kan deur middel van rotsval, rotsbotsing, rotskruip en grondkruip hang-af beweeg. Kleiner puin soos byvoorbeeld gruis kan ook deur oppervlakspoel beweeg.

12.10.1 Rotsval

Swaartekrag veroorsaak dat 'n rotsfragment 'n sekere kritiese stabiliteitsdrempelwaarde bereik en losbreek van die vryhang. Dit vryval en beland op die puinhang. Die potensiële afstand wat dit teen die hang af kan beweeg, hang af van die hoogte en helling van die vryhang sowel as die grootte van die rots want hierdie faktore bepaal die aanvanklike momentum. Die vorm van die rots, soos in hierdie studie bevind is, sal bepalend wees van hoe ver die rots wel teen die hang af sal beweeg indien dit nie teen 'n hindernis te staan kom nie.

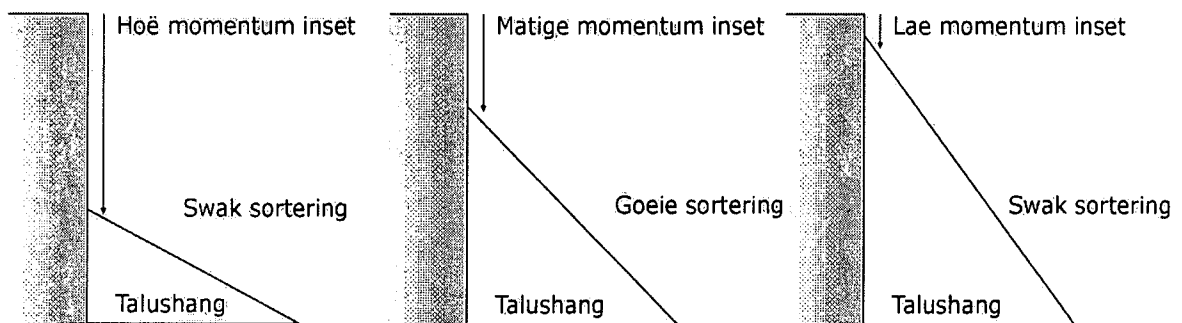
Volgens Young (1972, 131) kan groter rotsblokke potensiël verder teen die hang af beweeg omdat volume, en dus massa en momentum met die derde mag van die deursnee toeneem terwyl oppervlak, en dus wrywing, slegs met die kwadraat van die deursnee toeneem. In hierdie studie is bevind dat groot sfeervormige fragmente laag op die hange voorkom. Dit kan daaraan toegeskryf word dat 'n sfeer oor die kleinste oppervlak tot volume verhouding van al die vormtipes beskik. Dit verminder die wrywing en skep die potensiaal vir die rots om die volle afstand wat deur die momentum verskaf is, te beweeg. Daarenteen is die wrywingspotensiaal van 'n blad- of skyfvormige rots hoog en werk dit negatief in op die afstand wat hierdie vormtipes hang-af kan beweeg. Dit stem ooreen met wat in hierdie studie bevind is (par. 11.4) waar skyf- en bladvormige rotse met 'n deursnee van groter as 800mm grotendeels naby die vryhang voorkom terwyl dié wat laer af op die puinhang voorkom, oor die algemeen sfeervormig is.

By talushange is bevind dat indien die hellingshoek laer as 'n sekere kritiese waarde is (die rushoek van die puin), dan is die verlies aan energie met impak op die hang minder as die aanvanklike energie deur swaartekrag gewen (Young, 1972, 131). Die puinfragment sal dus 'n afstand hang-af beweeg na impak. Die afstand wat dit sal beweeg berus op die momentum, hellingshoek en, soos in hierdie studie bevind is, die vorm van die puin. Statham (In Briggs, 1977, 107) toon aan dat by talushange die puingrootte oor die algemeen na onder toeneem. In

'n latere stadium bou die talushang egter tot so 'n mate op dat die vryhang in hoogte afneem (Figuur 12.5). Die momentum van die vallende puin neem sodanig af dat dit nie meer oor genoeg energie beskik om tot onder op die hang te beweeg nie. Al die vallende materiaal, ongeag van grootte, akkumuleer nou op die bokant van die hang wat swak sortering van die materiaal tot gevolg het.

Soos aangetoon, is die hange in hierdie studie nie talushange nie (die puin lê selde meer as een laag op mekaar en verder vorm dit nie 'n aaneenlopende bedekking nie). Talus mag egter moontlik bo teen die hang, net onder die vryhang versamel en dus die momentum van die vallende puin daar beïnvloed.

Wat die sortering oor die algemeen aanbetref, mag die voorgaande model van Statham egter 'n verklaring bied vir die swak sortering van Lang 2 wat oor 'n relatief groot vryhanghoogte beskik wat tot 'n hoë momentum inset aanleiding kan gee.



Figuur 12.5: Statham se model van talushangontwikkeling (aangepas uit Briggs, 1977).
vallende puin daar beïnvloed.

Indien die puin oor die nodige grootte en vorm beskik, mag dit tot laag op die puinhang beweeg. Dit verklaar moontlik die voorkoms van uitskieters op hierdie hang wat die korrelasies met gemiddelde deursnee en "volume" negatief beïnvloed (Tabel 4.3).

Die swak sortering van Bulberg mag moontlik aan die derde fase van Statham se model van 'n kort vryhanghoogte relatief tot die puinhanglengte toegeskryf word (Fig. 12.5). Sodoende versamel puin ongeag van grootte bo teen die hang behalwe vir daardie rotse wat sferies van aard is en weens hul vorm en grootte oor genoeg momentum beskik om verder teen die hang af te beweeg.

12.10.2 Rotskruip

Williams (1974, 419 - 424) beskryf oppervlakrotskruip op sandsteenhange in Noord-Australië. Dit geskied in 'n tropiese savanne klimaat (gemiddelde reënval 1 235mm). Hy korreleer dit met werk wat Schumm in semi-ariëde Colorado (gemiddelde reënval 250mm) gedoen het. Hy toon aan dat die tempo van rotskruip in hierdie twee gebiede met kontrasterende klimaat, maar met soortgelyke litologie, ooreenstem. Rotskruip in beide gebiede is direk eweredig aan die sinus van die hellingshoek met ander woorde direk eweredig aan die komponent van swaartekrag wat parallel aan die grondoppervlak werk. Verder is beweging groter op steil- as op sagte hellings. Die wrywingsweerstand wat 'n partikel teen beweging bied is minder op steil hellings in verhouding met die groter momentum daarvan. Momentum, soos onder rotsval (par.12.10.1) aangetoon, neem toe met massa en snelheid en beide is potensieel groter op steil hange. Wat rotsmassa betref toon hy aan dat dit afneem met afstand vanaf die kruin. Dit stem ooreen met die neiging wat in hierdie studie bevind is soos deur die relatief goeie korrelasies met die grootste rots per meting (par 12.2.2).

Dit wil voorkom asof rotskruip teen 'n kritiese hellingshoek ophou plaasvind. Dit kan 'n moontlike rede bied waarom growwe puin slegs tot die puinhang beperk is en waarom daar 'n skerp grens tussen die puinhang en die pediment voorkom (Figuur 2.6) Hierdie aspek kan meer aandag in 'n verdere studie geniet.

12.10.3 Grondkruip

Grondkruip is die stadige, hang-afwaartse beweging van die regoliet. Dit is die gevolg van die netto effek van die beweging van die individuele partikels in die regoliet (Young, 1972, 48). Kenmerkend van grondkruip is die afhanklikheid van tussen-partikel spanning, die netto hang-afwaartse beweging as gevolg van swaartekrag, beweging wat plaasvind deur middel van netto skuifskur ("shear") en dat geen voortdurende eksterne druk op die regoliet toegepas word nie. Die tempo van grondkruip varieer met die sinus van hellingshoek sowel as die grootte en frekwensie van versteuring van die individuele partikels. Faktore wat volume verandering in die hand werk is onder andere benatting en uitdroging, temperatuur veranderinge, versteuring deur grondfauna, plantwortels, verwering (verlies aan materiaal deur middel van oplossing), bevriesing en ontdooiing van water in die grond sowel as 'n tydelike toename in druk op die oppervlak as gevolg van die gewig van diere en neerslag (Young, 1972,49).

Die versameling van dolerietpuin op die sandsteendagsome kan as bewys dien dat grondkruip op die puinhange plaasvind. By 'n dagsoom verloor 'n rotsblok die grond waarmee dit beweeg het. Die fyn materiaal word deur oppervlakspoel verwyder en die rotsblok bly gestrand op die dagsoom agter (Fig. 9.1 en 12.2). Hier bly dit lê en kan slegs verder beweeg deur ondergraving soos die dagsoom terugwyk of indien 'n vinnig bewegende fragment daarteen bots. Indien die dagsoom redelik weerstandbiedend is, vind algehele ophoping van puin plaas. Rotskruip van die puin op die dagsoom sal plaasvind indien die dagsoom oor 'n helling beskik

Grondkruip kan dus ook verantwoordelik wees vir die beweging van puin wat te groot is om met oppervlakspoel vervoer te word. 'n Proses wat moontlik 'n kleiner rol in woestyne speel vandaar die negering daarvan deur navorsers soos Abrahams en andere (1985) en Parsons en Abrahams (1987).

Die beweging van die puinpakket deur middel van grondkruip sal ook opeenhoping van fyner puin teen groot rotsblokke, veral dié wat tot teen die bodemgesteente van die puinhang deurgedring het (par. 12.2.2), tot gevolg hê. 'n Faktor wat bydra tot die verlaging in korrelasies met phi-deursnee teenoor dié met gemiddelde deursnee ($\bar{D}$).

12.10.4 Oppervlakspoel

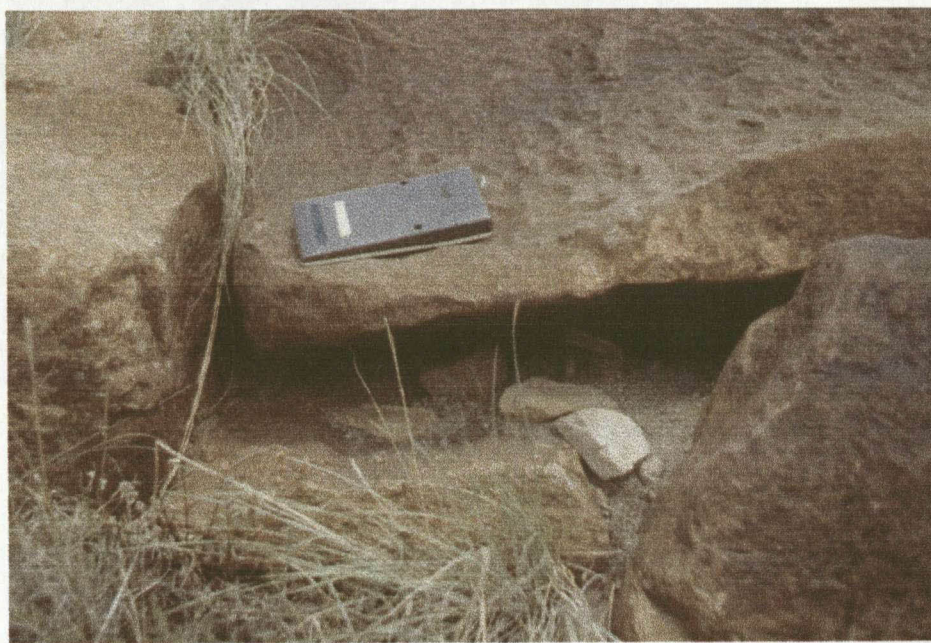
Volgens Parsons en Abrahams (1992) bestaan daar twee tipes oppervlakspoel op hellings: Horton- en versadigings oppervlakspoel. Horton-oppervlakspoel kom gewoonlik in droë en half-droë gebiede voor. Dit word ook op geploegde lande gevind en geskied wanneer die reënvalintensiteit die infiltrasietempo oorskry. Horton oppervlakspoel vind plaas waar blootstelling van die grond deur min plantbedekking verseëling van die grondoppervlak laat plaasvind of waar dagsome infiltrasie beperk. Daarenteen vind versadigings-oppervlakspoel as gevolg van die versadiging van die grond plaas. Dit is gewoonlik tot voethellings aangrensend aan dreineringskanale, topografiese holtes en gebiede met 'n dun grondlaag beperk.

Die rol van oppervlakspoel op die hange is waarskynlik tot die vervoer van fyner materiaal in suspensie beperk sowel as materiaal in oplossing. Die werking van oppervlakspoel is veral hoog op teen 'n hang waar die energie groot is, merkbaar en kan moontlik die klein fragmente (30 mm deursnee) wat in die steekproef ingesluit is, vervoer (Figuur 12.6).

Die groot puin op die hange veroorsaak 'n vertraging in vloedsnelheid ("flow velocity") (Simanton en Toy, 1994, 214) met gepaardgaande energie verlies. Die fyner puin sal nou naby of teen die groot puin afgeset word en tot 'n opeenhoping daar lei. Oppervlakspoel veroorsaak ook die ondergraving van groot puin en dra by tot die beweging daarvan (Figuur 12.7).



Figuur 12.6: Dolerietgruis.



Figuur 12.7: Ondergraving van puin. Sandsteendele en moddersteengruis afkomstig van die puinhang is die materiaal wat in hierdie geval onder die dolerietrots uit erodeer weens ondergraving.

Oppervlakspoel word deur plantegroei en puin vertraag. Die kruinbedekking van plante tesame met dooie organiese materiaal verminder en verhoed spaterosie. Puinbedekking beïnvloed verskeie hidrologiese prosesse op die hang (Poesen, 1998) en tesame met die basalebedekking van plante word oppervlakovloei vertraag. Onder hierdie omstandighede wil dit dus voorkom asof puin die proses beïnvloed waar dit gewoonlik die teenoorgestelde is.

12.10.5 Verwerking

Op die puinhange vind beide chemiese en fisiese verwerking plaas.

12.10.5.1 Chemiese verwerking

Chemiese verwerking beïnvloed die puin soos volg:

i) Vog dring in deur die nate van die doleriet wat die vryhang vorm en help die verwerking van die onderliggende doleriet aan (Figuur foto van nate). 'n Groot naatfrekwensie verhoog die chemiese verwerking wat sal plaasvind. Le Roux (1985) stel dit as volg: "... dolerite in bulk permits minimal penetration of rain water... When the particles are smaller, dolerite disintegrates rapidly by oxidation attacking the augite and hydrolysis of the anorthite." Sodoende word die doleriet wat net onder die vryhang dagsoom, beïnvloed. Die chemiese verwerking veroorsaak dat hierdie doleriet minder weerstandbiedend is as dié van die vryhang. Ondergraving van die vryhang is dus nie slegs beperk tot 'n sagter gesteente van verskillende litologie as die vryhang nie, maar kan ook plaasvind deur dieselfde gesteente wat onder ander verwerkingstoestande voorkom (Vrahimis, 1985, 46). In die geval van Bulberg byvoorbeeld, is die doleriet onder die vryhang aan sneller chemiese verwerking onderworpe as die vryhang (Figuur 12.8). 'n Digter naatstruktuur as gevolg van die kilzone mag 'n rede hiervoor bied. Dit veroorsaak dat hierdie doleriet vinniger terugwyk en sodoende die vryhang ondergrawe.



Figuur 12.8: Die gevolg van chemiese verwerking op die doleriet net onder die vryhang van Bulberg.

Die puin op die hange wat gedeeltelik of algeheel begrawe is, word aan sneller chemiese verwerking onderwerp. Dit beïnvloed beide die grootte sowel as die vorm daarvan.

12.10.5.2 Fisiese verwerking

Die nate van die vryhang is die gevolg van drukverligting (Figure 2.10 en 10.3). Die nate



Figuur 12.9: Sekondêre nate in dolerietpuin.

bevorder die indringing van vog en verhoog die chemiese verwerking wat plaasvind. 'n Fyner naatblokstruktuur van die vryhang (soos in die geval van Platkop en Olevien) gee dus aanleiding tot 'n swakker meganiese sterkte van hierdie element. Drukverligting gee ook aanleiding tot die vorming van sekondêre nate in beide die vryhang en puin op die puinhang (Figuur 2.10 en 12.9).

Ander fisiese verweringsfaktore wat moontlik 'n rol op die hange speel is termiese uitsetting weens weerlig sowel as abrasie wanneer een vallende rotsblok teen 'n ander val en stamp. Verder is biologiese faktore ook belangrik en moet die rol van mosse en ligene wat op die gesteentes groei en wanneer dit afsterf en uitdroog deeltjies in die rots losruk nie onderskat word nie (Figuur 12.10).



Figuur 12.10: Die groei van ligene en korsmosse op die puin.

Verwering veroorsaak fyn materiaal op die hang sowel as die verkleining van die puin oor tyd en dus 'n algemene tendens van die verkleining helling-af van groot puin op die hange soos deur die korrelasies met die grootste rots per meting verkry is.

12.10.6. SAMEVATTING

Simanton en Toy, (1994, 214) haal bevindings van Poesen (1994) aan wat daarop dui dat puin op die hange 'n toename in wrywing veroorsaak met 'n gevolglike toename in vloeiweerstand wat tot 'n eksponensiële verlaging in die gemiddelde spoed (energie) van die water lei. Verder verander rotsfragmente ook die rigting van oppervlakspoel en tesame met die vertraging daarvan word die krag van water om partikels los te maak en te vervoer, verminder. Erosie word dus deur puin op die hange beïnvloed en volgens Abrahams en Parsons (1992) (in Simanton en Toy, 1994, 224):

“Models of hillslope development must recognize the critical role of surface gravel covers in controlling resistance to flow and, hence, the rate of erosion; where gravel size or concentration varies in a systematic manner down a hillslope, form resistance and erosion rate will also vary, and this systematic variation may have a significant effect on the shape of the hillslope as it evolves through time.”

Die effek van die puin om oppervlakspoel te vertraag dra daartoe by dat meer infiltrasie plaasvind. Puinbedekking veroorsaak dus groter retensie van vog vir langer periodes op die hange wat in hierdie klimaatstipe tot versnelde chemiese verwering van die bodemgesteente van die puinhang aanleiding gee. Oor tyd behoort hierdie faktor dus ook 'n rol op die ontwikkeling van die hang te hê. Voorgenoemde dui die invloed van waterwerking op hangontwikkeling aan. Massabewegingsprosesse soos hier bo aangetoon, dra ook by tot die uiteindelijke ontwikkeling van die hange. Dus, al is die hange struktuurbeheerd soos in hierdie studie bevind, is die prosesse (verwering, oppervlakspoel en massabeweging) op die hange ook belangrik in die bepaling van die uiteindelijke vorm en helling van die hange. Die

puinhange in hierdie studie is dus 'n komplekse funksie van struktuur en proses.

Figuur 12.5 kan gesien word as ook 'n illustrasie van 'n model van hangontwikkeling. Dit stel hangvervanging voor. Kortliks kom hangvervanging daarop neer dat die vallende puin onder teen die vryhang van 90° versamel. Daar beskerm dit die vryhang sodanig dat die deel wat ontbloot is terugwyk met die gevolglike ontwikkeling van 'n talus- of puinhang.

Verwering van die vryhang veroorsaak verdere toevoeging van puin op die talushang en sodoende neem die talushang toe in hoogte. Die oorspronklike 90° hang word nou deur 'n sagter helling vervang met die bodemgesteente van die vryhang en puinhang wat dieselfde is.

Die puinhange in hierdie studie ontwikkel nie deur hangvervanging nie. 'n Opbou van talus in hierdie klimaat lei tot groter vogretensie wat sneller chemiese verwering van die bodemgesteente van die puinhang sal veroorsaak in vergelyking met die vryhang. Dus beskerm dit nie die bodemgesteente van die puinhang nie. Die swakker puinhang (op Beaufortgesteentes) lei eerder tot groter ondermyning van die vryhang. Hierdie proses duur voort totdat 'n ewilibrum helling vir die puinhang se bodemgesteente ontwikkel het soos in par 12.9 gepostuleer is. Daarna ontwikkel die hang verder deur middel van ewewydige terugwyking.

12.11 GEVOLGTREKKINGS

Die volgende gevolgtrekkings mag uit die onderhawige studie gemaak word:

- Daar bestaan verwarring in die literatuur omtrent die konsep puinhange. Sommige navorsers gebruik die terme puinhang ("debris slope"), talushang ("talus slope"), "scree slope" en rotsbeheerde hange ("boulder-controlled slopes") as sinonieme terwyl andere weer 'n duidelike onderskeid tussen die konsepte tref. Die verwarring tussen die verskillende konsepte, sowel as die mate waartoe elke term as 'n sinoniem vir die ander gebruik word, lei daartoe dat navorsing wat op puinhange toegespits is, vir bewyse van talushange en "scree

slope” gebruik word. Die omgekeerde is ook aan die orde van die dag en vererger die Babelse verwarring.

- Navorsers gebruik 'n verskeidenheid metodes van bemonstering van beide hellings en puin. Dit bemoeilik vergelyking van bevindings en verskraal die sinvolle toepassingsmoontlikhede op verdere navorsing. Verder bemoeilik onderlinge verskille in die begrensing van puinhange tussen navorsers die vergelyking van navorsingsresultate nog meer.

- Daar is bevind dat navorsers oor die algemeen slegs een dimensie van die puin meet. In hierdie studie is drie dimensies van die puin gemeet wat aanleiding daartoe gegee het dat 'n ondersoek na die vorm van die puin geloods kon word. Dit het die belangrikheid van vorm op die sortering van die puin aangetoon asook die rol van vorm in die prosesse op die hang en dus die effek daarvan op hangontwikkeling benadruk. Hierdie aspekte kon dus nie deur navorsers wat slegs 'n enkele dimensie van die puin gemeet het nie, ondersoek word nie. Die meting van slegs een dimensie van die puin kan dus as 'n beperking in die studie van hellings gesien word.

- 'n Belangrike aspek van hierdie navorsing is dat die puin op die puinhang van die bodemgesteente van die puinhang verskil. Aangesien die puin doleriet is, is die herkoms daarvan beperk tot die dekrots en vryhang. In ander hangstudies bestaan die bodemgesteente van die puinhang en die puin op die hang uit dieselfde gesteente. Dit veroorsaak dat die herkoms van die puin nie duidelik bepaal kan word nie en mag 'n rede bied waarom massabewegingsprosesse in sommige gevalle nie in aanmerking geneem is nie. In hierdie studie word hierdie veranderlike beheer en sodoende kon die verspreiding van die puin ongehinderd waargeneem word.

- In hierdie studie is nie net die drie dimensies van elke brokstuk gemeet nie, daar is ook 'n verskeidenheid indikatore vir puingrootte bereken. Deur die verskillende indikatore met

mekaar te vergelyk, kon belangrike tendense in die data aangetoon word wat die gevolglike afleidings beïnvloed het. Die indikatore het ook bygedra dat die variansie van die puin tydens die berekening van korrelasies beheer kon word. Hierdie aspek het belangrike implikasies vir die afleidings uit die navorsing ingehou. Sodoende kon aangetoon word waarom sommige navorsers daartoe gelei was om af te lei dat hellingshoek en puingrootte 'n kousale verband toon.

- Korrelasies is tussen puingrootte en hellingshoek bereken. 'n Klein, maar beduidende korrelasie is gevind. Die data is gemanipuleer om die effek van mikroreliëf sowel as uitskieters op die korrelasies te verminder. Die korrelasies het telkens 'n verhoging getoon. Daar bestaan dus 'n algemene afnemende tendens vir puin en hellingshoek. Dié veranderlikes het egter nie 'n kousale verband nie want beide word deur ander faktore bepaal. Soos bevind is, word hellingshoek en puingrootte deur struktuur en proses bepaal, maar nie op dieselfde wyse nie.

- Die effek van meeteenheidlengtes is op die korrelasies ondersoek en dit is gevind dat langer meeteenhede tot groter korrelasies aanleiding gee. Om dus van 'n lang meeteenheidlengte vanuit die staanspoor gebruik te maak, word belangrike tendense in die data oor die hoof gesien. Dit mag ook 'n verklaring bied waarom sommige navorsers 'n kousale verband tussen hellingshoek en puingrootte bevind.

- Die vorm van die puin is ondersoek en daar is bevind dat sfeer- en skyfvormige puin met die hoogste frekwensie op die hange voorkom. Dit kan aan 'n dekrots wat se mineralogiese samestelling tot nate wat hierdie vorms bevoordeel, toegeskryf word. Daar is ook bevind dat die puin 'n neiging toon om meer sferies van aard verder weg van die vryhang te wees. Dit mag daaraan toegeskryf word dat puin, ongeag van die oorspronklike vorm, tot sferies met tyd verweer.

- Puingrootte en vorm is vergelyk en daar is gevind dat 'n sekere puinvorm neig om al die

grootte kategorieë van 'n hang te oorheers. Dit word toegeskryf aan 'n dekrots wat voorkeur aan 'n sekere puinvorm gee. Die sfeer is die vorm wat die algemeenste voorkom.

- Verder is bevind dat hoofsaaklik groot sfeervormige rotsblokke ($\bar{d} \geq 800\text{mm}$) ver van die vryhang op die puinhang lê. Dit kan aan die groter beweeglikheid van hierdie vorm deur middel van vinnige massabewegingsprosesse (rotsval) toegeskryf word.

- Die hellingshoekfrekwensie vir hierdie studie dui daarop dat stabiele hellings vir die puinhang in die steekproefruimte in die 5° tot 10° en 15° tot 20° kategorieë val. Hellings bo 35° is skaars en kan deur middel van ergodiese beredenering as onstabiel gesien word.

- In die studie is bevind dat die puinhang in hierdie gebied hoofsaaklik struktuurbeheerd is, maar dat die hellingshoek en vorm van die hange 'n komplekse funksie van struktuur en proses oor tyd is.

- Met 'n basisvlak wat relatief stabiel is, vind hangontwikkeling, nadat 'n ewilibrum helling vir die bodemgesteente van die puinhang bereik is, deur middel van ewewydige terugwyking plaas.

BEDANKINGS

Graag wil ek die volgende persone bedank:

1. 'n Besondere woord van dank aan Prof. J.S. le Roux, voorheen van die Departement Geografie van die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, vir sy hulp, aanmoediging, leiding en geduld tydens hierdie projek. Veral wil ek hom bedank vir die mooi voorbeeld wat hy my gestel het beide as wetenskaplike en mens.
2. My eggenoot en vriend, Savvas Vrahimis van die Departement Omgewingsake en Toerisme, Vrystaat Provinsiale Regering, vir sy belangstelling, bystand en ondersteuning waarsonder hierdie projek nie voltooi so kon wees nie. Graag wil ek hom ook bedank vir die foto's en algemene insette in die onderhawige studie.
3. Werner Mollentze en Tania Jordaan vir die sketse en skandering van die foto's.
4. Dr. J.M. van Zijl, Departement Wiskundige Statistiek, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, vir statistiese inligting.
5. Ina Bester vir programmering op die hoofraam van die Universiteit van die Oranje Vrystaat.
6. Nikola Vrahimis, Ronelda Pohl, Hermine en Robert Watson vir hul emosionele ondersteuning.

BIBLIOGRAFIE

Abrahams, A.D., Parsons, A.J., Hirsh, P.J., 1985. Hillslope gradient-particle size relations: evidence for the formation of debris slopes by hydraulic processes in the Mojave desert. *Journal of Geology*. Vol. 93(3), p. 347 - 357.

Akagi, V., 1980. Relations between rock type and the slope form in the Sonora Desert, Arizona. *Zeitschrift fur geomorphologie*, N.F., 24, 129 - 140.

Allison, R.J. and Goudie, A.S., 1990. The form of rock slopes in tropical limestone and their associations with rock mass strength. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, Bd.34, Heft 2, p130 -147.

Arnold, V.I. & Avez, A, 1989. Ergodic Problems of Classical Mechanics. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Redwood City, California.

Barnett, V. and Lewis. T., 1978. Outliers in statistical data. Wiley, Chichester.

Bowen, R, 1970. Equilibrium States and the Ergodic Theory of Anosov Diffeomorphisms. Springer-Verlag, Berlin.

Briggs, D., 1977. Sediments. Sources and Methods in Geography. Butterworths, London.

Carson, M.A., 1967. The evolution of straight debris-mantled hillslopes. Unpublished Ph. D., St John's College, Cambridge.

Carson, M.A., 1971. An application of the concept of threshold to the Laramie Mountains, Wyoming. *Slopes: form and process*, Institute of British Geographers, London, 1971.

Carson, M.A. and Kirkby, M.J., 1972. *Hillslope form and process*. University Press, Cambridge.

Chorley, R.J., Schumm, S.A., Sugden, D.E. 1984. *Geomorphology*. Methuen, London and New York.

Church, M., Stock, R.F., and Ryder, J.M., 1979. Contemporary sedimentary environments on Baffin Island, N.W.T., Canada: Debris slope accumulations. *Arctic and Alpine Research*, 11(4), 371 - 402.

Cooke, R., Warren, A., Goudie, A. 1993. *Desert Geomorphology*. UCL Press, London.

Denker, M., Grillenberger, C., Sigmund, K., 1976. *Ergodic Theory on Compact Spaces*. Springer-Verlag, Berlin.

Denker, M. & Jacobs, K., 1979. *Ergodic Theory*. Springer-Verlag, Berlin.

Fair, T.D.J., 1947. Slope form and development in the interior of Natal, South Africa. *Transactions of the Geological Society of South Africa*. 50, 105 - 119.

Fair, T.D.J., 1948a. Slope form and development in the coastal hinterland of Natal. *Transactions of the Geological Society of South Africa*. 51, 37 - 53.

Fair, T.D.J., 1948b. Hill-slopes and pediments of the semi-arid Karroo. *South African Geographical Journal*. 30, 71 - 79.

Flemming, N.C., 1965. Form and function of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*. 35, 381 - 390.

Folk, R.L. and Ward, W.C., 1957. Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*. 27, 3 - 27.

Gardner, J.S., 1979. The movement of material on debris slopes in the Canadian Rocky Mountains. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, N.F., 331, 45 - 57.

Goudie, A, 1981. *Geomorphological Techniques*. George Allen & Unwin, London.

Griffiths, J.C., 1967: *Scientific Method in Analysis of Sediments*. McGraw-Hill, New York.

Jatje, R, 1991. Strong Limit Theorems in Noncommutative L²- Spaces. Springer-Verlag, Berlin.

King, L.C., 1962. *The morphology of the earth*. Oliver and Boyd, Edinburgh.

King, L.C. 1967. *South African Scenery*, Third Edition - Revised. Oliver and Boyd, Edinburgh.

Kirkby, A. and Kirkby, M.J., 1974. Surface wash at the semi-arid break in slope. *Zeitschrift fur Geomorphologie*. Suppl. Band 21, p 151 - 176.

Krengel, U., Richter, K. & Warstat, V., 1992. *Ergodic Theory and Related Topics*. Springer-Verlag, Heidelberg.

Krumbein, W.C. and Pettijohn, F.J., 1938. *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century-Crofts, New York.

Krumbein, W.C., 1941. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 11, 64 - 72.

Krumbein, W.C. and Sloss, L.L., 1951. *Stratigraphy and Sedimentation*. Freeman, San Francisco.

Leeder, M.A., 1985. *Sedimentology: Process and Product*. George Allen & Unwin, London.

Le Roux, J.S., 1980. Survey of slope profiles by means of a simple profilometer. *Scripta Geographica*, 7 (1), 9 - 14.

Le Roux, J.S. and Roos, Z.N., 1982. Surface wash on a low-angled slope near Bloemfontein. *South African Geographical Journal*, 64(2), p 114 - 124.

Le Roux, J.S., 1985. Weathering of the Sand Fraction of Surface Wash Material on a Low-angled Slope near Bloemfontein. *The South African Geographer*, 13 (2), 141-149.

Le Roux, J.S. and Roos, Z.N., 1986a. The relationship between size of particles in surface wash sediment and rainfall characteristics on a low-angle slope in a semi-arid climate. *Zeitschrift für Geomorphologie* 30, 367 - 362.

Le Roux, J.S. and Roos, Z.N. 1986b. Wash erosion on a debris - covered slope in a semi-arid climate. *Zeitschrift für Geomorphologie* 30, 477 - 483.

Le Roux, J. S. and Roos, Z.N. 1991. The effect of rainfall factors and antecedent soil moisture on soil loss on a low angled-slope in a semi-arid climate. *Water SA*, Vol 17(3), p179 - 182.

Le Roux, J.S. and Vrahimis, S., 1987. The relationship between gradient and the size of rock fragments on debris slopes on dolerite-capped inselbergs in the Southern Orange Free State. *S.A. Geographical Journal*, Vol. 69, No. 2, 157 - 164.

Le Roux J.S. and Vrahimis, S. 1990. The shape of rock particles and their distribution on debris slopes in a semi-arid environment. *S.A. Geographical Journal*, Vol. 72, No. 1.

Luus, H.G., Müller, F.O. and Meyer, B.H., 1989. Statistical significance versus clinical relevance. *South african Medical Journal*, Vol. 76 p. 681 - 685.

Mabbutt, J.A., 1977. Desert Landforms. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Mammerickx, J., 1964. Quantitative observations on pediments in the Mojave and Sonoran deserts (Southwestern United States). *American Journal of Science*, Vol. 262, p. 417 - 435.

Meikeljohn, K.I., 1992. Some aspects of valley asymmetry in the high Drakensberg. *South African Geographical Journal*, Vol 74(2) p.49 - 53.

Melton, M.A., 1965. Debris-covered hillslopes of the Southern Arizona Desert- considerations of their stability and sediment contribution. *Journal of Geology*, 73, 715 - 729.

Moon, B.P. and Munro-Perry, P.M., 1988. Slope development on the Clarens Sandstone Formation in the northeastern Orange Free State. *South African Geographical Journal*, Vol. 70, p 57 - 68.

Moon, B.P., 1991. The significance of rectilinear bedrock slopes. *South African Journal of Science*, Vol. 87, p. 208 - 210.

Munro-Perry, P.M., 1990. Slope development in the Klerkspruit valley, Orange Free State, South Africa. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 34(4), p 409 - 421.

Oberlander, T.M., 1972. Morphogenesis of granitic boulder slopes in the Mojave Desert, California. *The Journal of Geology*, Vol. 80, p 1 - 20.

Oberlander, T.M., 1974. Landscape inheritance and the pediment problem in the Mojave Desert of Southern California. *American Journal of Science*, Vol. 274, p 849 - 875.

Ollagnier, J.M., 1985. Ergodic Theory and Statistical Mechanics. Springer-Verlag, Berlin.

Parsons, A.J. and Abrahams, A.D., 1987. Gradient-particle relations on quartz monzonite debris slopes in the Mojave desert. *Journal of Geology*. Vol 95 (3), p. 423 - 452.

Parsons, A.J., and Abrahams, A.D., 1992. Overland Flow. Hydraulics and Erosion Mechanics. UCL Press, London.

Petersen, K., 1983. Ergodic theory. Cambridge University Press, Cambridge.

Poesen, J.W., 1998. Variation of rock fragment cover and size along semiarid hillslopes: a case study from southeast Spain. Elsevier, *Geomorphology*, Vol 23, p323 - 335.

Reynhardt, J.H., 1979. Sekere fisiese, chemiese en mineralogiese eienskappe van die verskillende kolluviale lae in die Pretoria-omgewing en die praktiese benutting van die gebied. Ongepubliseerde doktorsale proefskrif, Unisa.

Reynhardt, J.H. and Vrahimis, S., 1992. Study Manual: Theory Theme 3: Geomorphology, Course: GGR200T, Component 2. Department of Geographical Sciences, Vista University.

Russell, J.R., 1976. Some characteristics of free faces in the Magaliesberg of the Southern Transvaal. *The South African Geographer*, 5(3), 226 - 236.

Selby, M.J., 1982. *Hillslope materials and processes*, University Press, Oxford.

Simanton, J.R., Renard, K.G, Christiansen, C.M and Lane, L.J., 1994. Spatial distribution of surface rock fragments along catenas in semiarid Arizona and Nevada, USA. *Catena*, Vol 23(1), p29 - 42.

Simanton, J.R. and Toy, T.J., 1994. The relation between surface rock-fragment cover and semiarid hillslope profile morphology. Elsevier, *Catena*, Vol 23, p 213 - 225.

Sinai, Ya. G., 1985. Dynamical Systems II, Ergodic Theory with Applications to Dynamical Systems and Statistical Mechanics. Springer-Verlag, Berlin.

Sneed, E.D. and Folk, R.L., 1958. Pebbles in the lower Colorado River, Texas: a study in particle morphogenesis. *Journal of Geology*, 66, 114 - 150.

- Statham, I. 1973. Scree Development under conditions of surface particle movement. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 59, 41 - 53
- Statham, I. 1975. Some limitations to the application of the concept of angle of repose to natural hillslopes. *Journal of Regional Geography*, vol 7, p 264 - 268
- Statham, I. 1976a. A scree slope rockfall model. *Earth Surface Processes*, 6, 43 - 62.
- Statham, I. 1976b. Debris flows on vegetated screes in the Black Mountain, Carmarthenshire, *Earth Surface Processes*, 6, 173 - 180.
- Tinkler, K.J., 1966. Slope profiles and scree in the Eglwyseg Valley, North Wales. *The Geographical Journal*, 133(3), 379 - 385.
- Twidale, C.R., 1976. *Analysis of Landforms*. Wiley, Sydney.
- Vrahimis, S. 1985. Die morfologie van 'n enkele puinhangprofiel teen Bulberg. Ongepubliseerde B.A. Hons. skripsie, U.O.V.S.
- Waddell, H., 1932. Volume, Shape, and Roundness of Rock Particles. *Journal of Geology*, V40, p 443 - 451.
- Williams, F., 1979. Reasoning with Statistics. Holt, Rhinehart and Winston. New York.
- Williams, M.A.J., 1974. Surface Rock Creep on Sandstone slopes in the Northern Territory of Australia. *Australian Geographer*, XII, 5 (1974), 419 - 424.
- Winkelmolen, A.M., 1971. Rollability, a functional shape property of sand grains. *Journal of Sedimentary Petrology*, 41, 703 - 714.
- Young, A. 1972. Slopes. Longman. London and New York.

Young, A., Brunsden, D and Thornes, J.B. 1974. Slope Profile survey. *Brit. Geomorph. Res. Group Tech. Bull.* 11. Norwich: GeoAbstracts, University of East Anglia.

Zingg, Von Th., 1935, *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, BD. XV, Heft 1, p 39 - 140

OPSOMMING

In die literatuur bevind sommige navorsers 'n verband tussen die grootte van puin en die hellingshoek van hange. Andere bevind geen verband nie. Hierdie studie is aangepak om empiries vas te stel of daar 'n verband tussen hellingshoek en puingrootte op puinhange bestaan.

Uit die literatuurstudie blyk dit dat daar verwarring rondom die konsep van puinhange bestaan. Sodoende gebruik sommige navorsers die terme talushange, "scree" hange, rots-beheerde ("boulder controlled") hange en puinhange as sinonieme. Navorsing wat op puinhange toegespits is, word as bewyse vir talus- en "scree" hange gebruik en anders om.

Die puinhange in hierdie studie voldoen aan die vereistes soos deur Young (1972) gestel naamlik 'n regolietbedekte hang benede 'n vryhang waarop puin met 'n afwaartse neiging in puingrootte voorkom.

Vier inselberge is in die suidelike Vrystaat gekies en op hierdie heuwels is tien profiele opgemeet. Net soos in ander navorsing is die metode nie ewekansig nie en is die keuse in hierdie geval gelei deur die vereistes wat aan 'n puinhang deur Young (1972) gestel is sowel as dat die heuwels uit 'n dolerietdekrots met 'n puinhang van Beaufort gesteentes bestaan. Laasgenoemde vereiste het tot gevolg dat die dolerietpuin op die puinhang onbelemmerd waargeneem kon word. Navorsers wat nie hierdie faktor beheer het nie het probleme om die herkoms van 'n puinbrokstuk vas te stel en dit hou ernstige gevolge vir die resultate en afleidings in.

Die profiele is met die profielmeter van Le Roux wat 2m in lengte is en 'n Abney-waterpas langs die ware helling (loodreg op die kontoere) gemeet. 'n Lynmonster van die puin is teen die ware helling van die puinhang geneem en is dus verteenwoordigend van wat by 'n spesifieke meeteenheid op die helling voorkom. Alle puin van 30mm en groter wat aan die

profiellyn geraak het, is in die puinmonster ingesluit.

Die onderste grens van die puinhang is op grond van twee parameters, naamlik hellingshoek en voorkoms van puin vasgestel. Sodoende bepaal 'n lae hellingshoek ($\leq 5^\circ$) gekoppel aan 'n lae persentasie puinbedekking ($\leq 2\% > 30\text{mm}$ gemiddelde deursnee) die onderste grens, terwyl die boonste grens deur die vryhang vasgestel word. Hierdie metode verskil van dié van ander navorsers wat die onderste grens gewoonlik net op grond van hellingshoek (en hierdie hoekwaarde verskil ook onderling tussen navorsers) vasstel.

Uit die literatuur blyk dit dat navorsers slegs een dimensie van die puin gemeet het. In hierdie studie is al drie dimensies van die puin op die lynmonster gemeet. Verskeie indikatore van puingrootte is vir die data bereken en korrelasies is met hellingshoek en transformasies daarvan, sowel as afstand vanaf die vryhang bereken. Die korrelasies het klein, maar beduidende waardes gelewer. Onderlinge vergelyking van die korrelasies met die aanduiders van puingrootte het tendense in die data aangetoon wat die afleidings beïnvloed het. Die indikatore het bygedra dat die variasie van die puin tydens die berekening van korrelasies beheer kon word wat belangrike implikasies vir die afleidings ingehou het. Sodoende kon aangetoon word waarom sommige navorsers daartoe gelei was om 'n kousale verwantskap tussen hellingshoek en puingrootte af te lei. Manipulasies van die data is uitgevoer wat onder andere die verlenging van meeteenhede en die uitskakeling van uitskieters insluit. Telkens het die korrelasies verhoog. Dit het die belangrikheid van die lengtes van meeteenhede op die gevolglike afleidings aangetoon en gedemonstreer waarom navorsers wat slegs van lang meeteenhede gebruik gemaak het 'n kousale verband tussen hellingshoek en puingrootte bevind het.

Weens die meting van al drie dimensies van die puin kon 'n ondersoek na die vorm van die puin geloods word. Dit het die belangrikheid van vorm op die sortering van die puin aangetoon asook die rol daarvan in die prosesse op die hange en dus die effek daarvan op hangontwikkeling benadruk.

Die verspreiding van hellingshoeke is ondersoek. Daar is bevind dat stabiele hellings vir die puinhange in die steekproefruimte in die 5° tot 10° en 15° tot 20° kategorieë val. Hellings bo 35° is skaars en kan deur middel van ergodiese beredenering as onstabiel gesien word.

Die onderhawige studie bevind dat die puinhange in hierdie gebied hoofsaaklik struktuurbeheerd is, maar dat die hellingshoek en vorm van die hange 'n komplekse funksie van struktuur en proses oor tyd is. Met 'n basisvlak wat relatief stabiel is, vind hangontwikkeling, nadat 'n ewilibrium helling vir die bodemgesteente van die puinhang ontwikkel is, deur middel van ewewydige terugwyking plaas.

SUMMARY

An investigation of the literature on slopes revealed that some researchers found a relationship between rock fragment size and slope angle on debris slopes whilst others find no such relationship at all. This project endeavored to empirically test whether such a relationship exists.

The literature reveals confusion regarding the concept of debris slopes. It was found that the terms scree slope, debris slope and boulder- controlled slope were used interchangeably. Research findings of scree slopes were used for debris slopes and *vice versa*.

The debris slopes identified for this project conform to the requirements as stated by Young (1972) and comprises a regolith covered slope occurring beneath a free face on which boulders display an upwards increasing tendency in size.

Four hills in the southern Free State (semi-arid climate) were selected and on these ten profiles were surveyed. The literature reveals purposive sampling as opposed to random sampling of hills for study and this project is no exception. The choice of profiles were led by the requirements proposed by Young (1972) as well as including only hills with a debris slope of the Beaufort series overlain by a dolerite caprock. Control of the latter variable successfully allowed for isolating the origin of debris on the debris slope (as these comprised dolerite from the caprock). Research that did not control this variable ran into trouble isolating the exact origin of debris on the slopes which impacted on results and conclusions.

The profiles were surveyed using an Abney level and the profile- meter of Le Roux (1980) which is 2m in length. Profiles were surveyed down the true slope (perpendicular to the contours) and a line sample of all debris 30 mm and larger on the profile were included for study. The debris sample is therefore representative of a particular measurement of slope.

Differences amongst researchers exist regarding the downslope boundary of a debris slope . This also impacts on research findings. In this project the downslope boundary was determined using the two variables of slope angle and percentage debris cover as opposed to only using slope angle (and this value was in many cases arbitrarily determined) as revealed in previous research. Thus for this study the debris slope comprises the part of slopes commencing at the foot of the free face with the lower boundary based on a low slope angle ($\leq 5^\circ$) combined with a low percentage debris cover ($\leq 2\%$ > 30mm diameter).

In previous research only one dimension of debris was measured as opposed to measurement of all three dimensions as in this project. A variety of indicators for debris size were calculated and correlated with slope angle and transformations of angle. These indicators were also correlated with distance from the bottom of the free face. Small, but statistically significant correlations were obtained. Comparison of correlations obtained for the different indicators indicated trends in the data which impacted on the research findings. Calculation of the indicators also allowed for controlling variation in calculating correlations. This demonstrated why many researchers were led to deduce a causal relationship between slope angle and debris size. Manipulation of data which included the isolation of outliers as well as variations in measuring length indicated increases in values obtained for correlations. The latter indicated the importance of the size of the measuring length in obtaining results. This revealed a possible reason why researchers using a measuring length of >2m found a causal relationship between slope angle and debris size.

Measurement of all three dimensions of the debris allowed for an investigation into the shape of particles. This demonstrated the importance of particle shape on sorting as well as in the processes operating on slopes and hence the effect of particle shape on slope development.

Slope angle frequency distributions were examined and it revealed that debris slopes in the 5° to 10° and 15° to 20° categories could be considered stable for the sampling space.

Slopes above 35° are rare and therefore can be regarded as unstable by using ergodic reasoning.

From the research it was concluded that debris slopes in this area are mainly structurally controlled but that slope angle and shape comprise a complex function of structure and process over time. With a relatively stable base level slope development is the result of parallel retreat.