'N STRATEGIE VIR DIE REHABILITASIE VAN VERSTEURDE MYNBOUGEBIEDE IN SUIDELIKE AFRIKA

deur

STEPHANUS VAN WYK, M.Sc., T.H.O.D.

Proefskrif ingedien ter gedeeltelike nakoming van die vereistes vir die graad

PHILOSOPHIAE DOCTOR

in die

DEPARTEMENT PLANT- en BODEMWETENSKAPPE

aan die

POTCHEFSTROOMSE UNIVERSITEIT

vir

CHRISTELIKE HOËR ONDERWYS

Promotor: Prof. O.J.H. Bosch
Hulppromotor: Prof. J. Booysen

POTCHEFSTROOM
1994

AAN GOD ALLEEN DIE EER

VOORWOORD

Gedurende die jare waarin die navorsing vir hierdie proefskrif gedoen is, kon ek nie anders nie as om onder die indruk te kom van die ontsaglike rykdomme wat op en onder die aarde gestel is vir die gebruik van die mens.

Die besondere aspekte wat ondersoek en nagelees is, het egter ook die beperkinge van hierdie hulpbronne na vore laat kom. Ook is die kwesbaarheid van hulpbronne, as daar onverantwoordelik mee te werk gegaan word, baie sterk beklemtoon.

Dit is met groot erkentlikheid dat ek die volgende persone en instansies wil bedank vir besondere bydraes gedurende die tydperk van studie:

* Prof. O.J.H. Bosch, my promotor vir sy leiding en aanmoediging.
* Prof. J. Booysen wat as hulppromotor en later onder moeilike omstandighede as promotor opgetree het.
* Prof. P. van Eldik wat nooit moeg geword het om aan te spoor nie.
* Die Direkteur (Prof. J.J.P. van Wyk) en personeel van die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie (1984 - 1993), vir ontsaglike opofferings, hulp, leiding, motivering en veral die geleentheid om hierdie studie te kon voltooi. In hierdie verband kan ek nie anders as om die volgende persone en groepe te noem nie:

Ben Claassens	-	'n Getroue bondgenoot tydens die evaluering van alle proewe.
Jan Briers	-	Hulp met die voorbereiding van proewe en plantopnames.
Michael Michael	-	Bodemkundige ontledings en interpretasies.
Rui Correia	-	Vir die identifisering van alle plantmateriaal.

Gerard Heydenrych	-	Vir praktiese raad maar ook vir filosofiese gesprekke.
Cherie van der Westhuizen	-	Vir ure se akkurate tikwerk aan verslae.
Daleen Holland	-	Vir baie bewame sekretariële werk.
Alle arbeiders	-	Vir hulp met die uitlê van proewe;

* Finansiële bydraes asook fisiese hulp van personeel van die volgende instansies:

- Yskor - Thabazimbi, Sishen, Coastal Coal en Grootegeluk,
- Gefco - Kuruman, Penge en Msauli,
- Samancor - Mamatwan en Hotazel,
- PPC - Lime Acres,
- Palabora Mining Company,
- Weedons Minerals,
- De Beers Consolidated Mines Limited - Kimberley.

* Mevv C. van der Westhuyzen en J. Prinsloo vir die finale afronding van die proefskrif.

* My goeie Buurvrou vir die keurige taalversorging.

* Mnr H. Prinsloo vir die natrek en samestelling van alle kaarte.

* Die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys vir 'n jaar studieverlof waartydens die grootste gedeelte van die skryfwerk voltooi kon word.

* My skoonma, broers en susters vir hulle voortdurende belangstelling en motivering.

* My ma wat, al het dit soms opdraend gegaan, altyd in my bly glo het en altyd positief gebly het.

* Laastens aan Retha, Liza, Hertzog, Gwendo en Rieks vir die verstaan, vertrou en ondersteun. Dit was maklik om die golf te ry wanneer ek bo was, maar sonder julle was dit baie moeilik om weer bo te kom gedurende die tye wat ek afgeval het.

INHOUDSOPGAWE

LYS VAN TABELLE vi

LYS VAN FIGURE xi

LYS VAN PLATE xvi

HOOFSTUK 1

INLEIDENDE PERSPEKTIEF EN PROBLEEMSTELLING 1

1.1 Versteuring - 'n internasionale probleem 5

1.2 Versteuring - 'n probleem in Suidelike Afrika 11

1.3 Spesifieke probleemstelling 15

HOOFSTUK 2

STUDIEGEBIED EN NAVORSINGSBENADERING 22

2.1 Ligging van die verskillende myne waar proewe uitgelê is 22

2.2 Ekologiese heterogeniteit 24

2.2.1 Topografie 24

2.2.2 Geologie 25

2.2.3 Klimaat 28

2.2.3.1 Reënval 33

Inhoud (vervolg)

2.2.4 Plantegroei.............................. 36

2.3 Navorsingsbenadering en probleme.......... 37

HOOFSTUK 3

BODEMGEASSOSIEERDE PROBLEME MET BETREKKING TOT DIE REHABILITASIE VAN VERSTEURDE GEBIEDE EN MOONTLIKE OPLOSSINGS 39

3.1 HELLINGS EN EROSIEPOTENSIAAL.............. 41

3.1.1 Erosie en stabiliteit..................... 44

3.1.1.1 Die invloed van reënval.................... 44

3.1.1.2 Die invloed van gradiënt.................. 45

3.1.1.3 Die invloed van plantbedekking............ 49

3.1.1.4 Die stabiliteit van hellings.............. 50

3.1.2 Proewe met betrekking tot hellings en erosie........................ 50

3.1.2.1 Loodsproef op Mamatwan mangaanmyn......... 50

3.1.2.2 Hellingproef op Mamatwan mangaanmyn....... 55

3.1.2.3 Asbes - krosidolietmyn.................... 65

3.1.2.4 Proewe by Grootegeluk steenkoolmyn - Ellisras................................. 70

3.1.3 Die bepaling van erosiepotensiaal......... 76

Inhoud (vervolg)

3.1.4 Sintese ten opsigte van hellings en erosiepotensiaal.......................... 79

3.2 DEELTJIEGROOTTE............................ 80

3.3 EFFEKTIEWE REëNVAL......................... 88

3.3.1 Die teoretiese verlaging van die hoeveelheid reën per oppervlakeenheid. 88

3.3.2 Die verlaging van effektiewe reënval deur 'n verhoogde afloop van water........ 91

3.4 CHEMIESE WANBALANSE....................... 93

3.4.1 Inleiding................................ 93

3.4.2 Proewe met betrekking tot chemiese wanbalanse...............................97

3.4.2.1 Proewe by Msauli chrisotielmyn............ 97

3.4.2.2 Proewe by Thabazimbi ystererertsmyn........ 130

3.5 DEKLAE.................................. 140

3.5.1 Inleiding................................ 140

3.5.2 Proewe met betrekking tot deklae......... 145

3.5.2.1 Proewe by Sishen ystererertsmyn............ 145

3.5.2.2 Proewe by PPC Lime Acres................. 180

3.6 SWAARMETALE EN ANDER TOKSIESE ELEMENTE... 202

Inhoud (vervolg)

3.7 SUUR EN ALKALIESE GROEIMEDIUMS 207

3.8 TEMPERATUUR VAN UITSKOTMATERIAAL SOOS BEPAAL DEUR KLEUR.................... 210

3.9 SPONTANE ONTBRANDING..................... 217

3.9.1 Algemene gevolgtrekkings................. 225

3.10 SLOTOPMERKING............................ 227

HOOFSTUK 4

SPESIESELEKSIE MET DIE OOG OP REHABILITASIE............. 229

HOOFSTUK 5

HERVESTIGING VERSUS REHABILITASIE........................ 244

5.1 Hervestiging............................. 244

5.1.1 Kunsmatige hervestiging.................. 244

5.1.2 Natuurlike hervestiging.................. 248

5.2 Rehabilitasie............................ 249

5.2.1 Natuurlike rehabilitasie................. 249

5.2.2 Kunsmatige rehabilitasie................. 268

Inhoud (vervolg)

HOOFSTUK 6

SLOTOPMERKINGS.. 286

ABSTRACT

A STRATEGY FOR THE REHABILITATION OF AREAS IN SOUTHERN AFRICA DISTURBED BY MINING ACTIVITIES 292

BYLAAG A - SPESIELYS.. 295

BRONNELYS.. 307

TABELLE

TABEL 3.1: Rushoek (grade) van uitskothope en slikdamme soos aangetref by verskillende myne 42

TABEL 3.2: Getal plante per 0.5 m^2, soos in die loodsproef aangetref gedurende Maart 1985 53

TABEL 3.3: Bodemkundige ontleding van die verskillende dekmateriale van die hellingproef (1984-02-02) 56

TABEL 3.4: Gemiddeldes van die resultate van natuurlike reënval op 15° en 25° hellings soos gemeet vanaf 27 Januarie 1985 tot 25 Februarie 1986 (Die totaal vir die tydperk is 118 mm) 67

TABEL 3.5: Gemiddeldes van die resultate van die afloop van grond en water as gevolg van reënvalsimulasie op 15 en 25° hellings by ASBES (Kuruman) (56 mm in 4,5 uur) 67

TABEL 3.6: Afloop van water as gevolg van natuurlike reënval. ASBES (Kuruman) (19 mm - redelik vinnige neerslag) 68

TABEL 3.7: Reënvalsyfers vir Grootegeluk steenkoolmyn vir die tydperk 17 November 1986 tot 21 Mei 1987 (mm) (Van Wyk, 1987a) ... 72

TABEL 3.8: Die bepaling van erosie teen verskillende hellings by GROOTEGELUK; ELLISRAS - 1987 73

Tabelle (vervolg)

TABEL 3.9:	Deeltjiegrootte-bepaling - SISHEN ysterertsmyn (1987-06-04)	85
TABEL 3.10:	Teoretiese reënval by verskillende hellings in verskillende reënval-gebiede	90
TABEL 3.11:	Fisiese en chemiese ontleding van die grond/materiaal soos aangetref by MSAULI chrisotielmyn	98
TABEL 3.12:	Resultate van bodemkundige ontledings van uitskotmateriaal van THABAZIMBI ysterertsmyn (1985)	131
TABEL 3.13:	Bodemkundige ontledings van die verskillende materiale soos aangetref by SISHEN ysterertsmyn	146
TABEL 3.14:	Basale bedekking en frekwensie-teenwoordigheid van die 18° deklaag-proef. SISHEN - 1990	169
TABEL 3.15:	Basale bedekking en frekwensie-teenwoordigheid van die 35° deklaag-proef. SISHEN - 1990	170
TABEL 3.16:	Chemiese ontleding van die grond/materiaal-monsters soos aangetref by PPC LIME ACRES kalkmyn	181
TABEL 3.17:	Deklaagbehandelings soos toegepas in die verskillende implementerings-gebiede van PPC LIME ACRES	192

Tabelle (vervolg)

TABEL 3.18: Betekenisvolheid van die verskil tussen die persentasie basale bedekking van die verskillende implementeringsblokke by PPC LIME ACRES (1987 - 1992) 194

TABEL 3.19: Betekenisvolheid van die verskil tussen die persentasie kroonbedekking van die verskillende implementeringsblokke by PPC LIME ACRES (1987- 1992) 195

TABEL 3.20: Elemente wat onder sekere omstandighede toksies kan wees vir plante (Bradshaw en Chadwick, 1980; Brady, 1984; Rendig & Taylor, 1989; Mengel et al, 1982 & Davies en Jones, 1988) 206

TABEL 3.21: Bodemkundige ontledings van verskillende materiale wat by Kromellenbogen as deklaag gebruik is 211

TABEL 3.22: Temperature (°C) soos bepaal op 'n uitskothoop by Kromellenbogen amosietmyn, tussen 12:00 en 13:00 op 17 Junie 1987........................... 213

TABEL 3.23: Resultaat van gasanalises (d.p.m.) en temperatuur op verskillende lokaliteite; GROOTEGELUK (Ellisras) 87/05/21 221

Tabelle (vervolg)

TABEL 5.1: Opsommende resultate van die verskillende lokaliteite by De Beers Consolidated Mines 253

TABEL 5.2: Opsommende resultate van opname 1 (verskillende ekotope teen 'n helling). De Beers Consolidated Mines 258

TABEL 5.3: Opsommende resultate van opname 2 (verskillende ekotope teen 'n helling). De Beers Consolidated Mines 262

TABEL 5.4: Opsommende resultate van opname 3 (verskillende ekotope teen 'n helling). De Beers Consolidated Mines 263

TABEL 5.5 Frekwensie teenwoordigheid, basale bedekking en kroonbedekking van die PENGE Werkwinkelhoop - 1989. 276

TABEL 5.6 Frekwensie teenwoordigheid, basale bedekking en kroonbedekking van die PENGE Asgathoop - 1990. 276

TABEL 5.7 Frekwensie teenwoordigheid, basale bedekking en kroonbedekking van die PENGE Aanleghoop (Suid) - 1990. 277

TABEL 5.8 Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie. RABESKLOOF-SUID ($\pm 21^{o}$ helling) 279

Tabelle (vervolg)

TABEL 5.9 Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie. BEESKRAALHOOP ($\pm 16^{\circ}$ helling) 279

TABEL 5.10 Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie. RABESKLOOF-NOORD ($\pm 14^{\circ}$ helling) 280

TABEL 5.11 Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie. KRANSKLOOF-HOOP ($\pm 15^{\circ}$ helling) 280

TABEL 5.12 Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie. LAGERDRAAI-HOOP ($\pm 15^{\circ}$ helling) 281

FIGURE

Fig. 2.1:	Ligging van myne in Suid-Afrika waar navorsing gedoen is	23
Fig. 2.2:	Fisiografiese streke van Suid-Afrika, Swaziland en Lesotho	26
Fig. 2.3:	Klimaatstreke van Suid-Afrika	27
Fig. 2.4:	Reënvalverspreiding in Suid-Afrika	34
Fig. 2.5:	Biome van Suid-Afrika	35
Fig. 3.1:	Gemiddelde basale bedekking van die plantegroei teen verskillende gradiënte op verskillende deklae - MAMATWAN 1986 tot 1988	58
Fig. 3.2:	Gemiddelde kroonbedekking van die plantegroei teen verskillende gradiënte op verskillende deklae - MAMATWAN 1986 tot 1988	59
Fig. 3.3:	Gemiddelde bogrondse droëmassa van die plantegroei teen verskillende gradiënte op verskillende deklae - MAMATWAN 1986 tot 1988	60
Fig. 3.4:	Die invloed van deeltjiegrootte-verspreiding op die vestiging van plante op mynhope. THABAZIMBI - 1987	81

Figure (vervolg)

Fig. 3.5: Die invloed van deeltjiegrootte-verspreiding op die vestiging van plante op mynhope. SISHEN - 1987................ 83

Fig. 3.6: Relatiewe verband tussen pH "toeganklikheid" van plantvoedingstowwe (Brady, 1984) 96

Fig. 3.7: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die bogrond en bemestingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989 107

Fig. 3.8: Gemiddelde kroonbedekking van die bogrond en bemestingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989 108

Fig. 3.9: Gemiddelde basale bedekking van die bogrond en bemestingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989 109

Fig. 3.10: Uitleg van die organiese regstellingsproef. MSAULI - 1987 113

Fig. 3.11: Gemiddelde kroonbedekking van die organiese regstellingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989 116

Fig. 3.12: Gemiddelde basale bedekking van die organiese regstellingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989 117

Fig. 3.13: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die organiese regstellingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989 118

Figure (vervolg)

Fig. 3.14: Diagrammatiese voorstelling van die verskillende behandelings van die regstellingsproef. MSAULI - 1988 123

Fig. 3.15: Gemiddelde kroonbedekking van die regstellingsproef - Proef 3. MSAULI - 1989 126

Fig. 3.16: Gemiddelde basale bedekking van die regstellingsproef - Proef 3. MSAULI - 1989 tot 1990................. 127

Fig. 3.17: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die regstellingsproef - Proef 3. MSAULI - 1989 tot 1990................. 128

Fig. 3.18: Gemiddelde kroonbedekking, basale bedekking en bogrondse droëmassa van die regstellingsproef - Proef 3. MSAULI - 1989 tot 1990 129

Fig. 3.19: Gemiddelde kroonbedekking van die bemestingsproef. THABAZIMBI - 1986 tot 1988 134

Fig. 3.20: Gemiddelde basale bedekking van die bemestingsproef. THABAZIMBI - 1986 tot 1988 135

Fig. 3.21: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die bemestingsproef. THABAZIMBI - 1986 tot 1988 136

Figure (vervolg)

Fig. 3.22: Gemiddelde basale bedekking van die deklaagproef op 'n platvlak. SISHEN - 1986 tot 1988 154

Fig. 3.23: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die deklaagproef op 'n platvlak. SISHEN - 1986 tot 1988 155

Fig. 3.24: Gemiddelde kroonbedekking van die deklaagproef op 'n platvlak. SISHEN - 1986 tot 1988 156

Fig. 3.25: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die deklaagproef op 18° en 35° hellings. SISHEN - 1988 166

Fig. 3.26: Gemiddelde basale bedekking van die deklaagproef op 18° en 35° hellings. SISHEN - 1988 167

Fig. 3.27: Gemiddelde kroonbedekking van die deklaagproef op 18° en 35° hellings. SISHEN - 1988 168

Fig. 3.28: Gemiddelde kroonbedekking van die deklaagproef. PPC LIME ACRES - 1986 tot 1988 185

Fig. 3.29: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die deklaagproef. PPC LIME ACRES - 1986 tot 1988 186

Fig. 3.30: Gemiddelde basale bedekking van die deklaagproef. PPC LIME ACRES - 1986 tot 1988 187

Figure (vervolg)

Fig. 3.31: Gemiddelde kroonbedekking van die implementeringspersele. PPC LIME ACRES 1987 tot 1992 193

Fig. 3.32: Gemiddelde basale bedekking van die implementeringspersele. PPC LIME ACRES 1987 tot 1992 193

Fig. 5.1: Asbesbesoedelingsbronne in Noord-Transvaal 267

PLATE

Plaat 3.1: Rotsafval gestort by Koegas krosidolietmyn teen die natuurlike rushoek van 35 - 38^{o} 43

Plaat 3.2: Aanleguitskot van Msauli chrisotielmyn, gestort teen die natuurlike rushoek van 45^{o} 43

Plaat 3.3: Donga-erosie teen die kante van 'n goudmynslikdam 47

Plaat 3.4: Donga-erosie teen die kante van 'n uitskothoop van 'n diamantmyn 47

Plaat 3.5: Donga-erosie teen die kante van 'n andulosiet uitskothoop 48

Plaat 3.6: Die begin van donga-erosie soos aangetref by 'n uitskothoop van 'n krosidolietmyn 48

Plaat 3.7: 15^{o} Hellingproef by Mamatwan mangaanmyn na die tweede seisoen 64

Plaat 3.8: 15 en 25^{o} Hellingproef by Asbes krosidolietmyn voor reënvalsimulasie gedoen is (3.1.2.3) 64

Plaat 3.9: Die agteruitgang van die plantbedekking teen 'n snyhelling as gevolg van die erodering van die bogrondlaag 86

Plaat 3.10: Erodering van 'n snyhelling 86

Plate (vervolg)

Plaat 3.11: Die bogronddeklaag teen 'n 35^{o} helling by SISHEN ysterertsmyn wat na slegs een seisoen grotendeels afgespoel het ... 87

Plaat 3.12: Erosieslote gevorm as gevolg van erosie teen 'n goudmynslikdam wat uit fyn materiaal bestaan 87

Plaat 3.13: Aanleguitskothope van die Msauli chrisotielmyn 121

Plaat 3.14: Persele 1, 2 en 3 van die regstellingsproef by Msauli chrisotielmyn 121

Plaat 3.15: Erodering van bogrond teen 'n te steil snyhelling waar geen waterbeheer toegepas is nie 144

Plaat 3.16: Erodering van 'n te steil snyhelling 144

Plaat 3.17: Platvlakproef by Sishen ysterertsmyn waar verskillende materiale as deklaag gebruik is 157

Plaat 3.18: 18^{o} Hellingproef by Sishen ysterertsmyn waar verskillende materiale as deklaag gebruik is 157

Plaat 3.19: Plantbedekking van blok 1B na twee groeiseisoene - PPC Lime Acres 201

Plate (vervolg)

Plaat 3.20: Plantbedekking van die proefperseel van die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie na twee seisoene, PPC Lime Acres 201

Plaat 4.1: Verskillende groeivorms van _Eragrostis curvula_ (Schrad.) Nees[1] "ekotipes" 243

Plaat 4.2: Produksieland waar saad van _Melinis repens_ vir rehabilitasiedoeleindes versamel word 243

Plaat 5.1: Erosie (natuurlike afplatting) wat besig is om plaas te vind teen 'n kimberliet-uitskothoop 251

Plaat 5.2: Vestiging van plante teen 'n afgeplatte helling van 'n kimberliet-uitskothoop 251

Plaat 5.3: 'n Amosiet-uitskothoop voordat rehabilitasie gedoen is 273

Plaat 5.4: 'n Amosiet-uitskothoop nadat die grondwerke (topografering en waterbeheer) gedoen is 273

Plaat 5.5: 'n Amosiet-uitskothoop drie jaar na rehabilitasie. (gesaai met 'n grassaadmengsel) 274

---

1) 'n Volledige spesielys met outeursname word in Bylaag A verskaf.

Plate (vervolg)

Plaat 5.6: 'n Amosiet-uitskothoop vier jaar na rehabilitasie (geen grassaad; beplant met houtagtige spesies) 274

HOOFSTUK 1

INLEIDENDE PERSPEKTIEF EN PROBLEEMSTELLING

Tegnologiese ontwikkeling, bevolkingsontploffing, langdurige droogtes (en vele ander faktore) wat gelei het tot ooreksploitering van die natuurlike hulpbronne van Suidelike Afrika in besonder, maar ook dié van die ganse wêreld in geheel, het die mensdom die afgelope aantal jare toenemend bewus gemaak van die kwesbaarheid van die omgewing waarin hul leef.

Die prys wat deur die mensdom betaal word vir die wanbalans wat ontstaan het, kan nie in terme van geld, tyd, menselewens of watter maatstaf ook al bereken of gemeet word nie. Huidige wêrelkrisisse soos die verswakkende wêreldekonomie, hongersnood, oorloë, anargie, politieke onrus ensovoorts is slegs simptome van ekologiese wanbalanse wat deur die mens veroorsaak is.

Volgens die Departement van Omgewingsake (1992) is die bevolkingstoename van die RSA tans 2,6% per jaar. Volgens die 1985-sensus was die totale bevolking van die RSA 23 438 590. Hierdie syfer sluit Transkei, Ciskei, Bophuthatswana en Venda uit. Die projeksie vir die jaar 2000 is 47 miljoen (dus 'n verdubbeling in 15 jaar), terwyl die RSA teen 2010 reeds 'n bevolking van 59 miljoen sal oorskry.

Dit is te betwyfel of verdere eksploitering van reeds kwynende bestaande hulpbronne en die ontwikkeling van nuwe tegnologie in staat sal wees om aan die groeiende behoefte te voorsien.

Verantwoordelikheid het die mens gelukkig die afgelope dekades gedwing om te soek na oplossings. Daardeur is kennis versamel wat ons in staat stel om ten minste ten dele te verstaan.

Simptome van oorеksploitering van natuurlike hulpbronne wat meer fisies van aard is, sluit in oorbeweiding van natuurlike veld, skade aangerig as gevolg van mynbou- en industriële aktiwiteite asook versteuring as gevolg van die bou van paaie, brûe, treinspore en vele meer.

Bradshaw (1987) toon aan dat in 1974 daar reeds 1 784,000 ha in die VSA versteur was as gevolg van oopgroefmynbou. In die Verenigde Koningkryk is meer as 43 000 ha op daardie stadium beskou as versteurde en verlate grond. Daar word egter in sommige kringe beweer dat vyfvoudig hierdie syfer nader aan die waarheid sal wees. Ten spyte daarvan dat daar 16 952 ha tussen 1974 en 1982 gerehabiliteer is, het die ongerehabiliteerde gebied gegroei vanaf 43 273 ha tot 45 683 ha. Bradshaw (1987) is van mening dat die onbeheerde toename in wêreldbevolking, asook die tempo van tegnologiese ontwikkeling meebring dat die afbreekprosesse baie vinniger plaasvind as wat restourasie of natuurlike herstel ooit kan. Alle tipes ekostelsels word op hierdie wyse verwoes.

Volgens statistiek verskaf deur die Departement Omgewingsake (1992) van die RSA, is die wegvoer van sediment deur riviere in die RSA ongeveer 150 miljoen ton per jaar. Grondverlies as gevolg van erosie word beraam tussen 300 en 400 miljoen ton per jaar.

Tensy anders aangetoon, is die tonnemaat vaste afval wat gedurende 1991 in die RSA geproduseer is soos volg:

Mynafval	330 miljoen
Steenkoolas	29 miljoen
Huishoudelike afval	15 miljoen

Landbou-afval	20 miljoen
Rioolslik	12 miljoen
Niemetallurgiese industriële afval	6,8 miljoen
Metallurgiese industriële afval	5,5 miljoen

Volgens die Departement van Landbou (1990), word ongeveer 2,7 miljoen hektaar van die Oos-Transvaalse Hoëveld onderlê deur steenkool van een of ander aard. Ongeveer 1 006,000 ha word deur potensieel mynbare afsettings onderlê, waarvan 74 233 ha deur die oopgroefmetode verhaal sal word. 'n Verdere 335 299 ha sal deur ondergrondse hoëverhaalmynbou ontgin word. Dit beteken dus dat 'n teoretiese gebied van 409 532 ha op een of ander wyse deur hoëverhaalontginning geraak sal word. Hierdie syfers sluit nie 'n infrastruktuur soos paaie, spoorlyne, gebiede vir behuising ensovoorts in nie.

Volgens Louw (1992), is uitgesonderd kleims, delwerye en verlate myne, meer as 1100 myne geregistreer by die Departement Mineraal- en Energiesake. Die werklike grootte van die oppervlaktes versteur as gevolg van mynbouaktiwiteite is nie bekend nie. 'n Onlangse beraming vir die minister van Mineraal- en Energiesake dui daarop dat slegs uitskothope 'n oppervlakte van ten minste 25 000 ha bedek.

Die Departement Omgewingsake (1992) toon ook aan dat die totale afstand in die RSA versteur as gevolg van padbouaktiwiteite reeds 231 750 km beloop, waarvan 92 180 km teerpaaie en die res (139 570 km) grondpaaie is. Spoorlyne beslaan reeds 'n afstand van 36 735 km. Bereken teen 'n gemiddelde breedte van 20 m (konserwatief bereken), beslaan spoorlyne en paaie dus reeds 'n oppervlakte van ongeveer 536 970 ha.

In 'n verslag van die Presidentsraad (President's Council, 1991) word aangetoon dat meer as die helfte van Suid-Afrika, asook die hele Botswana en Namibia geklassifiseer kan word as "potensiële woestyn". Daar word verder aangetoon dat meer as

2 500 000 ha van die RSA reeds verwoestyn het, terwyl ongeveer 55% van die totale oppervlakte gevaar loop om te verwoestyn. Die belangrikste oorsake wat deur die Presidentsraad as verantwoordelik vir hierdie toestand aangetoon word, is onder andere oorbevolking, klimatologiese faktore, onbeheerde ontbossing, oorbeweiding, ongereguleerde veldbrand, verkeerde waterbenutting en 'n gebrek aan bewarings- en landgebruiksbestuurstategieë.

Net soos wat die probleem multidissiplinêr is, so sal ook die oplossing daarvan multidissiplinêr van aard moet wees. Sommige van die probleme het hul oorsprong moontlik eeue gelede reeds gehad, maar het namate bevolkingsgetalle toegeneem het, met rasse skrede toegeneem.

Streng wetgewing is een van die maatreëls wat toegepas kan word om die tempo van agteruitgang te vertraag. Sekere aspekte van bestaande beskadiging kan moontlik ook binne 'n relatief kort tyd daardeur reggestel word. Net soos dit in die natuur egter honderde jare mag duur om een enkele millimeter bogrond te vorm, net so mag die pad na herstel moontlik honderde jare duur.

Een van die dissiplines wat in werking gestel is om hierdie toenemende probleem die hoof te bied, is die hervestiging van plante op gebiede wat deur die toedoen van die mens versteur is.

Uit die geskiedenis (vgl. 1.1 en 1.2), blyk egter dat die pad van versameling van kennis (navorsing) as teenvoeter vir onkunde 'n langdradige en moeisame pad kan wees. In Eerstewêreldlande met 'n hoogs ontwikkelde tegnologie, is dit uit voorafgaande voorbeelde duidelik dat nog maar min vordering gemaak is. In Derdewêreldlande lyk die toekoms nog slegter aangesien die vermindering van veegetalle en die stopsit

van ontbossing beteken dat noodsaaklike lewensmiddele uit die mond geneem word. Bestaande werkloosheid, verstedeliking en hongersnood sal drasties daardeur vererger word.

Soos uit die voorafgaande blyk en ook verder aangetoon sal word, is uitgebreide navorsing in hierdie verband veral in die buiteland onderneem. In Suidelike Afrika is daar egter nog 'n groot mate van onkunde oor selfs die basiese ekologiese aspekte wat ter sprake is.

1.1 Versteuring - 'n internasionale probleem

Uit die bronne wat aangehaal is, asook vele ander wat nie vermeld word nie, is dit duidelik dat die hervestiging van versteurde oppervlaktes en meer spesifiek, versteuring as gevolg van mynbou, eers gedurende die sestigerjare en daarna ernstige aandag begin kry het.

Bradshaw en Chadwick, (1980) noem dat wetgewing reeds in 1944, aan plaaslike owerhede in Brittanje magtiging gegee het om verlate en versteurde grond te bekom en dit beskikbaar te stel vir ander gebruike. Die eerste aksies wat in hierdie verband geneem is, was om die gebiede sodanig te herstel dat dit gebruik kon word vir dorps- en industriële ontwikkeling. In 1947 word wetgewing gepromulgeer waardeur distriksrade aksies kon loods om versteurde gebiede te herstel om die voorkoms daarvan te verbeter. Baie min aandag is egter gegee aan herstel tot bruikbare landbougrond. Eers in 1973 is deur wetgewing bepaal dat owerhede kon eis dat afvalmateriaal op so 'n wyse gestort moet word dat dit ná storting moontlik sal wees om hertopografering ("landscaping") en rehabilitering ("restoration") te kan doen.

Hunt (1983) toon aan dat die eerste pogings tot die hervestiging van ystererts-uitskothope in Minnesota (VSA) alreeds in 1930 gedoen is, terwyl die eerste navorsing in dié verband

in 1948 deur die Universiteit van Minnesota onderneem is. Daar is egter reeds in 1930 navorsing gedoen by die Hanna Mining Company in Minnesota. Op hierdie stadium reeds, is vasgestel dat chemiese grondstabiliseerders effektief is, maar 'n kort leeftyd het.

Een van die eerste voorbeelde van wetgewing in die VSA waardeur die kontrole van erosie en sediment afdwingbaar gemaak is, was in 1970 in die staat Maryland. Teen 1975 het 13 state reeds hierdie voorbeeld gevolg (Sprague, 1991).

Van die heel eerste hervestigingswerk op uitskothope van 'n goudmyn in Kanada, is gedoen by McIntyre Porcupine in 1932. Gedurende die veertigerjare is hervestiging ook gedoen op uraan-uitskothope van Inco Limited in Sudbury. As gevolg van die lae pH kon geen plantbedekking egter gevestig word nie en is ander metodes soos chemiese stabilisering uitgetoets. Hierdie metodes het egter geblyk oneffektief en duur te wees. In die vyftigerjare is daar vir die eerste keer begin met navorsing om plante op hierdie materiale te vestig (Peters, 1989).

Na 'n besoek aan die vroeëre USSR (gedurende 1977), berig Hodder (1978) dat die hervestiging van mynhope in hierdie land hoë prioriteit geniet. Institute in die direkte omgewing van die versteurde gebiede, met 'n personeelkorps van tot 1100, is voltyds besig met navorsing. Die eerste hervestigingswerk ("recultivation") het begin in 1960 in die "Moscow Basin". As gevolg van die topografie van die land, waarvan slegs 10-13% plat is, was hulle genoodsaak om rehabilitasie so effektief moontlik te doen, sodat die herwinde gebiede so produktief moontlik aangewend kon word na rehabilitasie. Omgewingswetgewing bepaal dat die produksievermoë van gerehabiliteerde gebiede niks swakker mag wees as wat die geval voor die aanvang van die mynbedrywighede was nie. Om hierdie rede is 60% van die koste verbonde aan mynbou in die USSR, bestem vir ekologiese rehabilitasie.

Samuel en Majer (1988) toon aan dat die tipe herwinning ("reclamation") wat gedoen word, tot 'n groot mate bepaal word deur regulasies en wette van die betrokke land of staat.

In Brittanje het plaaslike besture die verantwoordelikheid om toestemming tot mynbou te gee, maar ook die mag om toepaslike rehabilitasie (herwinning) af te dwing. Die Town and Country Planning Act van 1971 maak hiervoor voorsiening. Die feit dat een sentrale gesag nie die beheer uitoefen nie, het meegebring dat daar groot verskille bestaan het tussen die vereistes en eindprodukte tussen gebiede onder verskillende plaaslike besture. Die Town and Country Planning (Minerals) Act van 1981 het egter die vereistes vir herwinning nader omskryf sodat meer eenvormigheid bereik is.

Die Britse regering stel subsidies beskikbaar waarvoor sekere herwinningswerk kwalifiseer. Dit is egter duidelik gestel dat herwinningsplanne wat grond weer beskikbaar sal stel vir industriële gebruik en aktiwiteite in die privaatsektor waardeur geld gegenereer kan word, voorkeur sal geniet bo byvoorbeeld natuurbewaring.

Daar word egter geen beperkings geplaas op die keuse van 'n einddoel wat met die herwinningswerk bereik moet word nie. Die hoë bevolkingsdigtheid maak die keuse baie wyd en sluit onder andere die volgende in: die daarstelling en uitbou van natuurreservate, akkerbou- en industriële gebiede asook die ontwikkeling van ontspanningsgeriewe vir byvoorbeeld karavaanparke, hengel, swem en ski.

In Australië het elke staat ("provinsie") sy eie minerale wette (Samuel & Majer, 1988). Alle minerale is die eiendom van die betrokke staat.

Voordat enige mynbou-aktiwiteite in Australië kan begin, word daar 'n onderneming van die operateur in terme van herwinning vereis. Die sensitiwiteit van die omgewing waar die myn geleë is, kan hier 'n bepalende rol speel.

In Wes-Australië word van die stelsel van "Agreement Acts" gebruik gemaak. Hiervolgens word 'n ooreenkoms tussen die ontwikkelaar en die regering van die staat (provinsie) opgestel. Na goedkeuring kan die ontwikkelaar voortgaan met ontginning, solank die kontraktuele vereistes nagekom word.

Aanvanklik was die vereistes baie eenvoudig en het dit byvoorbeeld slegs bepaal dat die myngebied na sluiting netjies gelaat moet word. In 1972 is daar verwag dat die gebied herstel, bome aangeplant en erosie bekamp moet word. Huidige ooreenkomste bepaal egter dat kontinue navorsing en monitering moet geskied, sodat die effektiwiteit van die rehabilitasie daardeur bepaal kan word. 'n Omgewingsoorsig en bestuursplan moet deur die ontwikkelaar opgestel word. Hierdie dokument maak voorsiening vir byvoorbeeld die daarstelling van 'n diverse plantegroei en die aanvaarding van praktyke waardeur die terugkeer van dierelewe (vertebrate en invertebrate) na die gebied moontlik gemaak kan word. Die ontwikkelaar moet ook jaarliks verslae in verband met omgewingsondersoeke en navorsing aan die staat voorlê.

Sedert 1970 het die Federale regering en daarna ook staatsregerings versoek dat in alle gevalle waar dit blyk dat die ontwikkeling 'n beduidende impak op die omgewing kan hê, volledige impakstudies deur die ontwikkelaar onderneem sal word. In Wes-Australië word die resultaat van die impakstudie uiteindelik deel van die ooreenkoms tussen die ontwikkelaar en die staat.

In baie van die state van die VSA is voor 1960 weinig gedoen aan enige van die gebiede wat deur mynbou, groefwerke of soortgelyke aktiwiteite versteur is. Gedurende die middel

sestigerjare het die skadelike uitwerking van hierdie aktiwiteite, maar veral dié van die steenkoolbedryf, kommer laat ontstaan oor die omvang van en die uiteindelike effek wat die steeds groeiende bedryf op die omgewing gaan hê.

Hierdie kommer het tot gevolg gehad dat sommige state regulasies aanvaar het wat spesifieke standaarde ten opsigte van omgewingskontrole en herwinningspraktyke daargestel het. In sommige state is streng wetgewing daargestel en in andere het absoluut niks gebeur nie.

Aangesien hierdie toedrag van sake nie vir die Federale regering aanvaarbaar was nie, het die Kongres in 1968 aandag aan herwinning begin gee. Die gevolg van hierdie samesprekings was die daarstelling van die Surface Mining Control and Reclamation Act van 1977 waardeur 'n standaard op nasionale vlak bepaal is.

Die wet het wye implikasies gehad, en bepaal onder andere dat daar deur herwinning ("reclamation"), op alle geaffekteerde gebiede 'n diverse, effektiewe en permanente plantbedekking gevestig sal word. Hierdie plantbedekking moet ooreenstem met die natuurlike plantegroei van die omgewing waarin die gebied geleë is of uit spesies wat aan die eise van die ooreengekome eindgebruik voldoen.

Haynes stel in The surface mining control and reclamation act of 1977 and potential impacts on fish and wildlife (1978) (aangehaal in Samuel & Majer, 1988) die volgende moontlike eindgebruike wat oorweeg kan word:

- Swaar industrieë - vervaardigingsfasiliteite, kragstasies en lughawens.

- Ligte industrieë en kommersiële dienste - kantoorgeboue, winkels, parkering, woonstelle, hotelle en motelle.

- Openbare dienste - skole, hospitale, kerke, waterwerke, vullishope, parke, ontspanningsterreine, pypleidings, hoofweë en kraglyne.

- Residensiële gebiede - behuising en die nodige ondersteuningsfasiliteite.

- Akkerbou - gebiede wat primêr gebruik sal word vir hierdie doel. Dit sluit ook gebiede in waar fasiliteite opgerig word ter ondersteuning van akkerbou.

- Weiding - Dit sluit in grasveld en savanna.

- Aangeplante weiding - gebiede wat uitsluitlik gebruik word vir diereproduksie of voerproduksie.

- Bosbou - dit sluit gebiede in wat voor mynbou as natuurlike bos beskou is. Die herwinde gebied moet ten minste 25% kroonbedekking van die boomstratum vertoon, of ten minste 10% beplant wees met bome van enige grootte.

- Water-opgaarplekke - Dit sluit alle gebiede in wat gebruik kan word vir die opgaar van water, soos opgaardamme, brandbestrydingsdamme en ontspanningsoorde.

- Habitat vir vis en wild of ontspanningsareas - Dit sluit gebiede in wat primêr vir hierdie doel aangewend sal word.

- Gekombineerde gebruik - enige goedgekeurde kombinasie van die voorafgaande. Daar moet egter 'n primêre gebruik wees, terwyl al die ander dan as sekondêr beskou word.

Hierdie streng wetgewing deur die Federale regering het daartoe gelei dat 'n redelik eenvormige herwinningsbeleid dwarsdeur die VSA toegepas kan word.

Aangesien hierdie streng wetgewing verreikende finansiële implikasies het, is operateurs en ontginners gedwing om die natuur so ver moontlik te beskerm en dus die minimum versteuring en besoedeling te laat plaasvind. Aan die anderkant is die implikasie dat die metodes wat toegepas word tydens die mynbouproses sodanig moet wees dat die minimum kostes aan uiteindelike herwinning (rehabilitasie) spandeer hoef te word.

1.2 Versteuring - 'n probleem in Suidelike Afrika

Die eerste pionierswerk in verband met rehabilitasie in die RSA is so ver vasgestel kon word, gedoen deur professor J. Phillips van die Universiteit van die Witwatersrand. Hierdie werk het volgens Marsden (1985) reeds in 1932 'n aanvang geneem. Na aanleiding van sy navorsing skryf Phillips (1937), dat daar sonder 'n gronddeklaag, geen plante op die slik- en sandhope van die goudmyne gevestig kan word nie. Hy noem ook dat straatafval en bourommel met sukses gebruik kan word om hierdie hope te stabiliseer. Dit is duidelik dat dit in hierdie vroeëre pogings slegs gegaan het om stofbekamping, en nie om omgewingsbewaring nie. Phillips meld verder dat die resultate van logingsproewe afgewag word om te sien of dit moontlik 'n oplossing vir die vestiging van plante kan bied.

Grange (1973) meld dat die probleem teen 1953 nog nie opgelos was nie - dit ten spyte van meer as twintig jaar se pogings om die stof op allerlei wyses te bekamp. Hierdie pogings sluit onder andere in die gebruik van rotsafval, bespuiting met soutwater en slik, mengsels van gepresipiteerde modder verkry deur die neutralisering van suur mynwater met CaO, mengsels van olie en water en mengsels van molassa en water. Volgens Cook (1992) is die meeste van die navorsing gedoen deur W.H. Cook, A.L. James en M. Mrost.

Na deeglike ondersoeke kom 'n komitee van die Kamer van Mynwese saam met die WNNR in 1956 tot die gevolgtrekking dat die beste metode om stof te bekamp die vestiging van 'n plantbedekking sal wees (Marsden, 1985).

Die totstandkoming van die hervestigingseenheid van die Kamer van Mynwese het 'n meer permanente grondslag gegee aan navorsing, maar ook die uiteindelike implementering van resultate op uitskothope en slikdamme van Suid-Afrikaanse goudmyne.

Ander navorsingsprojekte en of ondersoeke in verband met die hervestiging van plantegroei wat verband hou met bogenoemde is gedoen deur Phillips (1980a) by die kalkmyn van PPC by Lime Acres in Noord-Kaap, asook die navorsingsprojek van Walker en Grant (1984) by die Msauli chrisotielmyn in Ka Ngwane.

Die implementering van strenger wetgewing na ± 1980 het daartoe gelei dat die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie van die PU vir CHO, wat op daardie stadium reeds etlike jare betrokke was by die hervestiging van plante op ander versteurde gebiede (bv. padreserwes), genader is om advies in hierdie verband. Hierdie kontak het gedurende 1984 - 1989 gelei tot die grootskaalse betrokkenheid (navorsing, konsultasie en implementering van resultate) by 'n aantal myne in Suidelike Afrika.

Wetgewing in verband met die rehabilitasie van ekologiese versteuring veroorsaak deur mynbouaktiwiteite, is vir die eerste keer in 1980 vervat in hoofstuk 5 van die <u>Wet op Myne en Bedrywe</u> (Badenhorst, 1985). Hierdie wetgewing was ook net van toepassing op oopgroefmynbou, en in gevalle waar meer as 12 000 ton delfstof insluitend bolaag verwyder word.

Wetgewing in verband met omgewingsbewaring bestaan egter lank reeds en kan ook op ander mynbouaktiwiteite van toepassing gemaak word (Badenhorst, 1985 en Burger & du Plessis, 1992). Voorbeelde hiervan is:

<u>Die Wet op Myne en Bedrywe</u> (Wet 27 van 1956)
<u>Die Waterwet</u> (Wet 54 van 1956)
<u>Die Wet op die Voorkoming van Lugbesoedeling</u> (Wet 45 van 1965)
<u>Die Wet op Mynregte</u> (Wet 20 van 1967)
<u>Die Wet op Fisiese Beplanning</u> (Wet 88 van 1967)
<u>Die Wet op Bewaring van Landbouhulpbronne</u> (Wet 43 van 1983)
<u>Die Wet op Omgewingsbewaring</u> (Wet 73 van 1989)

Volgens Badenhorst (1985), impliseer die term "rehabilitasieplan" in die regulasies van hoofstuk 5 van die <u>Wet op Myne en Bedrywe</u> (Wet 27 van 1956) soos gepromulgeer in Maart 1980 onder andere die volgende:

- 'n Omgewingsopname is noodsaaklik om te verseker dat effektiewe toekomstige grondgebruik verseker word.

- Grond sal herstel word tot 'n vorm en produktiwiteit in ooreenstemming met 'n grondgebruiksplan wat opgestel en goedgekeur is voor mynwerksaamhede begin.

- Aandag moet gegee word aan estetiese oorwegings.

- Opsigtelike verskille met die natuurlike omgewing nie sal voorkom nie.

- Die minste moontlike omgewingsversteuring sal plaasvind.

- Waar moontlik, die grond herstel sal word tot 'n vermoë gelykstaande aan wat dit was voor versteuring plaasgevind het.

- Die verandering aan die bestaande landskap aanvaarbaar moet bly vir die oog.

- Rehabilitasie so uitgevoer moet word dat dit uiteindelik ook vir ander doeleindes aangewend kan word.

- Versteuring so tydelik moontlik moet wees.

- Omgewingsbeskerming geïntegreer moet wees met die mynbouproses en is nie iets waaraan slegs aan die einde van die myn se leeftyd aandag gegee word nie.

Volgens Richter (1992) (Direkteur: Veiligheid en gesondheid - Mynbou) het toenemende omgewingsdruk asook leemtes in bestaande wetgewing aan die einde van 1991 gelei tot die herroeping van die Wet op Myne en Bedrywe (Wet 27 van 1956). Sommige van die toepaslike regulasies op die rehabilitasie van versteurde mynbougebiede is egter vervat in die nuwe Mineraalwet (Wet 50 van 1991) wat reeds in Januarie 1992 gepromulgeer is. Regulasies van die Wet op Myne en Bedrywe (Wet 27 van 1956) soos van toepassing op rehabilitasie bly vir die huidige egter steeds van krag.

Een van die grootste leemtes in die wetgewing voor 1992 was dat 'n hele aantal wette van toepassing gemaak kon word - 'n benaderingswyse wat verantwoordelik was vir verkeerde interpretasies en verwarring. In die werk wat tans onderneem word in die daarstelling van regulasies wat opgeneem sal word in die Mineraalwet (Wet 50 van 1992), word gepoog om alle tersaaklike regulasies uit ander wette in hierdie een wet te inkorporeer. Die wet sal ook nie net van toepassing wees op oopgroefmynbou nie, maar sal alle mynaktiwiteite insluit.

1.3 Spesifieke probleemstelling

In die voorafgaande gedeeltes is gepoog om die mate van versteuring in suidelike Afrika asook enkele gepaardgaande probleme aan te toon. Alhoewel ander newe-effekte soos geraas-, lug-, water- en ander besoedelingsprobleme nie aangeraak is nie, word sommige daarvan ook baie nou met versteuring geassosieer.

Die kwantifisering van die uitwerking van die plantegroeihervestiging ("revegetation") op die vermindering of uitskakeling van hierdie newe-effekte word deur min outeurs aangeraak. Marsden (1985) noem dat lugbesoedeling aan die Witwatersrand aan die begin van die sestigerjare so erg was dat die dagsig op winderige dae tot ongeveer 10 m beperk was. Nadat plantegroei op die mynhope gevestig is, het die stofprobleem sodanig verminder dat dit bykans nie meer ter sprake was nie.

Rudd (1973) toon aan dat daar 'n drastiese afname in waterbesoedeling was ná die hervestiging van mynhope. By die Gedulddam naby Springs het die sulfaatkonsentrasie voor 1970 vanaf 2000 tot 3000 dpm. gevarieer. In 1973 het hierdie konsentrasie gedaal tot minder as 200 dpm. In dieselfde dam was die konsentrasie vaste afvalstowwe voor die hervestiging van mynhope 1000 tot 5000 dpm, terwyl dit na vestiging slegs 400 tot 700 dpm was.

Uit die bronne wat geraadpleeg is, was dit duidelik dat die eerste hervestigingspogings (wêreldwyd) slegs gegaan het om die regstelling of onderdrukking van simptome. Om hierdie rede is daar ook nie geskroom om van kunsmatige metodes soos chemiese stabilisering gebruik te maak nie.

Daar is reeds aangetoon dat outeurs dit eens is dat die beheer van besoedeling deur chemiese en/of meganiese metodes duur en slegs tydelik is. Wêreldwyd word aanvaar dat die enigste metode waardeur permanente beheer uitgeoefen kan word, die daarstelling van 'n permanente plantbedekking is.

Soos aangetoon onder punt 1.2, is wetgewing ook in die RSA voortdurend besig om te verander om aan te pas by die eise van die tyd, asook om bestaande leemtes wat gedentifiseer word reg te stel.

Uit tersaaklike literatuur is dit ooglopend dat aanvanklike hervestigingswerk gekenmerk was deur 'n grype na enigiets waardeur die probleem opgelos kon word. 'n Gebrek aan kennis en ondervinding het daartoe gelei dat 'n suksesvolle poging of metode iewers in die wêreld deur baie aangegryp is as die alfa en die omega. Soos in hoofstuk 4 aangetoon sal word, blyk dit dat Suidelike Afrika ook moontlik 'n slagoffer van hierdie tendens was.

Aan die positiewe kant is dit egter ook duidelik dat daar gou besef is dat hierdie benadering nie kan slaag nie, en is daar vroeg reeds begin met navorsing om probleme in Suidelike Afrika op 'n eiesoortige wyse op te los.

Die uitgangspunte van navorsers kan weer in twee kategorieë verdeel word:

1 Onder die eerste groep resorteer dié wat geen grondregstelling doen nie, maar plante soek wat die ekologiese situasies, soos dit aangetref word by die betrokke myn, kan verdra. Sommige navorsers doen basiese grondregstellings en gebruik enige plantmateriaal wat beskikbaar is om die probleem op te los. Daar word selfs so ver gegaan om deur teling, nuwe ekotipes te teel wat tolerant genoeg is om te vestig op plekke waar dit an-

dersins nie moontlik sou wees nie. Onder die druk van steeds veranderende wetgewing is hierdie benadering ook besig om te verdwyn.

2 Die holistiese benadering wen tans veld in die oplossing van omgewingsprobleme. Om hierdie rede het terminologie soos die hervestiging van plantegroei ("revegetation") uitgedien geraak. Die doelpale het sodanig verskuif dat navorsing daarop gerig is om te "rehabiliteer", "restoureer", "hertopografeer" ("landscaping") - mikpunte wat beteken dat dit nie net gaan om die daarstelling van 'n grasbedekking nie, maar dat die algehele rehabilitasie van die ekosisteem geïmpliseer word. Hierdie aspek word weer beklemtoon in hoofstuk 5.

Die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie aan die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys is sedert 1984 deur verskeie myne, myngroepe en ander instansies genader in verband met die bekamping van lugbesoedeling, waterbesoedeling, erosie en die gepaardgaande rehabilitasie van versteurde gebiede.

Alhoewel die Instituut reeds sedert 1971 betrokke was by navorsing in verband met die hervestiging van versteurde gebiede in die padreserwes van nasionale paaie in die RSA, was die probleme waarmee nou kennis gemaak is in baie gevalle slegs teorieë in 'n handboek.

'n Literatuurstudie wat gedurende 1986 deur C.H. Barker van die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie gedoen is, het aangetoon dat meer as 30 000 bestaande publikasies (1985/86), handel oor verskeie onderwerpe wat in verband gebring kan word met die rehabilitasie van versteurde lokaliteite.

Die betrokkenheid van die Instituut het daartoe gelei dat verskeie simposiums, kongresse ensovoorts deur die outeur en ander personeel binnelands sowel as oorsee bygewoon is om sodoende eerstehandse kennis oor die onderwerp te bekom.

Uit die inligting wat bekom is, was dit duidelik dat:

- 'n Baie groot persentasie van die bronne handel oor die probleem van versteuring en besoedeling en die impak daarvan op die samelewing. Tog bied die bronne nie oplossings vir die probleem nie.

- 'n Tweede kategorie bespreek die suksesse wat bereik is met "rehabilitation, revegetation en restoration" maar gee geen besonderhede oor die wyse waarop sukses bereik is nie.

- 'n Derde kategorie neem die probleem voldoende in behandeling.

- Die meeste van die werk is gedoen in die VSA en Europa - landstreke met 'n baie hoër reënval en 'n meer gematigde klimaat as wat in Suidelike Afrika aangetref word.

- 'n Baie groot persentasie van die werk is gedoen in ekosisteme wat nie direk op hierdie studie van toepassing is nie, soos byvoorbeeld mariene-, moeras-, soutmoeras- en duin-ekosisteme.

- In Suidelike Afrika en meer in besonder die RSA, is navorsing beperk tot werk wat gedoen is as gevolg van die stofbesoedelingsprobleem aan die Witwatersrand en is genisieer deur die Kamer van Mynwese.

- Alhoewel daar deur individuele myne en myngroepe pogings aangewend is (sommige redelik suksesvol) om plantegroei op mynhope te vestig, was dit in die meeste gevalle luk-

raak pogings gebaseer op buitelandse resepte. Geen publikasies kon in verband met hierdie werk opgespoor word nie. In enkele gevalle is daar ongepubliseerde verslae wat goedgunstiglik bekom kon word.

Uit die geraadpleegde bronne is dit duidelik dat daar oor die hele wêreld 'n groeiende bewustheid en bekommernis oor die agteruitgang van natuurlike hulpbronne is. Hierdie betrokkenheid blyk duidelik uit simposiums, kongresse en ondersoeke wat geloods word om kennis uit te ruil en die omvang van die probleem te bepaal.

Enkele voorbeelde wat uitvloeisels van hierdie bewuswording en gepaardgaande navorsing is, is die volgende:

"Report on conservation and rehabilitation in the mineral-sands mining industry". 'n Verslag van 'n werkkomitee aan die Australiese minister van Mineraal- en Energiesake. Die kongresse van die "Canadian land reclamation association and the American society for surface mining and reclamation" van 1989, "Ecological society of Australia" van 1990, "International erosion control association" van 1991, "Southern Queensland branch of the Australian Institute of Mining and Metalurgy and Queensland division of the Institute of Engineers, Australia" van 1987 en van die "Australian Mining Industry Council" van 1988.

In die RSA dui kongrestemas soos "Red ons grond" (Veldtrust, 1990), "Grond in harmonie met die omgewing" (Die grondkundevereniging van Suid-Afrika, 1992), asook simposiums soos die Hervestigingsimposium vir myngroepe (Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie, 1985) en die seminaar vir die Suid-Afrikaanse Vervoerdienste (Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie, 1988) die bewuswording in ons eie land aan.

Die erns van die bewuswording word ook verder beklemtoon deur onder andere die ondersoek na die langtermyngevolge van hoëverhaalsteenkoolontginning op die landbou in die Oostelike Hoëveld van Transvaal. Hierdie ondersoek is onderneem in opdrag van die ministers van Landbou en van Mineraal- en Energiesake (die sogenaamde Kraai van Niekerk-verslag van 1990).

Die mees onlangse voorbeeld van Suid-Afrikaanse betrokkenheid is die verslag getiteld "Building the foundation for sustainable development in South Africa". Hierdie verslag is voorgelê aan die "United Nations Conference on Environment and Development" (UNCED) van 1992 (die sogenaamde Rio-konferensie).

Daar is verskeie kontrakteurs en instansies in die RSA wat alreeds vir etlike jare besig is met hervestigingswerk van byvoorbeeld padreserwes, gruisgroewe, spoorlynreserwes en selfs mynhope. Met die uitsondering van die werk wat gedoen is vir en onder leiding van die Kamer van Mynwese waarna in hierdie proefskrif verwys word, asook die navorsing en rehabilitasie deur die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie, kon geen ander soortgelyke of verbandhoudende werk opgespoor word wat vir navorsingsdoeleindes aangewend word nie.

Volgens Cook (1992), word daar wel navorsing gedoen by die Universiteit van Natal (spesieseleksie), asook by die Universiteit van die Witwatersrand (begrassing van mynhope).

Dit is duidelik dat alhoewel die bewuswording van die omvang van en gepaardgaande kommer oor ons natuurlike hulpbronne gelei het tot 'n groeiende omgewingsdruk en strenger wetgewing, daar in Suidelike Afrika steeds by <u>hervestiging</u> ("grassing/revegetation") vasgesteek word. In hierdie studie

is daar gepoog om deur middel van navorsing inligting te bekom wat kan dien as basis vir die rehabilitasie van mynhope in Suidelike Afrika.

HOOFSTUK 2

STUDIEGEBIED EN NAVORSINGSBENADERING

2.1 Ligging van die verskillende myne waar proewe uitgelê is.

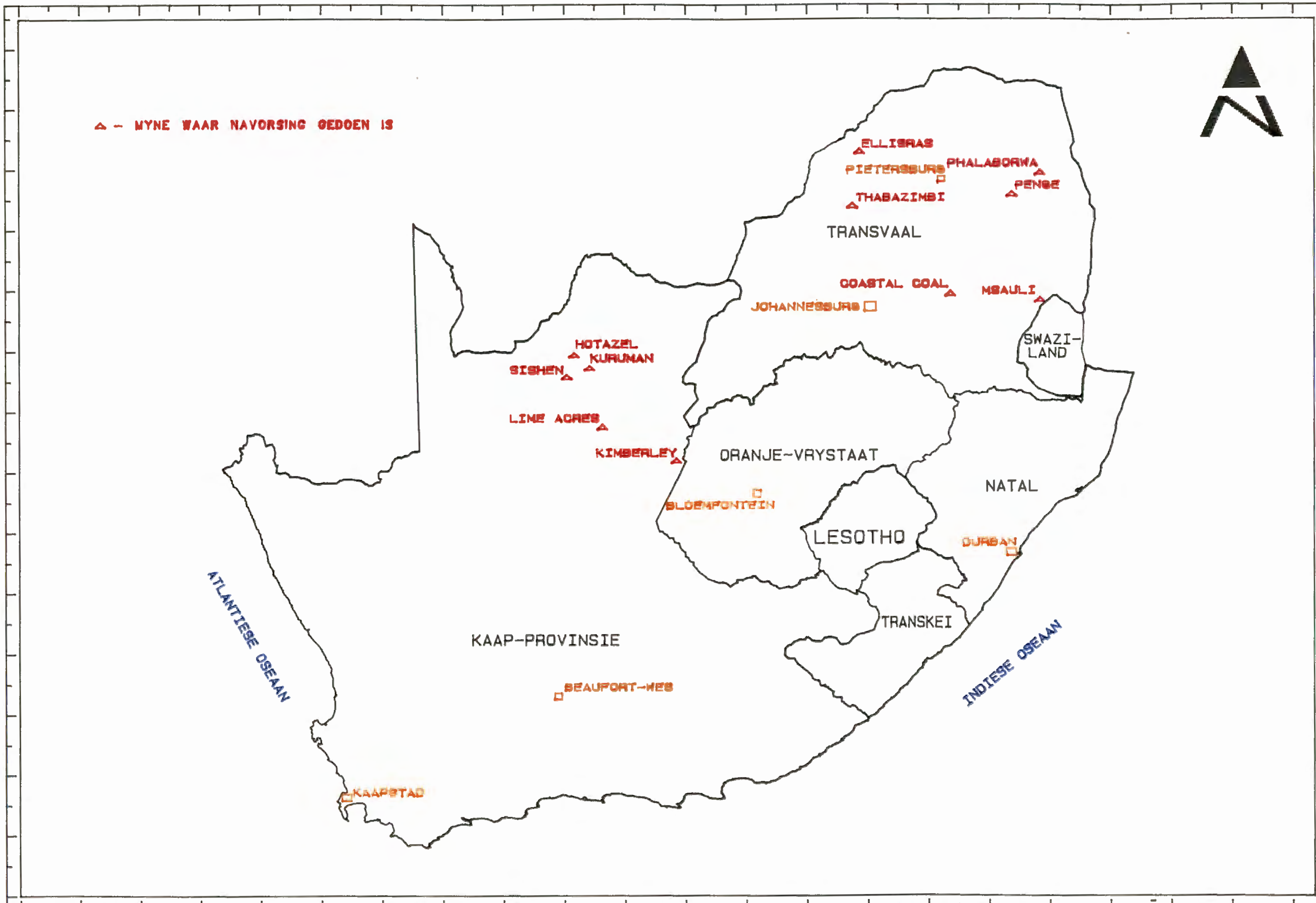
Die gebiede waar die proewe gedoen is, is nie vooraf bepaal nie, en die tydperke waartydens en tydsduur van die verskillende proewe stem ook nie noodwendig ooreen nie.

Versoeke deur myne en myngroepe het in die meeste gevalle daartoe gelei dat navorsingsooreenkomste met hulle gesluit is. Die opdrag insake die navorsing was in al die gevalle daarop afgestem om so spoedig moontlik metodes, saadresepte en bemestingsaanbevelings te verskaf waardeur voldoen kan word aan die eise van die wet.

In Figuur 2.1 word die verskillende myne waar navorsing gedoen is aangetoon. Alhoewel nie al die myne wat aangetoon word se proewe bespreek word nie, het die resultate by sommige myne aanleiding gegee tot proewe wat wel bespreek word en daarom word hierdie myne in die lokaliteitskaart opgeneem.

Besonderhede van die myne waarvan die proewe wel bespreek word, of wat om een of ander rede vermeld word, word in hoofstuk 3 verskaf en sluit die volgende in:

Thabazimbi ystererts myn	-	Yskor
Grootegeluk steenkoolmyn (Ellisras)	-	Yskor
Sishen ystererts myn	-	Yskor
Palabora kopermyn (Phalaborwa)	-	PMC
Asbes krosidolietmyn (Kuruman)	-	HANOVA (voorheen Gefco)
Mamatwan mangaanmyn (Hotazel)	-	Samancor
PPC - Lime Acres kalkmyn	-	PPC



Figuur 2.1: Ligging van myne in Suid-Afrika waar navorsing gedoen is.

Kromellenbogen amosietmyn (Lebowa)	-	HANOVA (voorheen Gefco)
Msauli chrisotielmyn (Ka Ngwane)	-	HANOVA (voorheen Gefco)
Kimberley diamantmyn	-	De Beers Consolidated Mines Ltd.

2.2 Ekologiese heterogeniteit

Uit die navorsing wat by 'n hele aantal myne uitgevoer is (Hoofstuk 3), sal blyk dat daar in die pogings tot die her-vestiging van plantegroei (grotendeels die benadering van die eerste groep navorsers), talle probleme opgeduik het. Hierdie probleme sentreer veral rondom die bodem waarin plantegroei hervestig moet word. Die suksesvolle metode wat by een myn toegepas is, kon egter nie noodwendig by 'n ander herhaal word nie.

Bo en behalwe die verskille in mynboumetodes (bv. oopgroef of ondergronds), ertsliggaam wat gemyn word, ekstraksiemetodes (meganies of chemies), stortingsmetodes ensovoorts, is daar ook ekologiese verskille wat 'n bepalende rol speel in die uiteindelike sukses wat behaal kan word. Hierdie verskille, asook veranderde wetgewing, het daartoe gelei dat 'n meer holistiese benadering gevolg moes word.

Die belangrikste ekologiese faktore wat 'n rol mag speel tydens die rehabilitasie van mynhope, word vervolgens kortliks bespreek.

2.2.1 Topografie

Volgens De Villiers (1993) is die topografie van Suidelike Afrika 'n weerspieëling van onderliggende geologiese for-masies en strukture wat deur die loop van geologiese tydperke deur erosieprosesse gevorm is tot die diverse landskap soos dit tans gevind word.

Kruger (1983) verdeel die RSA in ses hoof-topografiese eenhede wat weer verder onderverdeel kan word in 29 sub-eenhede.

Die belangrikste kenmerk van die topografie van Suidelike Afrika is die hoë-plato van ongeveer 1000 m, waarvandaan daar 'n styging na alle rigtings plaasvind tot 'n gemiddeld van ongeveer 1200 m. Hierdie styging bereik sy hoogtepunt in die groot eskarp in Lesotho met 'n hoogte van meer as 3000 m (Fig. 2.2). Vanaf dié eskarp is daar 'n skerp daling tot op seevlak (Departement Omgewingsake, 1992).

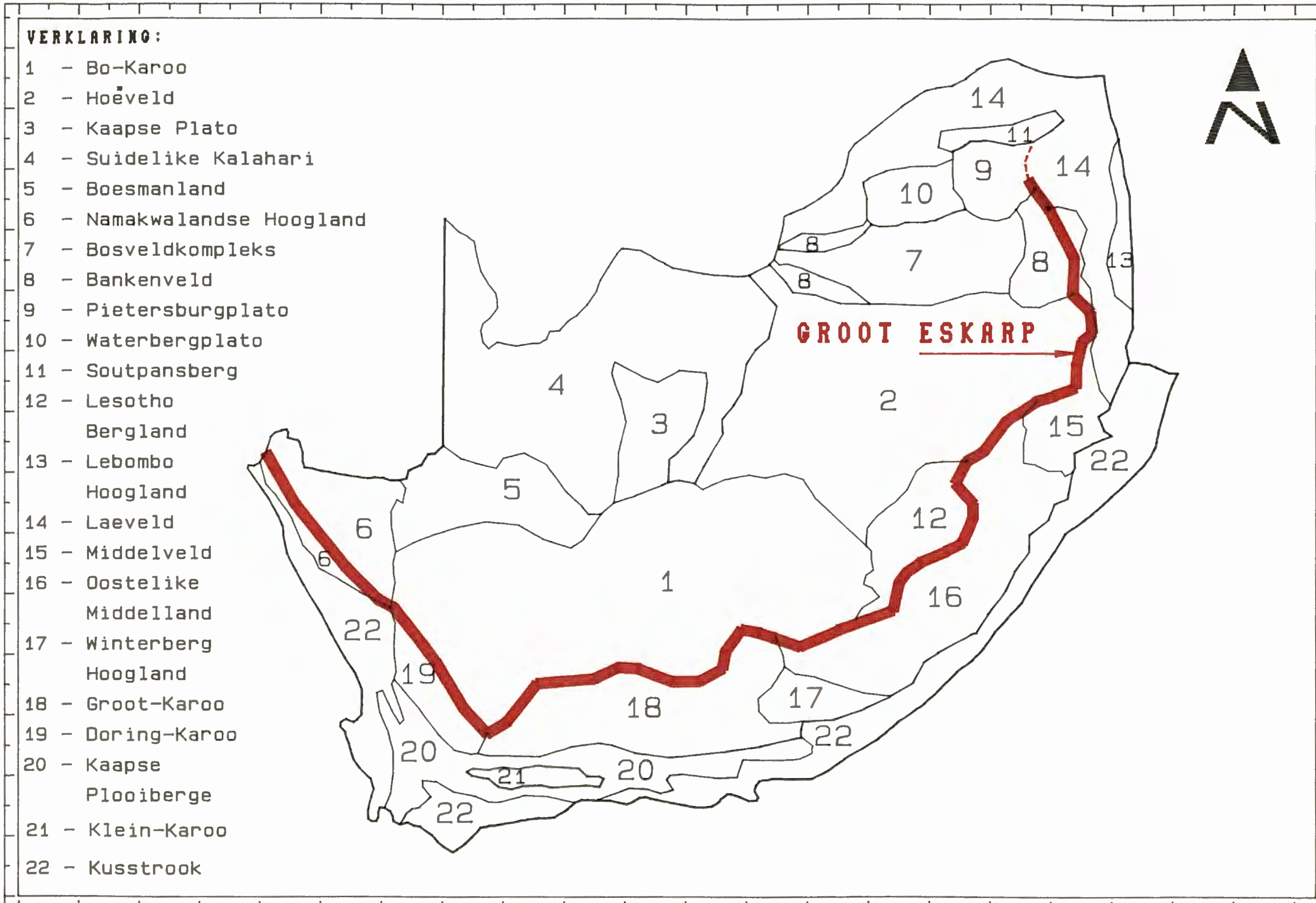
2.2.2 Geologie

De Villiers (1993) is van mening dat die geologiese diversiteit in Suidelike Afrika die resultaat is van die blootstelling en verwering van ou kontinentale kerns uit die argaïese tydperk (+ 3,5 duisend-miljoen jaar), tot mariene- en rivierafsettings van die huidige era.

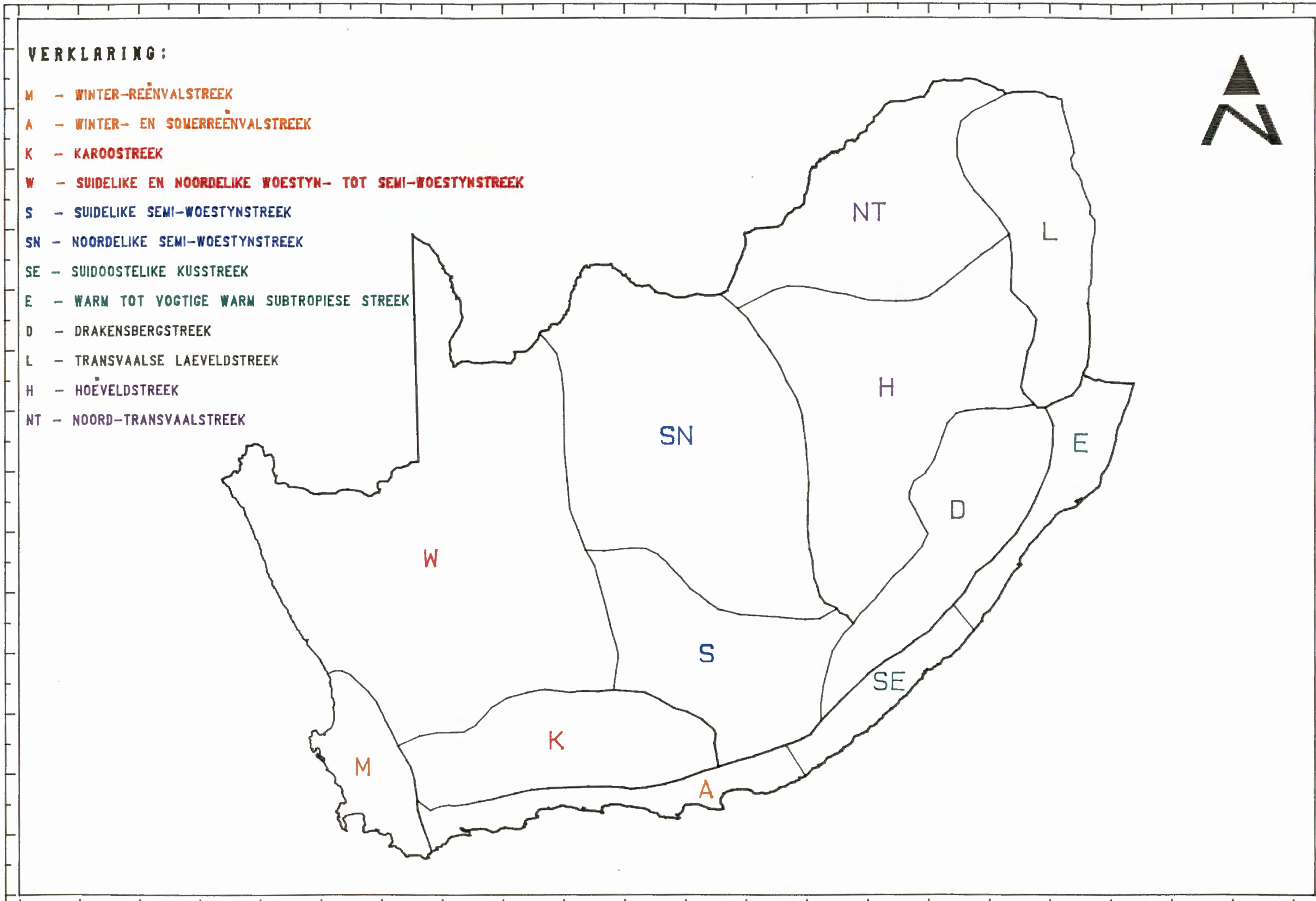
Sedimentêre, stollings-, en metamorfe gesteentes word orals en in groot verskeidenheid oor die land aangetref.

As gevolg van strukturele invloede soos die Kaapse plooiberge, het hierdie gebied 'n totaal ander karakter as die Karoo met sy horisontaalliggende sedimentêre gesteentes wat 'n tipiese tafelkoplandskap tot gevolg het. Die Pre-Karoo-gesteentes wat in Wes-Transvaal aan die oppervlak blootgestel is, vorm weer 'n komplekse landskap waarvan die Vredefortkoepel 'n tipiese voorbeeld is.

Die verwering van die moedermateriale het in situ gevormde grond tot gevolg. Hierdie grond kan egter deur transportasie en afsetting bo-op totaal ander geologiese formasies aangetref word.



Figuur 2.2: Fisiografiese streke van Suid-Afrika, Swaziland en Lesotho (The Reader's Digest Association South Africa, 1984).



Figuur 2.3: Klimaatstreke van Suid-Afrika (Departement van Omgewingsake, 1992).

Hierdie kompleksiteit is een van die faktore wat daartoe aanleiding gee dat die spesiesamestellings van verskillende en selfs aangrensende gebiede grootliks van mekaar kan verskil.

2.2.3 Klimaat

Die Departement van Omgewingsake (1992) verdeel die RSA in twaalf klimaatstreke (Fig. 2.3) en beskryf dit kortliks soos volg:

1. Winterreënvalstreek (M):

Reënval: Meestal orografies en wissel tussen 400 tot 3000 mm per jaar gedurende Mei tot September.

Sneeu: Kom van tyd tot tyd op die bergpieke voor.

Ryp: Kan oor die hele gebied verwag word, behalwe op seevlak.

Sonskyn: 60% tot 70%.

Wind: Hoofsaaklik SO in die somer met periodieke adiabatiese bergwindperiodes en NW in die winter gepaard met reën.

2. Winter en somerreënvalstreek (A):

Reënval: Hoofsaaklik siklonies en orografies en wissel tussen 400 tot 1000 mm per jaar.

Ryp: Matige klimaat sonder ryp.

Sonskyn: Ongeveer 50%.

3. **Karoo (K):**

<u>Reënval</u>: Wissel vanaf 250 tot 750 mm per jaar, waarvan laasgenoemde neerslag hoofsaaklik in die bergagtige dele voorkom. Die reën wat hoofsaaklik in die vorm van donderstorms voorkom, is baie wisselvallig en kan enige tyd van die jaar voorkom.

<u>Temperatuur</u>: Kan seisoenaal en selfs daagliks groot wisseling toon.

<u>Ryp</u>: Kom in die binneland voor.

<u>Sonskyn</u>: 70 tot 80%.

4. **Suidelike en noordelike woestyn- tot semi-woestynstreke (W):**

<u>Reënval</u>: Van 50 tot 250 mm per jaar maar baie wisselvallig en meestal in die vorm van donderstorms.

<u>Mis</u>: Kan naby die kus voorkom.

<u>Temperatuur</u>: Groot daaglikse en seisoenale fluktuasies.

<u>Ryp</u>: Slegs in die binneland.

<u>Sneeu</u>: In die binneland.

<u>Sonskyn</u>: 70 tot 80%.

5. Suidelike semi-woestynstreek (S):

Reënval: 250 tot 500 mm per jaar. Meestal donderstorms in die somer.

Temperatuur: Groot daaglikse en seisoenale skommelinge.

Ryp: Kom soms voor.

Wind: Gewoonlik NW.

Sonskyn: 70 tot 80%.

6. Noordelike semi-woestynstreek (SN):

Reënval: Wissel vanaf 250 tot 500 mm per jaar en kom meestal voor in die vorm van donderstorms in die somer.

Temperatuur: Daaglikse en seisoenale fluktuasies is groot.

Wind: Feitlik NW.

Stofstorms: Kan voorkom, afhangende van langdurige droogtes.

Sonskyn: 70 tot 80%.

7. Suidoostelike kusstreek (SE):

Reënval: Wissel tussen 500 en 1250 mm per jaar. Meestal somerbuie en donderstorms.

Temperatuur: Is matig.

Ryp: Kom voor op hoërliggende gebiede.

Wind: Sporadiese warm bergwinde.

Sonskyn: 50 tot 70%.

8. **Warm tot vogtige warm subtropiese streke (E):**

Reënval: Gewoonlik in die vorm van somerbuie en wissel tussen 760 tot 1250 mm per jaar.

Temperatuur: Kan as matig bestempel word in die winter, maar warm in die somer.

Ryp: Slegs af en toe.

Wind: Gewoonlik SW of NO.

Sonskyn: 45 tot 70%.

9. **Drakensberg (D):**

Reënval: Min of meer soos by 7 en 8.

Temperatuur: Meer gematig as by 7 en 8, met groter daaglikse en seisoenale temperatuurskommelinge.

Ryp: Kom algemeen voor.

Sneeu: Kan gereeld verwag word.

Wind: Gewoonlik S of N-NW.

Sonskyn: 50 tot 80%.

10. Transvaalse laeveld (L):

Reënval:	500 tot 700 mm per jaar, waarvan 90% vanaf Oktober tot April verwag kan word. Op die eskarp kan tot 2000 mm aangeteken word. Reën kom hoofsaaklik voor in die vorm van donderstorms en swaar buie in die somer met orografiese reën en mis op die eskarp.
Temperatuur:	Gewoonlik matig in die winter, maar baie warm in die somer.
Ryp:	Is 'n uitsondering.
Wind:	Hoofsaaklik S-SO of N-NW.
Sonskyn:	50 tot 75%.

11. Hoëveldstreek (H):

Reënval:	Wissel tussen 500 en 900 mm en kom voor as somerbuie of donderstorms.
Temperatuur:	Groot skommeling kom daagliks sowel as seisoenaal voor.
Ryp:	Kom van tyd tot tyd voor.
Sneeu:	Kom van tyd tot tyd voor.
Wind:	Gewoonlik lig.
Sonskyn:	60 tot 80%.

12. Noord-Transvaalstreek (NT):

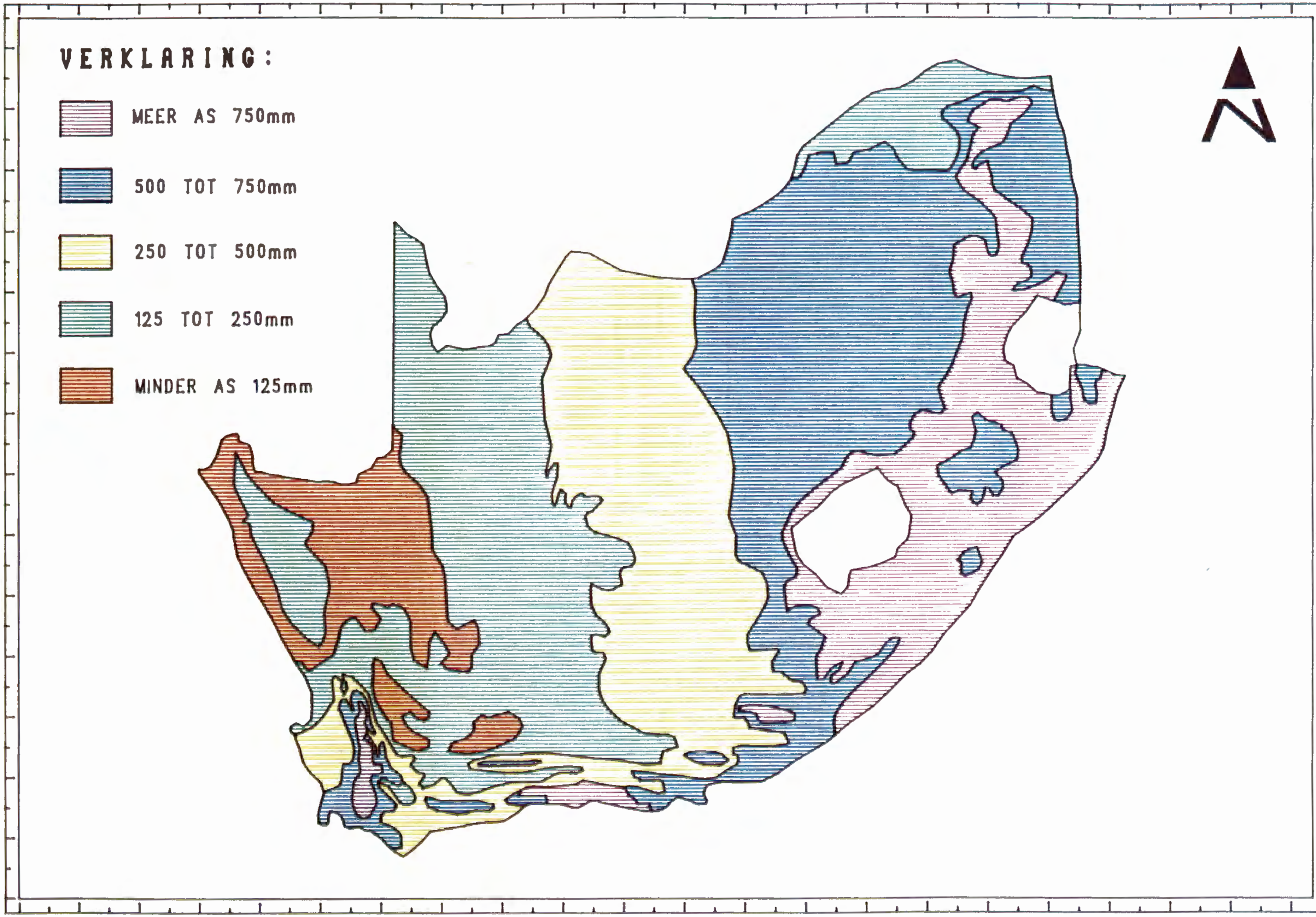
Reënval:	Wissel tussen 300 en 700 mm per jaar en kom voor as baie wisselvallige donderstorms in die somer.
Temperatuur:	In die somer baie hoog, met matige winters. Redelike wye daaglikse en seisoenale temperatuurfluktuasies.
Ryp:	Kom soms voor.
Sonskyn:	60 tot 80%.

Alhoewel daar gepoog is om die klimaatstreke duidelik te omgrens, is daar baie oorvleueling en word groot verskille binne die verskillende streke aangetref. Hierdie verskille word onder andere veroorsaak deur verskeie berg- en rantreekse.

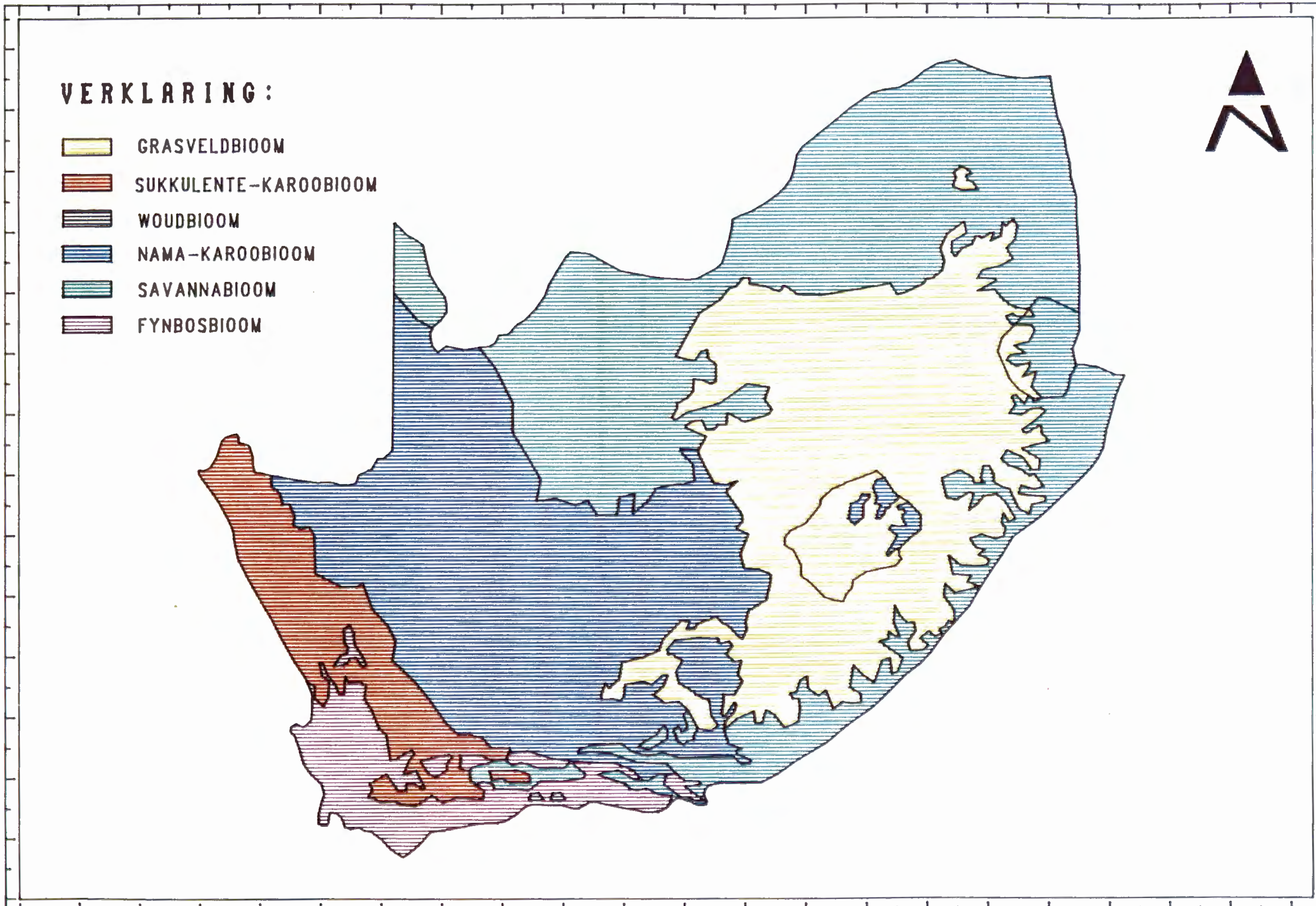
2.2.3.1 Reënval

In Figuur 2.4 word die reënvalverspreiding in Suidelike Afrika aangetoon (Departement Omgewingsake, 1992).

Volgens hierdie vereenvoudigde reënvalkaart ontvang minder as 50% van die gebied 500 mm of meer reën per jaar. Na aanleiding van die beskrywing van die verskillende klimaatstreke, is dit egter duidelik dat donderbuie oor die grootste gedeelte van die gebied daartoe lei dat hierdie reën nie effektief benut kan word nie. Die Departement Omgewingsake (1992) beweer dat ongeveer 80% van die jaarlikse neerslag in riviere beland en indien dit nie in damme opgegaar word nie, uiteindelik weggevoer word see toe.



Figuur 2.4: Reënvalverspreiding in Suid-Afrika (Departement van Omgewingsake, 1992).



Figuur 2.5: Biome van Suid-Afrika (Departement van Omgewingsake, 1992).

2.2.4 Plantegroei

Suidelike Afrika is bekend vir sy groot rykdom plantspesies. In die voorwoord by die lys van Suid-Afrikaanse plantspesies (Gibbs Russell, 1985) noem De Winter dat daar 23 200 spesifieke en intraspesifieke taksa van saadplante in Suidelike Afrika aangetref word waarvan 21 200 as spesies beskou word.

Hierdie groot diversiteit kan onder andere toegeskryf word aan die veelheid van habitatte wat geskep word deur reënvaluiterstes, temperatuurfluktuasies asook topografiese en edafiese variasie.

Rutherford en Westfall (1986) verdeel die plantegroei van die RSA in ses biome. In Suidelike Afrika kan daar 'n sewende bioom, naamlik die woestynbioom onderskei word (Fig. 2.5) (Departement Omgewingsake, 1992).

Alhoewel daar in sommige gevalle redelik duidelike grenslyne tussen die verskillende biome getrek kan word, is oorgange meestal onduidelik en kom daar ook groot variasies binne 'n bioom voor. Die savanne van die Vredefortkoepel wat binne die grasveldbioom geleë is, is een van die bekendste voorbeelde van hierdie variasies.

In Acocks (1988) se verdeling van die plantegroei van die RSA in 70 verskillende veldtipes, word die variasies wat binne die verskillende biome bestaan, duidelik uitgebeeld.

Die bestaan van die verskillende plantegroeitipes is gedeeltelik die resultaat van die onderlinge wisselwerking tussen verskillende ekologiese faktore asook die kombinasies van die verskillende faktore (Good, 1974).

2.3 Navorsingsbenadering en probleme

As gevolg van die uitgestrektheid van die studiegebied en die omvang en aard van die studie, is daar verskeie praktiese probleme waarmee rekening gehou moes word. Die volgende word as die belangrikste uitgelig:

- Aangesien die meeste van die myne steeds aktief is, was geskikte lokaliteite vir proewe moeilik bekombaar. In sommige gevalle is proewe na slegs een seisoen toegestoot of toegegooi omdat die spesifieke lokaliteit beter benut kon word vir 'n ander doel.

- Mynpersoneel wat nie by rehabilitasie betrokke was nie, het met vragmotors sommige van die proewe sodanig beskadig dat dit oorgedoen, weggelaat of aangepas moes word.

- Om kostes te bespaar, is die voorbereiding van proewe dikwels deur die mynpersoneel gedoen. Onkunde het egter soms daartoe gelei dat die voorskrifte nie altyd volgens beplanning nagekom is nie en aanpassings moes inderhaas gemaak word om resultate te probeer bekom.

- Aangesien daar nie apparaat (vragmotors ens.) by die myne bestaan wat spesifiek toegewys was vir rehabilitasie-doeleindes nie, moes daar van ander sektore se apparaat gebruik gemaak word. Hierdie toedrag van sake het heelwat logistieke probleme veroorsaak en was een van die redes wat daartoe bygedra het dat voorskrifte nie altyd akkuraat uitgevoer kon word nie.

- Die gebruik van D4 en selfs groter stootskrapers en soms 150 ton vragmotors het meegebring dat die uitlê van genoeg replikate van spesifieke behandelings nie

moontlik was nie. Veral in gevalle waar spesifieke materiale of mengsels van materiale gestort en gelykgemaak moes word, was dit 'n onmoontlike taak.

- Die uitlê van drie replikate van sulke groot proewe sou groter ruimtes benodig - iets wat nie moontlik was nie. Dit sou ook meegebring het dat die koste ten minste drie maal hoër sou wees. By Sishen ystererertsmyn, was die koste aan slegs die materiaal wat benodig was vir die uitlê van een replikaat van 'n besproeiingsproef meer as R 9000.

Bogenoemde probleme het daartoe aanleiding gegee dat praktiese oplossings gevind moes word sodat die navorsing steeds kon voortgaan en waar moontlik aanvaarbare aanbevelings gemaak kon word. Die werk wat gedoen is, kan dus nie as basiese navorsing beskou word nie, maar eerder as toegepaste (praktykgerigte) navorsing. Daar is gepoog om in die geval van die proewe waar dit nie moontlik was om replikate uit te lê nie, die proewe oor 'n groot genoeg oppervlakte te versprei. Hierdie metode is gevolg sodat persele in replikate verdeel kon word, of andersins so veel as moontlik metings wat as replikate kan dien, in die perseel te doen. Om hierdie rede word die resultate van die proewe beskou as goeie rigtingwysers wat tendense aantoon en nie noodwendig as onomstootbare bewyse nie.

HOOFSTUK 3

BODEMGEASSOSIEERDE PROBLEME MET BETREKKING TOT DIE REHABILITASIE VAN VERSTEURDE GEBIEDE EN MOONTLIKE OPLOSSINGS

Inleidend

Daar kan seker verskeie redes aangevoer word vir die mislukkings van hervestigingspogings in die verlede.

Alhoewel oordeelsfoute en klimaatsfaktore almal bydraend kan wees, is die bodem waarin plante gevestig moet word een van die belangrikste komponente wat in aanmerking geneem moet word tydens die hervestiging van plante op versteurde lokaliteite.

Een van die grootste probleme in die mynboubedryf is die generasie en wegdoen (storting) van afvalmateriale soos aanleguitskot, slik vanaf meulens, rotsafval en stroopmateriaal.

Die meeste van hierdie materiale word diep ondergronds uitgehaal en op voorafbepaalde gebiede geplaas. In die meeste gevalle vind hierdie storting plaas sonder dat enige bogrond vooraf verwyder word. As gevolg van die oorsprong van hierdie materiale kan die fisiese en chemiese samestelling daarvan radikaal verskil van dié van bogrond.

Om ekonomiese redes geskied die wegdoen van hierdie materiale op so 'n wyse dat die kleinste moontlike area benut word. Terselfdertyd word gepoog om maksimale stapeling (hoogte) te bereik. Op hierdie wyse word die maksimum hoeveelheid materiaal op die kleinste moontlike area gestort.

Die stortingslokaliteit word tot 'n groot mate deur ekonomiese faktore bepaal. Hoe nader die terrein en hoe korter die afstand wat die materiaal dus vervoer moet word, hoe goedkoper is die mynbouproses.

Die stortingsmetodes het tot gevolg dat die alombekende mynhope en slikdamme gevorm word - 'n verskynsel wat gewoonlik 'n skrille kontras met die omgewing vorm. Die hoë steil hellings, asook in baie gevalle die totale afwesigheid van plantegroei op hierdie hope dra grootliks by tot 'n aksentuering van hierdie kontras.

Die onsuksesvolle hervestiging van plantegroei op afvalhope en slikdamme van myne het aanleiding gegee tot uitgebreide navorsing.

Die metodes van dataversameling wat toegepas is, is die volgende:

1. <u>Basale bedekking</u> is bepaal deur middel van 'n brugpuntapparaat met twintig penne en in sommige gevalle met behulp van 'n wielpuntapparaat.

2. <u>Kroonbedekking</u> van individuele spesies asook 'n totale kroonbedekking is bepaal deur die ewekansige plasing van 'n aantal 0,5 m^2 opname-ringe in elke replikaat. Daarna is gebruik gemaak van die skaal van Braun-Blanquet (1932) om die kroonbedekkingswaardes te bepaal.

3. Die <u>bogrondse droëmassa</u> is bepaal deur van dieselfde opname-ringe gebruik te maak. Alle materiaal binne die opname-ring is so laag as moontlik afgeknip, gedroog by 75^{o}C en daarna geweeg.

4. Vanaf 1990 is gebruik gemaak van die MONITOR-program van die Departement Plant- en Bodemwetenskappe van die PU vir CHO. Deur middel van hierdie program kon basale be-

dekking en spesiefrekwensie met behulp van enige puntopnametegniek bepaal word. Opnames is by 'n 97% betroubaarheidspeil gemaak.

Data is statisties ontleed deur 'n multifaktor-variansieanalise daarop toe te pas (Ranwell, 1986). Die statistiese betekenisvolheid van verskille tussen die gemiddeldes is op die 1% en 5% waarskynlikheidspeil met die Turkey-metode volgens Steele en Torrie (1980) bepaal.

Alle grafieke wat in hierdie proefskrif aangebied word, is gebaseer op onverwerkte data en tabelle waarin die resultate van die verskillende proewe saamgevat is.

Alle onverwerkte data, tabelle en statistiese verwerkings is ter insae en beskikbaar by:

DIE DIREKTEUR
Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie
PU vir CHO
P/S X6001
POTCHEFSTROOM
2520

3.1 HELLINGS EN EROSIEPOTENSIAAL

Die gebruiklike stortingsmetodes het tot gevolg dat die materiaal stabiliseer en tot rus kom by die natuurlike rushoek van die betrokke materiaal.

In tabel 3.1 word die rushoek van uitskothope en slikdamme soos aangetref by 'n aantal verskillende tipes myne aangetoon.

TABEL 3.1: Rushoek (grade) van uitskothope en slikdamme soos aangetref by verskillende myne.

Myn	Erts	Slikdam	Uitskot
Thabazimbi	Yster		35-38
Sishen	Yster		35-38
Grootegeluk	Steenkool		35
Mamatwane	Mangaan		35-45
Lime Acres	Kalk		35-38
Hotazel	Mangaan		35
Palabora	Koper	38	38
Asbes	Krosidoliet		40-42
Penge	Amosiet	40	45-48
Kromellenbogen	Amosiet	40	45
Msauli	Chrisotiel		48
Weedons Minerals	Andulosiet	30	30
Western Deep	Goud	38	
Ergo	Goud	30	

Die nadeel verbonde aan hierdie stortingsmetodes is dat die vestigingsmoontlikheid van plantegroei in baie gevalle uiters gering is. Faktore wat die moontlike vestiging van plante kortwiek, sluit in:

- Verlaagde effektiewe reënval.
- Verlaagde of verhoogde waterpenetrasie.
- Verhoogde afloop van water.
- Verhoogde erosiepotensiaal.
- Grondverskuiwings (vorming van glyvlakke).

Plaat 3.1: Rotsafval gestort by Koegas krosidolietmyn teen die natuurlike rushoek van 35 - 38°.

Plaat 3.2: Aanleguitskot van Msauli chrysotielmyn, gestort teen die natuurlike rushoek van 45°.

3.1.1 Erosie en stabiliteit

Erosie is 'n natuurlike proses wat spontaan in die natuur plaasvind. Volgens Ayres (1936) is daar verskeie faktore wat 'n belangrike invloed op erosietempo mag hê - faktore met nadelige gevolge vir die spesifieke lokaliteit asook vir die omgewing as 'n geheel. Samevattend kan gestel word dat erosietempo 'n funksie is van die hoeveelheid en tempo waarop water wegvloei in verhouding met die inherente fisiese en chemiese eienskappe van die grond. Die inherente eienskappe van die grond bepaal die weerstandsgraad teen dispergering van gronddeeltjies en beperk tot 'n sekere mate die tempo en hoeveelheid afloop van 'n bepaalde hoeveelheid reën. Ander faktore wat 'n belangrike invloed op die afloophoeveelheid en -tempo het sluit in:

- die hellingsgraad,
- die ongelykheid van die oppervlak,
- die grootte en vorm van die opvanggebied,
- die tipe en digtheid van die plantegroei,
- die teenwoordigheid of afwesigheid van goedgedefinieerde dreineringskanale,
- die deurdringbaarheid of ondeurlaatbaarheid van die ondergrond en geologiese substraat,
- die hoeveelheid reën en tydsduur van neerslag.

Van al die faktore wat genoem is, is reënval die enigste wat nie tot 'n mindere of meerdere mate deur die mens aangepas of reggestel kan word nie.

3.1.1.1 Die invloed van reënval

Aangesien reënval nie beheer kan word nie, is die enigste wyse waardeur die impak daarvan op die omgewing verminder kan word, die manipulasie van die omgewing. Die belangrikste

aspekte wat in hierdie verband in ag geneem moet word, is die gemiddelde jaarlikse reënval, die reënvalintensiteit asook die intensiteit en duur van individuele buie. Dit is juis buie met 'n hoë intensiteit binne 'n kort periode wat die meeste skade aanrig.

3.1.1.2 Die invloed van gradiënt

Hellingsgradiënt beïnvloed die alooptempo in ooreenstemming met die welbekende wet van vallende liggame, soos aangepas deur omgewingstoestande (Ayres, 1936). Dit is duidelik dat by 'n steiler helling, met alle ander faktore konstant, daar minder water indring en afloop vinniger plaasvind.

Indien die wet van vallende liggame toegepas word in terme van die gradiënt van mynhope se hellings, kan die volgende aannames gemaak word (Ayres, 1936):

- Die vertikale val teen 'n helling word gemeet in meter per sekonde, of die totale val gedeel deur die lengte van die helling. Indien die gradiënt dus vier keer verhoog, word die afloopspoed min of meer verdubbel.

- Indien die waterspoed verdubbel, verhoog die eroderings- of uitkalwingskapasiteit soos verteenwoordig deur kinetiese energie, ongeveer vier keer.

- Indien die waterspoed verdubbel, kan die hoeveelheid materiaal van 'n gegewe grootte wat gespoel kan word, twee en dertig keer toeneem.

- Indien die waterspoed verdubbel, sal die grootte van partikels wat gestoot of gerol kan word, ongeveer vier en sestig keer verhoog.

Daar moet in ag geneem word dat die fisiese en chemiese eienskappe van die grond (uitskot, slik ens.) nie in bogenoemde gevolgtrekkings in ag geneem is nie.

Volgens Gray en Leiser (1982) sluit die topografiese veranderlikes wat 'n invloed op reënvalerosie het die volgende in:

- die gradiënt van die helling,
- die lengte van die helling en
- die grootte en vorm van die opvanggebied.

Die invloed van lengtebelangrikheid neig om te verhoog as die helling steiler word. Gray en Leiser (1982) dui daarop dat 'n verdubbeling van die lengte van 'n 5.4^{o} helling vanaf 30.5 m tot 61,0 m grondverlies met slegs 29% vermeerder. Dieselfde verdubbeling in lengte van 'n 18^{o} helling sal egter 'n 49% vermeerdering in grondverlies tot gevolg hê.

In plate 3.3 tot 3.6 word die mate van erosie soos dit plaasvind by 'n aantal van die myne waarna in tabel 3.1 verwys word, asook by ander myne aangetoon.

Plaat 3.3: Donga-erosie teen die kante van 'n goudmynslikdam

Plaat 3.4: Donga-erosie teen die kante van 'n uitskothoop van 'n diamantmyn

Plaat 3.5: Donga-erosie teen die kante van 'n andulosiet uitskothoop

Plaat 3.6: Die begin van donga-erosie soos aangetref by 'n uitskothoop van 'n krosidolietmyn

3.1.1.3 Die invloed van plantbedekking

Ayres (1936) toon aan dat plantegroei 'n toenemend belangrike rol speel in grondbewaring, veral waar hellings ter sprake is. 'n Aantal belangrike redes waarom 'n plantbedekking help met erosiebekamping is die volgende:

- Plante is verantwoordelik vir die direkte opbreking (dispersie), onderskepping en verdamping van reëndruppels.

- Die verlies van water deur transpirasie vanaf die bogrondse dele van plante dra by tot die vermindering van water vanaf die grond.

- 'n Digte plantbedekking vorm 'n beskermende "skild" teen die impak van druppels.

- 'n Sponsagtige toestand word geskep deur die ineengevlegte wortels van plante.

- Verrotting van dooie wortels wat dwarsdeur die grondprofiel versprei is, vorm talryke "buise" wat die indringing van water bevorder.

- Grondverbetering deur die toevoeging van organiese materiaal soos verrottende plante, verhoog die absorbsie van water en verskaf 'n groeimedium wat plantegroei verbeter.

- Die verhoogde oppervlakspanning verhoog waterpenetrasie en verlaag dus die volume afloopwater asook die waterspoed.

- Oppervlakspanning neig om water verspreid te hou en vertraag dus die tempo waarteen stroompies/kanale gevorm word.

3.1.1.4 Die stabiliteit van hellings

In die soeke na oplossings vir hervestigingsprobleme is dit duidelik dat ingenieurs en ekoloë die term "stabiliteit" verskillend interpreteer. Volgens 'n mededeling van Mulder (1991) beskou ingenieurs die helling van 'n mynhoop as stabiel wanneer dit na storting teen die natuurlike rushoek gestabiliseer het.

Streng gesproke sal ekoloë 'n helling as stabiel beskou wanneer daar, nadat vestiging van 'n plantbedekking plaasgevind het, geen noemenswaardige erosie of enige merkbare agteruitgang van die plantbedekking plaasvind nie.

3.1.2 Proewe met betrekking tot hellings en erosie

3.1.2.1 Loodsproef op Mamatwan mangaanmyn

'n Loodsproef om te bepaal of 'n plantbedekking op mynhope gevestig kan word, is in 1984 uitgelê op Mamatwan, 'n mangaanmyn van Samancor. Hierdie myn is ongeveer twintig kilometer suid vanaf Hotazel geleë (Fig. 2.1).

Proefdoelwit

Aangesien daar gepoog was om 'n aanduiding te kry of dit prakties moontlik sou wees om met bemesting, saadbedvoorbereiding, die saai van inheemse saad en moontlik 'n mate van beskerming deur middel van takke, 'n plantbedekking teen die hellings van die afvalhope gevestig te kan kry, is daar nie aandag gegee aan 'n statistiese gebalanseerde proefuitleg nie.

Proefuitleg en prosedure

Die mynhoop waarop die proef uitgelê is, is die produk van die stropingsproses waartydens die mangaan volgens die oopgroef-mynboumetode blootgelê is. Met hierdie stropingsmetode word die laag sand (wat in hierdie geval 'n dikte van 2 tot 3 m het) eers vewyder. Daarna word die kalklae wat tussen vier en vyf meter dik is verwyder. As gevolg van die losskiet van die lae, bestaan hierdie materiaal uit 'n mengsel wat wissel van fyn kalk tot rotsblokke. Die heterogeniteit van die mengsel het tot gevolg dat die gradiënt van die mynhoop se hellings na storting tussen 35 en 45 grade wissel.

Die loodsproef is in Januarie 1984 uitgelê teen die boonste gedeelte van 'n helling. 'n Perseel van 9 x 9 m is afgebaken en onderverdeel in vier ewe groot behandelings. Elk van hierdie behandelings is op dieselfde wyse bemes, naamlik met 400 kg ha^{-1} superfosfaat, 200 kg ha^{-1} KCl en 150 kg ha^{-1} 2:3:2 (NPK). Dieselfde saadmengsel is ook op al die behandelings gebruik. Die volgende spesies is in die saadmengsel ingesluit:

Eragrostis curvula	2,5 kg ha^{-1}
Aristida adscensionis	3,0 kg ha^{-1}
Aristida congesta	3,0 kg ha^{-1}
Chloris virgata	3,0 kg ha^{-1}
Schmidtia kalihariensis	3,0 kg ha^{-1}
Schmidtia pappophoroides	3,0 kg ha^{-1}
Urochloa panicoides	3,0 kg ha^{-1}

Die voorbereiding van die saadbed en die beskerming van die behandelings is soos volg gevarieer:

Behandelings	Saadbed	Beskerming
1	Geen behandeling	Geen beskerming
2	Horisontale voortjies is met 'n pik gemaak om kunsmis in te werk en 'n beter saadbed te skep (skarifiëring)	Geen beskerming
3	Geen behandeling	Bedek met takke van <u>Acacia mellifera</u> subsp. <u>detinens</u> om beskerming aan jong plante te verleen
4	Dieselfde as behandeling 2	Dieselfde as behandeling 3

Gedurende November 1985 is die loodsproef met die volgende saadmengsel hersaai:

Eragrostis curvula	2,5 kg ha^{-1}
Aristida congesta	2,0 kg ha^{-1}
Aristida adscensionis	2,0 kg ha^{-1}
Cenchrus ciliaris	5,0 kg ha^{-1}
Cynodon dactylon	2,5 kg ha^{-1}
Stipagrostis uniplumis	2,0 kg ha^{-1}
Schmidtia pappophoroides	2,0 kg ha^{-1}
Enneapogon cenchroides	4,0 kg ha^{-1}
Opgesuigde spesies	2,0 kg ha^{-1}
Totaal	23,5 kg ha^{-1}

Nadat addisionele bemesting van 2:3:2(22)Zn teen 150 kg ha^{-1} toegedien is, is die twee behandelings sonder takke weer geskarifieer.

Resultate en bespreking

Die eerste data-insameling is gedurende Mei 1984 gedoen. Aangesien dit 'n baie droë jaar was, is uiters swak resultate verkry. Alhoewel die saailinge wat gevestig het baie klein was, was dit duidelik dat die oorgrote meerderheid *Eragrostis curvula*-plantjies was.

Die plante in die bedekte behandelings het 'n gemiddelde lengte van 5 cm gehad teenoor die 3 cm van die onbedekte behandelings. Daar was egter opvallend minder plante in die bedekte behandelings.

In al die behandelings was daar egter 'n groot aantal *Salsola kali*-plantjies. Ten spyte van die feit dat hierdie spesie glad nie in die natuurlike veld rondom die myn aangetref word nie (en ook nie in die saadmengsel ingesluit was nie), floreer dit op die versteurde mynhope.

'n Tweede evaluering is gedurende Maart 1985 gedoen. Twee opname-ringe van 0.5 m^2 is op 'n ewekansige wyse in elke behandeling geplaas en die aantal plante is getel (Tabel 3.2).

TABEL 3.2: Getal plante per 0.5 m^2, soos in die loodsproef aangetref gedurende Maart 1985.

Spesie	Behandelings 1	2	3	4
Salsola kali	36	51	9	22
Stipagrostis obtusa			2	
Onidentifiseerbare grassaailinge	2	9	3	16
Totaal	38	60	14	38

Die twee geskarifieerde behandelings het 'n groter aantal grasplante gehad as die ongeskarifieerde behandelings. Dit het verder ook geblyk dat die onbedekte behandelings 'n groter aantal Salsola kali-plante gehad het as die geskarifieerde behandelings. Alhoewel die hoogte van grasse nie weer gemeet is nie, is daar waargeneem dat hulle na twee groeiseisoene steeds klein was.

Gedurende April 1986 sou data-insameling vir 'n derde keer in hierdie proef gedoen word. Die oorspronklike onidentifiseerbare grassaailinge het almal gevrek. Van die spesies wat gedurende November 1985 gesaai is, het slegs Enneapogon cenchroides gevestig. Die plante was egter so klein dat daar besluit is om nie verder enige data-insameling te doen nie.

Gevolgtrekkings

Uit die resultate van die loodsproef was dit duidelik dat die grassaad wat gesaai is redelik gekiem het, maar dat oor 'n tydperk van drie seisoene weinig groei en ontwikkeling plaasgevind het.

Op die platvlak aan die bokant van die proef-area, was 'n goeie stand van grasse en kruide uit die omgewing, sonder dat hervestiging gedoen is. Die samestelling van die "grond" was dieselfde as dié van die proefperseel. Die feit dat groei en ontwikkeling nie in die loodsproef kon plaasvind nie, kan dus nie aan grondeienskappe toegeskryf word nie.

Alhoewel daar oral teen die hellings van die hope erosietekens voorgekom het, was dit duidelik dat die erosiepotensiaal op hope met 'n groot komponent van growwe materiaal, in hierdie lae reënvalgebied, baie laag is. In die loodsperseel self kon weinig tekens van erosie waargeneem word. Hierdeur word ook erosie uitgeskakel as moontlike faktor wat groei en ontwikkeling strem.

Die negatiewe resultaat van die loodsproef asook onsekerheid oor die oorsaak van die mislukking het aanleiding gegee tot 'n verdere proef wat uitgevoer is.

3.1.2.2 Hellingproef op Mamatwan mangaanmyn

Proefdoelwit

Met hierdie proef was gepoog om vas te stel:

- of enige van die verskillende materiale (sand en kalk) of 'n moontlike kombinasie daarvan as groeimedium gebruik kan word;

- teen watter helling (15, 25 of 35 grade) en op watter groeimedium die beste plantbedekking gevestig kan word;

- teen watter helling en op watter groeimedium die minste erosie plaasvind.

Proefuitleg en prosedure

'n 3x3x3 faktoriaalproef met helling, bedekking en herhalings as faktore is aan die westekant van 'n mangaanafvalhoop uitgelê. Die natuurlike rushoek van hierdie rotsafval is ongeveer 35^{o}.

Drie hellings met verskillende gradiënte, naamlik 35^{o}, 25^{o} en 15^{o} is vir die proef voorberei.

Elk van die hellings is in drie gelyke dele verdeel. Een derde van elke helling is bedek met 100 tot 200 mm sand. Die tweede derde van elke helling is bedek met 100 tot 200 mm van 'n 1:1 mengsel van sand en kalksteenafval. Die laaste derde van elke helling is bedek met 100 tot 200 mm kalksteenafval. Elke derde wat met 'n spesifieke materiaal bedek is, is weer onderverdeel in drie gelyke dele om as herhalings te dien.

Bemesting

Die bodemkundige ontleding van die verskillende dekmateriale (Tabel 3.3) is vir die proef as basis gebruik vir die bepaling van bemestingspeile. Alhoewel mangaanafval ook ontleed is, is dit as gevolg van die grofheid van die materiaal, nie as deklaag gebruik nie.

TABEL 3.3: Bodemkundige ontleding van die verskillende dekmateriale van die hellingproef (1984-02-02)

	Sand	Kalk	Sand/kalk	Mangaan afval
pH:				
H_2O	6.4	7.8	7.8	8.0
KCl	5.7	6.8	6.8	7.2
Beskikbare elemente (dpm):				
P	<3	<3	<3	<3
K	35	85	295	47
Ca	126	3451	4667	3418
Mg	31	167	100	206
Na	7	11	42	42

Die volgende bemestingspeile is gebruik:

	$Kg\ ha^{-1}$		
	sand	kalk	kalk/sand mengsel
Superfosfaat	400	400	400
KCl	200	0	100
2:3:2	150	100	150

Saadmengsel

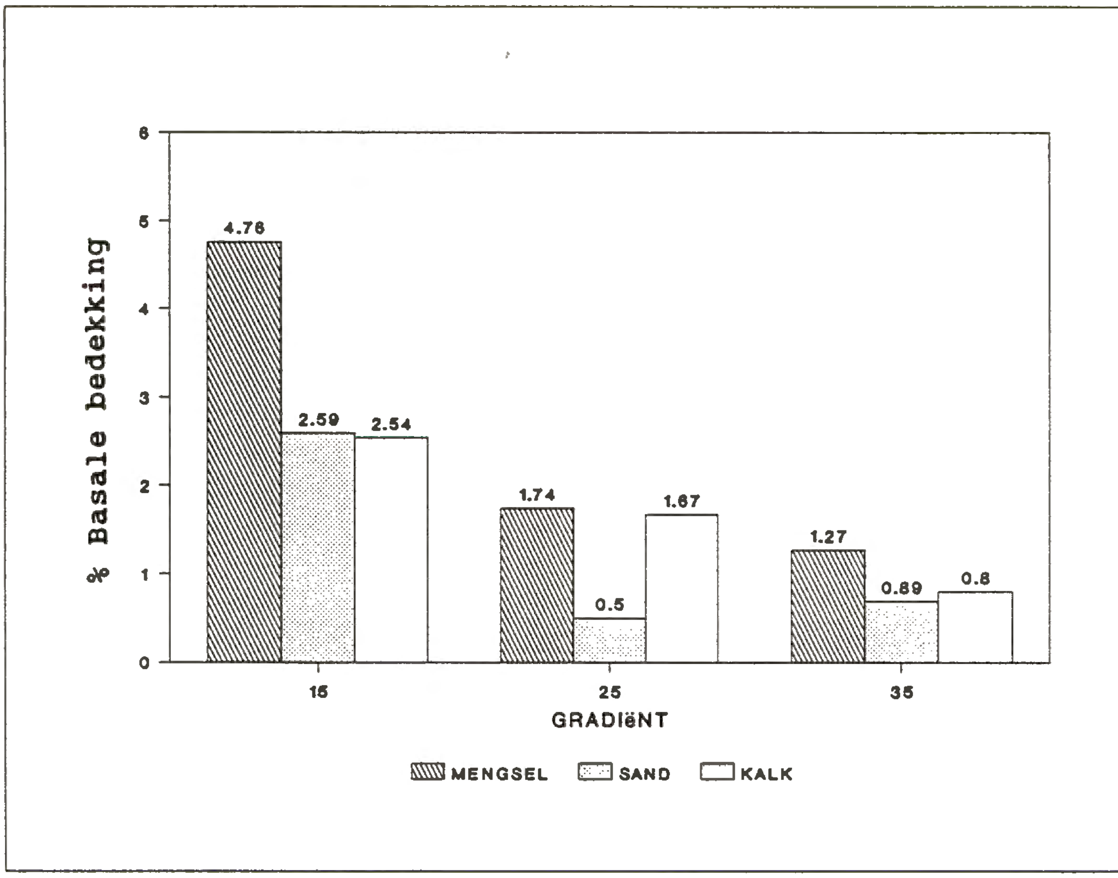
Die saadmengsel en hoeveelhede saad wat in hierdie proef gebruik is, was die volgende:

Eragrostis curvula	2,5 kg ha^{-1}
Aristida congesta	2,0 kg ha^{-1}
Aristida adscensionis	2,0 kg ha^{-1}
Cenchrus ciliaris	5,0 kg ha^{-1}
Cynodon dactylon	2,5 kg ha^{-1}
Stipagrostis uniplumis	2,0 kg ha^{-1}
Schmidtia pappophoroides	2,0 kg ha^{-1}
Enneapogon cenchroides	4,0 kg ha^{-1}
Opgesuigde spesies	2,0 kg ha^{-1}
Totaal	23,5 kg ha^{-1}

Resultate en bespreking

Die proef is vir drie agtereenvolgende jare geëvalueer, naamlik gedurende 1986, 1987 en 1988.

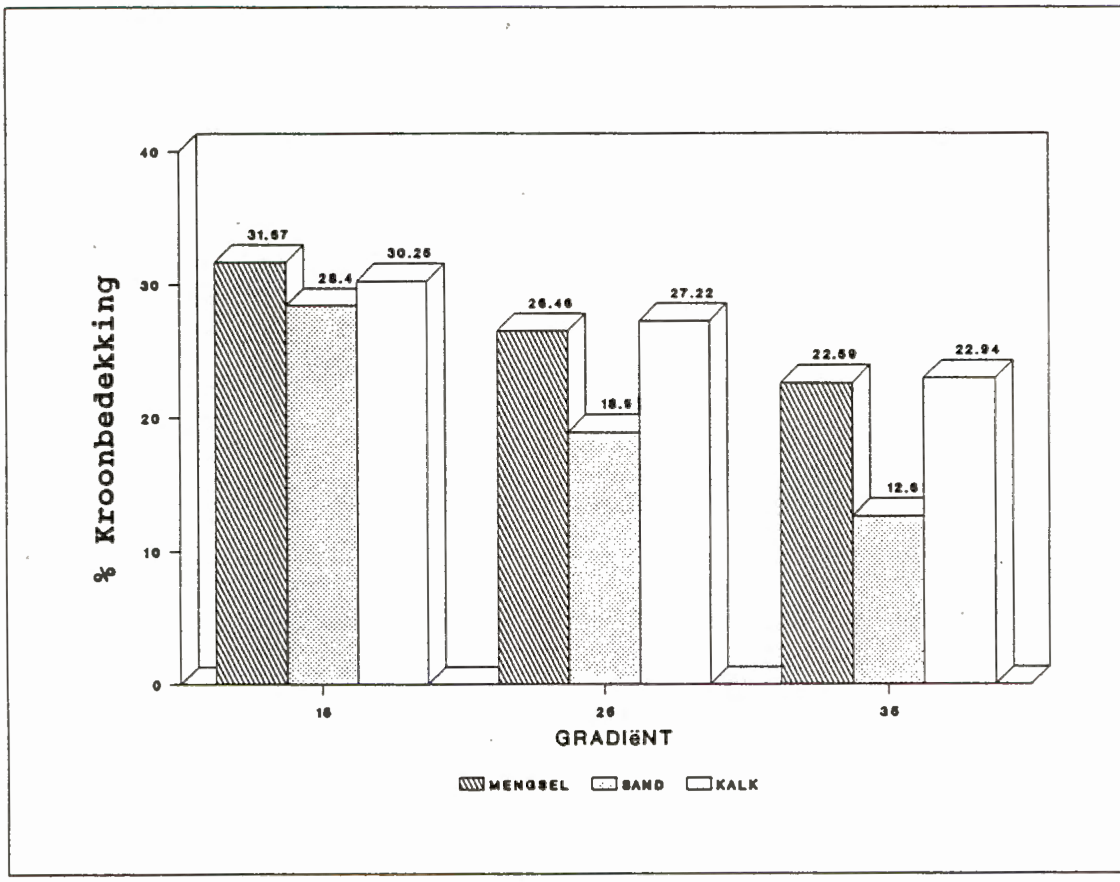
Die resultate van die drie jaar se evaluerings word saamgevat in Figure 3.1 tot 3.3.



Helling (grade)	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
15	2.01	3.34	26.97
25	1.90	3.15	32.69
35	0.72	1.19	18.88

Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
Mengsel	1.47	2.44	18.08
Sand	1.70	2.81	59.29
Kalk	2.88	4.77	75.83

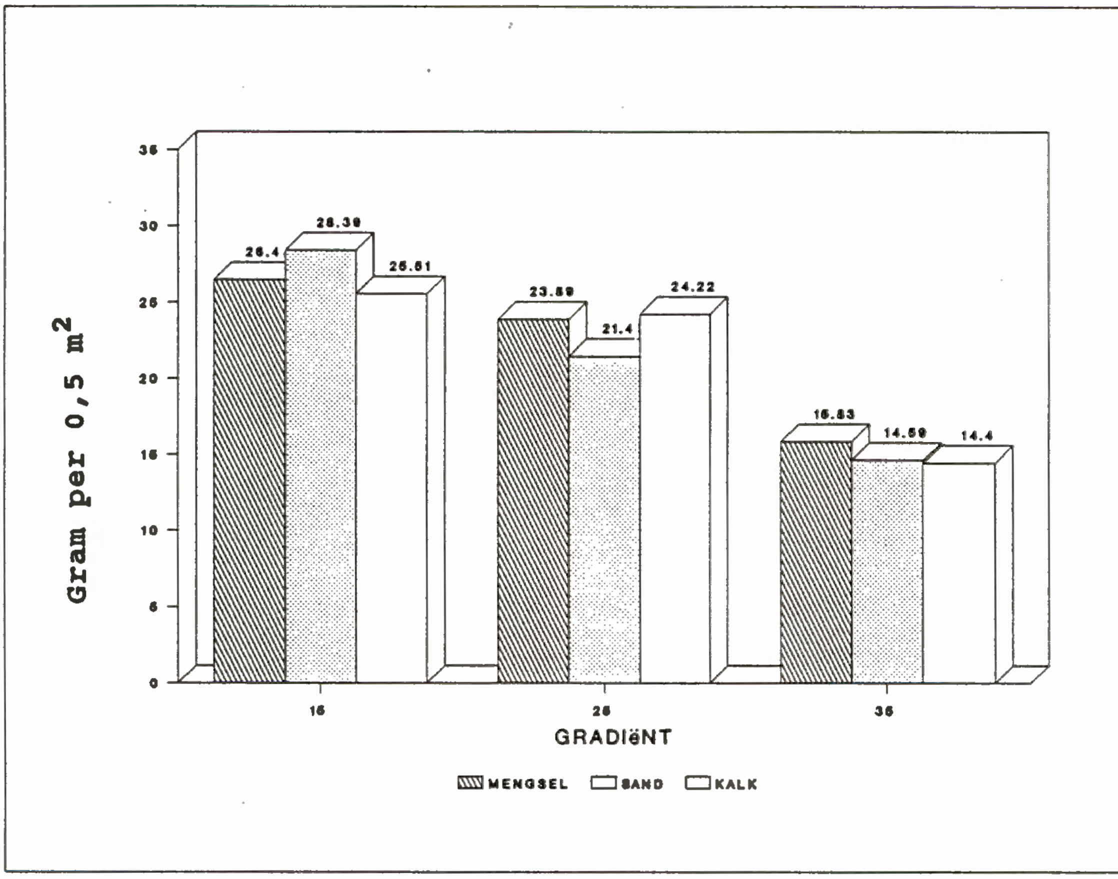
FIGUUR 3.1: **Gemiddelde basale bedekking van die plantegroei teen verskillende gradiënte op verskillende deklae - MAMATWAN 1986 tot 1988**



Helling (grade)	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
15	17.42	28.89	29.49
25	17.44	28.92	43.73
35	12.75	21.15	46.96

Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
Mengsel	8.18	13.56	17.37
Sand	17.09	28.34	56.90
Kalk	14.48	24.02	29.56

FIGUUR 3.2: Gemiddelde kroonbedekking van die plantegroei teen verskillende gradiënte op verskillende deklae - MAMATWAN 1986 tot 1988



Helling (grade)	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
15	12.45	20.65	20.46
25	19.42	32.21	36.96
35	15.05	24.96	44.41

Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
Mengsel	12.25	20.23	24.51
Sand	16.79	27.85	34.48
Kalk	22.58	37.44	46.59

FIGUUR 3.3: **Gemiddelde bogrondse droëmassa van die plantegroei teen verskillende gradiënte op verskillende deklae - MAMATWAN 1986 tot 1988**

Dit is duidelik dat plante by al drie die hellings asook by al drie die dekmateriale gevestig het, in teenstelling met die negatiewe resultaat by die 35° tot 45° hellings van die loodsproef (kyk 3.1.2.1).

Die kalkuitskot wat as deklaag gebruik is, is 'n mengsel van kalkklippe en fyn kalkmateriaal - 'n mengsel wat tot 'n groot mate ooreenstem met die materiaal van die loodsproef. Die gemiddeldes van die resultate van die verskillende metingsmetodes is in die meeste gevalle by die steiler hellings (byvoorbeeld 35°) laer is as by die vlakker helling (15°). Soos aangetoon in Figure 3.1 tot 3.3 is daar egter nie betekenisvolle verskille ($P = 0{,}05$) gevind tussen die basale bedekkings, kroonbedekkings of bogrondse droëmassa van die plantegroei op die verskillende hellings nie.

Oor die algemeen is geringe of geen tekens van erosie op enige van die kalkhellings waargeneem nie.

Die drie hellings waar sand as deklaag gebruik is se resultate het meer drasties van mekaar verskil. Op al drie die hellings was daar erosieskade. Op die 35° helling het daar selfs glyvlakke voorgekom en het 'n gedeelte van die deklaag afgeskuif na die onderkant van die helling.

Op die 15° helling was die basale bedekking betekenisvol hoër as by die twee steiler hellings. Die kroonbedekking van die 15° helling was ook betekenisvol hoër as dié van die 35° helling, maar die verskil tussen die 15° en 25° hellings was nie betekenisvol nie (Figure 3.1 en 3.2). Die verskille tussen die bogrondse droëmassas van die drie hellings was ook nie betekenisvol nie (Fig. 3.3).

In die persele wat bedek is met 'n mengsel van kalkuitskot en sand in 'n 1:1 verhouding, is weinig tekens van erosie waargeneem. Die growwe komponent van die kalkafval dra waarskynlik grootliks by tot hierdie resultaat.

Daar is 'n hoogs betekenisvolle verskil tussen die basale bedekkings en 'n betekenisvolle verskil tussen die kroonbedekkings van die 15^{o} en die 35^{o} hellings (Figure 3.1 en 3.2). Die verskil tussen die basale bedekkings van die 15^{o} en die 25^{o} hellings is ook hoogs betekenisvol. Die verskille tussen die bogrondse droëmassa van al drie die hellings is egter onbeduidend (Figuur 3.3).

'n Vergelyking van die resultate van die verskillende deklae op dieselfde hellings toon dat die basale bedekking van die mengselperseel op die 15^{o} helling betekenisvol beter is as die van die ander twee deklae. Geen betekenisvolle verskille kon tussen die resultate van enige van die ander hellings of deklae verkry word nie. Die algemene tendens was dat 'n swakker plantbedekking op sand by die twee steiler hellings gevestig het, terwyl die resultate op die kalkuitskot en mengsels min verskil (Figure 3.1 tot 3.3).

Gevolgtrekkings

Uit die resultate van die drie verskillende deklae soos uitgebeeld in Figure 3.1 tot 3.3 kan dus die volgende afgelei word:

1. Sand kan nie teen die hellings as 'n deklaag gebruik word nie, aangesien dit hoogs erodeerbaar is, selfs by 'n 15^{o} helling.

2. Die plantbedekking wat op enige van die sandhellings gevestig het kon erosie nie verhoed nie.

3. Hoe meer gelyk die sandhelling is, hoe beter is die plantbedekking.

4. Op die growwer deklae (kalk en mengsel) kan selfs teen die steiler hellings 'n plantbedekking gevestig word.

5. Die plantbedekking wat teen die verskillende hellings gevestig het met gemiddelde basale bedekkings wat wissel tussen 0,5 en 4,7 vergelyk baie swak met die van die natuurlike veld waar 'n basale bedekking van 7% en selfs meer aangetref word (Van Wyk, 1984).

6. Die betekenisvol en selfs hoogs betekenisvol beter resultate wat op die 15^{o} helling verkry is, toon aan dat die vlakker hellings met groter sukses gerehabiliteer sal kan word.

5. Die vermenging van kalkuitskot (wat 'n lae erosiepotensiaal het) en sand (wat 'n beter groeimedium is) soos gevind in die mengselpersele, kan besliste voordele inhou ten opsigte van die bekamping van erosie en die vestiging van 'n selfonderhoudende plantbedekking.

Plaat 3.7: 15° Hellingproef by Mamatwan mangaanmyn na die tweede seisoen.

Plaat 3.8: 15 en 25° Hellingproef by Asbes krosidolietmyn voor reënvalsimulasie gedoen is (3.1.2.3).

3.1.2.3 Asbes - krosidolietmyn

Diè myn is ongeveer 10 km suid-wes van Kuruman geleë (Fig. 2.1).

By hierdie betrokke myn het daar oor 'n totale periode van meer as twintig jaar geen spontane vestiging van plante plaasgevind nie. As gevolg van die gesondheidsgevaar van die krosidolietvesels moes die uitskothope en slikdamme bedek word met 'n deklaag en plantegroei moes gevestig word.

Die natuurlike rushoek van krosidolietvesel is ongeveer 45^{o}. Wanneer 'n uitskothoop van 20 meter hoog bedek word met 'n deklaag met 'n natuurlike rushoek van 35^{o} sodat die boonste rand van die hoop 200 mm bedek is, het dit tot gevolg dat die deklaag by die basis van die hoop ongeveer 10 meter dik lê. Tydens die storting van die materiaal wat bestaan het uit 'n mengsel van grond en klip, het die meeste van die fyn materiaal aan die bokant van die helling bly lê, terwyl die growwer fraksies aan die onderkant van die helling versamel het. Kieming en vestiging van plante kan dus nie aan die onderkant van die helling plaasvind nie. Die fyner medium aan die bokant is verder ook hoogs erodeerbaar en glyvlakke het reeds gedurende die eerste seisoen gevorm.

Proefdoelwit

Die doel van hierdie proef was die bepaling van die mees geskikte helling en plantbedekking waarby die minste erosie sal plaasvind.

Proefuitleg en prosedure

'n 2x3x2 faktoriaal-proef met helling, basale bedekking en herhaling as faktore is uitgelê. Twee hellings van 12 x 30 m is afgeplat tot 15^{o} en 25^{o} onderskeidelik. Albei hellings is

bedek met 'n deklaag van grond en klip. Ook is elke helling vertikaal verdeel met sinkplaatstroke in ses 2 m breë bane. Aan die onderkant van elke baan is 'n 75 liter drom op so 'n wyse begrawe dat alle afloopwater van elke baan afsonderlik opgevang kon word. Aan die bokant van elke proef is 'n sinkplaatstrook aangebring om alle moontlike water vanaf die uitskothoop weg te keer.

Op elk van die hellings is twee bane sonder enige plantegroei gelaat. Twee bane is geplant met Eragrostis curvula-polle met 'n deursnee van ongeveer 100mm om 'n basale bedekking van 5% te gee. Die oorblywende twee bane is ook geplant met Eragrostis curvula-polle, ten einde 'n basale bedekking van 10% te verkry. Die verskillende behandelings is op 'n ewekansige basis uitgeplaas.

Die proefperseel (alle behandelings) is vanaf 12 Desember 1984 tot 5 Maart 1986 besproei sodat die plante goed kon vestig en die deklaag kon stabiliseer.

Vanaf 27 Januarie 1985 is die persele na elke reënbui gemonitor. Die dromme is leeggemaak, die volume water gemeet en die grond in die dromme is versamel, gedroog en geweeg.

Op 5 Maart 1986 is 'n besproeiingstelsel aangelê. 'n 5000 liter tenkwa is gebruik om water oor die persele uit te spuit. Na afloop van die gesimuleerde reënbuie (20000 l in 4,5 uur = 56 mm reën) is die dromme leeggemaak en die volume water en die massa grond in die dromme bepaal.

Resultate en bespreking

Die resultate van die gesimuleerde sowel as die natuurlike reënbuie word in Tabelle 3.4 en 3.5 verskaf.

TABEL 3.4: Gemiddeldes van die resultate van natuurlike reënval op 15° en 25° hellings soos gemeet vanaf 27 Januarie 1985 tot 25 Februarie 1986. (Die totaal vir die tydperk is 118 mm)

15 Grade helling (60 vk m)						25 Grade helling (60 vk m)					
		Grond						Grond			
Basale Bedekking %	Water in drom (Liter)	Droë gewig (Kg)	g/l	g/vk m	Ton/ha	Basale Bedekking %	Water in drom (Liter)	Droë gewig (Kg)	g/l	g/vk m	Ton/ha
0	814.65	7.16	8.86	119.25	1.190	0	580.82	33.37	57.70	556.17	5.565
5	165.34	0.32	3.98	5.34	0.056	5	515.70	6.09	13.71	101.67	1.015
10	31.77	0.00	0.00	0.00	0.000	10	518.12	7.80	15.29	130.00	1.300

	KBV (P = 0,05)	KBV (P = 0,01)	VK (%)
Water in drom (Liter)	528.75	829.2	46.98
Droëgewig grond (kg):	22.79	35.74	97.16

TABEL 3.5: Gemiddeldes van die resultate van die afloop van grond en water as gevolg van reënvalsimulasie op 15° en 25° hellings by ASBES (Kuruman) (56 mm in 4,5 uur)

15 Grade helling (60 vk m)						25 Grade helling (60 vk m)					
		Grond						Grond			
Basale Bedekking %	Water in drom (Liter)	Droë gewig (Kg)	g/l	g/vk m	Ton/ha	Basale Bedekking %	Water in drom (Liter)	Droë gewig (Kg)	g/l	g/vk m	Ton/ha
0	55.56	1.49	28.03	24.75	0.250	0	684.78	14.61	21.88	243.42	2.435
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	5	210.14	2.60	12.31	43.34	0.435
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	10	128.05	2.12	16.56	35.34	0.355

	KBV (P = 0,05)	KBV (P = 0,01)	VK (%)
Water in drom (Liter)	85.51	134.09	18.5
Droëgewig grond (kg):	5.11	8.01	57.3

TABEL 3.6: Afloop van water as gevolg van natuurlike reënval ASBES (Kuruman) (19 mm - redelik vinnige neerslag)

BASALE BEDEKKING	WATER IN DROM (LITER)	
%	15 grade	25 grade
0	196.26	204.7
5	7.85	18.72
10	4.23	21.14

(Geen resultaat kon verkry word na 'n sagte neerslag van 26 mm natuurlike reën nie).

By die 25° helling (Tabel 3.4) het by al drie die behandelings meer as 500 liter water afgespoel. Geen betekenisvolle verskil is egter verkry nie. 'n Betekenisvolle verskil is egter waargeneem tussen die 33,37 kg grond wat gedurende die moniteringsperiode by die 0% basale bedekking afgespoel het en die persele met 'n 5% en 10% basale bedekkings.

Op die 15° helling was die hoeveelheid afloopwater by 0% basale bedekking meer as 200 liter meer as by die 25° helling. Ten spyte van die groter hoeveelheid water was die grondverlies egter maar 1,19 ton ha^{-1} in vergelyking met 5,57 ton ha^{-1} by 25°. Hierdie verskil is hoogs betekenisvol. Die hoeveelheid afloopwater op die persele met 5% en 10% basale bedekkings was betekenisvol minder as die van die perseel met die 0% basale bedekking.

By die 15° helling was die grondverlies by die 0% basale bedekking 7,16 kg. terwyl by die perseel met die 10% basale bedekking het geen grondverlies voorgekom nie. Die grondverliesverskille van hierdie helling was egter nie betekenisvol nie.

Waar van reënvalsimulasie gebruik gemaak is, was die tendens dieselfde. Daar moet in aanmerking geneem word dat die grond op hierdie stadium egter reeds vasgesak het en die plante

goed gevestig was. Verder was die natuurlike reënbuie in sommige gevalle stortbuie (Tabel 3.6) wat heeltemal 'n ander effek het as sagte buie waar geen afloop aangeteken is nie.

By die 5% en 10% basale bedekkings van die 15^{o} helling was daar geen afloop nie. Hierdie resultaat verskil hoogs betekenisvol van dié van die 0% basale bedekking, sowel as dié van enige van die persele op die 25^{o} helling. Die afloop op die 0% basale bedekking is egter so min dat dit ook hoogs betekenisvol verskil van die resultaat van die 0% en 5% persele van die 25^{o} helling.

Die verlies van grond op al die persele op die twee hellings verskil hoogs betekenisvol van dié van die 0% perseel van die 25^{o} helling.

Gevolgtrekkings

Uit die resultate van die proewe blyk duidelik dat daar by 'n helling van 25^{o} en selfs by 'n 10% basale bedekking, nog altyd erosie sal plaasvind. In die droër gebiede van Suidelike Afrika waar die basale bedekking van nature laag is, kan op hierdie onnatuurlike hellings nie 'n plantbedekking gevestig word waarvan die basale bedekking so hoog is dat dit erosie sal verhoed nie. Aan die ander kant blyk dit dat op 'n 15^{o} helling, 'n basale bedekking van slegs 5% genoeg sal wees om te verhoed dat ernstige erosie sal plaasvind aangesien geen grondverlies tydens reënvalsimulasie voorgekom het nie.

Hierdie gevolgtrekking kan egter nie onvoorwaardelik op alle lokaliteite en op alle grondtipes of deklae van toepassing gemaak word nie.

In die proewe van Mamatwan het die hoogste gemiddelde basale bedekking voorgekom in die 15^{o} mengselperseel (sand/kalk), naamlik 4,76% (Figuur 3.1). Die lengte van die perseel was ongeveer 30 m en die gemiddelde reënval van hierdie gebied

soos gemeet by Hotazel is ongeveer 200 mm per jaar. Baie min erosieskade kon selfs na drie jaar in hierdie perseel waargeneem word. In 'n implementeringsproef by Asbes (Kuruman), is 'n basale bedekking van 3.3% verkry op 'n 15^{o} helling waar sand as deklaag gebruik is (Van Wyk, 1988). Die lengte van die helling was ongeveer 80 m en die gemiddelde reënval van Kuruman is 455 mm per jaar (Weerburo, 1986). In hierdie proef was daar gedurende die eerste jaar reeds tekens van erosieskade.

Uit hierdie gegewens is dit dus duidelik dat afplatting tot 15^{o} alleen, nie voldoende sal wees om erosie en die daarmee gepaardgaande onderhoud oor die langtermyn uit te skakel nie.

3.1.2.4 Proewe by Grootegeluk steenkoolmyn - Ellisras

Hierdie myn is ongeveer 20 km wes van Ellisras geleë (Fig. 2.1). Hierdie gebied word deur Acocks (1988) beskryf as veldtipe 18; gemengde bosveld, met 'n gemiddelde reënval van 471 mm per jaar (Weerburo, 1986).

Proefdoelwit

Die mate van erosie wat plaasvind teen hellings van afvalhope met verskillende deklae, is in proewe op hierdie myn bepaal.

Proefuitleg en prosedure

'n Aantal proewe is op verskillende hellings van afvalhope van hierdie myn uitgelê. Die doel van hierdie proewe was onder andere om bemestingspeile, saadresepte, geskikte deklae asook gradiënt van hellings waarop plante met sukses gevestig kan word vas te stel. Aangesien die mate van erosie wat mag plaasvind 'n invloed op die vestiging van plante kan hê, is

ysterpenne van 350 mm lank op verskeie plekke in die persele op 'n ewekansige basis ingeslaan, sodat slegs 100 mm van elke pen bo die oppervlak uitgesteek het. Op hierdie wyse kon die mate van erosie wat plaasvind gekwantifiseer en verskille in die uiteindelike plantbedekkings moontlik verklaar word.

Die gradiënt van die hellings was 25, 30 en 35^{o} en die deklae was sand, skaliemateriaal en 'n mengsel van die twee materiale.

Die proewe is gedurende November 1986 uitgelê en op 21 Mei 1987 geëvalueer.

Gedurende hierdie tydperk is 342,9 mm reën op die myn aangeteken (Tabel 3.7).

Tydens die evaluering is die lengte van die penne bokant die grondoppervlak, asook die basale bedekking van die plantegroei van elke perseel bepaal. Sommige van die penne wat aanvanklik ingeslaan is, is gedurende die genoemde tydperk verwyder (waarskynlik deur wilde diere soos koedoes en bobbejane) en die hoeveelheid penne per perseel verskil dus van mekaar. As gevolg van die ongelyke hoeveelheid penne in die verskillende persele kan die proef as 'n 8 x n faktoriaal beskou word met behandelings en herhalings as faktore.

Resultate en bespreking

Die resultate van die proef word verskaf in Tabel 3.8.

In gevalle waar daar 'n grondbyvoeging (penne toegespoel) plaasgevind het, word die resultaat met 'n minusteken (-) aangetoon.

TABEL 3.7: Reënvalsyfers vir Grootegeluk steenkoolmyn vir die tydperk 17 November 1986 tot 21 Mei 1987 (mm) (Van Wyk, 1987a).

	1986		!	1987				
	Nov	Des	!	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei
1		24,0	!					
2			!			1,2		
3			!		0,1			
4			!		3,3			
5			!		2,1			
6			!			2,3		
7			!	2,4				
9		39,0	!			4,5		
12		0,1	!	3,7				
13			!				71,5	
14			!	6,6				
16			!			0,4		
18		7,0	!		0,5			
19	1,3		!					
20	28,6		!					
21			!	17,5				
23			!			13,0		
25			!			9,0		
26			!	50,1	0,4			
27			!		19,5		13,3	
29		11,5	!					
30		9,3	!					
Tot.	29,9	90,9	!	80,3	25,9	31,1	84,8	0,0

TOTAAL = 342,9 mm

TABEL 3.8: Die bepaling van erosie teen verskillende hellings by GROOTEGELUK; ELLISRAS - 1987.

	Sanddeklaag				Sand/leem-deklaag			
	Suidelike helling 25 grade		Noordelike helling 25 grade		Oostelike helling 30 grade		Oostelike helling 35 grade	
Basale bedekking	3.0%		3.0%		2.75%		2.25%	
	Lengte van pen bo grondopp. mm	Grond gespoel mm	Lengte van pen bo grondopp. mm	Grond gespoel mm	Lengte van pen bo grondopp. mm	Grond gespoel mm	Lengte van pen bo grondopp. mm	Grond gespoel mm
	141.00	41.00	102.00	2.00	80.00	-20.00	166.00	66.00
	149.00	49.00	130.00	30.00	125.00	25.00	154.00	54.00
	250.00	150.00	136.00	36.00	100.00	0.00	200.00	100.00
	165.00	65.00	100.00	0.00	79.00	-21.00	200.00	100.00
	115.00	15.00	136.00	36.00	115.00	15.00	85.00	-15.00
	195.00	95.00	67.00	-33.00	185.00	85.00	138.00	38.00
	205.00	105.00			110.00	10.00	188.00	88.00
							92.00	-8.00
							73.00	-27.00
							141.00	41.00
							256.00	156.00
							150.00	50.00
Totaal	1220.00	520.00	671.00	71.00	794.00	94.00	1843.00	643.00
Gemiddeld	174.29	74.29**	111.83	11.83	113.43	13.43	153.58	53.58**

	Sand/Skaliedeklaag			
Basale bedekking	0%		4.0%	
	103.00	3.00	245.00	145.00
	125.00	25.00	268.00	168.00
	110.00	10.00	97.00	-3.00
	152.00	52.00	97.00	-3.00
	120.00	20.00	117.00	17.00
	151.00	51.00	104.00	4.00
			102.00	2.00
Totaal	761.00	161.00	1030.00	330.00
Gemiddeld	126.83	26.83	147.14	47.14*

	Skaliedeklaag			
Basale bedekking	3.0%		0%	
	102.00	2.00	102.00	2.00
	101.00	1.00	95.00	-5.00
	110.00	10.00	100.00	0.00
	100.00	0.00	86.00	-14.00
	119.00	19.00	101.00	1.00
	101.00	1.00	100.00	0.00
	100.00	0.00		
Totaal	773.00	33.00	584.00	-16.00
Gemiddeld	104.71	4.17	97.33	-2.67

Legende:
** = P = 99%
* = P = 95%

In die totale en gemiddelde van die tabel word die netto resultaat van grond wat weggespoel of bygevoeg is gegee, ten einde die werklike grondverlies te bepaal. Die somtotaal van die hoeveelheid grond wat weg- en toegespoel is, kan as 'n aanduiding dien van die mate van grondverskuiwing wat plaasgevind het. 'n Eenrigting variansieanalise met ongelyke replikasies is op die data van die proef uitgevoer (Allan, 1982).

Die totale afwesigheid van plantegroei in die suidelike sand/skalieperseel is 'n gevolg van die spontane ontbranding van laegraadsteenkool in die perseel. Die deklaag van die noordelike helling se skalieperseel het baie min fyn materiaal gehad - 'n faktor wat die kieming en vestiging van plante onmoontlik gemaak het.

Uit die resultate (Tabel 3.8) is dit duidelik dat erosie plaasgevind het in al die persele. Die gemiddelde hoeveelheid grond verskuif in die skaliepersele is egter baie gering. Die grootste verskuiwing en daarmee gepaardgaande verlies, was in die sandperseel van die suidelike helling waar gemiddeld 74,29 mm grond binne een seisoen afgespoel het. Dit verteenwoordig 0,07429 m^3 grond m^{-2} (742,9 m^3 ha^{-1}) vir die tydperk 17 November 1986 tot 21 Mei 1987. Hierdie resultaat was hoogs betekenisvol.

Aangesien die bruto digtheid van grond $\pm$ 1333 kg m^{-3} is, beteken dit dus dat 988.057 ton grond ha^{-1} jaarliks met so 'n deklaag weggespoel sal word. Tydens die evaluering was die basale bedekking van die plantegroei van die perseel 3,0%. Daar moet egter in gedagte gehou word dat daar aan die begin van die tydperk geen bedekking was nie.

Waar slote gespoel is, was dit op sommige plekke reeds 300 mm diep. Daar kan verwag word dat hierdie toestand verder sal versleg totdat die deklaag weggespoel is en die minder erodeerbare steenkoolafval blootgestel is.

Groot grondverlies het ook in die mengselpersele (sand/skalie) voorgekom. So byvoorbeeld het daar op die 25^{o} noordelike helling gemiddeld 47.14 mm grond weggespoel. Hierdie resultaat is betekenisvol.

Die deklaag van die 30^{o} en 35^{o} hellings is volgens grondontledings 'n sand/leemgrond en nie sand soos in die 25^{o} hellings gebruik is nie. Heelwat gruisklippies is ook in hierdie deklaag teenwoordig. Die basale bedekking van die plantegroei van die twee persele het spontaan gevestig en was tydens die opname 2,75% en 2,25% respektiewelik, wat aandui dat die plantbedekking redelik homogeen was.

'n Hele aantal van die penne wat aanvanklik ingeslaan is, kon nie weer opgespoor word nie. In die persele was volop tekens van die aktiwiteite van bobbejane en koedoes. Aan die onderkant van die helling was erosieslote van tot 750 mm diep. Daar word vermoed dat sommige penne heeltemal uitgespoel het.

Dit was ooglopend dat daar heelwat minder erosie plaasgevind het op die 30^{o} helling as op die 35^{o} helling. Alhoewel daar in eersgenoemde perseel slegs sewe penne was wat geëvalueer kon word, bevestig die resultate van die proef dit wat aanvanklik waargeneem is. Die 53.58 mm grond wat weggespoel is op die 35^{o} helling, is hoogs betekenisvol en verteenwoordig 714.22 ton ha^{-1}. As in ag geneem word dat hierdie resultate verkry is oor 'n tydperk van slegs ses maande, kan die grondverlies oor 'n tydperk van twaalf maande heelwat meer wees. Daar kan ook aangeneem word dat in gebiede met 'n hoër reënval, die mate van erosie selfs baie meer drasties sal wees.

Gevolgtrekkings

Tendense wat uit die resultate van hierdie proef na vore gekom het is die volgende:

- Teen die 25° helling skaliepersele (growwe materiaal) het die minste grondverskuiwing/erosie plaasgevind.

- By die sand- en sand/skalie-persele (25°) was die grondverlies sodanig dat daar nie met duidelikheid 'n gevolgtrekking gemaak kan word nie, alhoewel die totale verlies by die sandpersele meer was as by die sand/skalie-persele.

- Die wil voorkom of die algemene tendens is dat hoe growwer die materiaal is wat teen die hellings gebruik word, hoe meer stabiel behoort die hellings te wees.

- Alhoewel daar by die 30 en 35° sandpersele (sand/leem met gruisklippies) grondverlies was, kan die hoogs betekenisvolle verskil nie verklaar word nie. Dit is wel moontlik dat die effens beter plantbedekking en laer gradiënt van die 30° hellling 'n rol kon speel.

- Die belangrikste gevolgtrekking wat egter uit hierdie proef gemaak kan word, is dat by al die verskillende hellings met verskillende materiale en plantbedekkings, daar nie totale stabiliteit bereik kon word nie. Totale stabiliteit kon nie bereik word nie aangesien daar by almal, ten spyte van hoogs betekenisvolle verskille, 'n mate van grondverlies as gevolg van erosie plaasgevind het.

3.1.3 Die bepaling van erosiepotensiaal

Alhoewel die universele grondverliesvergelyking soos voorgestel deur Wischmeier en Smith (1965) nie maklik in alle wêrelddele en in alle klimaatstreke toegepas kan word nie, word die belangrikste faktore bydraend tot erosie in die vergelyking saamgevat. Die toepassing van die vergelyking is onprakties in die sin dat 'n baie volledige bodemkundige on-

dersoek noodsaaklik is en daar ook van 'n hele aantal aannames soos byvoorbeeld plantbedekking en reënval gebruik gemaak moet word.

Die vergelyking wat gebruik word is die volgende:

X = RKSLCP (Gray & Leiser, 1982)

waar

X = die berekende grondverlies (droëgewig) vir 'n gegewe periode in ton per hektaar.

R = die reënval erosie-indeks vir die gegewe periode.

Die R-faktor vir 'n spesifieke gebied is die totale kinetiese energie van 'n gegewe reënbui in vt-ton per akker vermenigvuldig met die maksimum 30-minute reënval in die gebied gemeet per uur.

K = die grond-erodeerbaarheidsfaktor

(persentasie slik en baie fyn sand van 0.002 mm tot 0.10 mm, persentasie sand van 0.10 mm tot 2.0 mm, persentasie organiese materiaal, struktuur en permeabiliteit).

L = die lengte van die helling.

S = die gradiënt van die helling.

Die L- en S-faktore word meestal gekombineer as die LS-faktor. Dié faktor is die verhouding van grondverlies vanaf 'n gegewe area tot dié van 'n perseel met 'n 9% gradiënt en 72,6 vt (22.1 m) lank (Lal, 1988).

C = plantegroei.

Die C-faktor word gedefinieer as die verhouding van grondverlies vanaf 'n land beplant onder spesifieke toestande teenoor die korresponderende verlies vanaf 'n bewerkte, maar onbeplante land.

P = kontrole van erosie.

Die P-faktor is 'n parameter wat die afname in grondverlies as gevolg van grondbewaringspraktyke soos kontoere, waterbane, aangeplante kontoere en terrasse in aanmerking neem.

Die basale bedekkings wat by Asbes en Mamatwan verkry is, is ontoereikend en kan moeilik met beskikbare saad verbeter word. Saad van plante (veral grasspesies) wat beter aangepas is by die omgewing is moeilik bekombaar en die verspreiding vanuit die omgewing vind baie stadig plaas. Na ses jaar is die "indringing" van natuurlike spesies gering en is slegs enkele plante aangetref.

Die enigste aanpassings wat dus gemaak kan word om erosie te verminder, is onder andere deur:

- die hellings te verkort deur byvoorbeeld kontoerwalle aan te bring waardeur die opvanggebied verklein en waterspoed verlaag word - (L-faktor);

- die gradiënt van die helling verder te verlaag waardeur die waterspoed verlaag, maar die opvanggebied vergroot word - (S-faktor);

- die verandering van die L- en S-faktore waardeur die waterspoed verlaag en die opvanggebied verklein word;

- die fisiese samestelling van die deklaag te verander - (K-faktor).

3.1.4 Sintese ten opsigte van hellings en erosiepotensiaal

Die resultate van die proewe wat bespreek is onder punt 3.1 het 'n aantal duidelike tendense aangetoon:

- Hoe steiler die helling van die afvalhoop, hoe moeiliker sal dit wees om 'n plantbedekking te vestig.

- 'n Groter mate van stabiliteit kan met growwe materiaal teen 'n helling verkry word as wat met fyn materiale die geval sal wees.

- Indien 'n plantbedekking op 'n spesifieke materiaal op 'n platvlak gevestig kan word, is dit nie noodwendig dat dieselfde resultaat teen 'n helling verkry sal word nie. Hierdie waarneming sal veral in die laer reënvalgebiede van toepassing wees.

- 'n Sandhelling van so plat as 15^{o} waarop 'n redelike plantbedekking gevestig is, is steeds nie stabiel nie aangesien grondverlies as gevolg van erosie steeds plaasvind.

- Op die spesifieke dekmateriaal wat gebruik is, was 'n helling van 25^{o} met 'n basale bedekking van 10% minder stabiel as 'n 15^{o} helling met 'n basale bedekking van slegs 5%. Teen die 15^{o} helling sonder enige plantbedekking is dieselfde mate van stabiliteit verkry as teen 'n 25^{o} helling met 'n 5% basale bedekking.

- Op enige van die groeimediums waarop proewe uitgevoer is, kon 'n beter plantbedekking teen vlakker hellings as teen steiler hellings gevestig word.

3.2 DEELTJIEGROOTTE

By sommige myne is waargeneem dat plante in sekere dele van die proewe teen die hellings baie goed vestig terwyl daar in sekere kolle geen of baie min plante vestig. Dieselfde verskynsel het in gebiede voorgekom waar plante spontaan teen die hellings gevestig het.

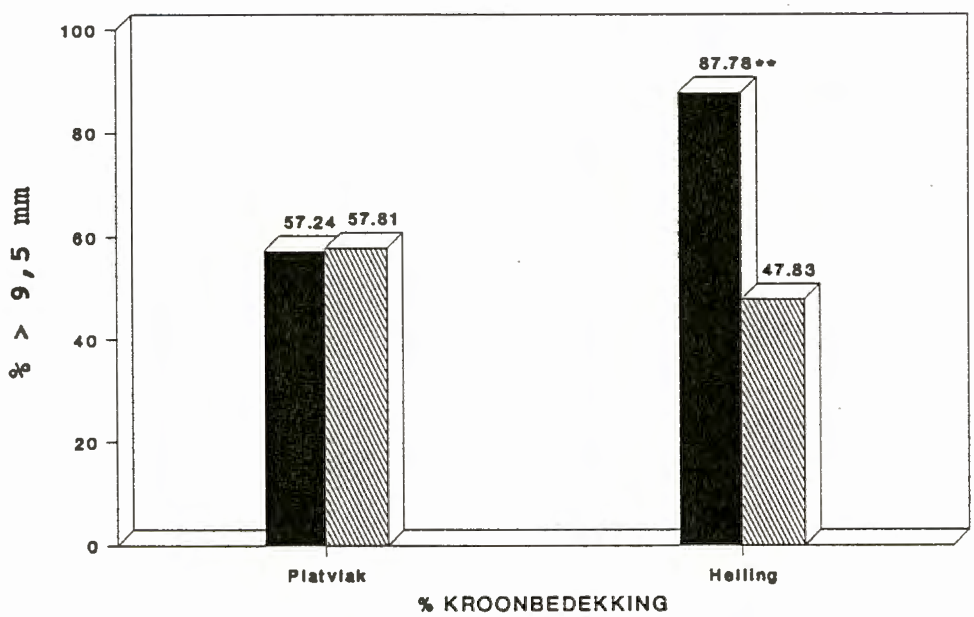
Thabazimbi ysterertsmyn

Die suid- en oostelike hellings van die afvalhope by die Thabazimbi ysterertsmyn bestaan hoofsaaklik uit dolomitiese materiaal terwyl die noordelike- en westelike hellings hoofsaaklik uit lintysterafval bestaan. Die chemiese samestelling van die dolomitiese gebied is redelik homogeen en so ook dié van die lintystergebied. Dit is dus onwaarskynlik dat die radikale verskille in plantegroei teen dieselfde helling die gevolg kan wees van chemiese verskille.

Ten einde 'n verklaring vir hierdie verskynsel te probeer kry, is deeltjiegrootte-bepalings in lokaliteite met verskillende plantbedekkings gedoen.

Sestien gate tot 'n diepte van 300 mm is in die afvalmateriaal (groeimedium) teen hellings (agt gate) asook op die platvlak (agt gate) gegrawe. Ongeveer 2 kg van die materiaal is met 'n reeks siwwe in verskillende groottes verdeel, naamlik groter as 75 mm, 9.5 mm tot 75 mm, 2 mm tot 9.5 mm en kleiner as 2 mm. In elke geval is die kroonbedekking van die plantegroei van die betrokke lokaliteit bepaal. Vier gate teen die hellings en vier gate op die platvlak is in gebiede met kroonbedekkings van minder as 40% gegrawe. Die ander vier gate in elke geval is in gebiede met kroonbedekkings van meer as 40% gegrawe. In Figuur 3.4 word die resultate van die verskillende lokaliteite grafies voorgestel.

'n Tweekantige t-toets is toegepas op die gemiddeldes van deeltjies >9,5 mm soos gevind by lokaliteite met kroonbedekkings van <40% en >40%.



FIGUUR 3.4: Die invloed van deeltjiegrootte-verspreiding op die vestiging van plante op mynhope. THABAZIMBI - 1987

Uit Figuur 3.4 blyk dat daar op die platvlak by Thabazimbi, geen korrelasie gevind kan word tussen die persentasie van die deeltjies >9,5 mm en die persentasie kroonbedekking van die verskillende lokaliteite nie. Geen betekenisvolle verskil kon tussen die resultate van die twee groeperings (lokaliteite met kroonbedekkings >40% en <40%) verkry word nie.

Die resultate van die twee groeperings teen die hellings verskil egter hoogs betekenisvol van mekaar. By al vier die lokaliteite waar 'n kroonbedekking van meer as 40% aangetref is, was die persentasie deeltjies >9,5% minder as 70%.

By nie een van die agt lokaliteite teen die hellings kon enige tekens van erosie waargeneem word nie. Die relatief hoë persentasie deeltjies >9,5 mm vervul waarskynlik 'n baie belangrike stabiliserende rol in hierdie verband aangesien die erodeerbaarheidsfaktor (K-faktor) van die universele grondverlies vergelyking daardeur verlaag word (Gray en Leiser, 1982).

Sishen ystererts myn

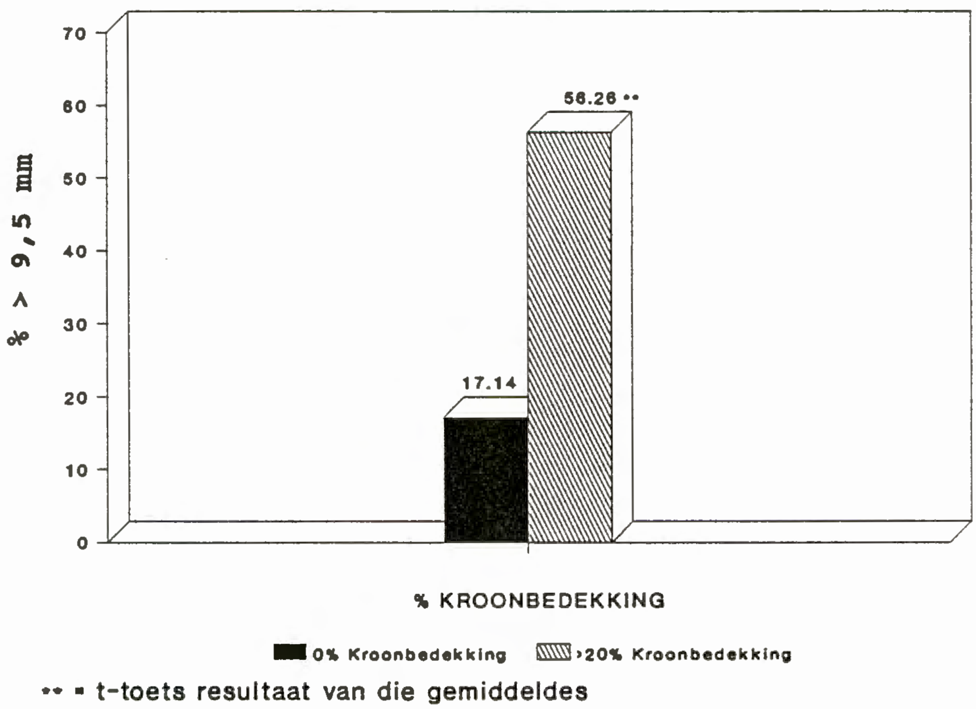
By die Sishen ystererts myn is 'n soortgelyke opname gedoen teen 'n oostelike helling waar plante spontaan, maar in kolle gevestig het. In hierdie geval is al die materiaal wat tot op 'n diepte van 300 mm uitgehaal is in verskillende groottes verdeel en geweeg.

Drie monsters (1-3) is geneem in lokaliteite waar geen plante gevestig het nie (0% kroonbedekking), terwyl monsters 4 tot 7 geneem is waar 'n redelike plantbedekking (kroonbedekking van 20 of meer) gevestig was (Tabel 3.9).

In al drie die lokaliteite waar geen plante voorgekom het nie was meer as 80% van die deeltjies kleiner as 9.5 mm in deursnee. In hierdie gebied was daar ook tekens van erosie sigbaar. Die afwesigheid van plante kan dus nie noodwendig toegeskryf word aan die hoë persentasie fyn materiaal nie, aangesien die effek van erosie ook as 'n bydraende faktor gesien kan word.

In die lokaliteite waar wel plante voorgekom het (meer as 20% kroonbedekking), het die deeltjies kleiner as 9.5 mm gewissel tussen 30.4% en 68.6%, en die deeltjies groter as 9.5 mm tussen 31.4% en 69.6%. Geen tekens van erosie kon hier opgemerk word nie. Volgens die resultate van 'n tweekantige t-toets

wat op hierdie data uitgevoer is, is die verskil tussen die persentasie deeltjies >9,5 mm by die lokaliteite met en sonder plantegroei hoogs betekenisvol (P= 0,01) (Figuur 3.5).



FIGUUR 3.5: Die invloed van deeltjiegrootte-verspreiding op die vestiging van plante op mynhope. SISHEN - 1987

Die resultate van die metings by bogenoemde twee myne dui daarop dat sowel 'n "oormaat" growwe as 'n "oormaat" fyn materiaal 'n negatiewe invloed op die vestiging van plante kan hê.

Die belangrikheid van deeltjiegrootte-verspreiding in die uitskothope, of in deklae wat as groeimedium gebruik word, word duidelik weerspieël in Plate 3.9 en 3.10. Die degenerasie van plantegroei (as gevolg van erosie) teen die uitgrawings en opvullings in padreserwes, waar "bogrond" as groeimedium gebruik is, bring mee dat jaarliks miljoene rande begroot moet word vir die onderhoud en instandhouding

(Van der Breggen, 1993). By die Sishen ystererstmyn (Plaat 3.11) het "bogrond-deklae" teen 'n 35^{o} helling binne een seisoen grotendeels weggespoel.

Die erosieslote wat gevorm word teen die hellings van goudmynslikdamme (Plaat 3.12) is ook 'n sprekende voorbeeld van 'n helling waar die growwe fraksies ontbreek en die persentasie fyn fraksies dus te hoog is.

TABEL 3.9: Deeltjiegrootte-bepaling - SISHEN ystererertsmyn
1987-06-04

Monster no.	DEELTJIEGROOTTES >75/0 mm		9.5 mm - 75.0		Totaal >9.5 mm		2.0 mm - 9.5 m		<2.0 mm		Totaal <9.5 mm		Totaal	Kroonbe-dekking
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
1	0.000	0.000	0.923	15.037	0.923	15.037	1.757	28.625	3.458	56.338	5.215	84.963	6.138	0
2	0.000	0.000	0.796	16.677	0.796	16.677	1.444	30.254	2.533	53.069	3.977	83.323	4.773	0
3	0.000	0.000	0.961	17.685	0.961	17.685	1.226	22.562	3.247	59.753	4.473	82.315	5.434	0
4	0.000	0.000	1.596	31.442	1.596	31.442	0.721	14.204	2.759	54.354	3.480	68.558	5.076	18.75
5	2.132	27.552	1.973	25.498	4.105	53.050	0.692	8.943	2.941	38.007	3.633	46.950	7.738	37.50
6	2.324	27.454	3.195	37.744	5.519	65.198	0.545	6.438	2.401	28.364	2.946	34.802	8.465	37.50
7	1.793	24.772	3.274	44.860	5.040	69.632	0.329	4.545	1.869	25.822	2.198	30.368	7.238	18.75

Plaat 3.9: Die agteruitgang van die plantbedekking teen 'n snyhelling as gevolg van die erodering van die bogrondlaag.

Plaat 3.10: Die erodering van 'n snyhelling.

Plaat 3.11: Die bogronddeklaag teen 'n 35° helling by SISHEN ysterertsmyn wat na slegs een seisoen grotendeels afgespoel het.

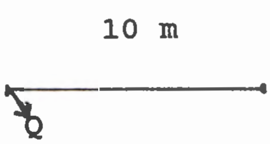
Plaat 3.12: Erosieslote gevorm as gevolg van erosie teen 'n goudmynslikdam wat uit fyn materiaal bestaan.

3.3 EFFEKTIEWE REËNVAL

Die gradiënt van 'n helling het 'n groot invloed op die effektiwiteit van die reënval van 'n betrokke gebied.

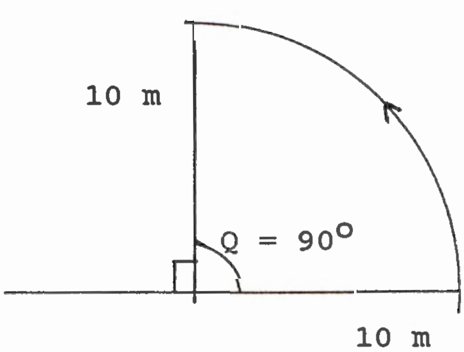
3.3.1 Die teoretiese verlaging van die hoeveelheid reën per oppervlakeenheid

In 'n gebied met 'n gemiddelde reënval van 500 mm per jaar, sal 'n perseel van 10 m x 10 m (100 m^2) op 'n horisontale vlak teoreties dus 500 mm reën ontvang. (Die veronderstelling is dat die reëndruppels presies vertikaal val.)



Die draaiing is nul, dit wil sê hoek Q = 0.
Die reënval op hierdie oppervlakte is 500 mm.

Indien dieselfde perseel tot in 'n vertikale posisie gedraai word, dit wil sê sodat dit 'n hoek van 90° met die horisontaal maak, verklein die horisontale oppervlakte tot nul.



Die draaiing is 90°, dit wil sê hoek Q = 90°.

Die reënval op hierdie oppervlakte is 0 mm.

Die wiskundige formule wat hierdie verkleining van die oppervlakte ten opsigte van die hoek Q waardeur dit draai weergee, is cos Q.

Om die verkleinde horisontale oppervlakte te bereken moet die werklike oppervlakte (10 m x 10 m = $100 m^2$) dus met die faktor cos Q vermenigvuldig word.

Vir die voorafgaande twee voorbeelde sal die wiskundige berekening vir die grootte van die horisontale oppervlakte dus die volgende wees:

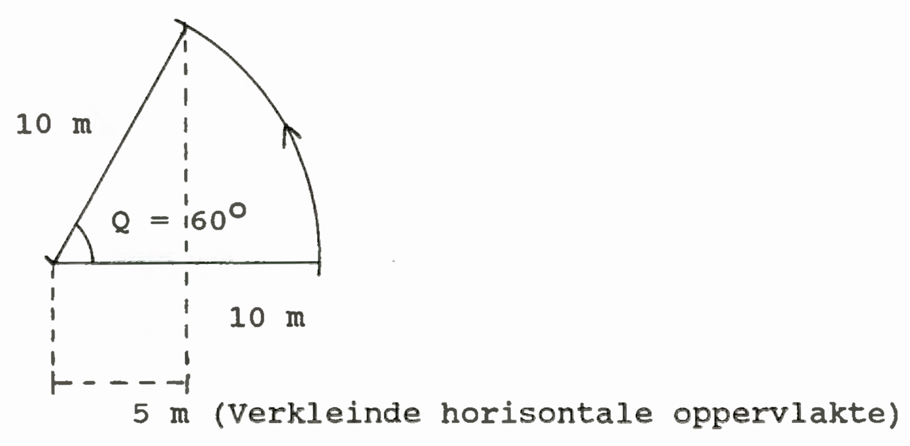
a) Vir 'n 0^o helling:

$$\cos Q \times 100\ m^2, \text{ dus } \cos 0^o \times 100\ m^2 = 1 \times 100\ m^2 = 100\ m^2$$

b) Vir 'n 90^o helling:

$$\cos Q \times 100\ m^2, \text{ dus } \cos 90^o \times 100\ m^2 = 0 \times 100\ m^2 = 0\ m^2$$

Gebaseer op die voorafgaande twee voorbeelde, sal 'n mynhoop met 'n skuinshoogte van 10 m en 'n lengte van 10 m waarvan die helling 60^o is, se verkleinde horisontale oppervlakte dus $\cos 60^o \times 100\ m^2$ wees
dus $0,5 \times 100\ m^2 = 50\ m^2$



By 'n helling van 60^o verminder die horisontale oppervlakte dus na 50% van die werklike oppervlakte van die perseel,

Tot dieselfde mate waarin die horisontale oppervlakte as 'n persentasie van die werklike oppervlakte verklein, sal die hoeveelheid reën op die perseel dus ook verminder.

In Tabel 3.10 word 'n indikasie gegee van die hoeveelheid reën wat teoreties in verskillende reënvalsones, teen verskillende hellings verwag kan word.

TABEL 3.10: Teoretiese reënval by verskillende hellings in verskillende reënvalgebiede

Jaarlikse reënval	Teoretiese reënval by verskillende hellings					
	0^o (100%)	10^o (98.4%)	20^o (93.9%)	35^o (81.9%)	45^o (70.7%)	50^o (64.3%)
300	300	295.4	281.9	245.7	212.1	192.8
400	400	393.9	375.9	327.6	282.8	257.1
500	500	492.4	469.9	409.5	353.5	321,4
600	600	590.8	563.8	491.4	424.2	385.6
700	700	689.3	657.8	573.3	494.9	449.9
800	800	787.8	751.8	655.2	565.7	514.2
900	900	886.3	845.7	737.1	636.4	578.5
1000	1000	984.8	939.7	819.0	707.1	642.7

Uit Tabel 3.10 is dit duidelik dat by 'n helling van byvoorbeeld 35^o, die plante wat teen die spesifieke helling gevestig word, in staat moet wees om met slegs 81,9% van die reën van die betrokke jaar klaar te kom. In hoë reënvalgebiede sal die effek van vermindering van effektiewe reënval minder drasties wees as in lae reënvalgebiede, aangesien 81,9% van

die normale steeds genoeg kan wees om in die meeste plantspesies se behoeftes te voorsien. Alhoewel plante wat meer water vereis sal uitsterf, is daar in die plantgemeenskap normaalweg plante wat meer droogtebestand is wat kan vestig en oorleef.

3.3.2 Die verlaging van effektiewe reënval deur 'n verhoogde afloop van water

Die hoeveelheid, intensiteit en tydsduur van 'n reënbui, tesame met die grootte van die opvanggebied en gradiënt van die helling, is van die belangrikste faktore wat die hoeveelheid en tempo van afloop van water bepaal.

Indien die gradiënt van die helling vier keer verhoog word, word die afloopspoed min of meer verdubbel (Ayres, 1936).

Die spat van reëndruppels is die resultaat van die impak van waterdruppels wat direk val op onbedekte (ontblote) grond of op 'n dun lagie water wat die grond bedek. Groot hoeveelhede grond word op dié wyse in die lug in gespat. In die geval van onbedekte grond word daar na raming ongeveer 100 ton grond per akker (247 ton ha^{-1}) tydens 'n hewige storm in die lug gespat. Hierdie gespatte deeltjies kan op 'n gelykvlak meer as 600 mm vertikaal en meer as 1.5 m lateraal beweeg word. Teen 'n steil helling sal hierdie spat van gronddeeltjies 'n netto afwaartse beweging daarvan tot gevolg hê (Ayres, 1936).

Die impak van reën op onbedekte grond vernietig die porieuse struktuur van die grond en verminder sodoende die infiltrasiekapasiteit van die grond. 'n Digtheidstoename van tot 15% as gevolg van die invloed van reëndruppels is in die boonste twee tot drie sentimeter grond waargeneem (Gray & Leiser, 1982).

Die fisiese en chemiese samestelling van grond is faktore wat ook 'n belangrike rol speel in die bepaling van die infiltrasietempo. Die mynhope van verskillende myne, en selfs afvalhope van dieselfde myn, kan radikaal in samestelling verskil. Om hierdie rede is dit onmoontlik om deur middel van 'n wiskundige formule te bepaal wat die infiltrasietempo van 'n spesifieke lokaliteit sal wees.

Die benadering van Ayres (1936) is dat die infiltrasietempo van 'n spesifieke lokaliteit slegs deur middel van laboratoriumtoetse en veldeksperimente bepaal kan word.

Al is die infiltrasietempo van 'n spesifieke materiaal hoog, sal 'n verhoging van die gradiënt 'n verhoogde afloop meebring - 'n faktor wat die moontlikheid van infiltrasie verlaag. In gevalle waar die materiaal egter min of geen fyn materiaal bevat nie, is die infiltrasiepotensiaal so hoog dat geen afloop plaasvind nie. Plantegroei kan egter nie hier vestig nie.

'n Helling van 35^{o} ontvang teoreties slegs 81.9% van die reënval van die betrokke gebied. Die steil helling het tot gevolg dat die spoed van afloopwater drasties verhoog word en die verhoogde waterspoed bring mee dat infiltrasie verlaag. 'n Groot hoeveelheid van die 81.9% van die reën wat dus op 'n spesifieke oppervlak val, vloei weg en bring mee dat die effektiewe benutting van die reën in die betrokke gebied drasties verlaag.

Die droë toestande wat as gevolg van die verlaging van effektiewe reënval teen hellings ontstaan, bring mee dat die vestiging van plantegroei benadeel en in sommige gevalle onmoontlik gemaak word. Aangesien plantbedekking een van die belangrikste faktore is wat help met die bekamping van erosie, word hierdie faktor geëlimineer deur die droë toestande teen steil hellings dat dit in baie gevalle glad nie meer 'n rol speel nie.

3.4 CHEMIESE WANBALANSE

3.4.1 Inleiding

Die chemiese samestelling van die materiaal waaruit afvalhope en die slikdamme van myne opgebou is, word grootliks bepaal deur die moedergesteente van die ertsliggaam wat gemyn word, asook deur die chemiese prosesse wat toegepas word tydens die ekstraksie van die mineraal self.

Volgens Wallace en Wade (1978), is slegs agt van die 90 natuurlike elemente verantwoordelik vir 98% van die samestelling van die litosfeer. Die res van die elemente (91%), is dus gesamentlik verantwoordelik vir die samestelling van die oorblywende 2% van die litosfeer. As gevolg van die lae konsentrasies waarin laasgenoemde elemente voorkom, word hulle spoorelemente genoem.

Ten minste ses van hierdie elemente, naamlik yster, boor, magnesium, sink, koper en molibdeen is essensieel vir die metaboliese prosesse van hoër plante (Wallace en Wade, 1978). Ten minste 'n addisionele 10 van hierdie elemente, naamlik kobalt, jodium, selenium, chroom, fluoor, arseen, tin, vanadium, nikkel en silikon is essensieel vir diere en ander organismes. Die grense van die konsentrasies van spoorelemente wat optimaal is vir die lewensprosesse van organismes is relatief nou, en dit is dus baie moontlik dat 'n oormaat of tekorte kan bestaan.

Aan die bokant van die konsentrasiespektrum is alle elemente potensieel, maar differensieel toksies vir biologiese sisteme indien hulle teenwoordig en beskikbaar is in die omgewing in te hoë konsentrasies. Dit beteken dus dat hierdie essensiële spoorelemente in die omgewing gehou moet word by relatiewe nou konsentrasiegrense, met oormaat en tekort as die twee uiterste pole.

Daar is talle voorbeelde van spoorelement-toksisiteite. So byvoorbeeld maak Benson (1968) melding van die toksiese effekte wat waargeneem is waar insekgifstowwe, bemesting en vliegas in die landbousektor gebruik is. Arseenvergiftiging by appelboorde, asook sinkvergiftiging by perskes is albei veroorsaak deur gebruik van insekgifstowwe (Lee & Cradock, 1969). Kopervergiftiging het voorgekom in Florida (VSA) waar 'n oormaat spoorelemente gespuit is in 'n poging om tekorte reg te stel (Westgate, 1952). Indien slik of vliegas vanaf steenkoolmyne en kragsentrales oor lang tydperke as grondverbeteraar gebruik word, is dit ook verantwoordelik vir spoorelement-vergiftiging (Lunt, 1959).

'n Baie belangrike gevolgtrekking uit bogenoemde feite is dat die mens dit nie kan bekostig om toe te laat dat groot konsentrasies spoorelemente ongekontroleerd in die natuur vrygelaat word en op hierdie wyse uiteindelik in die voedselkettings beland nie.

Volgens Wright (1976) reageer verskillende klasse organismes en selfs verskillende kultivars van dieselfde spesie verskillend op dieselfde konsentrasie van 'n spesifieke spoorelement.

Die spoorelemente barium, kadmium, chroom, kobalt, koper, lood, litium, magnesium, nikkel, strontium, tin en sink kom in die grondoplossing hoofsaaklik voor as katione. Hierdie spoorelemente kom in die grondoplossing van neutrale grond (pH 7) voor teen konsentrasies laer as 0.05 ug ml^{-1} (Bradford et al., 1971). In suur grond (pH 5-6) neem hul konsentrasies toe maar neem gewoonlik af in kalkagtige of alkaliese grond (pH 7.5-8.5). Hierdie feite in ag genome, so wel as die beperkte oplosbaarheid van hul fosfate, karbonate en hidroksiede asook hul hoë adsorbsie deur die katioonuitruilingskompleks van die grond bring mee dat hul beweeglikheid in die grond baie laag is. Hierdie spoorelemente word meestal in die boonste lae van die grond vasgevang en loog nie maklik uit na

die dieperliggende grondlae nie, behalwe in sand- of suurgrond, of in die teenwoordigheid van organiese chelate. Om hierdie rede is die spoorelemente normaalweg nie 'n probleem in soverre dit die besoedeling van ondergrondse water betref nie. Spoorelemente kan egter wel probleme veroorsaak indien dit deur middel van afloopwater of wind getransporteer word (Wallace en Wade, 1978).

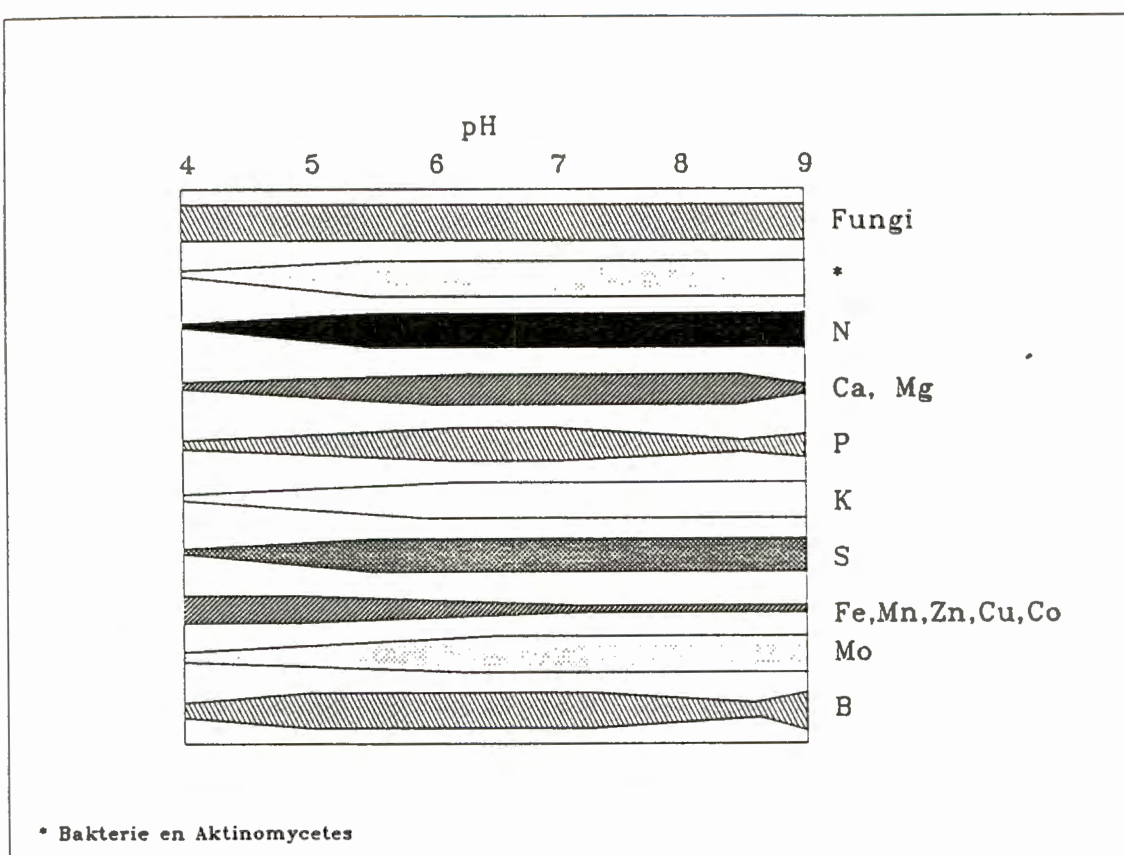
Die oorsprong van al die makro-elemente asook die meeste van die mikro-elemente in die grond geskied via die moedermateriaal of rots waaruit die grond ontstaan het. Natuurlike wyses waardeur konsentrasies van die spoorelemente in die grond kan verhoog, is relatief min en sluit in reën, stof vanaf aangrensende terrestriële sisteme, seesproei, vulkaniese aktiwiteite en klein toevoegings vanaf meteoriese materiaal. Alhoewel daar in sommige streke tekorte aan sekere spoorelemente mag bestaan, kan slegs geringe besoedeling die konsentrasies van hierdie elemente sodanig verhoog dat die bestaande ewewig versteur word (Bradshaw en Chadwick, 1980).

In die omgewing van en selfs bo-op dagsome kan welige plantegroei voorkom, soos byvoorbeeld by die chrisotielmyne in Oos-Transvaal. Wanneer die erts egter vergruis word, vergroot die soortlike oppervlak van die materiaal. Die tempo waarteen verwering nou kan plaasvind, bring mee dat elemente wat onder natuurlike toestande baie stadig vrygestel word, so vinnig vrygestel word dat dit in abnormale hoë konsentrasies in die materiaal voorkom. Sommige elemente, wat onder normale omstandighede noodsaaklik kan wees vir die groei en ontwikkeling van plante, kan wanneer dit in sulke hoë konsentrasies voorkom, 'n toksiese uitwerking op plante hê - 'n faktor wat die dood van plante tot gevolg het (Bradshaw en Chadwick, 1980).

Afvalhope en slikdamme van swaarmetaalmyne, byvoorbeeld lood-, koper-, en sinkmyne bevat gewoonlik hoë konsentrasies van soute van hierdie metale, wat by spesifieke suurgrade

(pH) (Fig.3.6) oplosbaar en vir plante opneembaar is. Abnormale hoë konsentrasies van hierdie elemente is nie noodwendig toksies nie, aangesien die spesifieke element as gevolg van die pH van die grond nie oplosbaar en dus nie opneembaar is nie (Brady,1984).

In baie gevalle is die moedergesteentes arm aan elemente en het die materiaal wat hervestig moet word voedingstoftekorte wat noodsaaklik is vir die normale ontwikkeling van plante. Bo en behalwe die tekorte wat mag bestaan, word daardeur aanleiding gegee tot wanbalanse. Op hierdie wyse kan 'n tekort aan kalium tot gevolg hê dat magnesium in oormaat opgeneem word, al is laasgenoemde nie noodwendig in 'n te hoë konsentrasie teenwoordig nie (Wild, 1988).



FIGUUR 3.6: Relatiewe verband tussen pH "toeganklikheid" van plantvoedingstowwe (Brady, 1984).

3.4.2 Proewe met betrekking tot chemiese wanbalanse

3.4.2.1 Proewe by Msauli Chrisotielmyn

Gemeet aan Suid-Afrikaanse toestande is hierdie myn geleë in 'n relatief hoë reënvalgebied (784 mm per jaar soos gemeet by Barberton)(Weerburo, 1986), ongeveer 50 km suid-wes van Badplaas in Kangwane (Fig. 2.1).

Ten spyte van die feit dat sommige van die afvalhope van hierdie myn reeds langer as 35 jaar gelede gestort is, het geen plante natuurlik daarop gevestig nie. Daar is van die begin af vermoed dat hierdie chrisotieluitskot om een of ander rede nie as geskikte groeimedium vir plante kan dien nie. Aanvanklike potproewe het aangetoon dat selfs onder die ideale glashuistoestande wat geskep is, daar min of geen kieming van saad in hierdie medium plaasvind nie. Indien wel, is die plantjies pers van kleur en vorder gewoonlik nie verder as die drieblaarstadium nie (Briers, 1985a). Grondontledings en 'n reeks potproewe in die glashuis asook proewe op uitskothope is gedurende die periode 1985 tot 1989 uitgevoer om moontlike chemiese probleme te identifiseer en regstellende stappe te evalueer.

Grondontledings

Grondmonsters is gedurende 1985 geneem en is deur die NVK grondlaboratorium (Pretoria) ontleed. Die ontleding van 'n grondmonster ou uitskot (2) is reeds in 1984 gedoen deur Walker en Grant (1984). Ellery en Walker (1986) het ook ontledings van grondmonsters van die chrisotiel-uitskothope laat doen. Die resultate van al hierdie ontledings, tesame met resultate wat verskaf is deur die Nasionale Versnellersentrum (Faure) waardeur die totale inhoud van elemente in die Msauli-uitskot aangetoon word, word weergegee in Tabel

3.11. Die ontledings wat gedoen is deur die Nasionale Versnellersentrum is gedoen volgens die PIXE- (Proton-Induced X-ray Emission) tegniek.

TABEL 3.11: Fisiese en chemiese ontleding van die grond/materiaal soos aangetref by MSAULI Chrysotielmyn.

Monster	Vars uitskot	Ou uitskot(1)	Ou uitskot(2)	Bogrond	Ellery en Walker	Totale konsentrasie
Korrelgrootte verspreiding (%)	100	100	100	100	100	
Kleiner as 2 mm	72	66		9		
Growwe sand	26	30	97.7	22	97.7	
Medium sand						
Fyn sand	0	1	2.3	15		
Slik	2	3		54	2.3	
Klei						
KAV			12.1		12.1	
Elektriese geleiding (dS/cm)			1.18		1.18	
pH H O	9.1	9	9.6	7.1	9.6	
pH KCl	8.5	8.5		5.9		
Voedingstatus (mg/kg)						
Ca	124	66	7	303	7.4	3400
Mg	1091	1021	392	193	392.6	132000
K	10	8	15	58	14.9	646
Na	14	14	13	18	12.8	
P	<3	<3	<1	<3	1	626
Fe						33270
Cu			4		4	10
Zn			70		70	21
Ni			462		462	2684
Co			93		93	
Mo			70		7	
B			465		465	
Al						5500
Cr						2750
Mn						603
S						4500

Die grondanalises (Tabel: 3.11) toon die volgende:

1. Min fyn materiaal (slik en klei) is in die uitskot aanwesig. Dit bring mee dat daar 'n swak uitruilkompleks bestaan.

2. Die pH (H_2O) van die uitskot is deurgaans 9,0 of hoër.

3. 'n Katioon-wanbalans heers in die uitskotmateriaal. Behalwe die Ca-inhoud wat effens laag is, is die verhouding van K tot Mg (normaal is 1:1) in die geval van vars uitskot sowel as ou uitskot (1) meer as 1:100. Hierdie wanbalans kan lei tot 'n ooropname van Mg om te kompenseer vir die lae K-inhoud van die grond, en kan sodoende Mg-vergiftiging tot gevolg hê. Die Ca:Mg-verhouding is ook laag in vergelyking met dié van normale grond (Thompson & Troeh, 1978) en stem ooreen met dié van natuurlike serpentyngrond, waar 'n swak plantbedekking die gevolg was van hierdie wanbalans (Proctor & Woodell, 1975).

4. Die homogeniteit van die materiaal lei daartoe dat geweldige korsvorming plaasvind, waardeur die absorbsie van water en die penetrasie van wortels beperk of heeltemal verhoed word.

5. Die konsentrasies van sommige van die swaarmetale is hoog, en selfs meer as wat plante onder normale omstandighede benodig. Die konsentrasies val selfs buite die toleransiegrense van die meeste plante (Walker en Grant, 1984). Volgens Brady (1984) is spoorelemente soos Zn, Cu en Co by 'n pH van 9,0 relatief onoplosbaar en dus nie opneembaar deur plante nie. Mo en B is egter baie meer oplosbaar by hierdie pH en die moontlikheid dat hulle in oormaat opgeneem kan word, is dus nie uitgesluit nie. Navorsing deur Proctor (1971a en 1971b) asook Soane en Sander (1959) toon aan dat Ni en Cr by hierdie

vlakke beslis toksies kan wees. Crooke en Inkson (1955) sowel as Wyn en Lunt (1967) toon aan dat die negatiewe uitwerking van Ni verhoog word indien die K- en Ca-konsentrasies laag is.

Uit bogenoemde is dit duidelik dat grondregstellings gemaak sal moet word voordat enige plantegroei gevestig kan word op hierdie materiaal. Hierdie regstellings sluit in:

1 Die pH word verlaag deur die byvoeging van gips ($CaSO_4.2H_2O$) tot so 'n vlak waar elemente soos Ca, Mg en P meer oplosbaar en dus beter beskikbaar is vir opname deur plante. Aan die ander kant moet gewaak word dat die pH tot so 'n mate verlaag word dat die spoorelemente wat alreeds in oormaat teenwoordig, maar by 'n hoë pH relatief onoplosbaar is, nie sodanig beskikbaar raak dat dit toksiese afmetings aanneem nie.

2. Die regstelling van die lae Ca- en K-status deur die toediening van anorganiese bemesting.

3. Die verbetering van die uitruilkompleks en die verlaging van die korsvorming deur die toevoeging van organiese materiaal of deur gebruik te maak van "bogrond".

Verduideliking: Die term "bogrond", word in hierdie proefskrif gebruik vir enige nietoksiese verweerde materiaal waarvan die struktuur van so 'n aard is dat dit plantegroei kan onderhou. In die geval van sand kan dit byvoorbeeld tot vier meter dik wees, terwyl dit in kalkgrond slegs 'n paar millimeter dik kan wees.

Glashuisproewe

Met die voorafgaande chemiese probleme en moontlike regstellings in gedagte is daar gedurende 1986 twee proewe uitgevoer waarin verskillende alternatiewe toegepas is (Briers et al., 1988). Hierdie proewe was die aanloop tot die proewe wat op die myn self uitgelê is en het ook die uitleg daarvan bepaal. Om hierdie rede word die verskillende behandelings wat toegepas is asook die belangrikste waarnemings uit die resultate verskaf.

Die eerste proef is gedoen met die oog op wortelontwikkeling. Die volgende behandelings is toegepas in groeikaste met 'n skuins glaswand, sodat wortelontwikkeling daagliks gemonitor kon word.

1) Onbemeste uitskot met 50 mm bogrond bedek.
2) Bemeste uitskot met 50 mm bogrond bedek.
3) Die boonste 150 mm van bemeste uitskot is vermeng met 60 mm bogrond, waarna dit met 'n verdere 40 mm bogrond bedek is.

Hierdie proef is gesaai met saad van *Eragrostis curvula* en *Acacia grandicornuta* .

Die tweede proef was gemik op die regstelling van die medium en die volgende behandelings is toegepas:

1) Kontrole I - onbemeste uitskot.
2) Kontrole II - bemeste uitskot.
3) Bogrond-uitskotmengsel (1:3).
4) Bogrond-uitskotmengsel (1:1).
5) 50 mm riviersand bo-op uitskot.
6) 50 mm onbehandelde dennesaagsels bo-op uitskot.
7) 50 mm bogrond bo-op uitskot.
8) 50 mm bogrond bo-op 20 mm onbehandelde dennesaagsels wat met uitskot vermeng is.

9) 50 mm kommersiële kompos bo-op uitskot.
10) 20 mm kommersiële kompos bo-op uitskot.
11) 10 mm kommersiële ghwanomengsel bo-op uitskot.
12) 10 mm fyn beesmis bo-op uitskot.

Hierdie twaalf behandelings is almal gesaai met 'n saadmengsel bestaande uit saad van Acacia grandicornuta, Protasparagus laricinus, Cenchrus ciliaris, Eragrostis curvula en Cynodon dactylon.

Alle behandelings behalwe behandeling 1 van albei proewe is bemes met 200 kg 2:3:2:(22) 0,5% Zn per hektaar; 1500 kg KCl (50% K) per hektaar en 10 000 kg gips per hektaar.

Die motivering vir die gebruik van hierdie bemesting is die volgende:

- Deur die toediening van 10 000 kg gips per hektaar is die pH verlaag vanaf meer as 9,0 tot ongeveer 8,0.

- Die Zn, Ni en Fe is volgens Ellery en Walker, (1986) by hierdie pH baie min of glad nie oplosbaar nie en is dus nie meer toksies vir plante nie.

- Volgens Antonovics et al. (1971) is die swaarmetale in serpentyngrond toksies by 'n pH van 5,5 tot 7,5. By 'n pH van 8 sal hierdie moontlikheid dus nog nie bestaan nie.

- Die toediening van gips hef die wanbalans tussen Ca en Mg op.

- Die toediening van 1500 kg KCl hef die wanbalans tussen K en Mg op en is tussen 2400 en 4000% meer as wat Ellery en Walker (1986) in hulle proewe toegedien het (300 tot 500 kg per hektaar).

- Die gebruik van organiese materiaal soos beesmis, dennesaagsels, kompos of ghwano verbeter nie alleen die struktuur van die materiaal nie, maar skep ook 'n uitruilkompleks waarin ione van verskeie elemente geadsorbeer kan word. Swaarmetale verbind ook met die organiese sure wat by die verwering van organiese materiaal ontstaan. So 'n metaal-suurkompleks word nie deur plantwortels opgeneem nie en het gevolglik nie 'n toksiese uitwerking op plante nie (Halstead, 1968; Halstead et al., 1969; en Brady, 1984).

- Die gebruik van bogrond sal basies dieselfde uitwerking hê as in die geval van organiese produkte, alhoewel die intensiteit van die effek kan verskil.

Die resultate wat deur Briers et al. (1988) verkry is kan soos volg saamgevat word:

Proef 1

In die onbemeste behandeling wat met 50 mm bogrond bedek is, het wortelpenetrasie slegs in die bogrond plaasgevind. Geen wortelontwikkeling het in die onbemeste medium plaasgevind nie.

In die bemeste, bogrondbedekte behandeling, sowel as die behandeling waarin bogrond en asbes vermeng is, het die wortels tot 'n minimum van 120 mm ingedring. In albei gevalle is 84% van die uiteindelike wortellengte alreeds na 23 dae bereik. Die laaste 16% van die verlenging het dus plaasgevind in die oorblywende 97 dae. Wortelindringing kan dus wel plaasvind indien die uitskot bemes of met bogrond vermeng word. Aangesien die wortels van Acacia grandicornuta nie die uitskot

onderkant die bogrondlaag of vermengde materiaal kon penetreer nie, lyk dit onwaarskynlik dat bome op die uitskothope van hierdie myn gevestig sal kan word.

Proef 2.

Behandelings 7, 8, 9 en 12 het die beste resultate gelewer. Die vitaliteit van plante in die beesmisbehandeling (veral <u>Cynodon</u> <u>dactylon</u>) was besonder goed. Aangesien die beesmislagie slegs 10 mm dik was, was hierdie plante vir hul groei en ontwikkeling afhanklik van die bemeste uitskot. Waarskynlik was die reeds verrotte beesmis verantwoordelik vir 'n groter mate van binding van toksiese metale. Volgens Halstead (1968) is die hoeveelheid organiese materiaal bepalend vir die vlak van Ni-toksisiteit in grond met 'n hoë Ni-konsentrasie.

Toepassing van die resultate in die praktyk

Die resultate van die voorafgaande twee glashuisproewe het daartoe aanleiding gegee dat 'n aantal proewe op die uitskothope van die Msauli-myn beplan is. Met hierdie proewe is gepoog om die resultate van die glashuisproewe in die praktyk toe te pas.

Proef 1 - Bogrond en bemestingsproef

Proefdoelwit

Om te bepaal of 'n plantbedekking bestaande uit inheemse grasspesies op die uitskothope van Msauli-chrisotielmyn gevestig kan word deur chemiese wanbalanse reg te stel met anorganiese bemesting, asook deur gebruik te maak van verskillende diktes bogrond as deklaag.

Proefuitleg en prosedure

Hierdie 3x3x3 faktoriaalproef met bedekking, bemesting en herhaling as faktore, is uitgelê op die gelykvlak bo-op 'n chrisotiel-uitskothoop. Die afgebakende gebied is verdeel in drie bane van 8 m breed. Elke baan is onderverdeel in nege blokke van 7 m lank sodat daar uiteindelik 27 blokke van 7 m x 8 m gevorm is. Drie blokke in elke baan is volledig bemes met die volgende bemestingstowwe:

Gips	-	10 000 kg ha^{-1}
KCl	-	1500 kg ha^{-1}
Superfosfaat	-	500 kg ha^{-1}
2:3:2(22) 0,5% Zn	-	200 kg ha^{-1}

'n Verdere drie blokke in elke baan is bemes met die helfte van bogenoemde bemesting. Die oorblywende drie blokke van elke baan het geen bemesting ontvang nie. Na bemesting toegedien is, is die afgebakende gebied ongeveer 500 mm diep losgebreek met 'n tandimplement om sodoende die kunsmis en gips in die materiaal in te werk, en terselfdertyd die harde kors te breek.

Na hierdie bewerking is die eerste baan bedek met 'n 200 mm bogrond/klip-mengsel. Die tweede baan is bedek met 100 mm van dieselfde bogrond/klip-mengsel, terwyl die derde baan geen deklaag ontvang het nie.

Alle aksies in verband met hierdie proef is gedurende November 1986 afgehandel.

Nadat die proefperseel vir ongeveer twee maande so gelaat is, is die verskillende bane en blokke afgebaken. Addisionele bemesting (2:3:2(22) 0,5% Zn) is tydens die uitlê van die proef (Januarie 1987) toegedien. Die volledig bemeste persele het 100 kg ha^{-1} ontvang, terwyl in die halfbemeste persele 50

kg ha^{-1} en in die onbemeste persele geen kunsmis toegedien is nie. Al die blokke is hierna geskarifieer, met 'n saadmengsel gesaai en daarna liggies toegehark.

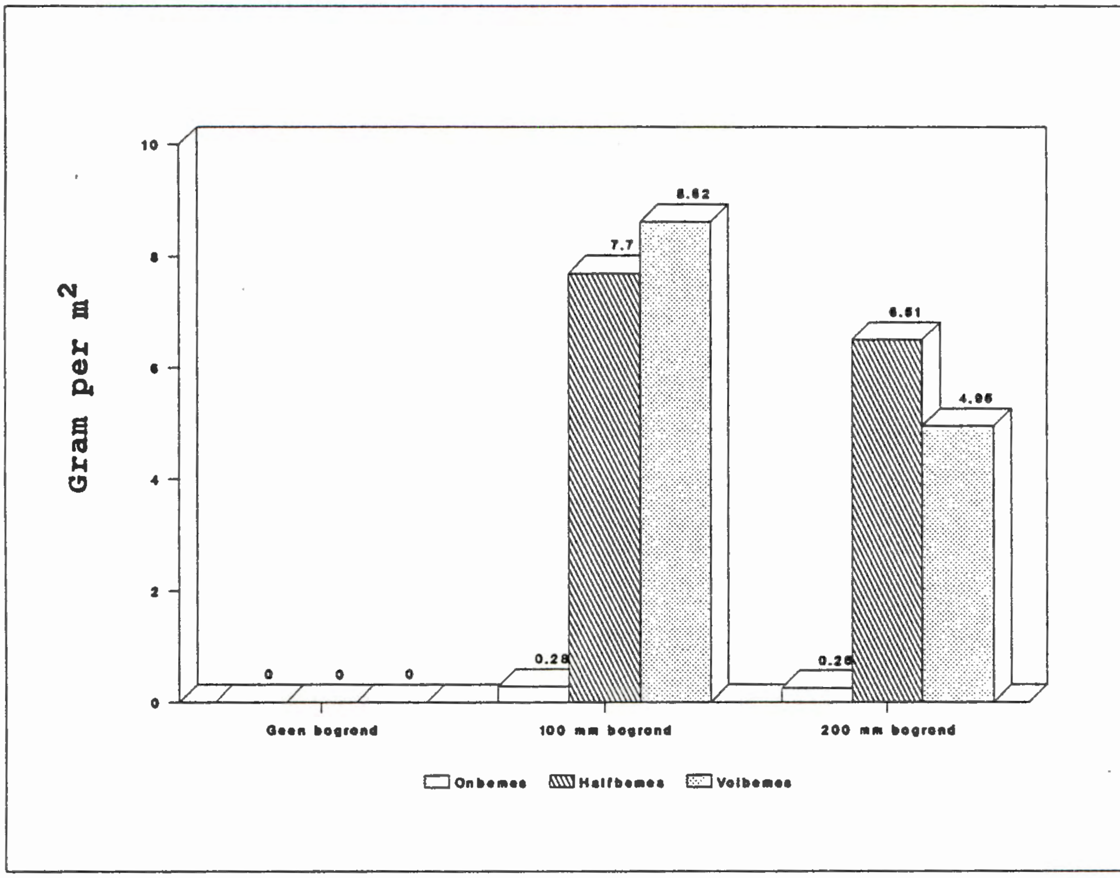
Die volgende spesies is in die saadmengsel ingesluit:

Spesie	kg ha^{-1}
Eragrostis curvula	2
Cynodon dactylon	2
Cenchrus ciliaris	5
Digitaria eriantha	2
Anthephora pubescens	2
Panicum maximum	2
Stylosanthus gracillus	2
Medicago sativa	2
Trifolium subteranum	3
Enneapogon cenchroides	
Melinis repens	
Aristida adscensionis	75 kg saad en growwe materiaal soos dit opgesuig is in ou lande en in die veld.
Aristida congesta	
Eragrostis lehmanniana	
Stipagrostis uniplumis	
Chloris virgata	
Urochloa brachyura	

Evaluering van die proef is gedurende Mei 1987, Mei 1988 en April 1989 gedoen (kyk p. 40 en 41).

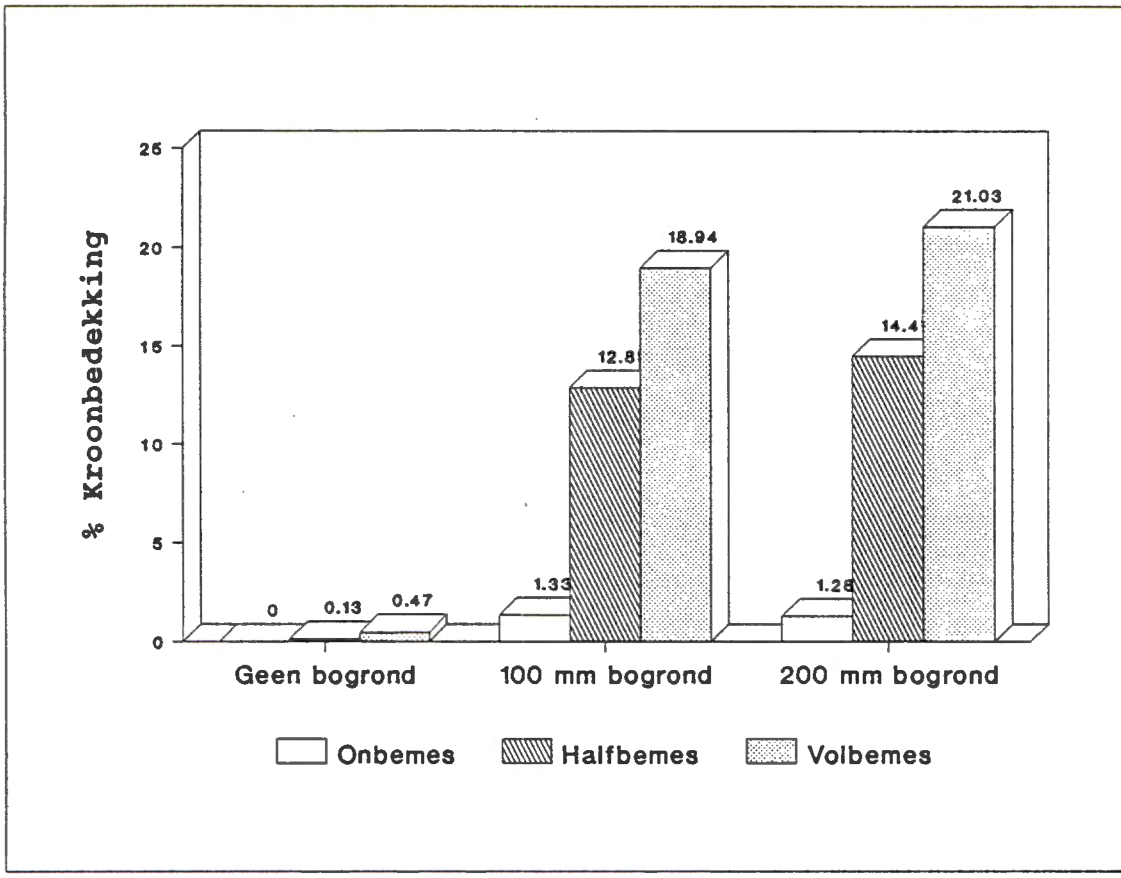
Resultate en bespreking

Die resultate van die drie jaar se evaluerings word in Figure 3.7 tot 3.9 uitgebeeld.



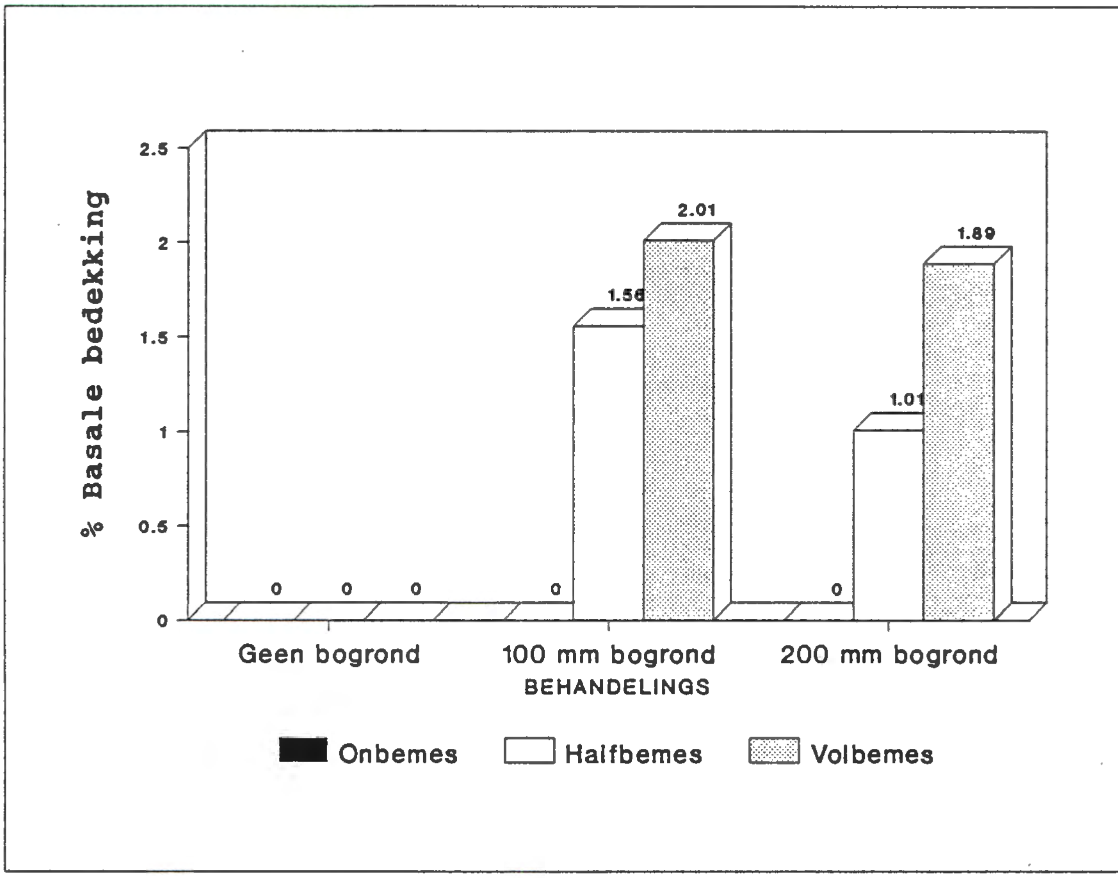
Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
Deklaag:			
Geen	0.00	0.00	0.00
100 mm	6.61	10.97	52.69
200 mm	5.33	8.83	60.16
Bemesting:			
Geen	0.45	0.75	113.19
Halfbemes	8.87	14.71	82.61
Volbemes	3.19	5.29	31.62

FIGUUR 3.7: **Gemiddelde bogrondse droëmassa van die bogrond en bemestingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989**



Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
Deklaag:			
Geen	1.04	1.72	244.01
100 mm	19.43	32.23	77.55
200 mm	13.75	22.81	49.46
Bemesting:			
Geen	1.04	1.72	52.81
Halfbemes	12.07	20.02	58.19
Volbemes	15.26	25.30	49.95

FIGUUR 3.8: Gemiddelde kroonbedekking van die bogrond en bemestingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989



Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
Deklaag:			
Geen	0.00	0.00	?
100 mm	0.91	1.50	33.8
200 mm	1.40	2.32	64.14
Bemesting:			
Geen	0.00	0.00	
Halfbemes	1.26	2.09	65.42
Volbemes	0.64	1.06	21.87

FIGUUR 3.9: Gemiddelde basale bedekking van die bogrond en bemestingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989

Die resultate van hierdie proef bevestig tot 'n groot mate die bevindings van die aanvanklike potproewe. Waar <u>geen bogrond</u> gebruik is nie, was in al drie die bemestingsbehandelings bykans geen resultate nie. 'n Kroonbedekking van gemiddeld 0%, 0,1% en 0,47% is gedurende die drie jaar in die onbemeste, halfbemeste en volbemeste persele onderskeidelik aangetref. Gedurende die eerste jaar is 'n kroonbedekking van meer as 1% in die volbemeste perseel aangetref. Hierdie kroonbedekking is hoofsaaklik toe te skryf aan die teenwoordigheid van <u>Cynodon dactylon</u> (Van Wyk, 1988b). Aan die einde van die derde seisoen was die gemiddeld vir die drie jaar 0,47%, en is dit duidelik dat agteruitgang plaasgevind het en steeds voortduur. Wat basale bedekking en bogrondse droëmassa betref, is daar nooit enige resultaat verkry nie.

In die onbemeste persele wat met <u>100 mm bogrond</u> bedek was, was die resultate van al drie die opnamemetodes swak in vergelyking met dié van die half- en volbemeste persele. Die resultate van laasgenoemde twee persele verskil hoogs betekenisvol (P = 0,01) van die onbemeste perseel ten opsigte van basale bedekking en betekenisvol ten opsigte van bogrondse droëmassa. Die kroonbedekkingsverskille is egter nie betekenisvol nie. Aan die anderkant is daar geen betekenisvolle verskille tussen die resultate van die half- en volbemeste persele nie.

Tussen die resultate van die halfbemeste en volbemeste persele van die <u>200 mm bogrond</u>-bedekte baan kon geen betekenisvolle verskille verkry word nie. Daar is egter betekenisvolle verskille tussen die volbemeste en onbemeste persele se basale en kroonbedekkings, asook tussen die resultate van die bogrondse droëmassa van die half- en onbemeste persele.

Volgens Figuur 3.7 was die opbrengs (bogrondse droëmassa) van die 100 mm bogrondbedekte baan gemiddeld hoër as dié van die 200 mm baan. Volgens die variansie-analise is hierdie verskille egter net betekenisvol in die geval van die vol-

bemeste persele. Die bogrondse droëmassa van die halfbemeste 100 mm deklaagperseel is ook hoogs betekenisvol beter as dié van die onbemeste perseel.

In die onbemeste persele van al drie die deklaagbehandelings kon geen basale bedekking resultaat verkry word nie. In die halfbemeste persele is 'n betekenisvolle verskil gekry tussen die basale bedekkings van die persele met 100 mm deklaag en geen deklaag. In die volbemeste persele was die verskil tussen die resultate van die 100 en 200 mm deklae hoogs betekenisvol meer as die waar geen deklaag gebruik is nie.

Gevolgtrekking

Uit die data van hierdie proef was die volgende egter baie duidelik:

- Geen hervestiging van plantegroei kan plaasvind sonder die gebruik van bogrond (of ander moontlike deklae) nie.

- Die verskil in dikte van die spesifieke bogrond soos in die proef gebruik sal nie betekenisvolle verskille in die uiteindelike plantbedekking tot gevolg hê nie.

- Die plantbedekking wat gevestig het op hierdie spesifieke bogrond wat gebruik is, is sodanig dat dit nie erosie sal kan bekamp nie (Vergelyk met die proewe soos bespreek onder punt 3.1.2.3).

- Volgens die grondanalise van die bogrond wat gebruik is en die uitskot waarop die proef uitgelê is, sowel as die resultate van die potproewe en hierdie proef is dit duidelik dat selfs met anorganiese bemesting, daar nie 'n aanvaarbare plantbedekking op hierdie materiaal gevestig kan word nie. Om 'n aanvaarbare plantbedekking te vestig is onmoontlik sonder die gebruik van organiese materiaal waardeur toksiese spoorelemente vasgevang

word, 'n uitruilkompleks vir noodsaaklike elemente geskep word en die indringing van water en plantwortels verbeter word.

Proef 2 - Organiese regstelling

Proefdoelwit

Aangesien daar geen organiese regstelling in die voorafgaande proef gedoen is nie, is daar besluit om terselfdertyd 'n proef uit te lê waar sowel anorganiese as organiese regstellings gedoen sal word.

Proefuitleg en prosedure

Die proef is 'n 5x6 faktoriaal met behandelings en herhalings as faktore.

Uit die resultate van die potproewe het geblyk dat beesmis die beste resultate opgelewer het. Om hierdie rede is beesmis in hierdie proef gebruik om die regstelling te doen. Beesmis sou baie ver aangery moes word as dit sou blyk dat dit die oplossing van die probleem is (met verreikende finansiële implikasies). Om hierdie rede is 'n ander, meer bekombare organiese materiaal, naamlik dennebas, vanaf nabygeleë plantasies ook in hierdie proef as plaasvervanger en in kombinasie met beesmis ingesluit.

Die bemesting met anorganiese kunsmis en 'n saadmengsel wat toegedien is, is presies dieselfde as wat vir die vorige proef gebruik is (kyk proef 1 p. 103).

Die hele perseel is ± 500 mm diep losgebreek en daarna anorganies bemes en in 30 blokke van 7 m x 8 m verdeel. Die dertig blokke is op ewekansige basis in vyf behandelings van ses herhalings elk verdeel. Organiese materiaal (beesmis en dennebas) is uitgestrooi en ingewerk (Fig. 3.10). Nadat al die

voorbereidings gedoen is (Nov. 1986), het ongeveer twee maande verloop voordat die hele perseel met 100 mm bogrond bedek is (Jan. 1987). Net nadat die deklaag geplaas en gelykgemaak is, is die hele perseel geskarifieer, bemes met 100 kg 2:3:2(22) 0.5% Zn ha^{-1} en gesaai met dieselfde saadmengsel as in die vorige proef (kyk proef 1 p. 103).

5M	5M	5M	5M	5B	5B
2B	2B	1M = 2B	1M = 2B	2M	2M
2M	2M	5B	5B	2B	2B
2M	2M	1M = 2B	1M = 2B	5B	5B
1M = 2B	1M = 2B	2B	2B	5M	5M

M = Beesmis B = Dennebas

Legende:

1. 50 mm beesmis - 5M
2. 50 mm dennebas - 5B
3. 20 mm dennebas - 2B
4. 20 mm beesmis - 2M
5. 10 mm beesmis plus 20 mm dennebas - 1M+2B

Figuur 3.10: Uitleg van die organiese regstellingsproef. MSAULI - 1987

Die enigste verskil tussen die verskillende behandelings is die hoeveelheid en tipe organiese materiaal wat toegedien is. Die vyf behandelings wat toegepas is, word aangetoon in Figuur 3.10.

Die metings in hierdie proef is gedurende Mei 1987, Mei 1988 en April 1989 gedoen (kyk p.40 en 41).

Resultate en bespreking

Die resultate van die verskillende metings word deur grafiese voorstellings in Figure 3.11 tot 3.13 gegee.

Die variansie-koëffisiënt van die basale en kroonbedekking sowel as die bogrondse droëmassa vir al drie die jare is oor die algemeen hoog en wissel tussen 15.29% en 83.97%. Alhoewel sekere neigings of tendense uit die grafieke bespeur kon word, was min van die verskille betekenisvol. Waar daar wel 'n betekenisvolle verskil gedurende die een jaar waargeneem is, is dit gedurende die volgende jaar bykans die teenoorgestelde.

Wat <u>basale bedekking</u> betref, was daar gedurende die eerste jaar (1977) nie betekenisvolle verskille tussen die verskillende behandelings nie. Gedurende die volgende groeiseisoen was daar egter 'n gemiddelde toename van meer as 3% in die proef as geheel. Die 6,33% van die behandeling wat 5 cm mis ontvang het was ook betekenisvol meer as die van die behandelings met 2 cm mis en 2 cm bas. Tydens die 1989 groeiseisoen is daar 'n gemiddelde toename van ongeveer 0,8% maar geen betekenisvolle verskille is aangetref nie. Wat die gemiddelde basale bedekking oor die periode van drie jaar betref, was daar ook geen betekenisvolle verskille nie.

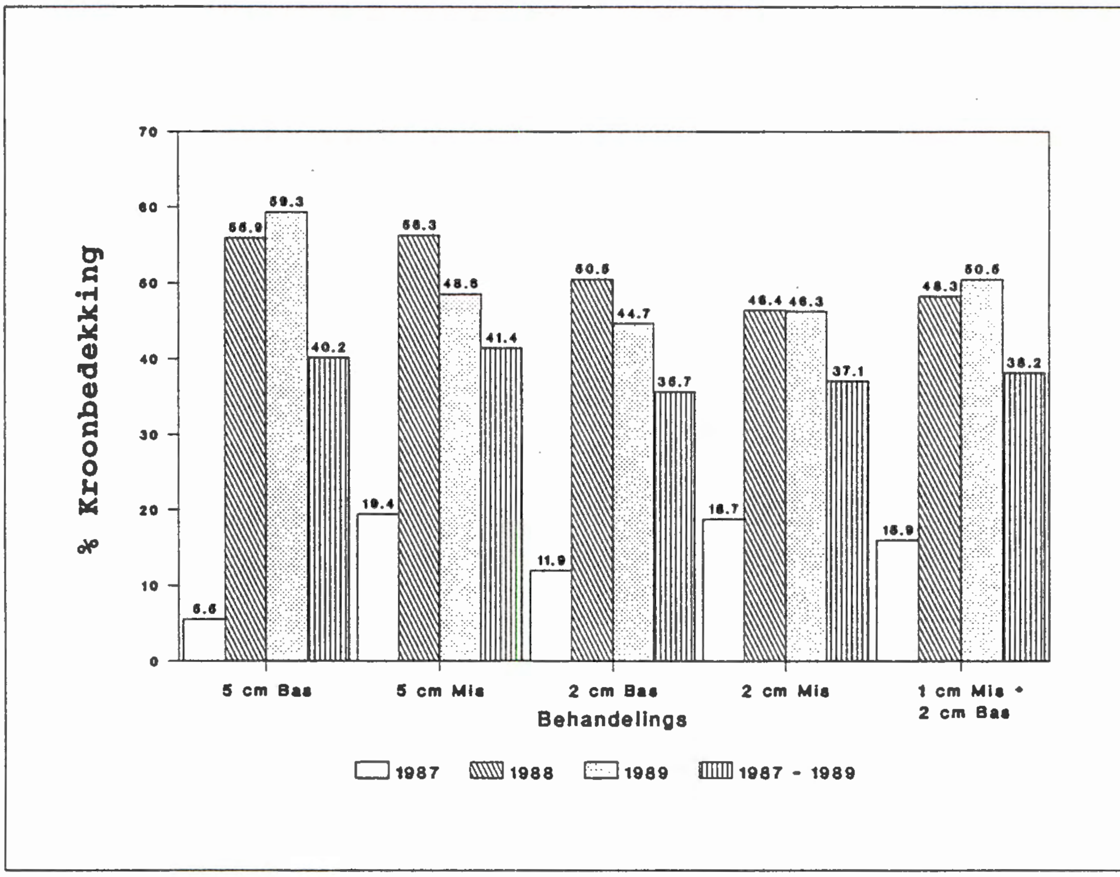
Die <u>kroonbedekkingsresultate</u> van 1987 toon aan dat gemiddeldes van die behandelings met 5 cm mis en 2 cm mis slegs betekenisvol verskil van die met 5 cm bas. Tydens nie een van

die daaropvolgende jare, of selfs die gemiddelde van die van die drie jaar word enige betekenisvolle verskille aangetoon nie.

Slegs in die resultaat van bogrondse droëmassa van 1988 word 'n betekenisvolle verskil tussen die behandeling met 5 cm mis en dié met 2 cm mis aangetref. Die gemiddelde vir die drie jaar toon egter betekenisvolle verskille aan tussen die behandeling met 5 cm mis teenoor die behandelings met 2 cm mis en 1 cm mis/2 cm bas.

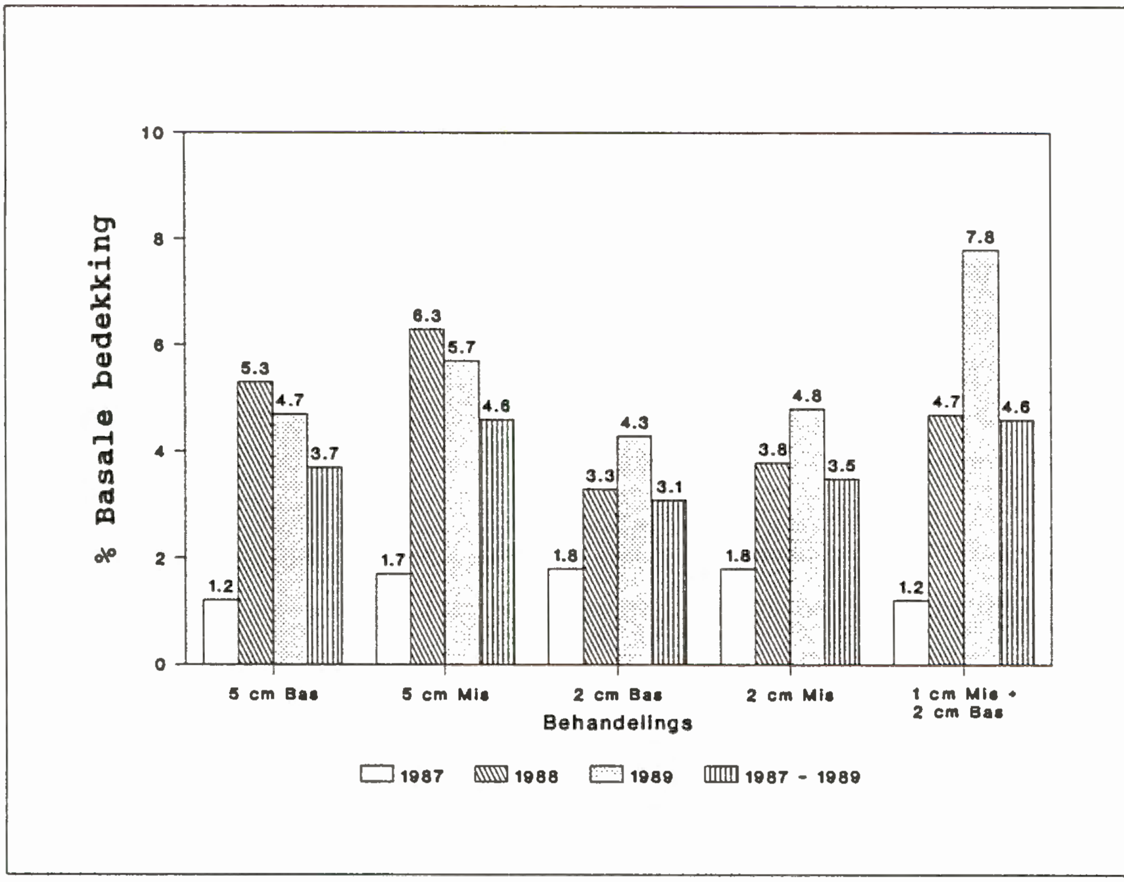
In die meeste gevalle waar daar betekenisvolle verskille aangetref is, was dit die behandeling wat 5 cm mis ontvang het wat 'n beter resultaat gehad het as een of meer van die ander behandelings.

Gedurende die metings van 1989 is daar ook profielgate in 'n hele aantal van die persele gegrawe ten einde die indringing van wortelstelsels te vergelyk. Alhoewel daar nie data in hierdie verband versamel is nie, was dit duidelik dat wortelindringing in geen van die persele dieper as die behandelde sone plaasgevind het nie. Waar wortels wel deur die behandelde laag gedring het, het dit horisontaal gegroei of 'n bondeltjie gevorm. Op plekke waar kaal kolle in die proewe voorgekom het, was dit duidelik dat óf die bogrondlaag óf die lagie organiese materiaal onvoldoende was. Aangesien die plasing van die verskillende lae met vragmotors en ander swaar grondverskuiwingsapparaat gedoen is, kon dit nie akkuraat gedoen word nie.



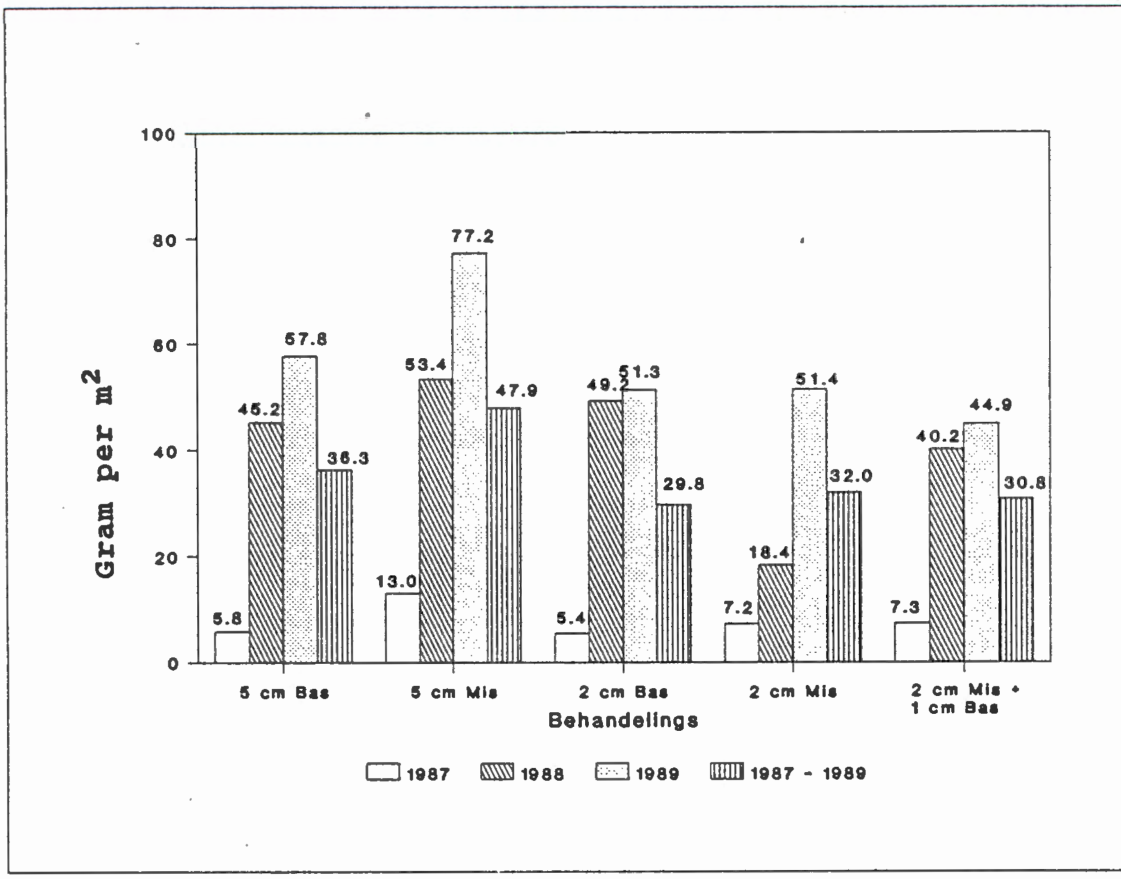
Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1987	13.08	18.2	77.28
1988	13.85	18.89	22.35
1989	17.22	23.48	28.67
Gem.	11.09	16.14	15.29

FIGUUR 3.11: Gemiddelde kroonbedekking van die organiese regstellingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989



Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1987	1.53	2.09	83.92
1988	2.37	3.23	42.15
1989	1.80	2.46	27.46
Gem.	2.03	2.95	27.73

FIGUUR 3.12: Gemiddelde basale bedekking van die organiese regstellingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989



Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1987	7.81	10.65	83.97
1988	32.28	44.02	64.74
1989	41.27	56.29	60.63
Gem.	16.26	23.66	24.57

FIGUUR 3.13: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die organiese regstellingsproef. MSAULI - 1987 tot 1989

Gevolgtrekkings

Tendense wat uit die grafieke waargeneem kan word, is die volgende:

- Geoordeel aan die gemiddelde van die verskillende metings is dit duidelik dat 'n baie beter plantbedekking gevestig het in hierdie proef, waar daar van organiese bemesting gebruik gemaak is, as in die geval van die vorige proef. Die resultate van albei proewe in ag genome, is dit dus duidelik dat die gebruik van organiese materiaal, net soos in die potproewe, 'n radikale verskil in die kieming en vestiging van plante teweeggebring het.

- Veral wat kroonbedekking en bogrondse droëmassa betref, het die behandelings wat beesmis ontvang het, gedurende die eerste seisoen 'n beter resultaat gelewer.

- Hierdie aanvanklike voorsprong is gedurende die tweede seisoen grotendeels uitgewis, moontlik as gevolg van die tydperk waartydens verrotting van die boombas kon plaasvind en verrotte organiese materiaal dus kon vorm. Die aanvanklike voorsprong van die beesmis is waarskynlik juis geleë in die feit dat dit as reeds verrotte materiaal in die asbesuitskot ingewerk is.

- Al drie die laer toedienings het oor die algemeen swakker resultate gelewer as die twee hoër toedienings (5 cm mis en 5 cm bas). Alhoewel die verskille nie altyd betekenisvol was nie, dui die resultate dus daarop dat die hoeveelheid organiese materiaal wat gebruik word 'n baie belangrike faktor kan wees wanneer hervestiging van hierdie uitskot gedoen word.

- Die geringe toename in bogrondse droëmassa en die daling in kroonbedekking by die 2 cm bas-behandeling, kan moontlik 'n aanduiding wees dat die effek van die laer toediening alreeds begin geld. Die aanvanklike uitruilkompleks waardeur elemente langer beskikbaar gehou, swaarmetale vasgevang en waterpenetrasie bevorder is, begin dus verdwyn. Dit kan dus beteken dat veel meer organiese materiaal gebruik sal moet word om te verseker dat 'n plantbedekking vestig wat aan sy eie behoeftes kan voorsien in terme van organiese materiaal.

Plaat 3.13: Aanleguitskothope van die Msauli Chrisotielmyn

Plaat 3.14: Persele 1, 2 en 3 van die regstellingsproef by Msauli Chrisotielmyn

Proef 3 - Regstellingsproef

Proefdoelwit

Rehabilitasie gegrond op die resultate van die voorafgaande proewe sou groot finansiële implikasies inhou. Om hierdie rede is daar besluit om 'n derde proef te doen waarin:

- Hulpbronne uit die direkte omgewing aangewend sal word om waar moontlik as plaasvervangers vir kunsmis en organiese produkte wat oor groot afstande vervoer moet word te dien.

- Om vas te stel of daar nie tog 'n aanvaarbare plantbedekking verkry kan word deur net van anorganiese bemesting gebruik te maak nie.

Proefuitleg en prosedure

'n 7x3 faktoriaalproef met behandelings en herhalings as faktore, is beplan. Sewe persele van 11 x 11 m is op 'n chrisotiel-uitskothoop uitgelê.

In hierdie proef is die grond weereens losgebreek met swaar masjinerie, maar die plasing van organiese materiaal, kunsmis en saad asook die inwerk daarvan is alles met die hand gedoen. Op hierdie wyse is verseker dat meer akkurate plasing van materiaal kon geskied.

Aangesien een van die bodemkundige probleme juis die tekort aan kalium is, is daar besluit om steenkoolas wat ryk aan kalium is en waarvan daar ongeveer 10 ton per dag by die myn geproduseer word, in hierdie proef in te sluit. Verder is

grasmolm wat in groot hoeveelhede in die omgewing van die myn gesny kan word as organiese materiaal gebruik as plaasvervanger vir beesmis.

Gips	Gips	Gips	Gips	Gips	Gips	Gips
-	Steen-koolas	Steen-koolas	Steen-koolas	Steen-koolas	Steen-koolas	-
Bo-grond	Bo-grond	Bo-grond	Bo-grond	Bo-grond	Bo-grond	Bo-grond
Bemes	-	Bemes	Bemes (sonder KCl)	Bemes	Bemes	Bemes
Bees-mis	Bees-mis	Bees-mis	-	-	-	-
-	-	-	-	-	Mulch (gras)	-

Gips - 10 ton/ha
Beesmis - 1 cm
Steenkoolas - 2 cm
Mulch - 10 ton/ha
Bogrond - 10 cm

Bemesting:
KCl - 1500 kg/ha
Superfosfaat - 500 kg/ha
2:3:2: - 200 kg/ha

Figuur 3.14: Diagrammatiese voorstelling van die verskillende behandelings van die regstellingsproef - MSAULI - 1988.

Resultate en bespreking

As gevolg van aktiwiteite by die myn kon hierdie proef vir slegs twee seisoene gemonitor word (1989 en 1990). Die resultate is verkry deur metings soos op bladsy 40 en 41 beskryf, en word in Figure 3.15 tot 3.18 grafies voorgestel.

Reeds aan die einde van die eerste groeiseisoen (1989) was dit duidelik dat al drie die persele wat beesmis ontvang het, beter plantbedekkings as enige van die ander persele gehad het. Met al drie die parameters wat gemeet is, naamlik die

bepaling van kroonbedekking, basale bedekking en bogrondse droëmassa, was die verskille hoogs betekenisvol (P = 0.01). Hierdie hoogs betekenisvolle verskil is ook na die tweede groeiseisoen verkry en word dus ook in die gemiddeldes van die twee seisoene se resultaat weerspieël. In perseel 3, waar al die meliorante wat in die proef gebruik is ingewerk is, was die kroonbedekking, basale bedekking en bogrondse droëmassa die hoogste. Perseel 2 waar anorganiese bemesting weggelaat is se kroon- en basale bedekkings het goed vergelyk met dié van perseel 3. Dit was egter opvallend dat 'n hoogs betekenisvolle laer bogrondse droëmassa in perseel 2 verkry is. Die kroonbedekking van albei persele was hoogs betekenisvol meer as dié van perseel 1, maar die verskil in basale bedekking tussen die drie persele was nie beduidend nie. In perseel 1, waar die steenkoolas weggelaat is, was die bogrondse droëmassa ongeveer dieselfde as dié van perseel 2.

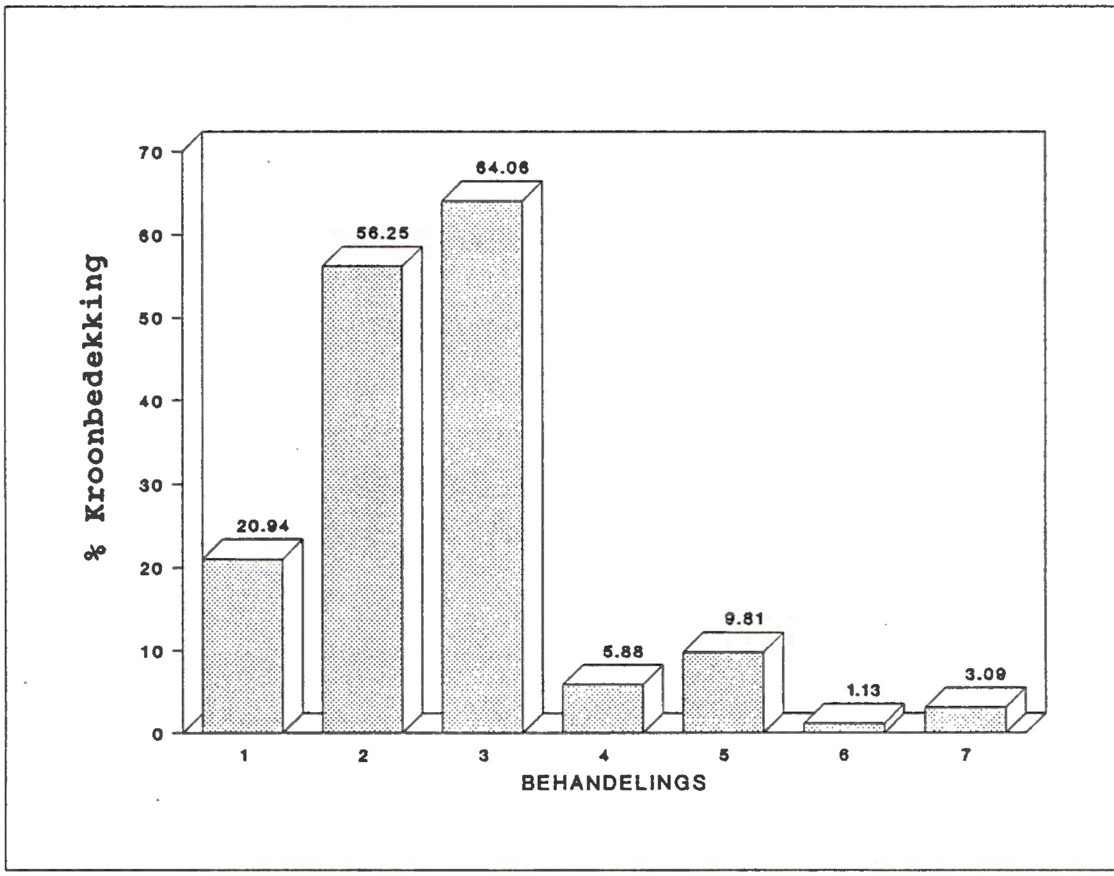
Gedurende die tweede seisoen het die basale bedekkings van al drie die persele verbeter. Ten spyte van die verhoogde basale bedekking, wat toegeskryf kan word aan polle van meerjarige grasse wat aansienlik vergroot het, het die bogrondse droëmassa van persele 2 en 3 feitlik konstant gebly, terwyl dié van perseel 1 sodanig verhoog het dat dit hoogs betekenisvol verskil het van dié van perseel 2.

Uit die resultate van hierdie drie persele wil dit dus voorkom of die weglaat van anorganiese bemesting in perseel 2 eers vanaf die tweede seisoen werklik 'n nadelige uitwerking begin toon het. Die beesmis het vermoedelik aan die aanvanklike behoeftes van die plante voorsien. Die tekort in die geval van perseel 1 gedurende die eerste seisoen kan egter nie verklaar word nie. Uit die tweede seisoen se resultate blyk dit tog of die aanvanklike tekort verminder het.

Persele 4 tot 7 se resultate was van die begin af baie swak. Geen betekenisvolle verskille (P = 0,05) kon tussen die kroon- en basale bedekkings of bogrondse droëmassa van

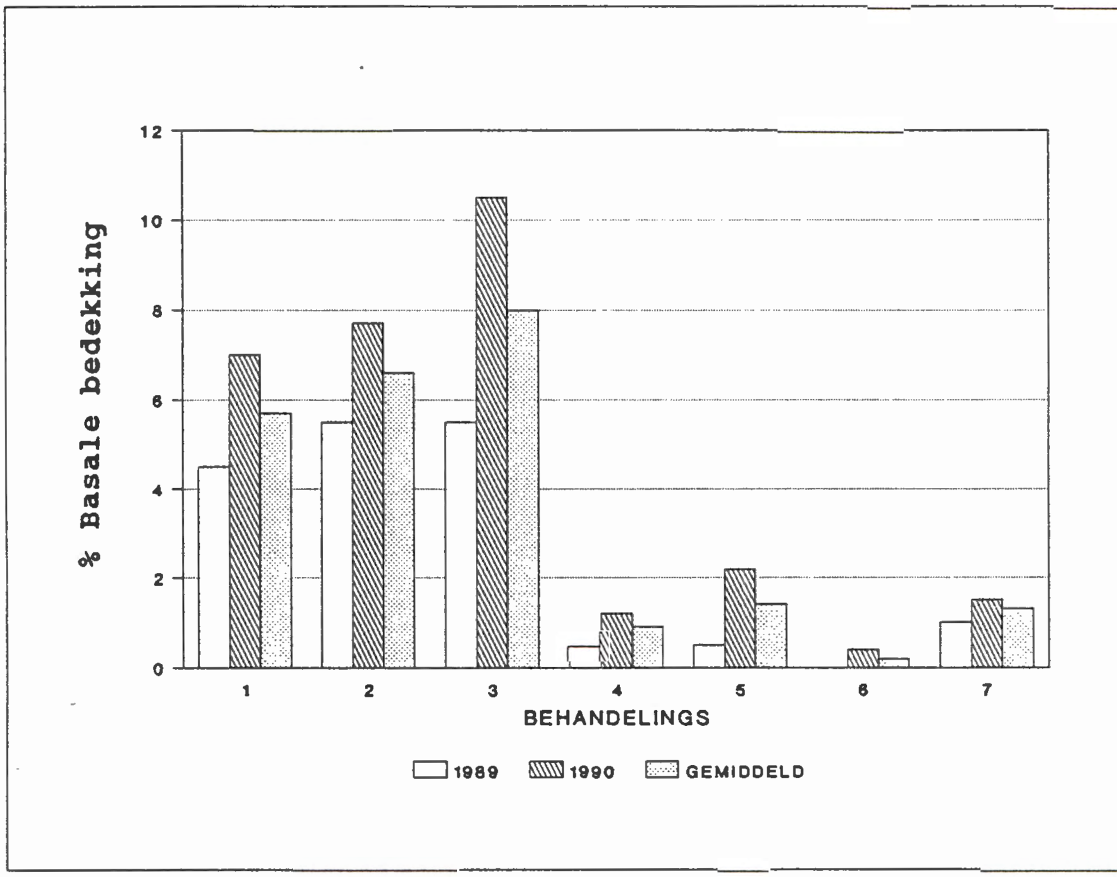
hierdie persele verkry word nie. Die saad het baie swak gekiem en die plante het klein gebly. Die bogrondse droëmassa van 5,07 g 0,5 m^{-2} en minder is 'n aanduiding van die lae vitaliteit van die plante gedurende die eerste seisoen. Selfs na 'n tweede seisoen was die hoogste bogrondse droëmassa 7,48 g 0,5 m^{-2}. Alhoewel daar in al vier hierdie persele gedurende die tweede seisoen 'n verbetering in basale bedekking sowel as bogrondse droëmassa was, was dit gering en totaal onaanvaarbaar.

Die swakste gemiddelde resultaat is dié van perseel 6, waar 10 ton gemaalde gras ha^{-1} ingewerk is. Hierdie resultaat bevestig die resultaat van proef 2, waar daar aanduidings was dat onverrotte materiaal (bas) aanvanklik 'n swakker resultaat in terme van die kieming en vestiging van plante tot gevolg het. Indien hierdie proef oor 'n langer periode gemonitor kon word, kon 'n beter resultaat moontlik na die volgende seisoen te wagte gewees het. In persele 4 en 5, waar die enigste verskil die weglaat van KCl by perseel 4 was, wil dit voorkom of daar 'n weinig beter resultaat verkry is waar KCl wel toegedien is. Hierdie resultaat stem tot 'n mate ooreen met die verskil tussen persele 2 en 3. 'n Vergelyking van persele 5 en 7 waar die enigste verskil die weglaat van steenkoolas in perseel 7 is, toon ook aan dat die gebruik van steenkoolas voordelig vir die kieming en vestiging van plante kan wees. Hierdie growwe materiaal kan 'n belangrike rol speel in die verbetering van die grondtekstuur waardeur waterpenetrasie verhoog en wortelindringing verbeter word. As gevolg van die organiese aard van hierdie materiaal, kan dit ook 'n rol speel in die vorming van 'n beter uitruilkompleks terwyl die hoë kaliuminhoud van steenkoolas ook die tekort in die groeimedium kan verminder. Die klein verskil tussen persele 6 en 7 toon aan dat selfs die weglaat van steenkoolas uit perseel 7, en die gebruik van 'n vermolmde grasdeklaag in perseel 6 nie 'n noemenswaardige verskil teweeggebring het nie.



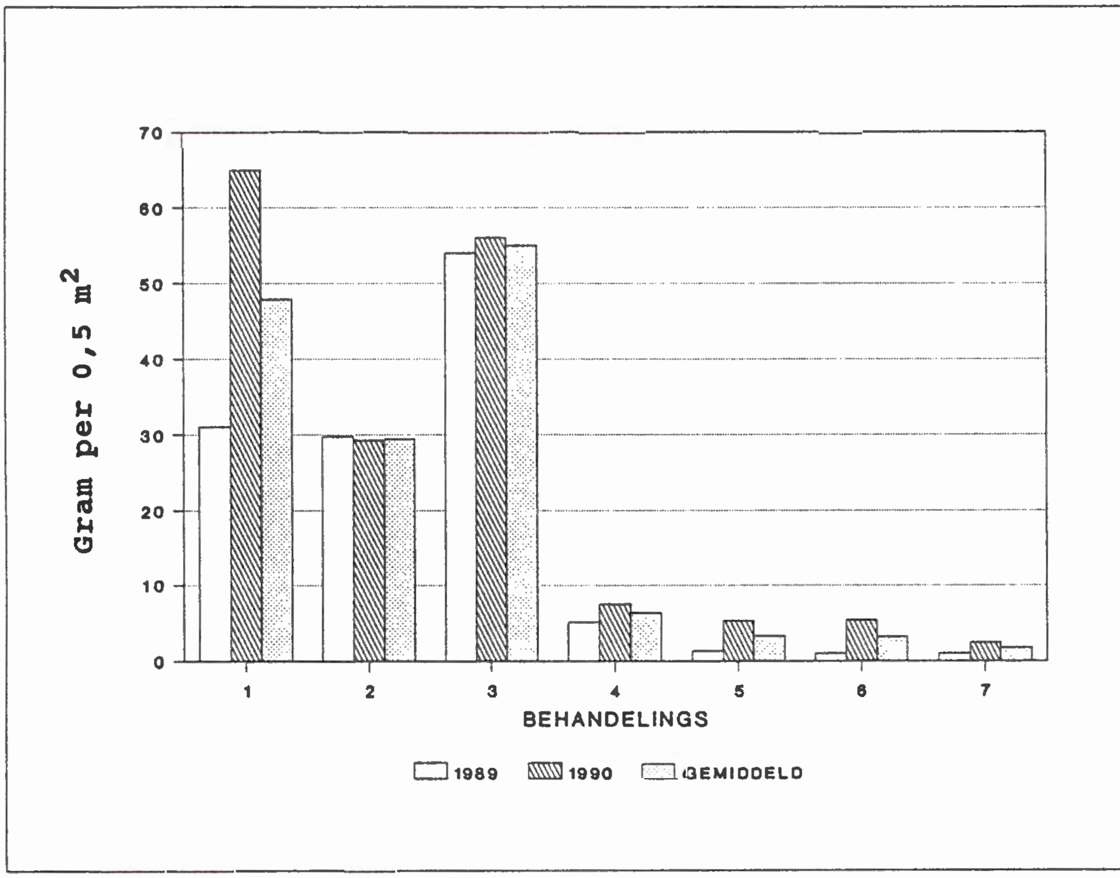
Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1989	21.73	29.77	63.55

FIGUUR 3.15: Gemiddelde kroonbedekking van die regstellingsproef - Proef 3. MSAULI - 1989



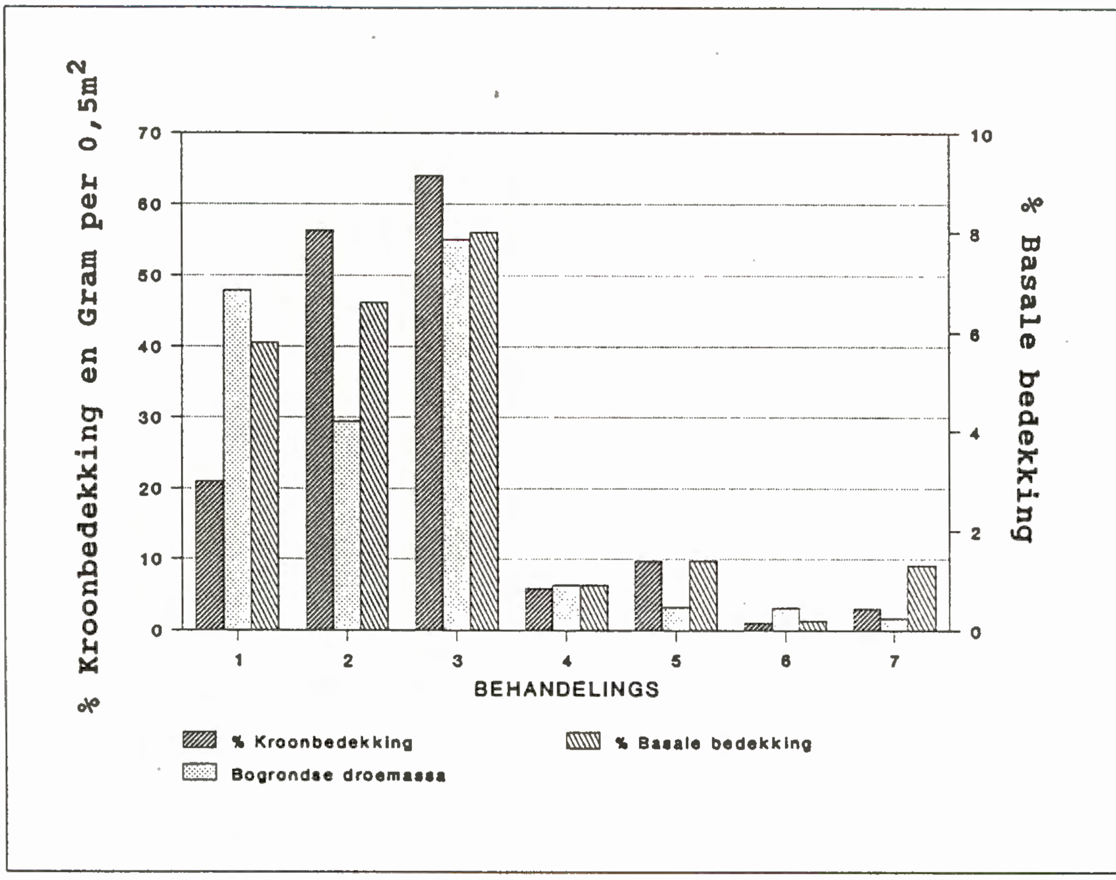
Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1989	3.75	5.09	115.03
1990	3.49	4.91	45.26
Gem.	2.80	4.24	33.38

FIGUUR 3.16: Gemiddelde basale bedekking van die regstellingsproef - Proef 3. MSAULI - 1989 tot 1990



Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1989	11.05	23.36	65.19
1990	14.81	20.29	40.93
Gem.	20.89	31.64	40.71

FIGUUR 3.17: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die regstellingsproef - Proef 3. MSAULI - 1989 tot 1990



FIGUUR 3.18: **Gemiddelde kroonbedekking, basale bedekking en bogrondse droëmassa van die regstellingsproef - Proef 3. MSAULI - 1989 tot 1990**

Gevolgtrekkings

Uit die reeks proewe wat uitgevoer is by hierdie myn, kan die volgende dus met 'n redelike mate van sekerheid aanvaar word:

1. Geen plantegroei kan gevestig word sonder radikale chemiese en fisiese regstelling van die betrokke materiaal nie.

2. Die hoeveelheid organiese materiaal wat gebruik word asook die kwaliteit daarvan sal tot 'n groot mate die sukses van die vestiging van 'n plantbedekking bepaal.

3. Die plasing van tot 200 mm bogrond sonder chemiese regstelling sal nie voldoende wees om 'n plantbedekking te vestig nie.

4. Die penetrasie van wortels sal slegs plaasvind in die lae wat chemies en fisies reggestel is. Om hierdie rede is dit onwaarskynlik dat bome wat oor die algemeen 'n diep penwortelstelsel het in hierdie materiaal sal vestig.

5. Dit wil voorkom of steenkoolas wel met vrug gebruik kan word, aangesien dit organies van aard is en dus 'n bydrae kan lewer ten opsigte van die daarstelling van 'n uitruilkompleks. Verder sal die growwe tekstuur help om die verdigting van die chrisotieluitskot te verminder terwyl die relatief hoë kaliuminhoud ook hierdie tekort kan help aanvul.

Alhoewel een van die uiterste gevalle hier beskryf is, is dit die uitsondering en is die regstellings wat by die meeste myne gedoen moet word baie minder gekompliseerd.

3.4.2.2 Proewe by Thabazimbi ysterertsmyn

Hierdie myn is geleë in die Noordwes-Transvaal (24^{o} $37'$ S en 27^{o} $24'$ O), ongeveer 200 km noord-wes van Pretoria (Fig. 2.1), met 'n gemiddelde reënval van 656 mm per jaar (Weerburo, 1986).

Die afvalmateriaal van hierdie myn bestaan hoofsaaklik uit dolomiet- en lintysterafval. Die grondontledings van die twee uitskotmateriale word in tabel 3.12 verskaf.

Volgens die ontledings, is die P-inhoud van albei materiale laag. Die K-status van die lintysterafval is bevredigend maar kan aangevul word om te kompenseer vir dit wat deur die plant

opgeneem word. Die verhouding van die verskillende elemente tot mekaar is ook in albei gevalle bevredigend. By 'n pH van ± 6,5 is die meeste van die noodsaaklike elemente wat in die grond beskikbaar is, in opneembare vorm. Die grootste probleem wat verwag kan word, is die lae slik- en klei-inhoud asook die totale afwesigheid van organiese materiaal wat meebring dat daar 'n swak uitruilkompleks bestaan. Dit het tot gevolg dat die loging van opgeloste elemente maklik kan plaasvind. Hierdie probleem word veral gedurende die eerste jare na die storting van die materiaal vererger deurdat die materiaal nog nie gekompakteer het nie.

TABEL 3.12: Resultate van bodemkundige ontledings van uitskotmateriaal van THABAZIMBI ystererts myn (1985).

	Dolomitiese afval	Lintyster-afval
Tekstuur:		
% Klei	3	9
% Slik	10	13
% Sand	87	78
Voedingstatus: (dpm)		
P	3	3
K	274	94
Ca	2411	369
Mg	553	220
Na	9	21
Zn		
pH:		
KCl	5.8	5.6
H_2O	6.5	6.6

Bemestingsproef

Proefdoelwit

Om vas te stel wat die effek van bemesting op die vestiging van plante in hierdie materiaal is, is 'n proef gedurende November 1985 uitgelê op vars gestorte dolomietafval.

Proefuitleg en prosedure

Ter voorbereiding van die proef is ± 300 m^3 lintysterafval op 'n gelykvlak aan die suidekant van die myn gestort en gelykgemaak. 'n 3x3 faktoriaal-proef met behandelings en herhalings as faktore is daarna uitgelê. Die verskillende behandelings is toegepas in drie persele van 12 x 8 m. Elk van hierdie behandelingspersele is verdeel in drie replikate.

Die persele is soos volg bemes:

Perseel A (3 replikate):

500 kg ha^{-1} Superfosfaat
100 kg ha^{-1} KCl
150 kg ha^{-1} 2:3:2(22)

Perseel B (3 replikate)

250 kg ha^{-1} Superfosfaat
100 kg ha^{-1} KCl
75 kg ha^{-1} 2:3:2(22)

Perseel C (3 replikate)

Geen bemesting

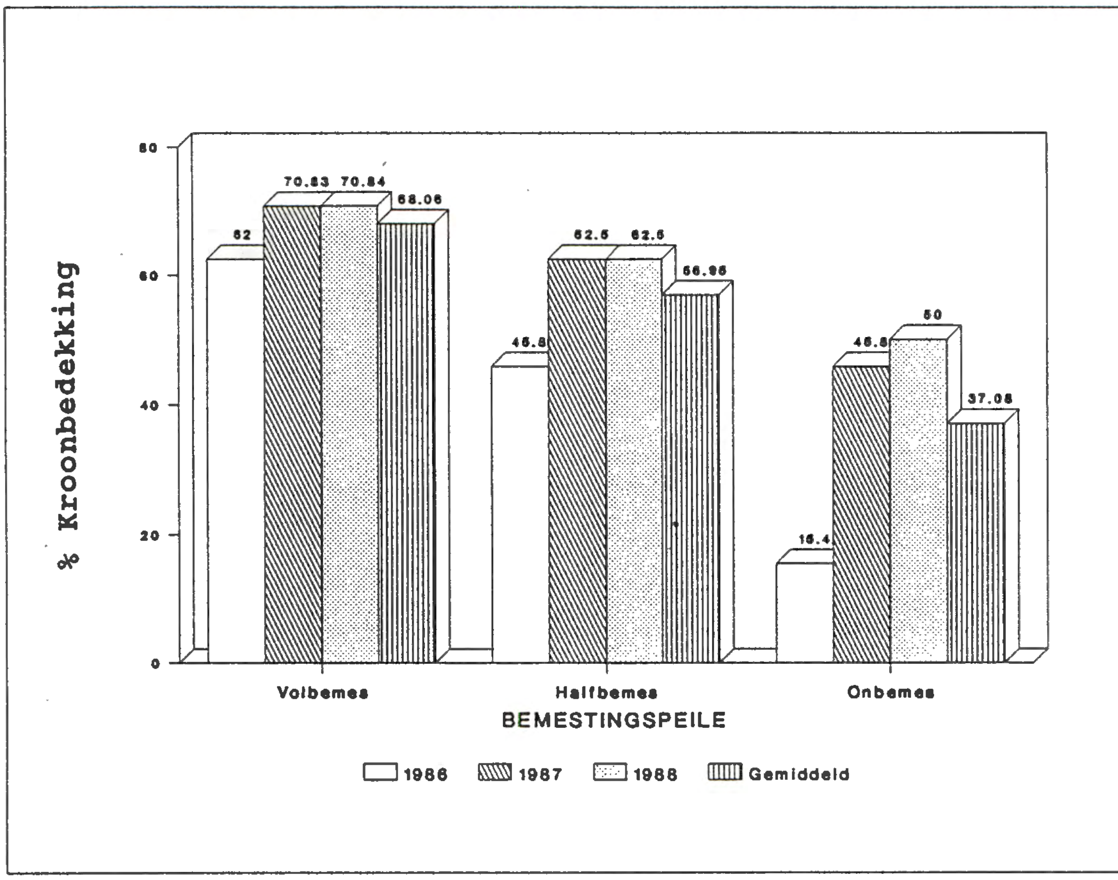
Al die persele is ná bemesting geskarifieer om die kunsmis in te werk en terselfdertyd 'n beter saadbed daar te stel.

Al die persele is gesaai met die volgende saadmengsel:

Spesie	kg ha^{-1}
Cenchrus ciliaris	2
Panicum maximum	2
Digitaria eriantha	2
Cynodon dactylon	2
Eragrostis curvula	2
Aristida congesta	
Aristida adscensionis	
Aristida scabrivalvis	200 kg ha^{-1}
Chloris virgata	opgesuigde
Melinis repens	materiaal
Urochloa brachyura	
Tragus berteronianus	
Enneapogon cenchroides	

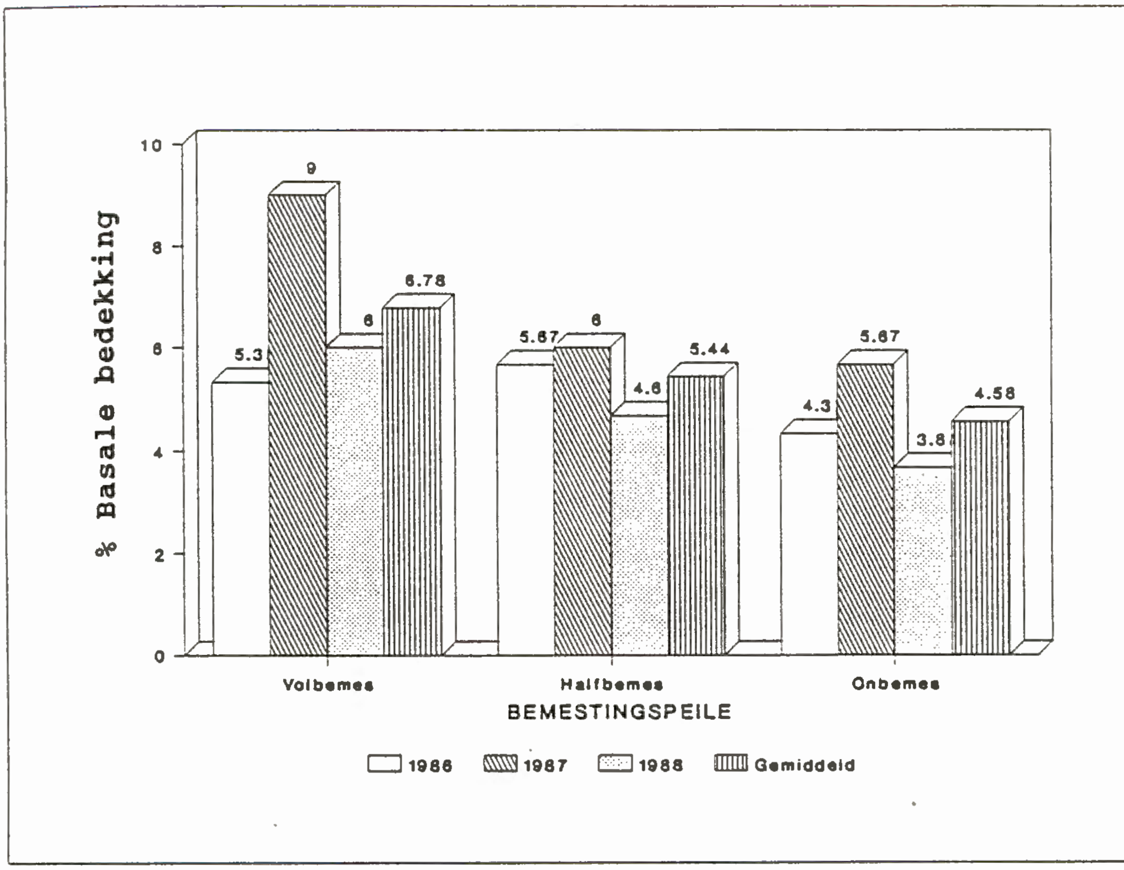
Die opgesuigde materiaal is versamel in ou lande en in padreserwes en sluit saad van die genoemde spesies, asook stokkies en blare in. Alhoewel die saad van die opgesuigde spesies versamel word in gebiede waar daar 'n redelike skoon stand van genoemde spesies is, is daar altyd saad van minder volop spesies in die mengsel teenwoordig.

Metings van verskillende parameters is vanaf 1986 tot 1988 aan die einde van elke groeiseisoen (April/Mei) gedoen volgens die prosedures soos beskryf op bladsye 40 en 41. In Figure 3.20 tot 3.22 word die resultate grafies voorgestel.



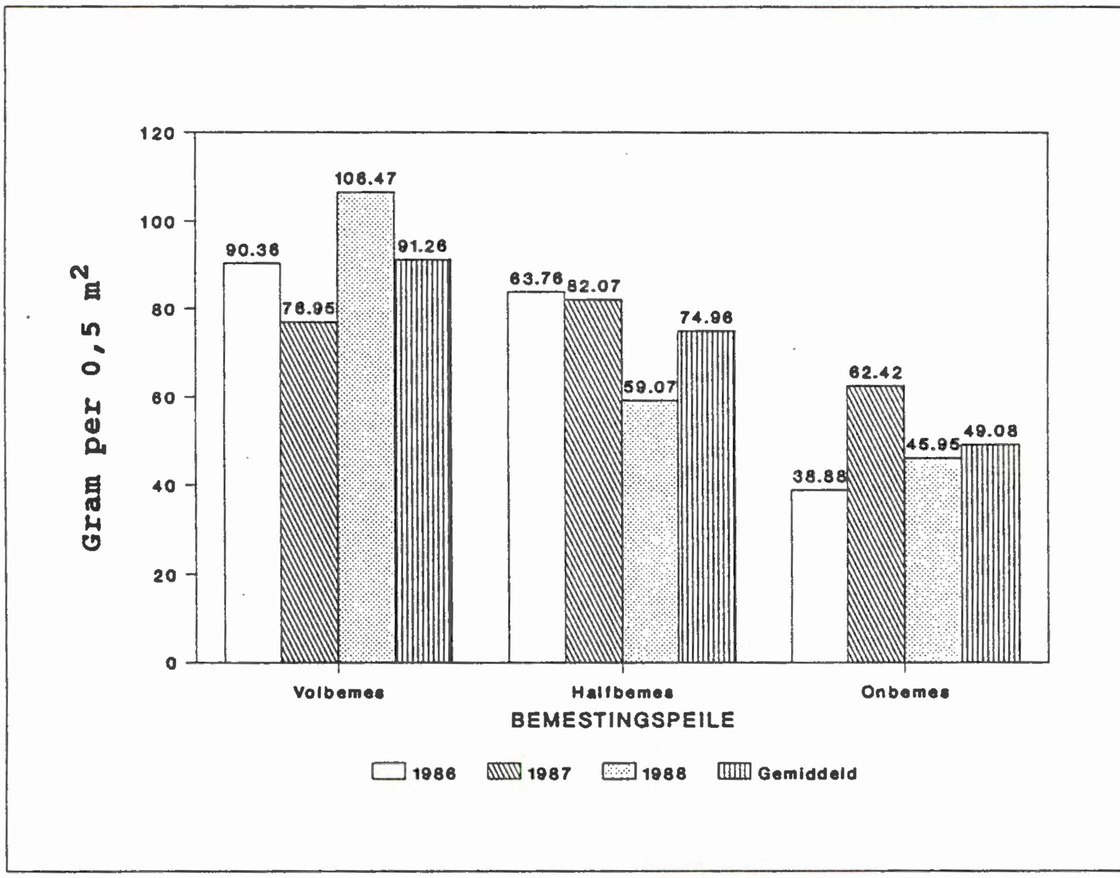
Helling (grade)	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1986	14.09	20.04	26.56
1987	15.16	21.56	19.73
1988	11.24	15.99	14.30
Gemiddeld	16.29	27.02	13.30

FIGUUR 3.19: Gemiddelde kroonbedekking van die bemestingsproef. THABAZIMBI - 1986 tot 1988



Helling (grade)	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1986	3.89	6.46	33.6
1987	2.73	4.53	17.48
1988	4.41	7.31	40.69
Gemiddeld	1.95	3.23	15.38

FIGUUR 3.20: Gemiddelde basale bedekking van die bemestingsproef. THABAZIMBI - 1986 tot 1988



Helling (grade)	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1986	22.25	31.66	24.37
1987	51.62	73.42	54.36
1988	34.04	48.42	37.54
Gemiddeld	37.42	62.06	23.00

FIGUUR 3.21: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die bemestingsproef. THABAZIMBI - 1986 tot 1988

Resultate en bespreking

Na die eerste seisoen was daar 'n hoogs betekenisvolle verskil tussen die kroonbedekkings (Fig. 3.19) van die twee bemeste behandelings teenoor die onbemeste behandeling (P = 0,01). Die verskil tussen die volbemeste perseel en die halfbemeste perseel was baie kleiner maar ook betekenisvol (P = 0,05). Alhoewel die verskil gedurende die daaropvolgende jare kleiner geword het, was dié tussen die volbemeste en onbemeste persele steeds hoogs betekenisvol. Selfs die gemiddelde gereken oor drie jaar toon steeds aan dat die volbemeste perseel se resultate hoogs betekenisvol verskil van die van die onbemeste perseel. Die halfbemeste perseel se resultate is ook steeds betekenisvol beter as die van die onbemeste perseel.

Die bogrondse droëmassaverskille was na die eerste seisoen basies dieselfde as in die geval van die kroonbedekking. Ten spyte van die verskille in kroonbedekking van seisoen twee, was daar egter nie enige beduidende verskille in bogrondse droëmassa nie. Dit wil voorkom of die tekorte gedurende die derde seisoen weer meer prominent na vore begin kom. Dit kan duidelik gesien word in die hoogs betekenisvolle verskil tussen die vol- en onbemeste persele, asook die betekenisvolle verskil tussen die vol- en halfbemeste perseel. Gemiddeldes bereken oor drie jaar dui aan dat die verskil tussen die resultaat van die vol- en onbemeste persele wel betekenisvol is. Die bogrondse droëmassa van die halfbemeste perseel verskil egter nie betekenisvol van enige van die ander persele nie.

Behalwe vir die eerste jaar waar die hoogste basale bedekking in die halfbemeste perseel gekry is, was die algemene tendens ook in hierdie metings dieselfde as by die ander twee opnamemetodes. Die verskil tussen die basale bedekkings is oor die algemeen nie betekenisvol nie, behalwe soos weerspieël is deur die 1987-resultate waar daar wel 'n betekenisvolle

verskil aangeteken is tussen die basale bedekkings van die volbemeste persele aan die een kant en die half- en onbemeste persele aan die ander kant. Na drie seisoene was slegs die resultaat van die volbemeste perseel betekenisvol beter as die van die onbemeste perseel.

Dit is teleurstellend dat Melinis repens wat as 'n pionier beskou kan word, selfs na die derde seisoen nog steeds gedomineer het. Cynodon dactylon figureer ook in al die metings nog baie sterk. Dit is duidelik dat hierdie twee spesies 'n uiters belangrike rol vervul, maar ook dat die saadmengsel aangepas sal moet word sodat die stand van veral Cenchrus ciliaris verbeter kan word. Alhoewel die ander meerjarige grasse soos Anthephora pubescens, Eragrostis curvula en Digitaria eriantha van die begin af teenwoordig was, het hulle tot aan die einde van die derde seisoen nooit werklik 'n noemenswaardige bydrae tot die plantbedekking gelewer nie (Van Wyk, 1988c). In vergelyking met die natuurlike habitat van hierdie drie spesies (Van Oudtshoorn, 1991), wil dit voorkom of die klipperige medium met relatief min fyn materiaal, nie geskik is vir hul vestiging nie.

Alhoewel daar in 1992 waargeneem is dat Cenchrus ciliaris reeds groot polle gevorm het en stelselmatig besig was om te versprei, is Melinis repens en Cynodon dactylon volgens die data wat versamel is steeds die spesies wat domineer. Die ander grasse met 'n hoër ekologiese status is steeds teenwoordig maar daar is weinig tekens van vermeerdering.

Gevolgtrekkings en aanbevelings

Uit die resultate van die proewe wat by die twee betrokke myne uitgevoer is, kan die volgende afgelei word:

1. Die regstellingsprobleme van die groeimedium sal van myn tot myn verskil. Daar bestaan geen moontlikheid om 'n algemene resep daar te stel wat by alle myne toegepas kan word nie.

2. Dit is wel moontlik om die groeimedium deur die toediening van anorganiese of organiese ameliorante sodanig te manipuleer dat dit geskik is om plantegroei te onderhou.

3. Dit is noodsaaklik om chemiese en in sommige gevalle ook fisiese ontledings te doen van die materiale waarin plante gevestig gaan word om sodoende vas te stel presies waar oormate of tekorte bestaan.

4. In ekstreme gevalle soos by Msauli, kan selfs die plasing van 200 mm bogrond saam met ameliorante onvoldoende wees om 'n medium te skep waarin alle plante uit die omgewing kan vestig, aangesien wortelpenetrasie slegs tot die reggestelde sone beperk sal wees.

5. In gevalle waar die hervestiging slegs teen baie hoë koste gedoen sal kan word, sal dit raadsaam wees om stortingsmetodes te oorweeg waar die "gekontamineerde" medium begrawe word of die oppervlakte wat besoedel word tot die minimum beperk word.

3.5 DEKLAE

3.5.1 Inleiding

Die gebruik van bogrond as deklaag is alreeds gedurende 1968 deur Heslinga (1968) vir die hervestiging van padreserwes aanbeveel. In 1973 word daar in die spesifikasies van die Departement van Vervoer (Department of Transport, 1973) aanbeveel dat bogrond gebruik moet word teen opvullings en uitgrawings, en dat die bogrond vrugbare leemgrond moet wees wat vry is van afvalmateriaal, wortels, swaar of stywe klei, klippe groter as 55 mm in deursnee, growwe sand, onkruidsaad of ander ongewenste materiaal.

Die waarde van die gebruik van bogrond lê onder andere in die volgende:

- Bogrond bevat groot hoeveelhede saad vanuit die lokale gebied. Hierdie saad is reeds aangepas by omgewingstoestande en het dus 'n baie beter kans op oorlewing as saad wat kommersieel beskikbaar is (Glass, 1989).

- Bogrond bevat organiese materiaal wat help met die deurlugting en penetrasie van water. Verder help die organiese materiaal om 'n uitruilkompleks vir noodsaaklike voedingstowwe te skep (Brady, 1984).

- Mikroörganismes soos stikstofbindende en verrottingsbakterieë is reeds teenwoordig in bogrond (Brady, 1984; Harris, 1988).

- Spoorelemente is ook reeds in die bogrondlagie teenwoordig (Davies & Jones, 1988).

- Die konsentrasies waarin noodsaaklike elemente in bogrond voorkom, is gewoonlik baie gunstiger vir normale groei en ontwikkeling as in ondergrond (Sencindiver et al., 1989).

Vogel (1987?) se motivering vir die gebruik van bogrond in padreserwes in die VSA is gebaseer op bogenoemde voordele.

Volgens Bradshaw en Chadwick (1980) word die gebruik van bogrond wêreldwyd aanbeveel en word in sommige kringe selfs beweer dat bogrond unieke kwaliteite besit wat op geen manier nageboots kan word nie. Hierdie inherente kwaliteite bring mee dat nasorg wat tydrowend en baie duur is tot 'n minimum beperk kan word. Die enigste rede waarom die gebruik van bogrond nog nie wêreldwyd aanvaar word nie, is die koste-implikasies, veral as die bogrond oor groot afstande aangery moet word.

Redente en Hargis (1985) het bevind dat 600 mm bogrond op mynafval 'n baie beter bogrondse droëmassa gelewer het as 450 mm bogrond. As gevolg van die swakker groei van meerjarige grasse op die 450 mm bogrond, was daar minder kompetisie en het gevolglik meer spesies op die vlakker grond gevestig. Hierdie waarneming bring dus mee dat die uiteindelike doel met rehabilitasie sal bepaal welke dikte bogrond gebruik sal word.

In gevalle waar mynafval wat so toksies is dat normale groei en ontwikkeling van plante nie kan plaasvind nie, gerehabiliteer moet word, sal die mate van toksisiteit bepaal hoe dik die deklaag is wat gebruik moet word. Die dikte van die deklaag op suur, alkaliese of versoute grond bepaal dus die dikte van die wortelsone asook die water- en voedingstatus aangesien die onderliggende medium nie plantegroei kan onderhou nie. Dit spreek dus vanself dat daar in sulke gevalle slegs van 'n grasbedekking sprake is, aangesien

houtagtige plante met diep wortelstelsels nie in 'n sodanige medium kan vestig nie. Die navorsing van Redente, Mount en Ruzzo (1982) op olieskalie ("retorted oil shale") het aangetoon dat 'n deklaag van 900 mm voldoende was om 'n plantbedekking van inheemse plante te vestig waardeur erosie effektief bekamp is. Daar word nie melding gemaak van enige nadelige effekte van die olieskalie op die normale groei en ontwikkeling van die plante nie. Positiewe resultate is ook verkry waar 'n laag gruis onder 'n 600 mm laag bogrond gegooi is. Die gruislaag het 'n kappillêre buffer gevorm waardeur toksiese soute nie kon beweeg nie.

Dannhauser (1975) het in proewe in padreserwes in die Mooirivier/Estcourt (Natal) omgewing bevind dat die kieming van grassaad 54% hoër is in persele met bogrond in vergelyking met persele sonder bogrond.

Ten spyte van al die goeie kwaliteite van bogrond, is die verkeerde aanwending daarvan egter sinloos. Dannhauser (1978) rapporteer gevalle waar bogrond in proewe teen 'n 1:2,5 (+ 21,5°) helling in die Knysna-gebied binne een seisoen 100% weggespoel het. Die enigste manier waardeur bogrond in sulke gevalle in posisie gehou kan word, sal wees deur gebruik te maak van stabiliseringstegnieke soos byvoorbeeld Löffelsteinblokke, hervestigingsilinders of ander soortgelyke produkte wat beskikbaar is. Die kostes wat hieraan verbonde is, is egter so hoog dat dit slegs in uiterste gevalle aangewend kan word. Die agteruitgang van die plantbedekking teen die hellings van uitgrawings langs die snelweë in die Witwatersrand en op die Witbank-snelweg is 'n sprekende voorbeeld van die verkeerde aanwending van bogrond (Plate 3.15 en 3.16).

Volgens Bradshaw en Chadwick (1980) is die mees logiese oplossing van die versteuringsprobleem, die beleid dat voorkoming beter is as genesing. Indien 'n gebied wel versteur moet word met die oog op padbou, mynbou of om watter

rede ook al, is dit noodsaaklik dat die bogrond ($\leq$ 300 mm) en die ondergrond ($\leq$ 600 mm) apart gestroop en geberg word met die oog op terugplasing nadat die betrokke aktiwiteite afgehandel is. Hierdie diktes is egter relatief aangesien daar gevind is dat sand by Grootegeluk steenkoolmyn tot op 'n diepte van 8 m chemies weinig verskil van dié wat in die boonste 100 mm versamel is. Selfs in fisiese samestelling kon weinig indien enige verskille waargeneem word (Van Wyk, 1987a).

In skrille kontras hiermee is die lagie bogrond waarin plante kan vestig op sommige plekke in die Noord-Kaap slegs enkele millimeters dik, terwyl die ondergrond bestaan uit swak verweerde kalksteen. In hierdie geval is die stroping van die bogrond dus 'n onpraktiese en onbegonne taak.

Sencindiver et al. (1989) het deklaagproewe uitgevoer by oopgroefsteenkoolmyne in Wes-Virginia. Die lae pH van die uitskothope het tot gevolg gehad dat geen plantegroei in die uitskot gevestig kon word nie. As gevolg van 'n tekort aan bogrond is gebruik gemaak van 'n mengsel van bogrond en die deklaag (sandsteen) waaronder die steenkoollae lê.

Die resultate wat verkry is toon aan dat deur die vermenging van die alkaliese sandsteen met die suur bogrond 'n baie effektiewe medium geskep is wat as plaasvervanger van bogrond kan dien. As gevolg van die tekorte aan noodsaaklike elemente in hierdie medium was dit noodsaaklik om aanvanklik 'n intensiewe bemestingsprogram te volg. Nasorg in die vorm van gereelde monitering en topbemesting is noodsaaklik en kan duur wees.

Bradshaw en Chadwick, (1980) wys egter daarop dat alhoewel dit algemeen aanvaar word dat bogrond vrugbaarder as die onderliggende lae moet wees, dit nie noodwendig so is nie.

Plaat 3.15: Erodering van bogrond teen 'n te steil snyhelling waar geen waterbeheer toegepas is nie.

Plaat 3.16: Erodering van 'n te steil snyhelling.

3.5.2 Proewe met betrekking tot deklae

In die Noord-Kaap vestig weinig indien enige plante spontaan op die afvalhope van sommige van die myne. Die feit dat bogrond ook in die meeste gevalle uiters min is en wissel vanaf geen tot slegs enkele sentimeters dik, het meegebring dat daar na ander materiale as 'n deklaag gesoek moes word.

3.5.2.1 Proewe by Sishen ysterertsmyn

Aangesien weinig plante spontaan op die afvalhope van hierdie myn vestig, is daar 'n hele aantal proewe op die myn uitgelê om vas te stel of plante wel gevestig kan word.

Die resultate van die eerste reeks proewe wat teen die hellings van die afvalhope uitgelê is (35^{o}) was almal negatief (Van Wyk, 1985c). Die materiale waarop die proewe uitgelê is, het bestaan uit verweerde kalk, vars kalk, bogrond en uitskotmateriaal (soos wat dit uit die oopgroefmyn afkomstig is). Hierdie materiale is almal gestort bo-op die afvalmateriaal van 'n uitskothoop. Op die bogrond het wel plante gevestig, maar binne die bestek van twee seisoene is alle bogrond weggeërodeer en was die hele proef tot niet.

Dit was duidelik dat die uitskotmateriaal nie teen hierdie hellings enige plantegroei kan onderhou nie en dat daar wel van een of ander deklaag gebruik gemaak sal moet word. Bogrond is vir alle praktiese doeleindes glad nie beskikbaar nie, aangesien dit wissel in dikte vanaf geen, tot slegs 'n paar sentimeter.

Nadere ondersoek het aangetoon dat daar 'n hele verskeidenheid materiale uit die myn afkomstig is wat, indien dit plantegroei kan onderhou, moontlik as deklae gebruik sal kan word. Hierdie materiale en hul ontledings word in Tabel 3.13 aangetoon:

TABEL 3.13: Bodemkundige ontledings van die verskillende materiale soos aangetref by SISHEN ysterertsmyn

Materiaal	pH		Beskikbare plantvoedingstowwe (dpm)					Tekstuur			
								Sand			
	H O	KCl	P	K	Ca	Mg	Na	Grof	Fyn	Slik	Klei
Kalkreet	6.8	7.8	<3	33	3211	245	19	34	622	39	5
Rooi klei	6.4	7.4	<3	152	6310	1557	38	1	19	80	0
Lawa	6.7	8.2	<3	51	1822	124	22	70	28	1	1
Kwartsiet	6.8	7.9	<3	10	68	9	8	72	27	1	0
Tech skalie	6.6	7.4	<3	37	646	346	33	1	23	50	26
Plavei skalie	5.9	6.7	<3	66	141	33	14	64	26	9	1
Swart skalie	5.7	6.3	<3	80	204	88	14	66	30	4	0
Bruin skalie	5.9	6.8	<3	173	152	32	10	76	21	2	1
Fyn erts	5.9	6.8	<3	54	41	52	54	74	16	9	1
Slik	6.3	7.3	<3	112	1909	264	543	2	7	62	29
Uitskot	6.7	7.8	<3	39	419	63	15	72	26	1	1
Diabaas	7.0	8.0	<3	123	10371	1739	47	9	46	18	27
Rooi bogrond	5.2	6.7	<3	262	2681	1271	67	26	35	12	27
Donker bogrond	6.2	7.7	<3	343	3666	154	42	18	61	10	11

Volgens Van Wyk (1987b) toon resultate van potproewe waar slegs die fyner fraksies van hierdie materiale gebruik en onder ideale glashuistoestande geplaas is aan dat al hierdie materiale plantegroei tot 'n mindere of meerdere mate kan onderhou indien dit daagliks benat word, ten spyte van 'n tekort aan fosfate wat by al hierdie materiale voorkom.

Na samesprekings met die owerhede van die myn, asook uit die bodemkundige ontledings (Tabel 3.13), is tot die volgende gevolgtrekkings gekom:

- In al die materiale behalwe die twee tipes bogrond is daar uit die aard van hul oorsprong geen organiese materiaal teenwoordig nie. Dit bring mee dat daar 'n baie swak uitruilkompleks bestaan. Op sy beurt het dit tot gevolg dat hierdie materiale 'n swak waterhouvermoë asook 'n swak adsorbsievermoë het.

- **Kalkreet**

Daar is groot hoeveelhede van hierdie materiaal beskikbaar en dit sou ideaal wees om daarvan ontslae te raak deur dit as deklaag te gebruik. Volgens die chemiese ontledings het dit 'n redelike voedingstatus, maar die kleipersentasie is laag. Die materiaal is deurgaans baie grof, sodat daar min fyn materiaal is waarin kieming en wortelontwikkeling kan plaasvind. Die kalsiumstatus is baie hoog en veroorsaak 'n wanbalans wat wel reggestel sal kan word.

- **Rooiklei**

Daar is baie min van hierdie materiaal beskikbaar. Die uitermate hoë kalsiuminhoud en slikpersentasie, die wan balans tussen elemente asook die korsvorming wat plaasvind, maak hierdie materiaal nie geskik vir gebruik as deklaag nie.

- **Lawa**

Alhoewel hierdie materiaal 'n redelike voedingstatus het, kom dit in uiters klein hoeveelhede op die myn voor en word dit dus nie verder oorweeg vir gebruik nie.

- **Kwartsiet**

Daar is redelike hoeveelhede van hierdie materiaal beskikbaar. Die voedingstatus is egter baie laag. Die materiaal bestaan hoofsaaklik uit rotsblokke en is daarom ook nie geskik vir 'n deklaag nie.

- **Techskalie**

Alhoewel die techskalie 'n redelike voedingstatus het, kom dit in klein hoeveelhede voor en het dit 'n hoë persentasie slik wat meebring dat korsvorming baie gou plaasvind.

- **Plaveiskalie**

Dit kom voor in die vorm van groot klippe en het 'n lae voedingstatus.

- **Swartskalie**

Klein hoeveelhede van hierdie materiaal word aangetref. Dit het 'n lae voedingstatus en 'n lae kleipersentasie.

- **Bruinskalie**

Ook hierdie materiaal kom in klein hoeveelhede voor en het 'n baie lae kleipersentasie en voedingstatus.

- **Fyn erts**

Groot hoeveelhede van hierdie materiaal word aangetref, maar word as 'n sekondêre produk beskou wat weer later gebruik mag word vir die ontginning van yster. Dit het ook 'n lae kleipersentasie en voedingstatus.

- **Slik**

In 'n vermenging met growwe materiale kon hierdie slik van die slikdamme 'n moontlike groeimedium geskep het. Die natriuminhoud is egter baie hoog (543 dpm), terwyl die hoë slikpersentasie korsvorming veroorsaak.

- **Uitskot**

Daar is baie aanleguitskot beskikbaar. Dit het 'n lae kleipersentasie en voedingstatus, maar is redelik fyn en kompaksie of korsvorming vind nie plaas nie. Met anorganiese bemesting kan die tekorte maklik reggestel word.

- **Verweerde diabaas**

Die diabaas het 'n redelike voedingstatus en is redelik fyn. Korsvorming of kompaksie vind nie plaas nie. Die pH is effens hoog. Die hoë Ca-inhoud sal ook 'n katioonwanbalans veroorsaak. Deur die vermenging met ander materiale of deur anorganiese bemesting, kan hierdie materiaal moontlik as 'n deklaag gebruik word. Daar is ongelukkig nie groot hoeveelhede van hierdie materiaal beskikbaar nie.

- **Rooi bogrond**

Baie min bogrond is beskikbaar en dit sal slegs in uiterste gevalle gebruik kan word. Die voedingstatus is goed en verder besit dit al die eienskappe wat nodig is om die plantegroei van die omgewing te onderhou.

- **Donker bogrond**

Donker bogrond kom slegs in enkele lokaliteite van die myn voor. Die voedingstatus is goed en wanbalanse sal reggestel kan word met anorganiese bemesting. Die klein hoeveelhede donker bogrond bring egter mee dat dit ook slegs in noodgevalle gebruik sal kan word.

3.5.2.1.1 Deklaagproef op 'n gelyk helling (platvlak)

Proefdoelwit

Met die gegewens van die verskillende materiale tot ons beskikking asook praktiese oorwegings wat in gedagte gehou moes word, is daar besluit om van die kalkreet, rooi bogrond, donker bogrond, uitskot en diabaas vir proefdoeleindes gebruik te maak. Die doel van die eerste proef was om vas te stel of enige van die materiale alleen of moontlik in kombinasie met mekaar as groeimedium (deklaag) op 'n gelyk helling (platvlak) gebruik kan word.

Proefuitleg en prosedure

Die proef wat uitgelê is, is 'n 9 x 6 faktoriaal met behandelings en herhalings as faktore. Nege persele van 12 x 14 m is op 'n gelyk helling uitgemeet en bedek met 'n 300 mm laag van die volgende materiale of mengsels van materiale:

1. Redelike fyn kalkreet

2. Fyn uitskot

3. 50% fyn kalkreet + 50% uitskot (hierdie mengsel verlaag die slikinhoud van die kalkreet, verbeter infiltrasie en verhoog die voedingstatus van die uitskot).

4. 70% kalkreet + 30% uitskot (hierdie mengsel verlaag die slikinhoud van die kalkreet, verbeter infiltrasie en verhoog die voedingstatus van die uitskot).

5. Soos 4, plus 50 mm rooi bogrond (diè mengsel bestaan uit meer fyn materiaal en bevat reeds mikro-organismes).

6. 90% kalkreet + 10% rooi bogrond (diè mengsel verbeter die tekstuur en bied meer fyn materiaal en mikro-organismes aan die kalkreet).

7. 90% kalkreet + 10% donker bogrond (ook diè mengsel verbeter die tekstuur en bied meer fyn materiaal en mikro-organismes aan die kalkreet).

8. 70% uitskot + 30% diabaas (diè mengsel verbeter die tekstuur en verhoog voedingstatus van die uitskot).

9. 50% uitskot + 30% kalkreet + 20% diabaas (diè mengsel verbeter die tekstuur en voedingstatus van die uitskot).

In die verdere bespreking sal slegs na die nommers van die persele (1 tot 9) verwys word.

Die verskillende mengsels is so goed as moontlik deur die mynpersoneel vermeng en 300 mm dik in persele van 12 m x 14 m gestort en gelykgemaak.

Al die persele is gedurende Januarie 1986 bemes en gesaai.

Bemesting

Alle persele is bemes met:

300 kg ha^{-1} superfosfaat
150 kg ha^{-1} 2:3:2:(22)

Alle persele sonder bogrond ontvang ook 300 kg ha^{-1} KCl

Alle persele met bogrond ontvang ook 100 kg ha^{-1} KCl

Saadmengsel

	Kg ha^{-1}
Cenchrus ciliaris	3
Enneapogon cenchroides	
Eragrostis echinochloidea	
Chloris virgata	
Tragus berteronianus	75 kg saad en growwe materiaal soos dit opgesuig is in ou lande
Aristida congesta	
Aristida adscensionis	
Schmidtia pappophoroides	
Schmidtia kalihariensis	
Stipagrostis uniplumis	
Stipagrostis obtusa	
Stipagrostis ciliata	
Melinis repens	

Al die persele is aan die einde van elke groeiseisoen (April/Mei) vanaf 1986 tot 1988 en weer gedurende 1990 geëvalueer (kyk p. 40 en 41 vir die metodes van dataversameling).

Daar is ses metings (replikate) in elke perseel gedoen.

Resultate en bespreking

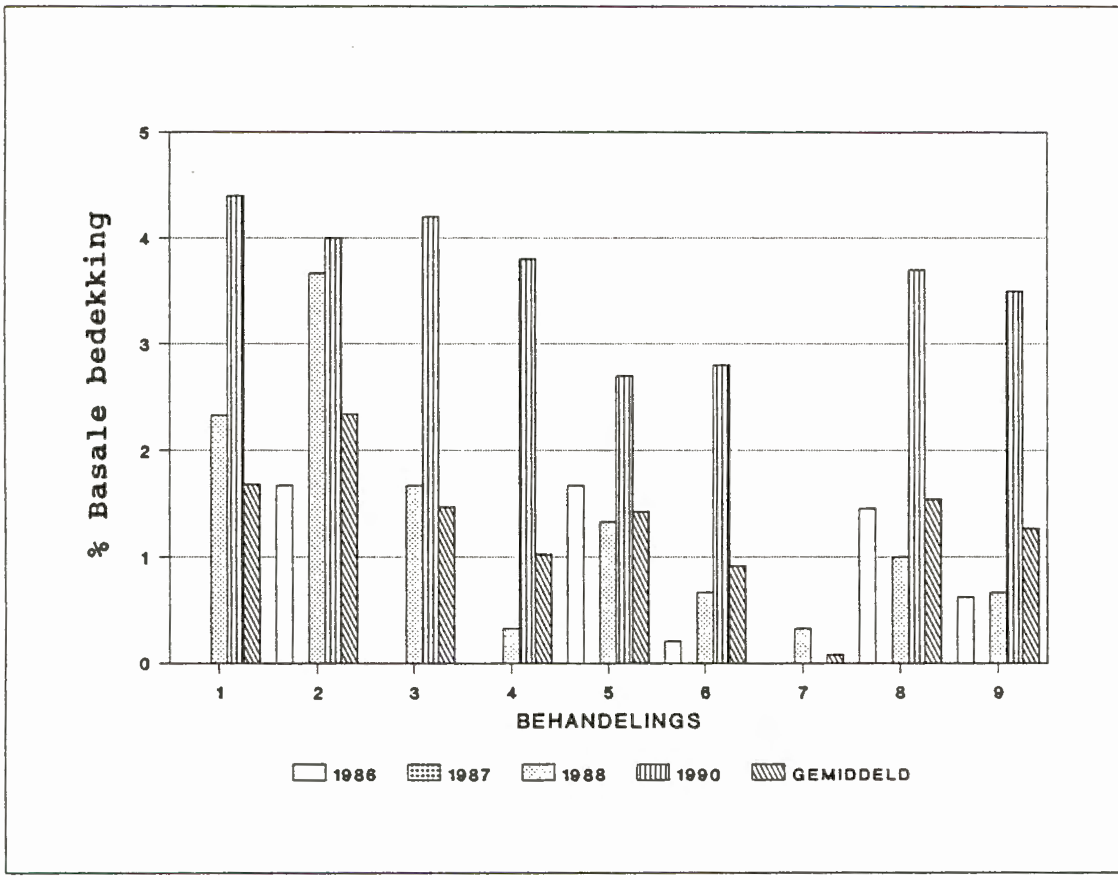
Die resultate van die metings word verskaf in Figure 3.22 tot 3.24. Die variansiekoëffisiënt van al die metings was tydens al drie die jare baie hoog as gevolg van die oneweredige verspreiding van plante in die persele.

Aan die einde van die eerste seisoen was die resultate uiters teleurstellend. 'n Kroonbedekking van meer as 5% is slegs in drie persele, naamlik persele 2, 5 en 8 aangetref. 'n Basale bedekking van meer as 1% is ook net in hierdie drie persele aangetref. In dieselfde persele is ook 'n bogrondse droëmassa van meer as 10 g 0,5 m^{-2} gevind. In die meeste gevalle het die resultate van hierdie drie persele hoogs betekenisvol verskil van die res van die persele (P = 0,01).

Die spesies wat in bykans al die persele voorgekom het sluit die volgende in: Enneapogon cenchroides, Chloris virgata, Eragrostis echinochloidea, Cenchrus ciliaris en Tragus berteronianus.

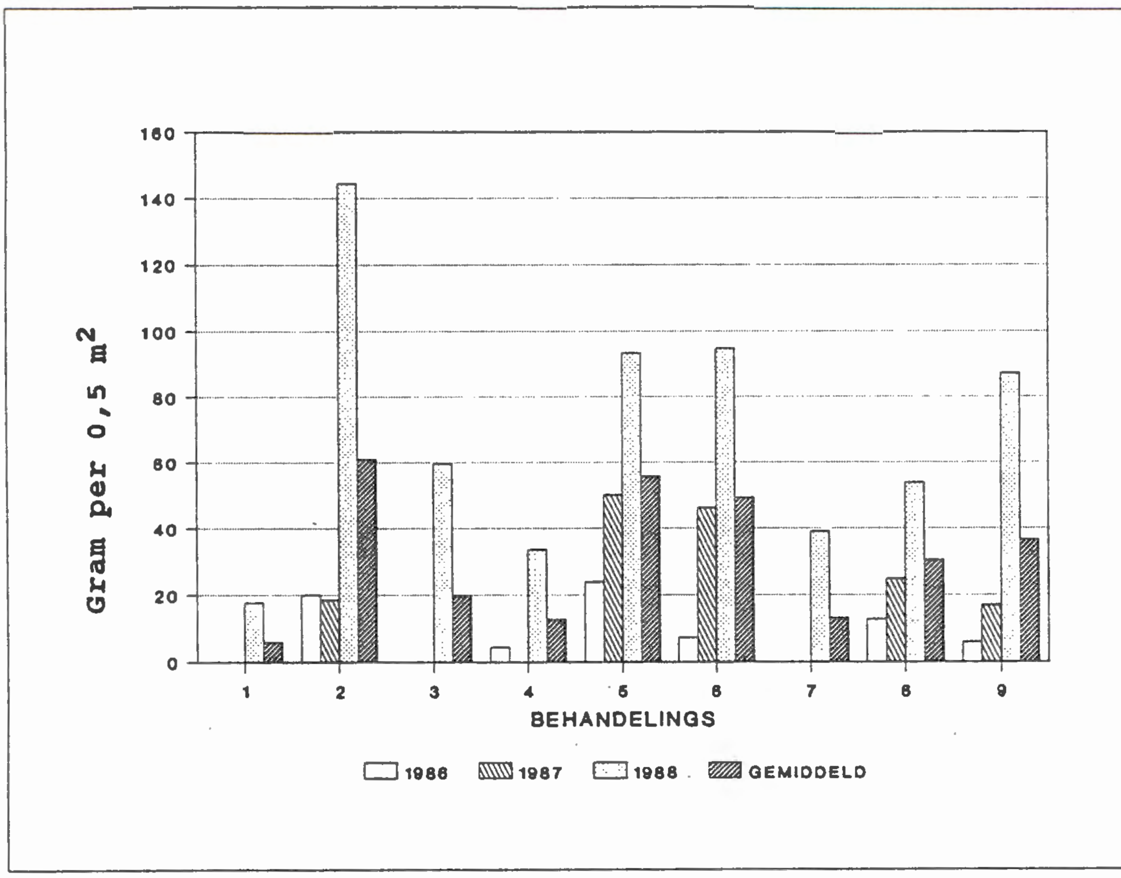
Gedurende die tweede seisoen (1987) het daar 'n drastiese verandering in spesiesamestelling ingetree, en is bykans alle persele oorheers deur Salsola kali, wat nie oorspronklik in die saadmengsel was nie. Slegs in persele 2, 5 en 6 het meer as vyf spesies voorgekom.

'n Kroonbedekking van meer as 19% is aangetref in vyf persele, waaronder die drie beste persele van 1986 (2, 5 en 8), plus persele 6 en 9. Hierdie vyf persele het ook 'n bogrondse droëmassa van meer as 16,9 g 0,5m^{-2} gelewer. Die gras was oor die algemeen baie klein en verdring deur Salsola kali, sodat geen basale bedekking in enige van die persele aangeteken is nie.



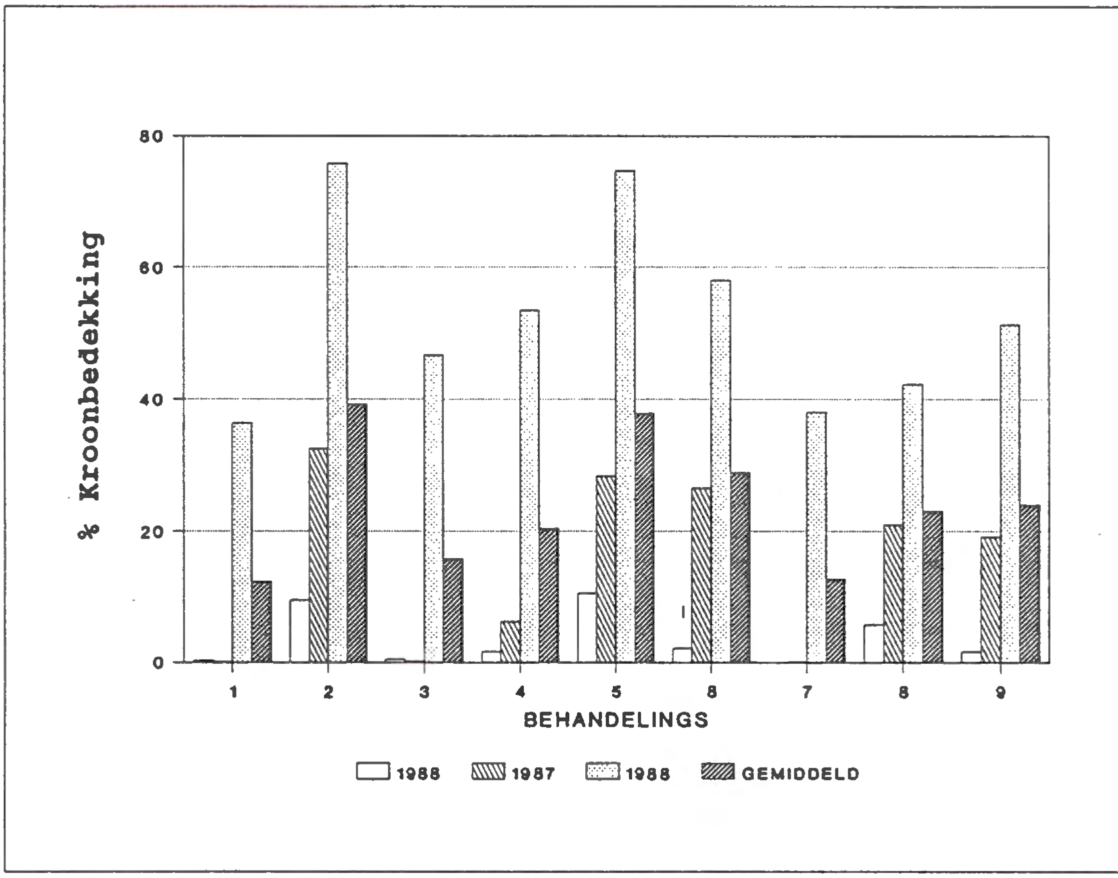
Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1986	0.84	1.13	115.38
1987	--	--	--
1988	1.60	2.14	102.84
Gem	1.53	2.11	51.02

FIGUUR 3.22: **Gemiddelde basale bedekking van die deklaagproef op 'n platvlak. SISHEN - 1986 tot 1988**



Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1986	4.63	6.19	48.12
1987	20.41	27.31	100.42
1988	46.78	62.59	57.87
Gem	34.36	47.35	62.73

FIGUUR 3.23: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die deklaagproef op 'n platvlak. SISHEN - 1986 tot 1988



Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1986	3.24	4.34	78.79
1987	10.20	13.65	58.84
1988	13.40	17.93	21.7
Gem	12.47	17.18	30.3

FIGUUR 3.24: Gemiddelde kroonbedekking van die deklaagproef op 'n platvlak. SISHEN - 1986 tot 1988

Plaat 3.17: Platvlakproef by Sishen ysterertsmyn waar verskillende materiale as deklaag gebruik is

Plaat 3.18: 18^{o} Hellingproef by Sishen ysterertsmyn waar verskillende materiale as deklaag gebruik is

Die verskille tussen die vyf beter persele en die vier oorblywende persele was steeds hoogs betekenisvol of ten minste betekenisvol (P = 0,05). Die variansiekoëffisiënt was egter steeds baie hoog en die plantverspreiding binne die persele baie oneweredig.

Gedurende 1988 het die tendense dieselfde gebly. Die graspolle wat oorleef het, het egter drasties vergroot. Ten spyte van die dominasie deur Salsola kali het polle van Cenchrus ciliaris en Eragrostis echinochloidea in perseel 2 sodanig vergroot dat in sommige opname-ringe 'n 5 (75 - 100%) volgens die Braun-Blanquet-skaal aangeteken is. In die vier oorblywende persele (1, 3, 4 en 7) waarin tot op daardie stadium geen plante gevestig het nie, het Salsola kali tot so 'n mate gevestig dat 'n kroonbedekking van tussen 30% en 53% in hierdie persele aangetref is.

Volgens die resultate van die bogrondse droëmassa was perseel 2 steeds die beste, terwyl die twee persele waar rooi bogrond gebruik is (5 en 6) asook perseel 9 'n betekenisvol beter resultaat gelewer het as die ander persele. Die variansiekoëffisiënt van sowel die bogrondse droëmassa as die kroonbedekking was ook baie kleiner en die resultaat dus meer betroubaar.

Aan die einde van die 1990 groeiseisoen is daar deur middel van die MONITOR-program van die Departement Plant- en Bodemwetenskappe van die PU vir CHO weer 'n meting gedoen. Met hierdie meting is die frekwensieteenwoordigheid van die verskillende spesies asook die basale bedekking bepaal. In slegs een perseel naamlik perseel 8 is geen raakpunte aangeteken nie. Die frekwensie van Salsola kali in hierdie perseel was die hoogste van al die persele naamlik 21,6%. Die persentasie onbedekte area in hierdie perseel was ook baie hoog, naamlik 63,3%. Eragrostis echinochloidea was die gras wat op hierdie stadium gedomineer het met 'n frekwensieteen-

woordigheid van tot 64,5% in perseel 1. In perseel 2 het Cenchrus ciliaris sodanig vermeerder dat 'n frekwensieteenwoordigheid van 8,0% aangeteken is.

Die hoogste basale bedekking is aangetref in perseel 1, naamlik 4,4%.

Gevolgtrekkings

Uit die resultate van die vier jaar is dit duidelik dat daar in gevalle waar bogrond nie beskikbaar is nie, of in sulke klein hoeveelhede voorkom dat dit onekonomies is om dit te gebruik, wel van uitskotmateriale op gelyk oppervlaktes as deklaag gebruik gemaak kan word. As in aanmerking geneem word dat die basale bedekking van die natuurlike veld in die direkte omgewing van die myn slegs 1,4% is, dan is die resultaat wat na vier jaar in die proewe bereik is 'n baie goeie aanduiding dat rehabilitasie wel met sukses gedoen kan word. Die spesiesamestelling van die proewe kan egter nog nie as 'n ideale toestand beskou word nie, aangesien daar te min meerjarige spesies in die persele voorkom. Die saadmengsel wat gesaai gaan word, kan egter van die begin af aangepas word om meer spesies uit die direkte omgewing van die myn in te sluit.

3.5.2.1.2 Deklaagproef teen hellings van 18° en 35°

Proefdoelwit

Aangesien rehabilitasie groot finansiële implikasies inhou, en die grootste gedeelte van die myngebied bestaan uit groot uitskothope of uitgrawings, wat in albei gevalle hellings van

35^{o} of selfs steiler het, is besluit om 'n tweede deklaagproef uit te lê. Hierdie tweede proef is om verskeie redes uitgelê, naamlik:

- om te bepaal of die vestiging van plante teen die bestaande hellings van ongeveer 35^{o} wel moontlik sal wees.

- om te bepaal of plante by 'n vlakker helling van 18^{o} kan vestig en indien wel, hoe dit vergelyk met die resultate van die 35^{o} helling.

- om gebruik te maak van verskillende deklae wat beskikbaar is, om sodoende te bepaal watter daarvan tydens rehabilitasie teen hellings gebruik kan word.

- om 'n herhaling van die behandelings te besproei sodat vasgestel kan word of dit moontlik is om plante op hierdie wyse te vestig indien die proef op hellings sonder besproeiing misluk.

Proefuitleg en prosedure

Die negatiewe resultate van 'n reeks proewe teen die hellings van uitskothope het daartoe aanleiding gegee dat die proewe nie net teen die bestaande 35^{o} hellings uitgelê is nie maar ook teen 'n afgeplatte helling van 18^{o}.

Hierdie 18^{o} helling is geskep deur die normale 35^{o} helling van 'n uitskothoop met 'n stootskraper af te plat. Hierdie 18^{o} helling is verdeel in tien persele van 240 m^2 (8 m x 30 m en langs mekaar geplaas) met 'n 2 m breë skeiding tussen alle persele.

Na aanleiding van vorige resultate asook die beskikbaarheid van materiale is die volgende vyf deklae vermeng en ongeveer 150 - 200 mm dik oor die oppervlaktes van eerste vyf persele versprei:

1. - Verweerde kalk.
2. - Vars kalk.
3. - 'n Bogrond/klip-mengsel in die verhouding van 1:1.
4. - 'n Uitskot/klip-mengsel in die verhouding van 1:1.
5. - 'n Uitskot/diabaas-mengsel (1:1), vermeng met klip in die verhouding van 1:1.

Die gebruik van klip is in hierdie proef aangewend om die erosiepotensiaal van die materiale te verlaag (kyk 3.2).

Die tweede reeks van vyf persele vir besproeiing is op dieselfde wyse met hierdie vyf deklae bedek.

Dieselfde deklae is met behulp van vragmotors op die tien persele teen die 35^{o} helling gestort. In hierdie geval kon die dikte van die lae nie beheer word nie aangesien geen apparaat teen so 'n steil helling kan werk nie. Storting moes dus plaasvind totdat die materiaal self afgeskuif en die verlangde oppervlaktes van 400 m^{2} (8 m x 50 m) bedek het. Die groottes van die persele teen die verskillende hellings is bepaal deur die lengte van die hellings.

Na aanleiding van die lae reënval van die voorafgaande jare is besluit dat die proewe gedupliseer moet word en dat een helfte onder bystands-besproeiing geplaas moet word. Hierdie metode het geïmpliseer dat besproeiing slegs sal geskied as dit nie reën nie, en dat water op so 'n wyse toegedien sou word dat dit tot 'n sekere mate 'n nabootsing sou wees van die natuurlike reënvalpatroon van die omgewing.

Gebaseer op die reënvalstatistiek van die Weerburo (1986), is daar indien dit glad nie reën nie, die volgende hoeveelhede water deur middel van 'n mikro-besproeiingstelsel toegedien:

November	-	Drie toedienings van 7 mm, 14 mm en 7 mm met gereëlde intervalle.
Desember	-	Vier toedienings van 2 x 7 mm en 2 x 14 mm afwisselend met gereëlde intervalle.
Januarie tot Maart	-	Maandeliks 4 x 14 mm met gereëlde intervalle.
April	-	Dieselfde as vir Desember.

Indien dit egter gereën het, is die hoeveelheid water wat toegedien moes word asook die tussenposes, daarby aangepas.

Aangesien dit gedurende November en Desember baie min gereën het, is die besproeiingsprogram gedurende hierdie twee maande gevolg. Vanaf die middel van Januarie 1988 is hierdie program egter gestaak aangesien "normale" reën vir die res van die seisoen in hierdie gebied voorgekom het.

Hierdie proef is voorberei en uitgelê gedurende November 1987.

Bemesting

Die aanbevelings is gebaseer op chemiese ontledings van die materiale (Van Wyk, 1987c). Kyk ook Tabel 3.13.

Die verskillende materiale is soos volg bemes (kg ha^{-1}):

	2:3:2(22)	Superfosfaat	KCl	MgO
Verweerde kalk	200	400	600	-
Vars kalk	200	400	300	-
Bogrond/klip	200	400	-	-
Uitskot/klip	200	400	200	100
Uitskot/diabaas/klip	200	400	1000	-

Saadmengsel

Al die persele is gesaai met 'n saadmengsel wat die volgende spesies ingesluit het:

Spesie	**Kg ha^{-1}**
Cenchrus ciliaris	5
Cynodon dactylon	2
Anthephora pubescens	5
Aristida congesta	6
Aristida adscensionis	6
Eragrostis lehmanniana	10
Eragrostis echinochloidea	10
Enneapogon cenchroides	8
Chloris virgata	12
Stipagrostis uniplumis	2
Stipagrostis ciliata	2
Stipagrostis obtusa	2
Tragus berteronianus	2
Fingerhutia africana	2
Urochloa brachyura	2
Schmidtia pappophoroides	2

Hierdie proef is gedurende Mei 1988 en weer gedurende Mei 1990 geëvalueer (kyk p. 40 en 41).

Gedurende die evaluering (Mei 1988) is ses Braun-Blanquet-opnames, ses knippersele en ses brugpuntopnames in elke perseel gedoen.

Dit was op hierdie stadium (1988) reeds duidelik dat geeneen van die deklae teen die 35^{o} helling sou stabiliseer nie. 'n Baie groot mate van erosie en grondverskuiwings het reeds plaasgevind. Plante wat wel gevestig het, was beperk tot die gedeeltes waar daar nie erosie of verskuiwing plaasgevind het nie.

Om hierdie rede is daar besluit om die metings teen die 35^{o} helling te beperk tot die gedeeltes waar wel plantvestiging plaasgevind het. Die erosieslote en gedeeltes waar grondverskuiwing plaasgevind het, is dus nie in die metings ingesluit nie. Die motivering hiervoor was dat gepoog is om te bepaal tot welke mate 'n plantbedekking gevestig kan word indien die deklaag wel in posisie gehou kan word. (Die helling waarby 'n aanvaarbare plantbedekking gevestig kan word, is reeds in proewe by Asbes (Kuruman) vasgestel - vergelyk punt 3.1.2.3.

Alhoewel die plantvestigingsresultate op albei hellings gesamentlik in die grafieke weergegee word, is die resultate van die 18^{o} en 35^{o} hellings nie vergelykbaar nie alhoewel tendense wel uit die resultate afgelei kan word.

Hierdie ernstige erosie bring ook mee dat die proef teen die twee hellings nou as twee afsonderlike 5x2x6 faktoriaalproewe met deklae, reënvalsimulasie en herhalings as faktore beskou moet word.

Die proef is nie weer na Januarie 1988 besproei nie en die plantegroei op hierdie persele was dus vir voortbestaan aangewese op die natuurlike reënval.

Die resultate van die 1990 evaluerings is deur middel van die MONITOR-program (kyk p.40 en 41) verkry en word in tabelle 3.14 en 3.15 verskaf.

Resultate en bespreking

Die besproeide persele met 'n 18° helling het uit die aard van die saak 'n baie groot voorsprong bo die onbesproeide persele gehad. Die resultate van die kroonbedekkings sowel as die bogrondse droëmassas toon dit baie duidelik aan. Die plante in die onbesproeide persele was baie kleiner as in die besproeide persele, soos ook in die resultate van die bogrondse droëmassa weergegee word. Alhoewel die kroonbedekking van die onbesproeide, verweerde kalkperseel hoër was as dié van die besproeide eweknie, dui dit slegs op 'n baie digte plantbedekking.

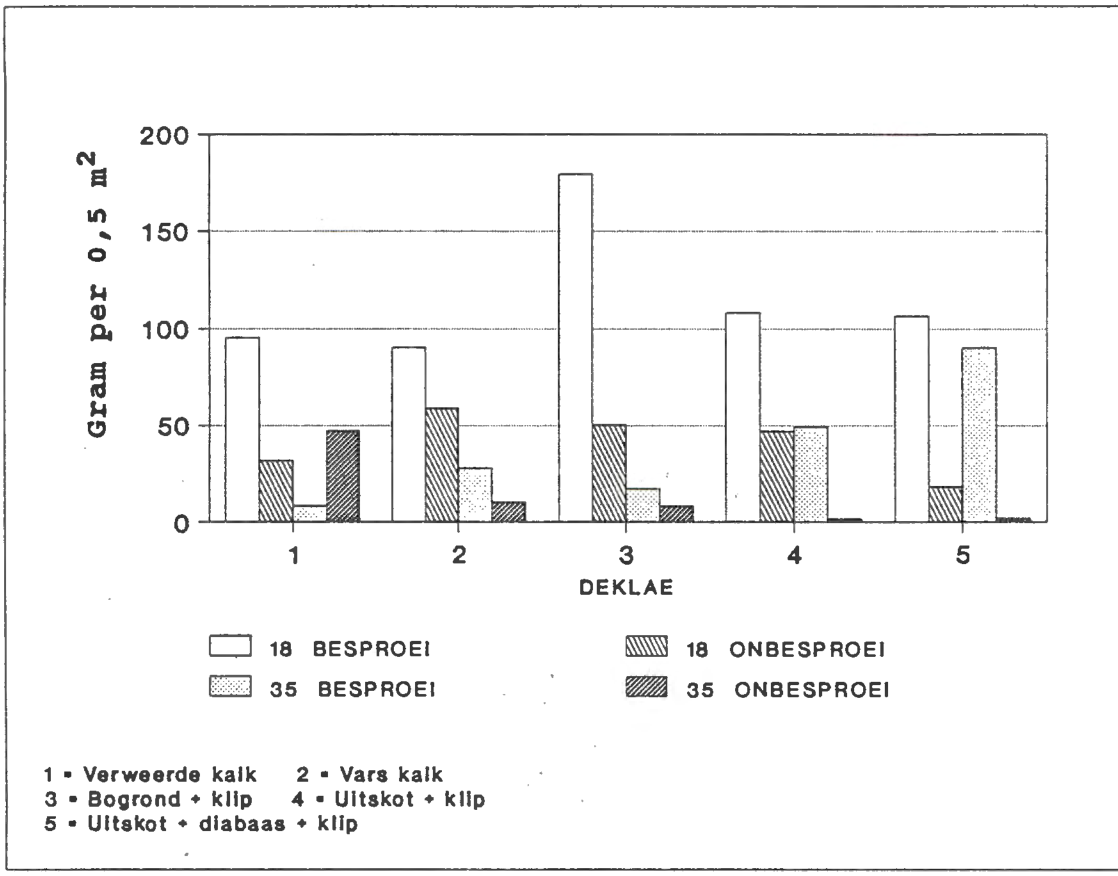
Waarnemings gedurende Januarie 1988 het die volgende getoon:

- Tot op daardie stadium het geen kieming in enige van die onbesproeide persele plaasgevind nie.

- In al die besproeide persele was daar uitstekende kieming en vestiging van 'n verskeidenheid grasspesies.

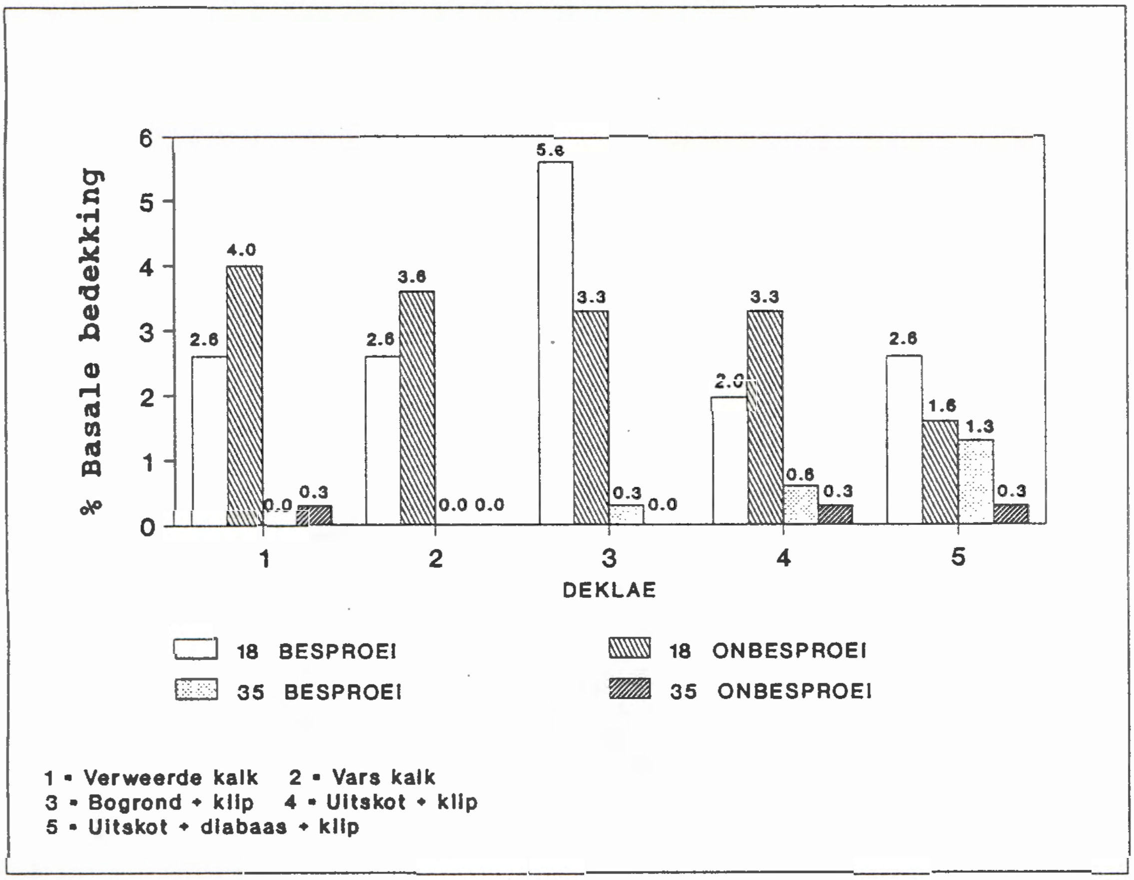
- In al die 35° besproeiingspersele was daar tekens van erosie wat meegebring het dat die grasbedekking kol-kol gevestig het. Op sommige plekke was daar reeds erosieslote gespoel en baie van die fyner materiaal het versamel aan die onderkant van die helling.

Die resultate van die evaluerings word verskaf in Figure 3.25 tot 3.27 asook Tabelle 3.14 en 3.15.



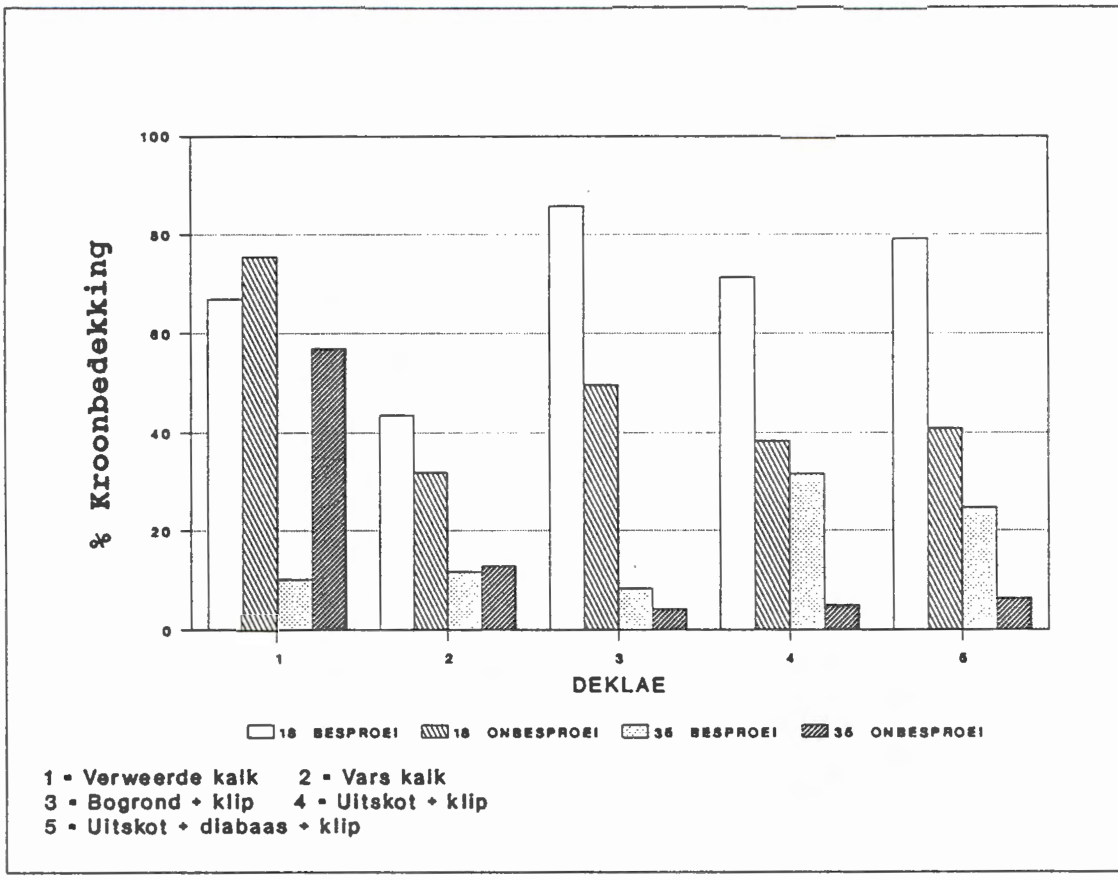
Helling (grade) en Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
18 (besproei)	52.78	71.97	37.78
18 (onbesproei)	30.06	40.99	60.48
18	43.13	54.94	44.99
35 (besproei)	54.80	73.75	116.23
35 (onbesproei)	13.86	18.90	82.47
35	36.83	49.20	120.49

FIGUUR 3.25: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die deklaagproef op 18° en 35° hellings. SISHEN - 1988



Helling (grade) en Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
18 (besproei)	2.03	2.77	53.88
18 (onbesproei)	1.95	2.66	50.68
18	1.86	2.48	50.43
35 (besproei)	0.86	1.17	153.02
35 (onbesproei)	0.08	1.09	331.66
35	0.81	1.09	210.01

FIGUUR 3.26: Gemiddelde basale bedekking van die deklaagproef op 18^{o} en 35^{o} hellings. SISHEN - 1988



Helling (grade) en Behandeling	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
18(besproei)	20.81	28.38	24.93
18(onbesproei)	20.99	28.62	36.92
18	19.18	25.62	28.32
35(besproei)	22.45	30.62	107.62
35(onbesproei)	13.62	18.58	66.25
35	19.01	25.39	95.05

FIGUUR 3.27: **Gemiddelde kroonbedekking van die deklaagproef op 18° en 35° hellings. SISHEN - 1988**

TABEL 3.14: Basale bedekking en frekwensie teenwoordigheid van die 18° deklaagproef. SISHEN - 1990

	BESPROEI										ONBESPROEI									
	Verweerde Kalk		Vars Kalk		Bogrond + Klip		Uitskot + Klip		Uitskot + Diabaas + Klip		Verweerde Kalk		Vars Kalk		Bogrond + Klip		Uitskot + Klip		Uitskot + Diabaas + Klip	
Spesies	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal
Mispunte	28.6		28.2		74.5		65.3		48.5		9.9		13.1		34.0		19.7		42.7	
Anthephora pubescens	10.4	0.4	5.7	0.4			4.2				5.1		8.5		3.0	0.5	10.5	1.6	4.3	
Aristida adscensiones	20.0		15.2		5.6		13.5		0.5						0.5					
Aristida congesta			0.4	0.4			0.7								0.5					
Aristida scabrivalvis															0.5					
Cenchrus ciliaris	16.8	1.3	15.2	2.8	18.1	2.5	7.8	0.7	37.2	4.9	42.6	8.5	50.3	6.1	26.5	4.0	34.9	3.8	37.5	4.3
Cynodon dactylon	2.7		10.4	1.4					1.1		0.5		7.0		2.0		3.8			
Digitaria eriantha							0.7													
Enneapogon cenchroides	10.4	0.4	18.0		0.6		5.0		11.6		27.8		7.0		4.0		1.1		4.3	
Eragrostis echinochloidea	1.3				0.6		2.8		1.1		0.5		11.3	0.7	27.5	1.5	30.0	1.6	11.2	1.2
Hyparrhenia hirta			4.2		0.6															
Melinis repens	0.4																			
Tragus berteronianus	0.9												0.7							
Urochloa panicoides	0.4										10.2		0.7		1.5	0.5				
Dicoma sp.			1.9																	
Salsola kali			0.4																	
Schkuhria pinnata	8.1		0.4								3.4		1.4							
TOTAAL	100.0	2.1	100.0	5.0	100.0	2.5	100.0	0.7	100.0	4.9	100.0	8.5	100.0	6.8	100.0	6.5	100.0	7.0	100.0	5.5

TABEL 3.15: Basale bedekking en frekwensie teenwoordigheid van die 35° deklaagproef. SISHEN - 1990

	BESPROEI										ONBESPROEI									
	Verweerde Kalk		Vars Kalk		Bogrond + Klip		Uitskot + Klip		Uitskot + Diabaas + Klip		Verweerde Kalk		Vars Kalk		Bogrond + Klip		Uitskot + Klip		Uitskot + Diabaas + Klip	
Spesies	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal	Frek.	Basaal
Mispunte	81.0		43.6		100.0		82.2		68.0		59.6		64.8		100.0		100.0		77.4	
Anthephora pubescens							7.1	2.8	3.7	0.6			2.7	0.5						
Aristida adscensiones									0.6											
Aristida scabrivalvis													0.5						0.7	
Cenchrus ciliaris	8.0	1.0	6.6	0.5			10.7	2.1	12.0	2.5	31.1	4.4	10.0	1.1					4.2	
Chloris virgata			5.0																	
Cynodon dactylon			12.2	0.5							5.0	0.5	10.0	2.2						
Enneapogon cenchroides	3.0		8.8						12.0		1.6		2.2						0.7	
Eragrostis echinochloidea			3.3								2.7		8.2						0.7	
Tragus berteronianus																			0.7	
Flaveria bidentis																			0.7	
Salsola kali	8.0		20.5						3.7				1.6						14.2	
Schkuhria pinnata																			0.7	
TOTAAL	100.0	1.0	100.0	1.0	100.0	0.0	100.0	4.9	100.0	3.1	100.0	4.9	100.0	3.8	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0

'n Besproeide helling van 18°

Teen hierdie helling was die perseel met die deklaag van bogrond/klip se resultate besonder goed. Die basale bedekking van hierdie perseel was gemiddeld 5,67%, wat hoogs betekenisvol beter was as die van enige van die ander persele (Fig. 3.26). Ook die bogrondse droëmassa (Fig.3.25) was hoogs betekenisvol meer as die van die twee kalkpersele, maar slegs betekenisvol meer as die van die persele met uitskot/klip en uitskot/diabaas/klip as deklaag. Die kroonbedekking (Fig. 3.27) van die perseel met verweerde kalk as deklaag was ten minste betekenisvol swakker as die van al vier die ander persele wat op hulle beurt nie betekenisvol van mekaar verskil het nie.

Cenchrus ciliaris het groot polle gevorm, en pioniersgrasse wat aanvanklik baie goed gevestig het, is totaal oorgroei. Die basale bedekking van 2% en meer na slegs een seisoen was alreeds beter as dië van die natuurlike veld in die omgewing van die myn.

Volgens Dickinson, et al. (1981), word opbrengs onder droëlandtoestande bepaal deur die reënval en die grondvrugbaarheid. Daar kan nie veel meer as een tot twee ton bogrondse droëmassa verwag word van aangeplante weidings van Cenchrus ciliaris op swak grond nie.

Die laagste bogrondse droëmassa van 90,32 g 0,5 m^{-2} (1806,4 kg ha^{-1}) is in die varskalk-perseel aangetref, en die hoogste naamlik 179,23 g 0,5 m^{-2} (3584,6 kg ha^{-1}) in die bogrond/klip-perseel. Gemeet aan die uitspraak van Dickinson et al. (1981), is die opbrengs wat na slegs een seisoen in hierdie persele verkry is dus besonder goed.

Die 1988 resultate van hierdie proef bevestig dat enige van die materiale wat gebruik is, deur die myn aangewend kan word in rehabilitasieprogramme, al sou dit beteken dat rehabilitasie deur middel van besproeiing moet geskied.
Die resultate wat aan die einde van die 1990 groeiseisoen verkry is (Tabelle 3.14 en 3.15) het egter 'n totaal ander dimensie na vore gebring.

Die aantal mispunte (geen plante binne 'n 5 cm radius vanaf die pen) in die persele wat uitgelê is met bogrond/klip (74,5%), uitskot/klip (65,3%) en uitskot/diabaas/klip (48,5%) was besonder hoog in vergelyking met die ongeveer 28% van die twee kalkpersele. Die persele onder besproeiing wat tydens die 1988 opnames die hoogste gemiddelde kroonbedekking en bogrondse droëmassa gehad het, het tydens die 1990 opname die swakste plantbedekking gehad. Hierdie verskysel kan waarskynlik toegeskryf word aan die groter mate van kompetisie tussen die groter aantal plante wat onder die gunstige besproeiingstoestande gevestig het. In die persele waar daar minder plante en dus minder kompetisie was, kon die bestaande plante makliker oorleef. Dit was ook opvallend dat in albei die kalkpersele 10 spesies per perseel aangetref is, terwyl in die ander drie persele onderskeidelik slegs vyf, vyf en sewe spesies aangetref is.

Ten spyte van die lae frekwensieteenwoordigheid van plante het die uitskot/diabaas/klip-perseel die hoogste basale bedekking gehad (4,9%) - 'n toestand wat ten volle toegeskryf kan word aan die feit dat Cenchrus ciliaris in hierdie perseel die hoogste frekwensieteenwoordigheid gehad het.

'n Onbesproeide helling van 18°

Ten spyte daarvan dat geen kieming tot die middel van Januarie 1988 plaasgevind het nie, het die goeie reën wat hierna gevolg het goeie kieming en vestiging laat plaasvind. As gevolg van die korter groeiperiode was die plante aansienlik kleiner as in die besproeide persele.

Die basale bedekkings (Fig.3.26) van hierdie persele was met die uitsondering van die perseel met die deklaag van uitskot/diabaas/-klip almal hoër as 3%. Met uitsondering van die perseel met die verweerde kalk deklaag waarvan die basale bedekking betekenisvol beter was as die van die perseel met uitskot/diabaas/klip as deklaag, kon geen betekenisvolle verskille tussen die ander persele verkry word nie. Hierdie verweerde kalk-perseel se kroonbedekking (Fig.3.27) was ook betekenisvol hoër as die van die bogrond/klip-perseel en hoogsbetekenisvol hoër as die res. Wat bogrondse droëmassa (Fig.3.25) betref, was die perseel met die uitskot/diabaas/-klip ook hier die swakste en selfs betekenisvol minder as die van die varskalk- en bogrond/klip-persele.

Net soos in die geval van die besproeiingspersele is die resultate van die 1990 meting baie insiggewend (Tabel 3.14). In al die persele was daar 'n drastiese toename in basale bedekking. Die laagste basale bedekking is aangeteken in die perseel met die deklaag van uitskot/diabaas/klip. Die 5,5% wat hier aangeteken is, was selfs hoër as persentasies van enige van die besproeide persele.

Die plante in hierdie persele was steeds baie kleiner as in die besproeiingspersele, maar daar was opvallend meer plante per oppervlakeenheid, soos duidelik weerspieël word deur die laer persentasie mispunte wat oor die algemeen aangeteken is.

18^o Helling ongeag besproeiing

'n Vergelyking van die resultate van al die persele (besproeide sowel as onbesproeide) op die 18^o helling (Figure 3.25 tot 3.27), toon die volgende:

- Die bogrondse droëmassa van die besproeide persele was almal betekenisvol, maar in die meeste gevalle hoogs betekenisvol meer as die van die onbesproeide persele. Dit is dus duidelik dat die gebruik van besproeiing by al die dekmateriale 'n besliste voordeel ingehou het.

- Slegs die besproeide varskalk-perseel se kroonbedekking was nie betekenisvol beter as die van die onbesproeide persele nie. Al die ander besproeide persele asook die onbesproeide perseel met verweerde kalk as deklaag se kroonbedekking was betekenisvol en meestal hoogsbetekenisvol meer as die van die oorblywende vier onbesproeide persele. Ook in hierdie geval het die gebruik van besproeiing 'n besliste voordeel gehad.

- Die basale bedekking van die besproeide bogrond/klipperseel was betekenisvol en hoogsbetekenisvol beter as enige van die ander persele. In die res van die persele was die verskil met enkele uitsonderings na nie betekenisvol nie.

- Die feit dat plante in die besproeiingspersele lank voor die van die onbesproeide persele gekiem het, het 'n voordeel ten opsigte van die kroonbedekking en bogrondse droëmassa bewerkstellig. Die goeie reën in die najaar het egter tot gevolg gehad dat goeie kieming in die onbesproeide persele kon plaasvind en daarom is die verskil in basale bedekking onbeduidend.

- Die feit dat die besproeide bogond/klip-perseel oor die algemeen die beste resultaat gelewer het dui daarop dat die waarde van die gebruik van bogrond tydens rehabilitasie van versteurde gebiede nooit onderskat moet word nie.

- Die resultate van die 1990 opname toon aan dat die basale bedekkings van die onbesproeide persele oor die algemeen veel hoër is as die van die besproeide persele (Tabel 3.14). Selfs die laagste basale bedekking van die onbesproeide persele (uitskot/diabaas/klip-perseel - 5.5%) was hoër as die hoogste van die besproeide persele (varskalk-perseel - 5,0%). Die aanvanklike voorsprong wat daar was bestaan dus nie meer nie. Hierdie situasie kan waarskynlik toegeskryf word aan die feit dat die plante wat onder gunstige besproeiingstoestande baie welig gegroei en groot plante gevorm het, baie swaar gekry en selfs gevrek het onder normale toestande. Aan die ander kant kon die plante wat onder normale reënvaltoestande ontkiem en gevestig het, en baie minder welig gegroei het (Fig,3.25), natuurlike toestande baie beter oorleef.

'n Besproeide helling van 35°

Soos vroeër vermeld, het daar reeds gedurende die besproeiingsperiode 'n groot mate van erosie plaasgevind. Ook is daar glyvlakke gevorm waardeur groot hoeveelhede van die materiaal wat teen die hellings gestort is na die voet van die helling verskuif het.

Die metings is gemaak in die gedeeltes wat minder of glad nie verweer het nie.

Slegs in die perseel met die deklaag van uitskot/diabaas/klip is 'n basale bedekking van meer as 1% aangeteken, terwyl in albei die kalkpersele geen bedekking aangeteken is nie. Hierdie verskil is hoogs betekenisvol (Fig. 3.26). Die kroonbedekkings was ook laag (Fig.3.27) en groot variasie het binne persele voorgekom. Die resultaat van die uitskot/klip-perseel is betekenisvol hoër as die van die bogrond/klip-perseel terwyl die resultate van die ander persele nie betekenisvol verskil nie. Dieselfde tendens het voorgekom by die resultate van die bogrondse droëmassabepalings waar die perseel met uitskot/diabaas/klip as deklaag ook 'n betekenisvol beter resultaat gelewer het as die meeste van die ander persele (Fig. 3.25). Sommige metingsperseeltjies was bykans heeltemal sonder plantegroei, terwyl in ander 'n besonder welige stand van plante voorgekom het.

Tydens die 1990 meting is gevind dat die kalkpersele verbeter het en 'n basale bedekking van 1% is in albei gevalle aangeteken (Tabel 3.15). Die erosie in die perseel met die deklaag van bogrond/klip was egter sodanig dat die perseel vir alle praktiese doeleindes nie meer bestaan het nie. Die minste erosie het in die persele plaasgevind waar uitskot in die deklaag gebruik is. In die gedeeltes wat nog bestaan het, is hoë basale bedekkings van 4,9% en 3,1% aangetref. Selfs in die gedeeltes waar wel plante voorgekom het, was die persentasie mispunte hoog. Die laagste persentasie mispunte is aangetref in die perseel met die deklaag van vars kalk. Die uitheemse onkruid, Salsola kali, was met 'n frekwensieteenwoordigheid van 20,5% die rede vir die beter plantbedekking. In die platvlakproewe het hierdie eenjarige plant verminder en selfs bykans verdwyn namate die grasbedekking verbeter het. Die moontlikheid dat hierdie tendens teen die helling van 35^{o} met baie ongunstiger groeitoestande voortgesit sal word, is egter onwaarskynlik. Hierdie plant was ook besig om in die verweerde kalk en die deklaag van uitskot/diabaas/klip

te vestig. Daar kan dus verwag word dat hierdie uitheemse onkruid sal vermeerder aangesien dit ongunstiger groeitoestande as die grasspesies kan weerstaan.

'n Onbesproeide helling van 35°

Net soos in die geval van die onbesproeide helling van 18°, is die beste resultaat verkry in die perseel met die deklaag van verweerde kalk. Die gemiddelde kroonbedekking van 57,70% is hoogs betekenisvol meer as dié van enige van die ander persele. Die bogrondse droëmassa van 47,40 g 0,5 m^{-2} is ook hoogs betekenisvol meer as dié van die ander persele maar die basale bedekking was baie laag en het nie betekenisvol verskil van enige van die ander nie. Uit die resultate van die verskillende opnamepunte blyk dit dat hierdie perseel ook die enigste was waar 'n redelike homogene plantegroei aangetref is. In al die ander persele was daar groot variasie tussen die resultate van verskillende opnamepunte.

Volgens die 1990 meting se resultate was daar in sowel die perseel met die deklaag van bogrond/klip as die perseel met die deklaag van uitskot/klip geen resultaat nie en was die frekwensie mispunte in albei hierdie persele 100%.

In albei die persele met die kalkdeklaag was daar 'n aansienlike verbetering vanaf 1988 tot 1990. Basale bedekkings van 4,9% en 3,8% is onderskeidelik in die perseel met die deklaag van verweerde kalk en in die perseel met die deklaag van vars kalk aangetref teenoor die 0,3% en 0% van 1988. In die perseel met die deklaag van uitskot/diabaas/klip het _Salsola kali_ sodanig gevestig dat dit reeds 'n 14,2% frekwensieteenwoordigheid gehad het. Na drie groeiseisoene het grasspesies 'n frekwensieteenwoordigheid van slegs 7,0% gehad. In vergelyking met die 1988 resultate het daar dus nie enige vermeerdering in basale bedekking plaasgevind het nie.

35^{o} Helling ongeag besproeiing

Anders as in die geval van die 18^{o} helling, is daar geen indikasie dat besproeiing enige voordeel op hierdie helling tot gevolg gehad het nie. Die besproeide uitskot/diabaas klipperseel was wat bogrondse droëmassa en basale bedekking betref, betekenisvol en in die meeste gevalle hoogs betekenisvol beter as enige van die ander persele. Selfs die kroonbedekking van hierdie perseel was betekenisvol beter as die van drie van die onbesproeide persele. Die kroonbedekking van die onbesproeide verweerde kalk-perseel was die beste en hoogsbetekenisvol beter as die van enige van die ander persele. Die bogrondse droëmassa van hierdie perseel was ook betekenisvol meer as die van die res van die onbesproeide persele en ook van die besproeide verweerde kalk-perseel.

Die besproeide uitskot/klip-perseel was die enigste ander perseel waarvan die kroonbedekking en bogrondse droëmassa sodanig was dat dit betekenisvol en in enkele gevalle selfs hoogs betekenisvolle verskille getoon het.

Die mate van erosie wat teen hierdie helling plaasgevind het was sodanig dat opnames uitermate bemoeilik is. In baie van die opnameperseeltjies was geen resultaat nie. Hierdie is dan ook die rede waarom die variasie binne die behandeling so hoog is.

Selfs die resultaat van 1990 se opnames bring geen duidelikheid nie. Die rede vir die swak resultaat in sommige van die persele word hoofsaaklik toegeskryf aan erosie, waardeur die totale deklaag in sommige gevalle weggewas is. Die persele waarvan die basale bedekking verbeter het, is die persele waar die minste erosie plaasgevind het.

Die belangrikste gevolgtrekking wat uit hierdie resultaat gemaak kan word, is dat dit baie moeilik en self onmoontlik sal wees om enige deklaag teen hierdie hellings in posisie te hou. Om hierdie rede is die moontlikheid om enige plantegroei teen hierdie hellings te vestig uiters gering.

Gevolgtrekkings

Uit die resultate van hierdie proewe kan die volgende afleidings gemaak word:

- Die materiale wat in hierdie proef gebruik is, sal almal met sukses as deklaag tydens 'n hervestigingsprogram gebruik kan word.

- Al die materiale, maar veral die kalkkreet-deklae sal suksesvol teen 'n helling van 35^{o} gebruik kan word indien die deklaag suksesvol in posisie gehou kan word. Die metodes wat tans bestaan (bv. löffelsteinblokke of hervestigingsilinders) is egter duur en kan dus nie vir groot oppervlaktes aanbeveel word nie. Selfs die vermenging van die materiale met klip in die verhouding van 1:1 om sodoende die erosiepotensiaal te verminder, kon teen die helling van 35^{o} nie voorkom dat glyvlakke en erosie plaasvind nie.

- Die vestiging van plante op al die deklae kan aangehelp word deur van gesimuleerde reën gebruik te maak. Die eindresultaat na drie jaar toon egter dat die persele wat op 'n natuurlike wyse gevestig het 'n duidelike hoër basale bedekking gehad het, en dat 'n groter verskeidenheid spesies in hierdie persele voorgekom het.

- Vars en verweerde kalk is albei 'n goeie groeimedium indien daar genoeg fyn materiaal voorkom. Die resultaat na die gebruikmaking van albei hierdie materiale was aanvanklik swakker as by die ander materiale, maar het na die tweede seisoen tot so 'n mate verbeter dat dit selfs beter resultate as bogrond gelewer het.

- Die mengsels van "fyn" materiale en klip in 'n 1:1 verhouding, sowel as die kalkmateriale wat 'n mengsel van fyn kalk en kalkklippe is, vorm 'n baie stabiele deklaag teen 'n helling van 18°. Na drie seisoene kon geen tekens van erosie in enige van die persele waargeneem word nie.

3.5.2.2 Proewe by PPC Lime Acres

Lime Acres is 'n kalkmyn in die Noord-Kaap, ongeveer 135 km noordwes van Kimberley (28°23'S, 23°30'O). Ander dorpies in die direkte omgewing is Postmasburg, 43 km wes en Daniëlskuil 25 km noord van Lime Acres (Fig. 2.1).

Volgens statistieke verskaf deur die Weerburo (1986) is die naaste weerstasies dié van Kimberley en Kuruman waar 'n gemiddelde jaarlikse reënval van 419 en 455 mm onderskeidelik aangeteken word. Aangesien daar 'n afname van reënval is namate na noord en suid beweeg word (Upington 169 mm en Prieska 237 mm), kan daar met redelike sekerheid aanvaar word dat die reënval in die omgewing van die myn eerder laer sal wees as die reënval wat aangeteken word by die naaste weerstasies, naamlik Kimberley en Kuruman.

Volgens Phillips (1980b) is die gemiddelde reënval van dié landstreek tussen 335 en 380 mm per jaar.

Soos in die geval van Sishen, lê die dun lagie sand (bogrond) waarin plante kan vestig, in hierdie gebied bo-op kalksteen. Hierdie feit bring mee dat daar weinig bogrond beskikbaar is vir gebruik tydens rehabilitasie. In teenstelling met die verskeidenheid materiale wat by Sishen aangetref word, beskik hierdie myn slegs oor 'n ontoereikende hoeveelheid bogrond en die kalksteen wat uit die myn self afkomstig is.

Ontledings van die twee materiale is gedoen deur die Departement Plant- en Bodemwetenskappe en die interpretasies en bemestingsaanbevelings deur mnr. M. Michael van die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie van die PU vir CHO (Van Wyk, 1986a). Die resultate van die ontledings word in Tabel 3.16 verskaf.

TABEL 3.16: Chemiese ontleding van verskillende grond/materiaal-monsters soos aangetref by PPC LIME ACRES kalkmyn

	Bogrond 1	Bogrond 2	Bogrond 3	Bogrond 4	Fyn kalk	Fyn kalk
pH - KCl	8,0	7,7	7,1	6,8	8,1	9,2
Voedingstatus (dpm)						
Ca	4600	5650	3400	1900	>12500	>12500
Mg	156	94	180	110	74	48
K	240	240	150	110	36	22
Na	12	15	16	10	14	23
P	5	7	2	2	1	1
Zn	1,7	1	0,7	0,8	0,5	0,5

Die pH (KCl) van die bogrond, sowel as die fyn kalkmateriaal wat bo-op die uitskothope (afval, kalkklippe en soms rotsblokke) gegooi word, wissel baie, maar is oor die algemeen alkalies. Die pH (KCl) van die fyn kalk is besonder hoog en mag die vestiging van plante benadeel.

By hierdie kalkmyn is die P-status oor die algemeen baie laag. Indien gebruik gemaak kan word van plante uit die omgewing, sal die invloed van die lae P-status waarskynlik nie so 'n groot nadeel wees nie aangesien die plante aangepas is by hierdie tekort.

Die beskikbare K en Mg in die bogrond is voldoende, maar in die fyn kalk is daar 'n duidelike tekort.

Die Ca-inhoud in die bogrond is hoog en in die fyn kalk uitermate hoog. Alhoewel die Ca-inhoud as sodanig nie 'n nadelige effek sal hê nie, versteur dit die balans tussen die noodsaaklike elemente - 'n aspek wat byvoorbeeld die opname van K en Mg benadeel.

Die Na-inhoud is laag genoeg sodat geen probleme tydens die rehabilitasie van die gebied ondervind sal word nie.

3.5.2.2.1 Deklaagproef - platvlak

Proefdoelwit

Die doel van die proef was om te bepaal of daar na chemiese regstelling met behulp van anorganiese bemesting, gebruik gemaak kan word van die beskikbare materiale om 'n plantbedekking op die uitskothope van die myn te vestig.

Proefuitleg en prosedure

Ter voorbereiding van die proef is die harde, gekompakteerde laag fyn kalk met die tande van 'n stootskraper losgebreek tot op 'n diepte van ongeveer 100 mm of so diep as wat dit moontlik was. Drie persele van 10 x 10 m is voorberei. Die eerste perseel is bedek met 'n 200 mm dik laag bogrond wat as kontrole gedien het. Die tweede perseel is ook 200 mm dik bedek, maar met 'n mengsel van bogrond en fyn kalk in 'n 1:1 verhouding. In die derde perseel is die harde kors van fyn kalk net losgebreek en so gelaat. Hierdie proef is uitgelê op 'n gelyk oppervlakte.

Ten einde die verhouding waarin die elemente voorkom reg te stel en waar nodig die tekorte aan te vul is die volgende kunsmis toegedien (Van Wyk, 1986a):

In die twee persele waar daar van bogrond en 'n bogrond/kalk mengsel (100 - 200 mm) gebruik gemaak word:

Superfosfaat - 300 kg ha^{-1} (10,5% P)
2:3:2(22)Zn - 200 kg ha^{-1}

In die perseel waar geen bogrond gebruik word nie:

Superfosfaat - 400 kg ha^{-1} (10,5% P)
Kaliumsulfaat - 300 kg ha^{-1} (40% K)
Magnesiumoksied - 150 kg ha^{-1} (50% Mg)
2:3:2(22)Zn - 200 kg ha^{-1}

Die persele is al drie gesaai met 'n saadmengsel wat soos volg saamgestel is:

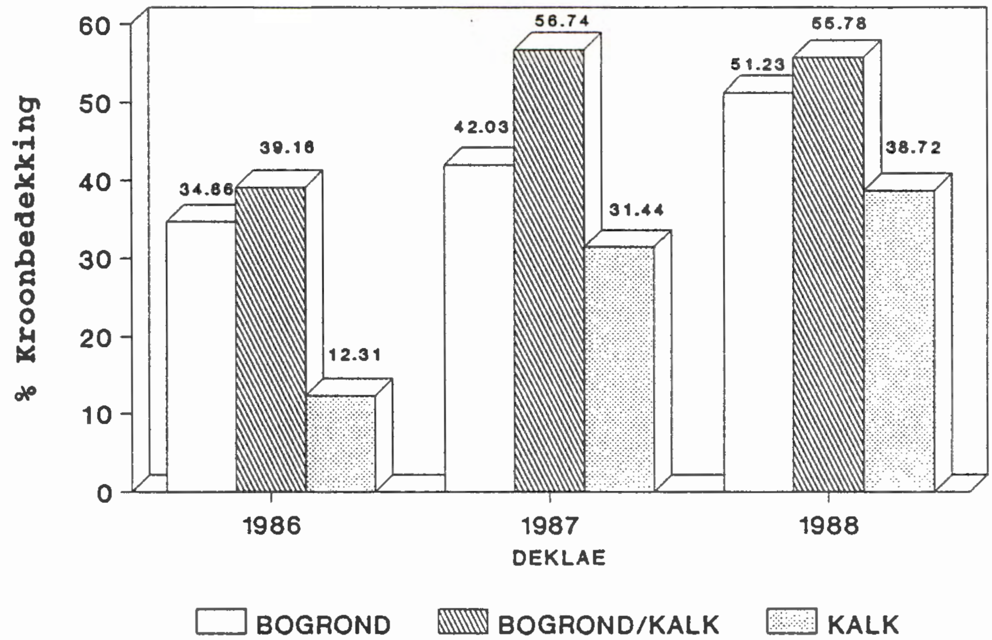
	Kg ha^{-1}
Cenchrus ciliaris	5,0
Cynodon dactylon	2,5
Eragrostis curvula	2,5
Aristida congesta	50 kg saad en
Aristida scabrivalvis	growwe materi-
Aristida adscensionis	aal soos dit in
Chloris virgata	die veld en in
Eragrostis echinochloidea	ou lande opge-
Tragus berteronianus	suig is.
Schmidtia pappophoroides	
Urochloa panicoides	

Nadat die persele gesaai is, is dit liggies toegehark.

Hierdie proef is aan die einde van die 1986, 1987 en 1988 groeiseisoene geëvalueer (kyk p. 40 en 41). In elke behandeling is ses herhalings van die verskillende metings gedoen wat dus beteken dat dit 'n 3x6 faktoriaal proef is. Die resultate word uitgebeeld in Figure 3.28 tot 3.30.

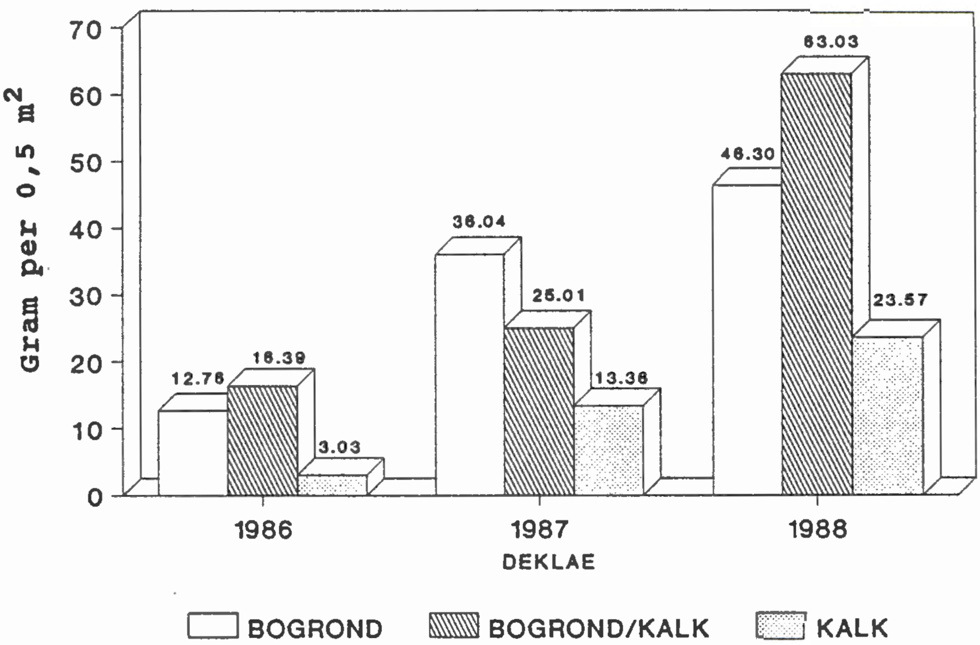
Resultate en bespreking.

Met die uitsondering van die basale bedekking van 1987 kon daar met al drie die metingstegnieke nooit gedurende die drie jaar waarin evaluering gedoen is enige betekenisvolle verskille (P = 0,05) tussen die resultate van die perseel met bogronddeklaag en die perseel met die deklaag van bogrond/-kalk gevind word nie.



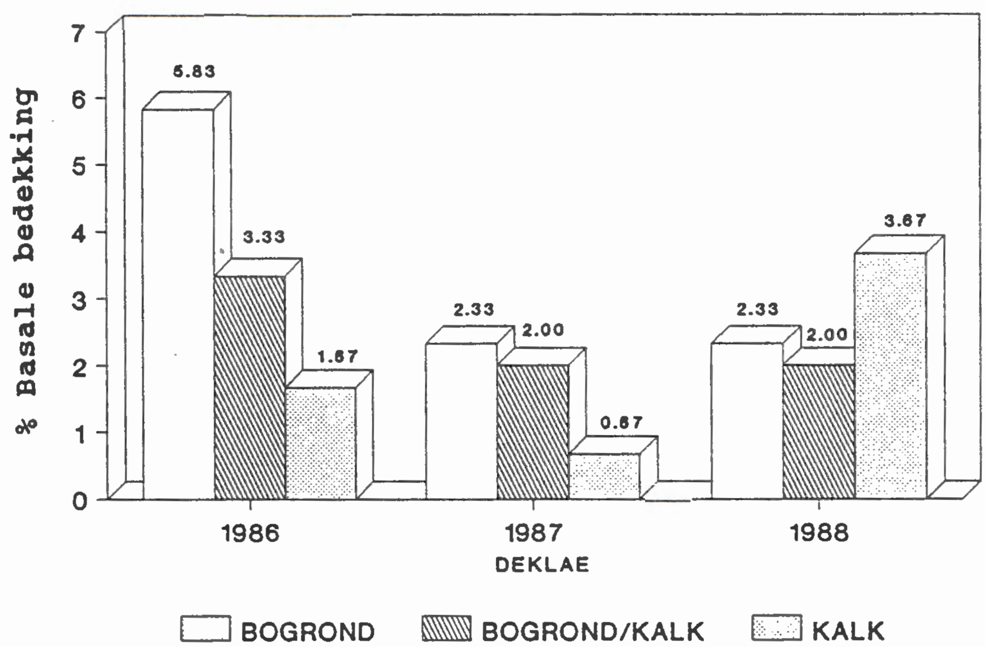
Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1986	5.82	8.27	15.75
1987	20.43	29.06	38.05
1988	27.21	38.71	43.55
Behandeling			
Bogrond	15.23	21.66	27.76
Bogr/kalk	18.89	26.87	29.04
Kalk	22.17	31.53	62.68

FIGUUR 3.28: Gemiddelde kroonbedekking van die deklaagproef. PPC LIME ACRES - 1986 tot 1988



Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1986	3.82	5.44	27.71
1987	7.45	10.60	23.35
1988	40.89	58.16	69.15
Behandeling			
Bogrond	14.40	20.49	35.32
Bogr/kalk	25.09	35.69	56.04
Kalk	12.38	17.6	73.23

FIGUUR 3.29: Gemiddelde bogrondse droëmassa van die deklaagproef. PPC LIME ACRES - 1986 tot 1988



Jaar	KBV P=(0,05)	KBV P=(0,01)	VK (%)
1986	1.77	2.94	21.63
1987	1.30	2.16	34.47
1988	3.70	6.14	61.27
Behandeling			
Bogrond	2.61	4.34	32.95
Bogr/kalk	2.47	4.1	44.63
Kalk	3.81	6.32	84.11

FIGUUR 3.30: Gemiddelde basale bedekking van die deklaagproef. PPC LIME ACRES - 1986 tot 1988

Die algemene tendens was dat daar vanaf die eerste jaar 'n beter kroonbedekking in die perseel met die bogrond/kalk was. Behalwe vir die resultaat van 1987, is hierdie tendens ook weerspieël deur die hoeveelheid droë materiaal wat geproduseer is in die verskillende persele. In teenstelling hiermee, was daar altyd 'n hoër basale bedekking in die bogrondperseel. In 1986 was die basale bedekking van hierdie perseel selfs betekenisvol hoër as die van die perseel met die deklaag van bogrond/kalk. Alhoewel daar dus 'n beter plantbedekking in die bogrond gevestig het, was die vitaliteit van die plante in die perseel met die mengseldeklaag beter.

Die perseel wat die deklaag van kalk het, het gedurende die eerste seisoen baie swak gevestig en die resultate van al drie die evalueringstegnieke het betekenisvolle en in sommige gevalle selfs hoogs betekenisvolle verskille (P= 0,01) getoon in vergelyking met dié van die ander twee persele. Gedurende die tweede seisoen het hierdie perseel aansienlik verbeter, danksy die ontwikkeling van 'n aantal kolle *Cynodon dactylon*, *Eragrostis echinochloidea* en tot 'n mindere mate *Cenchrus ciliaris* - grasspesies wat veral die kroonbedekking verbeter het.

Alhoewel die verskil in kroonbedekking tussen die perseel met die kalkdeklaag en die perseel met die bogronddeklaag nie meer as betekenisvol beskou kon word nie, was die kroonbedekking van die perseel met die mengseldeklaag steeds hoogs betekenisvol beter as dié van die perseel met die kalkdeklaag. Die verskil in basale bedekking het ook aansienlik verminder, alhoewel dit steeds as betekenisvol beskou kon word. Alhoewel baie meer plante in die perseel met die kalkdeklaag aangetref is, was hulle steeds klein - 'n verskynsel wat gereflekteer word in die hoogs betekenisvol laer bogrondse droëmassa wat geproduseer is in vergelyking met die van die perseel met die mengseldeklaag en die perseel met die bogronddeklaag. Selfs na die derde seisoen was die

hoeveelheid materiaal wat geproduseer was in die perseel met die kalkdeklaag betekenisvol laer as dié van die peseel met die bogrond/kald deklaag. Die kroon- en basale bedekkings van die perseel met die kalkdeklaag het egter sodanig verbeter dat geen betekenisvolle verskille aangetref kon word nie.

Gedurende die eerste seisoen het Enneapogon cenchroides, 'n pioniersgras, in al drie persele die grootste bydrae tot die kroonbedekking gelewer. In die persele met die bogronddeklaag en die bogrond/kalkdeklaag was die bydrae ongeveer 35%, terwyl in die perseel met die kalkdeklaag 'n gemiddeld van slegs 8% aangeteken is. 'n Verdere opvallende kenmerk was die bykans algehele afwesigheid van Cynodon dactylon in die twee persele met die beter plantbedekking, terwyl in die perseel met die kalkdeklaag baie klein plantjies voorgekom het. By die opvolgevaluasies was dit duidelik dat Cynodon dactylon sodanig versprei het dat in sommige van die metingspersele tot 35% van die kroonbedekking deur hierdie spesie bygedra is. In geeneen van die ander persele het Cynodon dactylon tot aan die einde van die derde seisoen meer as 18% bygedra in enige van die metingspersele nie. Tydens die 1988 evaluasie was dit duidelik dat die meeste van die pioniersgrasse bykans totaal verdwyn het. Enneapogon cenchroides het wel nog voorgekom, maar het slegs 3% bygedra tot die kroonbedekking van die perseel met die bogronddeklaag en die perseel met die deklaag van bogrond/kalk. Na drie seisoene was Eragrostis echinochloidea die dominante spesie in al drie die persele (die perseel met die deklaag van bogrond 44,2%, bogrond/kalk 36,7% en kalk 31,4%).

'n Baie belangrike waarneming wat nie in die metings na vore gekom het nie, was die groot hoeveelheid sand wat geakkumuleer het in die kalkperseel in en om die graspolle. Hierdie verskynsel was veral baie opvallend in die kolle Cynodon dactylon waar die sand tot 50 mm dik was. Die akkumulasie het waarskynlik ook in die ander persele plaasgevind, maar omdat daar nie 'n kontrasterende kleurverskil

tussen die sand en bogrond was nie, kon dit nie waargeneem word nie. Die inwaai van saad, groeimedium en ander noodsaaklike minerale kon dus tot 'n groot mate bygedra het tot die verbetering van hierdie perseel.

Gevolgtrekkings

- Aangesien die perseel met die bogronddeklaag sowel as die perseel met die bogrond/kalkdeklaag deurgaans resultate gelewer het wat nie betekenisvol van mekaar verskil het nie, kan dus aanvaar word dat albei materiale geskik is om as deklaag te gebruik tydens die rehabilitasie van die versteurde gebiede van hierdie myn.

- Die resultate van die perseel met die kalkdeklaag was gedurende die eerste twee jare baie swak en die plantbedekking onaanvaarbaar. Die verbetering gedurende die derde seisoen was egter sodanig dat die gebruik van hierdie materiaal as deklaag nie heeltemal buite rekening gelaat kan word nie.

- Bewerkingsmetodes waardeur die mate van sukses op fyn kalk verhoog kan word is nie ondersoek nie. 'n Volledige studie in hierdie verband kan meebring dat die vestigingstempo versnel en/of die gebruik van bogrond moontlik heeltemal verminder of uitgeskakel kan word.

3.5.2.2.2 Die implementering van resultate in die praktyk

Uitleg en behandelings van die implementeringsgebiede

Die positiewe resultaat wat deur hierdie proef verkry is, het gelei tot die implementering van die aanbevelings wat gemaak is in verband met die rehabilitasie van die versteurde

gebiede op die myn. As gevolg van die tekort aan bogrond is daar egter besluit om aanvanklik verskillende diktes bogrond te gebruik ten einde die minimum dikte wat benodig word te bepaal. Verder is slegs sommige gebiede bemes en gesaai. Jaarlikse metings is gemaak om die basale bedekking en die kroonbedekking van die plantegroei te bepaal. Die doel was om uit sodanige resultate wat oor 'n aantal jare verkry is, die mees ekonomiese hervestigingsmetode vir hierdie betrokke myn saam te stel.

Die behandelings wat in elk van die gebiede toegepas is, word in Tabel 3.17 saamgevat.

Behalwe gebied 8B (þ 15°) het geeneen van die implementeringsgebiede 'n gradiënt van meer as 6° nie, en in die meeste gevalle kan dit as 'n gelyk oppervlak beskou word. Aangesien daar geen waterbeheer toegepas is nie, het daar in sommige van die gebiede grootskaalse erosie plaasgevind soos aangetoon word in Tabel 3.17.

Die gebiede wat hervestig is, vorm deel van die rehabilitasieplan van die myn en is dus nie bedoel om as proewe te dien nie. Aangesien die verskillende gebiede nie gedurende dieselfde jaar gesaai is nie, is dit baie moeilik om die data statisties te vergelyk. Om hierde rede word die resultate wat uit metings in hierdie implementeringsgebiede verkry is, slegs as 'n gevallestudie beskou waarin sekere tendense wat sterk na vore kom, as riglyne gebruik kan word.

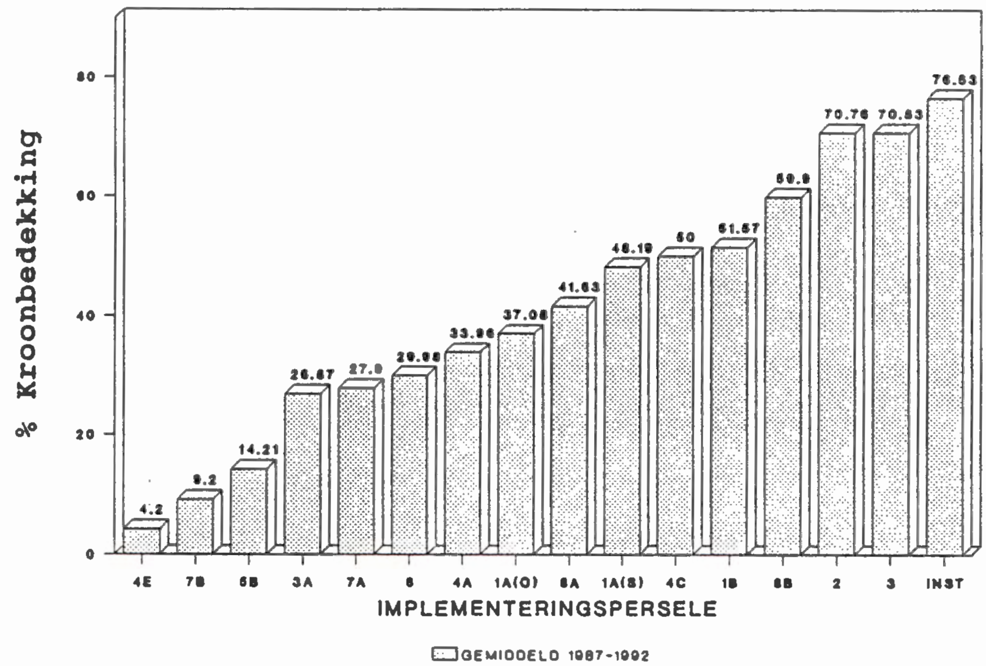
In Tabelle 3.18 en 3.19 is die gemiddelde persentasie kroon- en basale bedekkings van die gebiede ouer as drie jaar statisties vergelyk om 'n aanduiding te gee van die betekenisvolheid van die resultate. In Figure 3.31 en 3.32 word die gemiddeldes histogrammaties voorgestel.

TABEL 3.17: **Deklaagbehandelings soos toegepas in die verskillende implementeringsgebiede van PPC LIME ACRES. Eksterne faktore wat die plantegroei kan beïnvloed word op 'n skaal van 0 tot 5 (*) aangetoon.**

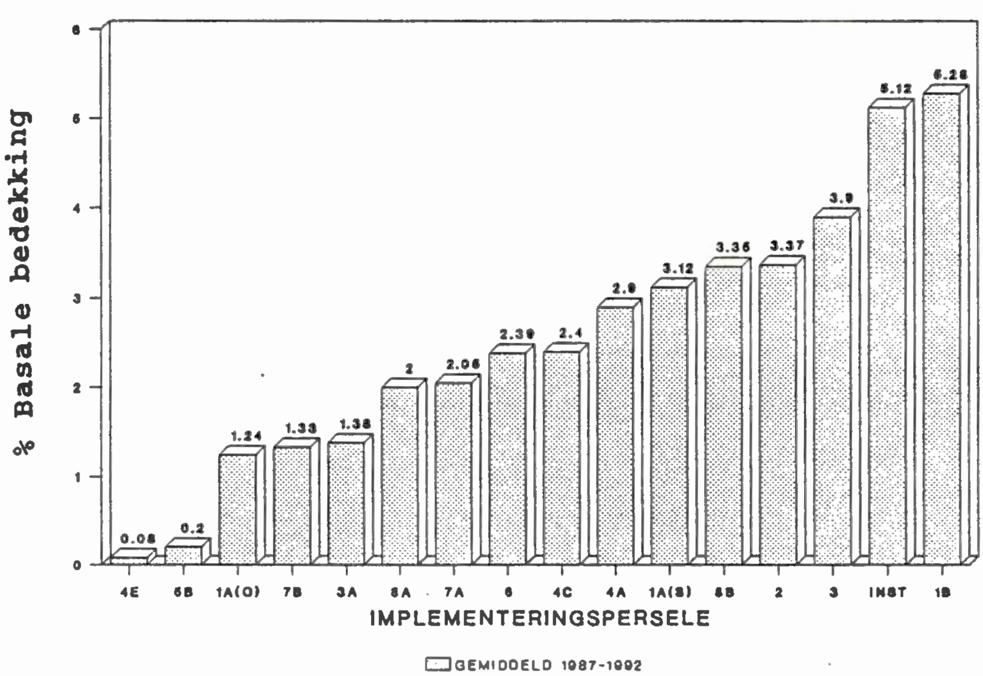
Gebied	Behandelings: Seisoen gesaai	Bogrond mm	Losgebreek Diep	Losgebreek Vlak	Bemes	Gesaai	Toegehark	Eksterne faktore: Erosie	Tekstuur
Oostelike afvalhoop									
2	86/87	100	x					0	1
3	86/87	100	x		x			0	1
4A	87/88	5	x		x	x		3	3
4C	88/89	5						1	1
4E	88/89	5						4	0
4H1	90/91	25	x		x	x		0	3
4H2	90/91	25	x		½	½		0	3
4H3	90/91	25	x					0	3
4I	90/91	25	x					0	3
INST	86/87	100+	x		x	x	x	0	3
Bonza afvalhoop									
1A(O)	87/88	25	x		x			2	2
1A(S)	87/88	25	x		x	x		0	2
1B	87/88	10	x		x	x		0	2
3A	87/88	15	x		x	x		1	5
5B	88/89	5						5	1
6	88/89	5						1	2
7A	88/89	5						0	2
7B	89/90	5				x		4	2
8A	88/89	50		x				0	0
8B	90/91	100+		x		x		0	3

* Skaal vir eksterne faktore

Erosie:	Tekstuur: (Klippe en growwe materiaal (>9 mm) sigbaar aan die opprvlakte)
0 - Geen	0 - Geen
1 - Baie min	1 - Baie min
2 - Min	2 - Min
3 - Taamlik	3 - Taamlik
4 - Baie	4 - Baie
5 - Erg	5 - Oorwegend



FIGUUR 3.31: Gemiddelde kroonbedekking van die implementeringspersele. PPC LIME ACRES - 1987 tot 1992



FIGUUR 3.32: Gemiddelde basale bedekking van die implementeringspersele. PPC LIME ACRES - 1987 tot 1992

[illegible]
sentasie basale bedekking van die verskillende implementeringsblokke by PPC LIME ACRES (1987 tot 1992)

BLOKKE				5B	A(O)	7B	3A	8A	7A	6	4C	4A	1A(S)	8B	2	3	INST	1B
	% BASAAL			0.20	1.24	1.33	1.38	2.00	2.05	2.39	2.40	2.90	3.12	3.35	3.37	3.90	5.12	5.28
		PUNTE(n)		830	1030	630	1030	830	830	830	830	1030	1030	420	1230	1230	610	1030
4E	0.08	830	SED%	0.37	0.72	0.93	0.75	0.99	1.00	1.08	1.08	1.06	1.10	1.77	1.05	1.12	1.80	1.41
Dp1 - p2				(0.12)	(1.16)	(1.25)	(1.30)	(1.92)	(1.97)	(2.13)	(2.32)	(2.28)	(3.04)	(3.27)	(3.29)	(3.82)	(5.0)	(5.20)
5B	0.20	830	SED%		0.76	0.96	0.79	1.02	1.03	1.10	1.11	1.09	1.13	1.78	1.07	1.15	1.81	1.43
Dp1 - p2					(1.04)	(1.13)	(1.18)	(1.80)	(1.85)	(2.19)	(2.20)	(2.70)	(2.92)	(3.15)	(3.17)	(3.70)	(4.92)	(5.08)
1A(O)	1.24	1030	SED%			1.14	1.00	1.19	1.20	1.26	1.27	1.25	1.28	1.89	1.24	1.30	1.91	1.55
Dp1 - p2						(0.09)	(0.14)	(0.76)	(0.81)	(1.15)	(1.16)	(1.66)	(1.88)	(2.11)	(2.13)	(2.66)	(3.88)	(4.04)
7B	1.33	630	SED%				1.17	1.33	1.34	1.40	1.40	1.39	1.42	1.98	1.38	1.43	2.00	1.67
Dp1 - p2							(0.05)	(0.67)	(0.72)	(1.06)	(1.07)	(1.57)	(1.79)	(2.02)	(2.04)	(2.57)	(3.79)	(3.95)
3A	1.38	1030	SED%					1.21	1.22	1.29	1.29	1.27	1.30	1.90	1.26	1.32	1.93	1.57
Dp1 - p2								(0.62)	(0.67)	(1.29)	(1.02)	(1.52)	(1.74)	(1.97)	(1.99)	(2.52)	(3.74)	(3.90)
8A	2.00	830	SED%						1.38	1.44	1.44	1.43	1.46	2.01	1.42	1.47	2.03	1.70
Dp1 - p2									(0.05)	(0.39)	(0.40)	(0.90)	(1.12)	(1.35)	(1.37)	(1.90)	(3.12)	(3.28)
7A	2.05	830	SED%							1.45	1.45	1.44	1.46	2.01	1.42	1.48	2.04	1.71
Dp1 - p2										(0.34)	(0.35)	(0.85)	(1.07)	(1.30)	(1.32)	(1.85)	(3.07)	(3.32)
6	2.39	830	SED%								1.50	1.49	1.52	2.05	1.48	1.53	2.08	1.75
Dp1 - p2											(0.01)	(0.51)	(0.73)	(0.96)	(0.98)	(1.51)	(2.73)	(2.89)
4C	2.40	830	SED%									1.49	1.52	2.05	1.48	1.53	2.08	1.75
Dp1 - p2												(0.50)	(0.72)	(0.95)	(0.97)	(1.50)	(2.72)	(2.88)
4A	2.90	1030	SED%										1.51	2.04	1.47	1.52	2.07	1.74
Dp1 - p2													(0.22)	(0.45)	(0.47)	(1.00)	(2.22)	(2.38)
1A(S)	3.12	1030	SED%											2.06	1.49	1.55	2.09	1.77
Dp1 - p2														(0.23)	(0.25)	(0.78)	(2.00)	(2.16)
8B	3.35	420	SED%												2.04	2.07	2.50	2.24
Dp1 - p2															(0.02)	(0.55)	(1.77)	(1.93)
2	3.37	1230	SED%													1.51	2.06	1.73
Dp1 - p2																(0.53)	(1.75)	(1.91)
3	3.90	1230	SED%														2.10	1.78
Dp1 - p2																	(1.22)	(1.38)
INST	5.12	610	SED%															2.26
Dp1 - p2																		(0.16)

$$SED\% = \sqrt{\frac{p_1(100 - p_1)}{n_1} + \frac{p_2(100 - p_2)}{n_2}}$$ (Allen, 1982)

p_1 en p_2 = Gem. basale bedekkings van implementeringsblokke

n_1 en n_2 = Aantal opnamepunte in die persele

D $p_1 - p_2$ >2 x SED%, dan is D betekenisvol (5% vlak) (Getint in die tabel)

D $p_1 - P_2$ >3 x SED%, dan is D hoogs betekenisvol (1% vlak) (Donkerdruk in die tabel)

----- ----- sentasie kroonbedekking van die verskillende implementeringsblokke by PPC LIME ACRES (1987 tot 1992)

BLOKKE				7B	5B	3A	7A	6	4A	1A(O)	8A	1A(S)	4C	1B	8B	2	3	INST
	% KROON			9.20	14.21	26.87	27.90	29.98	33.96	37.08	41.63	48.19	50.00	51.57	59.90	70.76	70.83	76.63
		PUNTE(n)		630	640	650	640	640	650.00	650.00	640.00	650.00	640.00	650.00	420.00	660.00	660.00	250.00
4E	4.20	640	SED%	2.80	3.18	3.82	3.88	3.95	4.04	4.11	4.21	4.23	4.26	4.23	5.04	3.88	3.88	5.58
Dp1 - p2				(5.00)	(10.01)	(22.67)	(23.70)	(25.78)	(29.76)	(32.88)	(37.43)	(43.99)	(45.80)	(47.37)	(55.70)	(66.56)	(66.63)	(72.43)
7B	9.20	630	SED%		3.59	4.17	4.23	4.29	4.37	4.43	4.53	4.55	4.57	4.55	5.31	4.22	4.22	5.83
Dp1 - p2					(5.01)	(17.67)	(18.70)	(20.78)	(24.76)	(27.88)	(32.43)	(38.99)	(40.80)	(42.37)	(55.70)	(61.56)	(61.63)	(67.43)
5B	14.21	640	SED%			4.44	4.49	4.55	4.63	4.69	4.78	4.79	4.82	4.79	5.52	4.49	4.49	6.02
Dp1 - p2						(12.66)	(13.69)	(15.77)	(19.75)	(22.87)	(27.42)	(33.98)	(35.79)	(37.36)	(45.69)	(56.55)	(56.62)	(62.42)
3A	26.87	650	SED%				4.97	5.02	5.09	5.14	5.22	5.24	5.26	5.24	5.91	4.96	4.96	6.38
Dp1 - p2							(1.03)	(3.11)	(7.09)	(10.21)	(14.76)	(21.32)	(23.13)	(24.70)	(33.03)	(43.89)	(43.96)	(49.76)
7A	27.90	640	SED%					5.07	5.14	5.19	5.27	5.29	5.31	5.29	5.95	5.01	5.01	6.42
Dp1 - p2								(2.08)	(6.06)	(9.18)	(13.73)	(20.29)	(22.10)	(23.67)	(32.00)	(42.86)	(42.93)	(48.73)
6	29.98	640	SED%						5.19	5.24	5.32	5.34	5.36	5.34	6.00	5.07	5.06	6.46
Dp1 - p2									(3.98)	(7.10)	(11.65)	(18.21)	(20.02)	(21.59)	(29.92)	(40.78)	(40.85)	(46.65)
4A	33.96	650	SED%							5.31	5.38	5.40	5.42	5.40	6.06	5.13	5.13	6.52
Dp1 - p2										(3.12)	(7.67)	(14.23)	(16.04)	(17.61)	(25.94)	(36.80)	(36.87)	(42.67)
1A(O)	37.08	650	SED%								5.44	5.45	5.48	5.45	6.10	5.19	5.18	6.56
Dp1 - p2											(4.55)	(11.11)	(12.92)	(14.49)	(22.82)	(33.68)	(33.75)	(39.55)
8A	41.63	640	SED%									5.53	5.55	5.53	6.17	5.27	5.26	6.62
Dp1 - p2												(6.56)	(8.37)	(9.94)	(18.27)	(29.13)	(29.20)	(35.00)
1A(S)	48.19	650	SED%										5.57	5.54	6.18	5.28	5.28	6.63
Dp1 - p2													(1.81)	(3.38)	(11.71)	(22.57)	(22.64)	(28.44)
4C	50.00	640	SED%											5.57	6.20	5.31	5.31	6.65
Dp1 - p2														(1.57)	(9.90)	(20.76)	(20.83)	(26.36)
1B	51.57	650	SED%												6.18	5.28	5.28	6.63
Dp1 - p2															(8.33)	(19.19)	(19.26)	(25.06)
8B	59.90	420	SED%													5.95	5.95	7.18
Dp1 - p2																(10.86)	(10.93)	(16.73)
2	70.76	660	SED%														5.01	6.42
Dp1 - p2																	(0.07)	(5.87)
3	70.83	660	SED%															6.42
Dp1 - p2																		(5.80)

$$SED\% = \sqrt{\frac{p_1(100-p_1)}{n_1} + \frac{p_2(100-p_2)}{n_2}}$$ (Allen, 1982)

p_1 en p_2 = Gem. kroonbedekkings van implementeringsblokke

n_1 en n_2 = Aantal opnamepunte in die persele

D $p_1 - p_2$ >2 x SED%, dan is D betekenisvol (5% vlak) (Getint in die tabel)

D $p_1 - p_2$ >3 x SED%, dan is D hoogs betekenisvol (1% vlak) (Donkerdruk in die tabel)

Resultate en bespreking

Volgens Tabel 3.18 was die kroonbedekking (wat ook tot 'n sekere mate 'n aanduiding gee van die vitaliteit van die plante) van persele 2 en 3 asook die perseel wat deur die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie gesaai is (INST) hoogs betekenisvol hoër as dié van al die ander persele. Tog was die kroonbedekking van persele 2, 3 en INST nie betekenisvol verskillend van mekaar nie, ten spyte van drastiese verskille in behandeling (Tabel 3.17). Daar was egter 'n radikale verskil in spesiesamestelling. In persele 2 en 3 wat nie gesaai is nie was Eragrostis echinochloidea en Eragrostis lehmanniana die enigste twee meerjarige grasse wat selfs na vyf seisoene noemenswaardig bygedra het tot die kroonbedekking. In teenstelling daarmee, was daar vier spesies, naamlik Cenchrus ciliaris, Anthephora pubescens, Cynodon dactylon en Eragrostis lehmanniana wat in die INST-perseel die belangrikste komponent van die kroonbedekking uitgemaak het. Die eerste drie van hierdie spesies is gesaai en kom in geeneen van die ongesaaide gebiede voor nie. Die enigste faktor wat hierdie drie gebiede in gemeen het, is die ±100 mm bogrond wat hulle as deklaag ontvang het.

Gebied 8A is die enigste ander gebied waarvan die kroonbedekking betekenisvol van die res van die gebiede verskil het. Hierdie gebied het 100 mm en selfs meer bogrond ontvang, maar is geleë teen 'n helling van ongeveer 15°. Die verskil tussen die kroonbedekking van hierdie gebied en dié van die eerste drie, kan moontlik aan hierdie verskil toegeskryf word. Eragrostis lehmanniana en Eragrostis echinochloidea was soos by al die ander ongesaaide gebiede na drie jaar steeds dominant.

Wat basale bedekking betref, val hierdie vier gebiede saam met gebiede 1B en 1A(S) in 'n groep met 'n gemiddelde basale bedekking van hoër as 3%. Hierdie hoër basale bedekking was nie altyd betekenisvol meer as dié van die swakker gebiede

nie en het dus die indruk geskep dat die ander gebiede wel goed gevestig was. In die swakker gebiede was pioniersgrasse egter dominant of ten minste baie sterk teenwoordig en het dit in baie gevalle nog die grootste bydrae tot die basale en selfs die kroonbedekking gelewer.

Die feit dat gebiede met 'n baie dunner bogronddeklaag soos 1B (10 mm) en 1A(S) (25 mm), met basale bedekkings van 5,28% en 3,12% onderskeidelik ook in hierdie beter groep geval het, word geheel en al toegeskryf aan die teenwoordigheid van Cynodon dactylon, en tot 'n mindere mate aan die voorkoms van Cenchrus ciliaris en Anthephora pubescens wat tydens die rehabilitasieproses gesaai is.

Ten spyte van die feit dat gebied 4C 'n deklaag van slegs 5mm en verder geen behandeling ontvang het nie, was die kroonbedekking van 50% hoogs betekenisvol beter as dié van nege van die hervestigde gebiede. Die basale bedekking van 2.4% het hom ook in die boonste 50% van die hervestigde gebiede geplaas. Volgens die gegewens van die onverwerkte data (Van Wyk, 1992), was die frekwensieteenwoordigeid van pioniersgrasse en kruide in hierdie gebied 51,5% teenoor die 17,9% van meerjarige spesies. In teenstelling hiermee was die frekwensieteenwoordigheid van pioniersgrasse en kruide in perseel 1B slegs 8,8% en dié van meerjarige grasse 52,5%. Dit beteken dus dat gebied 4C ten spyte van die "goeie" basale en kroonbedekkings, na vier jaar steeds in 'n pionierstadium verkeer het, terwyl in gebied 1B reeds sedert die tweede jaar na vestiging 'n redelike stand van meerjarige grasse aangetref is. In gebiede 1A(S) en 1A(O) waar die enigste verskil die feit is dat eersgenoemde gesaai is met 'n saadmengsel wat laasgenoemde nie ontvang het nie, was sowel die basale as die kroonbedekkings van die gesaaide gebied hoogs betekenisvol beter as dié van die ongesaaide gebied.

Twee van die swakste gebiede naamlik 4E en 5B het albei slegs 5 mm bogrond ontvang. Albei gebiede lê teen 'n vlak helling van ongeveer 6° en in albei gevalle is die lagie bogrond die afgelope drie jaar weggewas as gevolg van erosie, omdat geen waterbeheer toegepas is nie. Die poging om 5 mm grond met swaar masjinerie eweredig oor groot oppervlaktes te versprei was ook nie suksesvol nie en het deels bygedra tot die mislukking van die poging om hierdie gebiede te rehabiliteer. Omdat die laag gekompakteerde fyn kalk waarop die bogrond geplaas is nie losgebreek is nie, was die penetrasie van wortels ook beperk tot die dun lagie bogrond, waar dit wel nog bestaan. Op sy beurt het die swak wortelpenetrasie tot gevolg gehad dat plante wat wel gevestig het baie kwesbaar was en maklik gevrek het gedurende droogteperiodes. Die oorblyfsels van dooie plante was dan ook orals te bespeur. Die klein hoeveelheid bogrond wat deur die bogrondse dele van hierdie plante vasgevang was, is egter as gevolg van die agteruitgang van die plante weer blootgestel aan natuurlike erosie en sal waarskynlik deur toekomstige reënbuie weggewas word.

Die teleurstellende resultaat van gebied 4A wat basies dieselfde behandeling as gebied 1A(S) ontvang het, kan ook toegeskryf word aan erosie, aangesien hier ook nie waterbeheer toegepas is teen die helling van 6°, en op sommige plekke moontlik selfs teen effens steiler hellings nie. Die noodsaaklikheid van hierdie faset van rehabilitasie word deur hierdie resultaat sterk beklemtoon. Dieselfde probleem was verantwoordelik vir die swak resultaat van gebied 7B waar erosie die grootste gedeelte van die gebied se bogrond weggewas het na die laagliggende gedeelte van die gebied. In hierdie geval was die gekompakteerde kalklaag nie losgebreek nie en was die effek van die erosie nog erger as by gebied 4A.

In die rotsagtige gebied 3A, waar die klein hoeveelheid bogrond wat wel toegedien is baie vinnig tussen die klippe ingewas is, was die resultaat ewe teleurstellend. Alhoewel

die gemiddelde gradiënt ongeveer 6^o is, is daar lokaliteite wat heelwat steiler is. Die grond wat hier weggespoel het, het geakkumuleer in die laerliggende gedeelte van die gebied waar 'n baie goeie plantbedekking gevestig het. Aangesien hierdie slegs 'n klein gedeelte van die gebied uitgemaak het, is die netto resultaat onaanvaarbaar.

Die oorblywende drie gebiede, naamlik 6, 7A en 8A was almal nog in 'n pionierstadium. Die beter gemiddelde kroonbedekking van 8A kan toegeskryf word aan die hoë frekwensieteenwoordigheid van pioniersgrasse (68%) en kruide (16,1%) gedurende die tweede seisoen.

Gevolgtrekkings

Uit die resultate van die kroon- en basale bedekking van die plantegroei, asook waarnemings gedurende die afgelope vyf jaar blyk die volgende:

1. Die gebiede waar 'n bogronddeklaag van 100 mm of dikker gebruik is, het die hoogste kroon- en basale bedekking tot gevolg gehad. Alhoewel daar nie betekenisvolle verskille tussen die gesaaide en bemeste INST gebied en die ongesaaide gebiede aangetoon is nie, dui die hoër kroon- en basale bedekking van hierdie gebied op 'n tendens wat moontlik verder ondersoek behoort te word.

2. Die toediening van kunsmis en saad het in al die gevalle waar 100 mm of meer bogrond gebruik is slegs die voordeel gehad dat reeds vanaf die eerste seisoen 'n beter spesieverskeidenheid in die persele aangetref is. Hierdie voordeel het op sy beurt tot gevolg gehad dat die kanse op oorlewing en die weerstand teen omgewingsveranderlikes grootliks verhoog is.

3. Die resultaat van gebied 1B (veral die basale bedekking), dui daarop dat die gebruik van minder bogrond wel geregverdig kan word, aangesien die hoogste gemiddelde basale bedekking in hierdie gebied verkry is. Die resultate van ander persele met dieselfde hoeveelheid en selfs meer bogrond (1B(O), en 3A), dui egter daarop dat hierdie metode nie suksesvol kan wees as daar nie addisionele behandelings toegepas word nie (bv. bewerking en die toediening van saad en kunsmis).

4. In al die gebiede waar min bogrond gebruik is, of waar geen bewerking gedoen is nie, bly die plantbedekking vir 'n onbepaalde tyd in 'n pionierstadium. Die klein eenjarige grassies soos Enneapogon brachystachyus en Tragus berteronianus dra min daartoe by om die basale of kroonbedekking te verbeter. Verder het dit die nadeel dat hierdie grassoorte elke jaar vrek en dus van voor af moet kiem en vestig. Die blootgestelde grondlagie is veral gedurende die begin van die reënseisoen baie kwesbaar en erodeer baie maklik. Dit kan een van die redes wees waarom gebiede soos 5B en 4E in so 'n swak toestand verkeer het.

5. Aangesien geen waterbeheer toegepas is nie, is gebiede soos 5B, 4E, 3A, 4A, 7B en 8B blootgestel aan erosie. Die behoud van gebied 8B is moontlik te danke aan die growwe struktuur van die deklaagmateriaal waarmee die gebied bedek is. In al die ander gevalle waar die helling slegs ongeveer 6^{o} is, is die erosiefaktor so hoog dat plante nooit kan vestig nie. Indien plantvestiging wel plaasvind, het dit nie veel kans op oorlewing nie, aangesien die wortels oopgespoel en die groeimedium weggespoel word.

Plaat 3.19: Plantbedekking van blok 1B na twee groeiseisoene - PPC Lime Acres.

Plaat 3.20: Plantbedekking van die proefperseel van die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie na twee seisoene, PPC Lime Acres

3.6 SWAARMETALE EN ANDER TOKSIESE ELEMENTE

Volgens Mengel en Kirkby (1982) is daar nie 'n duidelike skeiding tussen elemente wat toksies is vir plante en dié wat nodig en selfs noodsaaklik is vir normale groei en ontwikkeling nie.

Die effek van enige element op 'n plant hang nie net af van die element se chemiese eienskappe nie, maar ook van die konsentrasie waarin dit voorkom, asook die teenwoordigheid en konsentrasies van ander elemente in dieselfde groeimedium. Selfs die spesie, fisiologiese ouderdom van die plant en omgewingsfaktore waaraan die plant blootgestel is, kan 'n invloed hê op die graad van toksisiteit van 'n spesifieke element.

Bronne en verspreiding

Moderne floteringstegnieke waarmee metale uit die vermaalde erts verwyder word, is baie effektief, en so min as 0,1% van die metale word in die uitskot aangetref. Vroeëre mynboumetodes was egter minder ekonomies en soveel as 10% van die metaal is soms in die uitskot aangetref. Aangesien slegs hoëgraaderts gemyn is, het al die laegraaderts op afvalhope beland vanwaar die verspreiding van die metale in die natuur kon plaasvind (Bradshaw en Chadwick, 1980).

Alhoewel die gebruik van moderne tegnieke meebring dat die konsentrasie swaarmetale wat deur wind en water versprei kan word baie laag is, is die oppervlaktes wat versteur word en die hoeveelheid uitskot en slik wat geproduseer word baie meer as in die verlede. Laegraaderts kan deesdae ekonomies gemyn word omdat die ekstraksiemetodes meer effektief is. Sprekende voorbeelde hiervan is die kopermyn op die eiland Bougainville in Papua, New Guinea wat na slegs vyf jaar 1 km in deursnee is en 85 000 ton afvalrots en 80 000 ton slik per dag produseer. By die kopermyn by Tucson in Arizona is daar

alreeds 2,5 x 10^9 ton afvalrots geproduseer en word 'n verdere een miljoen ton daagliks bygevoeg (Bradshaw en Chadwick, 1980).

Swaarmetale vanaf slikdamme en uitskothope word versprei deur wind, water en swaartekrag (Davies en Jones, 1988). By die lood-sink myn by Avonmouth in Engeland, was die grond tot 7 km van die myn af nog sodanig besoedel dat dit as toksies beskou is. In oplossing of in suspensie kan die swaarmetale of swaarmetaalsoute egter baie vinniger en verder versprei word en is die afstande waaroor besoedeling kan plaasvind veel groter (Davies en Jones, 1988).

Toksiese konsentrasies

Mengel en Kirkby (1982), Bradshaw en Chadwick (1980), Brady (1984), Rendig en Taylor (1989); en Davies en Jones (1988) toon aan dat verskeie elemente indien hulle in 'n te hoë konsentrasies teenwoordig is, toksiese uitwerkings op plante kan hê. Aangesien genoemde outeurs met verskillende gewasse en verskillende grondtipes gewerk het, is daar uiteenlopende gegewens en is dit duidelik dat die variasie so groot is dat dit nie moontlik is om vaste riglyne te verskaf nie.

Die meeste hoërplante se Al-inhoud is ongeveer 200 dpm, terwyl in teeplante, vlakke van 2000 tot 5000 dpm kan voorkom. Die konsentrasie Zn wat gewoonlik in plante aangetref word, is tussen 20-50 dpm. In plante wat Zn-tolerant is, is egter vlakke van 600 tot 7800 dpm aangetref. Konsentrasies van tot 2000 dpm Mo is in tamaties aangetref terwyl by die meeste plante <1 dpm voorkom. In die meeste gevalle is daar dus plante wat verdraagsaam is ten opsigte van sekere elemente.

Uit die onvolledige gegewens in Tabel 3.20 blyk dit duidelik dat die outeurs slegs breë riglyne verskaf ten opsigte van die konsentrasie van verskillende elemente wat in die grond

of plantmateriaal aangetref word. Hulle gee egter baie selde 'n definitiewe aanduiding van wat as toksies in plante of in die grond beskou word.

Regstelling van oormaat/tekort

Uit die gegewens van Tabel 3.20 is dit duidelik dat 'n oormaat van elemente wat 'n toksiese uitwerking op plante kan hê, reggestel kan word.

In baie gevalle is 'n bepaalde element as sodanig nie toksies nie, maar belemmer dit die opname van noodsaaklike elemente. So byvoorbeeld sal 'n oormaat Al die opname en vervoer van P inhibeer (Brady, 1984). Die P-tekort wat op hierdie wyse in die plant ontstaan, het 'n nadelige uitwerking op die normale groei en ontwikkeling van die plant. Die simptome wat waargeneem word, is tipies van 'n P-tekort, wat verkeerdelik geïnterpreteer kan word as 'n tekort in die grond. Regstellende aksie sal dus impliseer dat die pH verhoog word (kyk ook 3.7) deur die toediening van kalk (waardeur die opname van Al beperk word) en nie om P-bemesting te doen nie.

Aangesien daar in die mynbedryf met miljoene tonne materiaal gewerk word, is oppervlakkige regstelling nie altyd doeltreffend nie. Die potensiële versuring van die dieperliggende materiaal kan oor die langtermyn die oppervlakkige regstelling ongedaan maak, deurdat sure deur evapotranspirasie na die oppervlak beweeg. By die steenkoolmyne in Wes-Virginia (VSA) is hierdie probleem oorkom deur die uitskot te bedek met 0,5 mm dik PVC-velle en daarna toe te gooi met 300-500 mm bogrond waarin plantegroei gevestig is (Sencindiver et al., 1989).

Die metode wat tans by die Msauli chrisotielmyn toegepas word, is om die uitskot wat slegs deur hoë toedienings van beesmis (organiese materiaal) en anorganiese bemesting asook

bedekking met 'n gronddeklaag reggestel kan word, terug te plaas in die oop groewe en daarna te bedek met 'n dik laag (500 mm +) "bogrond" wat wel hervestig kan word.

Aanbevelings

Die totale afwesigheid of baie swak vestiging van plante op die uitskothope of slikdamme van 'n myn, is gewoonlik 'n aanduiding dat daar een of ander bodemgeassosieerde probleem is. Indien die fisiese oorsake soos helling, reënval, erosie ensovoorts uitgeskakel kan word, sal dit na alle waarskynlikheid 'n chemiese probleem wees. Indien wel, kan die volgende aanbevelings oorweeg word:

1. Om die presiese aard en omvang van die probleem vas te stel is dit noodsaaklik om 'n volledige bodemkundige ontleding van die betrokke materiaal te doen.

2. Deur middel van glashuisproewe en laboratoriumondersoeke behoort regstellende aksies soos in Tabel 3.20 uiteengesit, gekwantifiseer te kan word om sodoende die hoeveelhede te bepaal wat benodig word om die probleem reg te stel.

3. Indien die regstelling onekonomies of onprakties is, kan ander alternatiewe soos begrawe, of die bedekking met ondeurdringbare lae ondersoek word (Sencindiver <u>et al</u>., 1989).

4. Plantspesies met wyer toleransiegrense ten opsigte van 'n spesifieke chemiese probleem kan geselekteer word vir gebruik in 'n rehabilitasieprogram.

TABEL 3.20: Elemente wat onder sekere omstandighede toksies kan wees vir plante (Bradshaw en Chadwick, 1980; Brady, 1984; Rendig en Taylor, 1989; Mengel et al, 1982 en Davies en Jones, 1988).

ement	Konsentrasies (dpm) Grond Gemiddeld	Toksies	Plant Normaal	Toksies	Simptome van Vergiftiging	Moontlike Regstelling
uminium (Al)			200		1. Beperkte wortelontwikkeling 2. Wortelpunte en sywortels verdik en word bruin 3. Stingels verkleur pers 4. Groei word belemmer	1. Verhoog die pH
seen(As)	5-50				1. Vertraagde groei	1. Verhoog die pH 2. Verhoog FeS-konsentrasie
or (B)	0.4-5 38	>5	20-70	250-270	1. Vergeling van blaarpunte, -rande en tussen are 2. Blare val ontydig af	1. Loog met B vry water 2. Verlaag die pH 3. Hoë organiese bemesting
loor (Cl)	485		2000+	0,5-2%	1. Droë blaarpunte en -rande 2. Brons keur van blare 3. Ontydige vergeling en afval van blare	1. Loog met Cl vry water
room (Cr)	84		0.02-1	5	1. Klein worteltjies 2. Smal bruin-rooi blare 3. Akute onvrugbaarheid	1. Bemes met organiese materiaal 2. Verhoog die pH
uoor (F)	270 5.1		2-20 0.1-10		1. Chlorose tussen blaarare 2. Marginale nekrose van blaarpunte	1. Verhoog die pH 2. Verhoog die Ca-konsentrasie
dium (I)	0.1 0-80	0.5-1	0 - 0.5	8	1. Ou blare chloroties en val af 2. Groei erg belemmer 3. Blare krul terug 4. Nekrose van plaarpunte	1. Toevoeging van Cl
dmium (Cd)	0.2		0.1-1		1 Chlorose 2. Beperk wortelontwikkeling	1. Verhoog Ca-konsentrasie 2. Verhoog Zn-konsentrasie 3. Verhoog die pH
bald (Co)	20 12		0.02-0.5		1. Blare chloroties en nekroties 2. Blare verwelk heeltemal	1. Verhoog pH aansienlik
per (Cu)	26		<10 2-20		1. Beperk wortelontwikkeling 2. Chlorose	1. Verhoog die pH 2. Verhoog Ca-konsentrasie 3. Bemes met organiese materiaal
ik (Hg)	0.1				1. Beperk wortelontwikkeling	1. Bemes met organiese materiaal
od (Pb)	13		0.5		1. Beperkte groei 2. Beperk wortelontwikkeling	1. Verhoog die pH 2. Verhoog die Ca-konsentrasie
ngaan (Mn)	950 761			>160	1. Buin kolle in ouer blare 2. Oneweredige verspreiding van Chlorofil	1. Verhoog die pH 2. Toevoeging van Si 3. Toevoeging van Ca
libdeen (Mo)	0.2 1.9	<100	0.5-0.8 <1		1. Blare kleur helder goud-geel	1. Verlaag die pH
kkel (Ni)	34		0.1-5	>100	1. Chlorose tussen blaarare of parallelle strepe by monokotiele	1. Verhoog die pH 2. Verhoog die K-konsentrasie
lenium (Se)	0.41 0.2		0.1-1	5	1. Chlorose 2. Vertraagde groei	1. Verhoog sulfaat konsentrasie
nk (Zn)	80 60		20-50		1. Afname in wortelontwikkeling 2. Verbreding van blare 3. Chlorose	1. Verhoog die pH

3.7 SUUR EN ALKALIESE GROEIMEDIUMS

Volgens Rowell (1988) is die wêreldwye verspreiding van suur- en alkaliese grond, baie nou verwant aan die klimaat asook die moedermateriaal waaruit en grondvormende faktore waardeur die grond ontstaan. Loging gee aanleiding tot die vorming van suur grond, maar met 'n afname in reënval akkumuleer $CaCO_3$ en daarna Na_2CO_3 - 'n proses wat die vorming van alkaliese en versoute grond tot gevolg het.

Bradshaw en Chadwick (1980) konstateer dat in die uitskothope en slikdamme van sekere myne aansienlike afwykings van die neutrale pH (7) aangetref word.

Hierdie afwykings in pH word in Suid-Afrika duidelik gesien by die steenkoolmyne in Oos-Transvaal (pH (KCl) 4,5) (Van Wyk, 1985b), goudmyne aan die Witwatersrand (pH (KCl) 2,6-4,0) (Barker, 1984) kopermyne in Phalaborwa (pH (KCl) 8,0-9,6) (Van Wyk, 1985a) en Copperton (pH (KCl) 3,2-4,7) (Van Wyk, 1987) en die chrisotielmyn by Msauli in Ka Ngwane (pH (KCl) 8,0-9,57) (Briers, 1985a en Walker & Grant, 1984).

In die meeste gevalle word die lae pH van suurgrond veroorsaak deur die teenwoordigheid van ystersulfied (piriet)(FeS_2) wat tydens verwering (oksidasie), asook deur die aktiwiteite van mikrorganismes soos <u>Thiobacillus</u> <u>ferrooxidans</u> afgebreek word. Die ystersulfied kan afgebreek word tot verskeie verbindings waarvan die essensiële ysterhidroksied en swaelsuur is (Bradshaw & Chadwick, 1980; Rowell, 1988 en Singer & Stumm, 1970).

Volgens Bradshaw en Chadwick (1980), kom piriet baie algemeen voor in sedimentêre materiale wat gevorm word onder anaerobiese toestande, wat byvoorbeeld aangetref word in steenkoolneerslae. In metaalafsettings wat nie noodwendig ryk aan yster is nie, kom piriet ook algemeen voor. In die RSA is

die piriet wat in slikdamme en uitskothope van koper- en goudmyne gevind word een van die belangrikste beperkende faktore in terme van die hervestiging van plantegroei.

Die oksidasie van piriet word deur 'n hele aantal faktore beïnvloed, en volgens Van der Nest (1991) is die belangrikste faktore die volgende:

- pH.
- Mikrobiese kataliste.
- Temperatuur.
- Sulfate, swaarmetale en ander sulfiede.
- Lig.
- Die soortlike oppervlakte van die pirietdeeljie.
- Water.
- Suurstof.

Bradshaw en Chadwick (1980) beweer dat die pirietprobleem baie moeilik oorkom kan word. Tensy al die piriet wat teenwoordig is reeds geoksideer is, bly 'n poel van suurproduserende materiaal steeds bestaan. Al word die verlaagde pH dus reggestel deur landboukalk toe te voeg, is 'n verdere verlaging van pH steeds moontlik nadat die regstelling geskied het. Loging van hierdie sure kan oor baie jare plaasvind en die nadelige effek daarvan kan fataal wees vir die plantegroei van die omringende omgewing en veral vir plante geassosieerd met strome en riviere.

Die indringing van suurstof in die slikdamme en sandhope van goudmyne is volgens Van der Nest (1991) gewoonlik minder as twee meter. Die regstelling deur kalktoediening geskied as gevolg van die praktiese uitvoerbaarheid slegs in die boonste lae, wat gewoonlik nie dieper as 100 - 200 mm is nie. Dit beteken dus dat die res van die materiaal tot op 'n diepte van 2 m nie reggestel word nie. Evapotranspirasie veroorsaak die terugloging van sure en 'n verdere versuring van die groeimedium. Hierdie probleem het aanleiding gegee tot die

navorsing van Van der Nest (1991) waarin gepoog is om ook die potensiële versuring van die slik te bepaal en reg te stel voor die hervestiging van plantegroei geskied.

Waar daar in die verlede kalktoedienigs van tot 7,5 t ha^{-1} gedoen is om pH-regstelling te doen (Barker, 1984), het Van der Nest (1991) deur middel van die DBTM (Dubbelbuffer-titrasiemetode) vasgestel dat daar op sommige goudmyne tot soveel as 34 t ha^{-1} benodig word om ook vir die die potensiële suurheid van die betrokke mynhoop te kompenseer.

Volgens Rowell (1988) word die groot verskeidenheid van pH-waardes wat in natuurlike grond gevind word, gereflekteer in die verskeidenheid van plantegroei of deur die gewasse wat in die spesifieke gebied geproduseer kan word. Dit is egter nie duidelik in hoeverre die verskille in plantegroei die gevolg is van die sensitiwiteit van die plantwortels vir H^{+} of OH^{-} ione in die grond of grondoplossing nie, en tot hoe 'n mate sekondêre faktore betrokke is nie. Daar is wel bevind dat die groei en funksionering van die wortels van nie-peuldraende plante direk beïnvloed word by 'n pH van 5 en minder.

Volgens Rowell (1988), het die sekondêre faktore wat die gevolg van veranderinge in pH is, die grootste effek op die groei en vestiging van plante. Hierdie faktore sluit onder andere die volgende in:

- By 'n lae pH (<6) raak spoorelemente soos Al, AS, Cr, F, Cd, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, en Zn meer oplosbaar en opneembaar vir plante.

- Indien die konsentrasies van hierdie elemente in die groeimedium te hoog is, kan dit in oormaat opgeneem word. Hierdie oormaat kan op sy beurt 'n toksiese uitwerking op die groei en ontwikkeling van plante hê.

- Aluminium bind fosfate op die oppervlak van plantwortels en verhoed sodoende dat dit opgeneem kan word.

- Die kompeterende effekte van Ca, Mg en ander katione met yster veroorsaak 'n verlaagde ysteropname en gevolglike tekorte in die plant.

Indien nodig, moet aanpassings aan die pH van grond of materiale waarop hervestiging van plante moet plaasvind, een van die eerste stappe wees wat gedoen word. Hierdeur kan oormaat en tekorte van elemente soms reggestel word sonder dat enige bemestingsprogram gevolg word (kyk ook 3.6).

3.8 TEMPERATUUR VAN UITSKOTMATERIAAL SOOS BEPAAL DEUR KLEUR

Agtergrond en motivering

Negatiewe resultate is verkry met proewe waarin gepoog is om plantegroei op asbes-uitskotmateriaal (amosiet) te vestig, terwyl daar in grondontledings nie enige radikale tekorte opgespoor kon word wat nie met anorganiese bemesting reggestel kon word nie (Tabel 3.21). Hierdie resultate het aanleiding gegee tot 'n ondersoek na grondtemperatuurverskille soos aangetref by groeimediums met verskillende kleure. Hierdie ondersoek is uitgevoer by die Kromellenbogen amosietmyn (24^{o} 27'S en 30^{o} 24'O) in Noordoos-Transvaal (Lebowa) (Fig. 2.1).

Aangesien daar nie weerstasies in die onmiddellike omgewing van die myn is nie, is dit nie moontlik om 'n korrekte gemiddelde reënval vir die gebied te verskaf nie. Die naaste weerstasies waar min of meer ooreenstemmende plantegroei aangetref word, is Pietersburg, Potgietersrus en Hoedspruit waar 'n gemiddelde reënval van onderskeidelik 505 mm, 609 mm en 481 mm deur die weerburo (Weerburo, 1986) geregistreer is.

Acocks (1988) beskryf die plantegroei van die gebied as veldtipe 19 (gemengdesuurbosveld).

TABEL 3.21: Bodemkundige ontledings van verskillende materiale wat by Kromellenbogen as deklaag gebruik is.

	Amosiet uitskot		Fyn klip
	Monster 1	Monster 2	
pH			
H_2O	6.4	8.1	7.6
KCl	6.0	7.0	6.8
Voeding-status (mg/kg)			
Ca	872	2842	4334
Mg	195	499	294
K	72	235	360
P	0	3	0

Ten spyte van die feit dat mynaktiwiteite op daardie stadium alreeds vir etlike jare gestaak is, het plante nie spontaan op die uitskot gevestig nie. Een enkele boom (Acacia tortilis subsp. heteracantha) het op een of ander stadium in 'n laagliggende gedeelte van hierdie uitskothoop gevestig. Onder hierdie boom (in die skadu) was daar ook 'n verskeidenheid van inheemse grasse wat op die oog af geen gebreksimptome getoon het nie.

Die aanvanklike proef het behels dat verskillende deklae teen die helling gestort is om te bepaal of enige van die materiale in die direkte omgewing van die myn geskik is om as deklaagmateriaal gebruik te word tydens die rehabilitasie-

proses. Die uitleg en resultate van die proef word nie volledig verskaf nie aangesien die gegewens wat wel verskaf word slegs dien as agtergrondsinligting.

Die volgende materiale is as deklaag gebruik:

Kontrole - geen deklaag
100 mm bogrond
100 mm fyn klip (< ø 30 mm in deursnee)
100 mm mediumgrootte klippe (< ø 100 mm , maar > ø 30 mm)
100 mm fyn klip/bogrond-mengsel (1:1)

Die verskillende persele het almal dieselfde saadmengsel en bemesting ontvang. Die proef is vir drie agtereenvolgende seisoene geëvalueer.

'n Wisselende mate van sukses is in die verskillende deklaagbehandelings behaal. In sowel die fyn- as die mediumklipbehandelings waar daar slegs uitskotmateriaal as groeimedium was het daar gras gevestig, alhoewel die vestiging baie swakker was as dié in die bogrond- en bogrond/klip-mengsel. Die enigste perseel waarin daar geen kieming plaasgevind het nie, was die onbedekte kontroleperseel (uitskotmateriaal) (Van Wyk 1986b).

Die enigste verskil tussen die groeimedium van die onbedekte perseel en die twee klipbedekte persele was die skadu-effek wat die klippe in laasgenoemde twee persele gehad het. Dit kon dus wees dat die temperatuur van die groeimedium (amosiet) wat donkergrys/swart van kleur is gedurende die droë somermaande so hoog word dat dit kieming belemmer of die saad beskadig. Volgens Daubenmire (1959) kan die temperatuur van aangrensende donkerkleurige en ligte grondoppervlaktes met soveel as 20^{o} C verskil.

Ondersoek

Na aanleiding van bogenoemde is temperature op nege verskillende lokaliteite op die uitskothope asook op verskillende dieptes bepaal. In Tabel 3.22 word die lokaliteite en die resultate van die bepalings verskaf.

TABEL 3.22: Temperature (°C) soos bepaal op 'n uitskothoop by Kromellenbogen amosietmyn, tussen 12:00 en 13:00 op 17 Junie 1987

Lokaliteit	Temperatuur (°C)		
	Lug	1 cm diepte	8 cm diepte
Bedek met bogrond			
Noord-oostelike helling			
1	29	40	32
2	29	40	32
3	29	44	34
Bo-op platvlak	29	44	35
Amosiet uitskot			
Noord-oostelike helling			
1	29	54	40
2	29	56	40
3	29	60	49
Bo-op platvlak			
1	29	51	37
2	29	50	39

Volgens Tabel 3.22 was die lugtemperatuur op 17 Junie 1987 (in die middel van die winter) 29° C. Die grondtemperature op 1 cm diepte waar rooi bogrond as deklaag gebruik is, was tussen 12 en 15° C hoër. In die amosietuitskot (donkergrys/swart) was die temperatuurverskil 25 tot 31° C.

Volgens die Weerburo (1986), is lugtemperature van tot 37° C en selfs meer nie ongewoon in hierdie gebied gedurende die somermaande nie. Dit is dus nie vergesog dat temperature van 70° C en hoër op amosietuitskot verwag kan word nie.

Volgens Salisbury en Ross (1969) vind denaturering en die uiteindelike vernietiging van plantensieme van plante uit gematigde gebiede plaas indien dit vir tydperke langer as 30 minute aan temperature van 45° C en hoër blootgestel word. Daubenmire (1959) toon aan dat dennesaailinge reeds by 45° C beskadig raak, terwyl sommige plantspesies temperature van 70° C kan oorleef. Hy toon verder aan dat hoë temperature noodlottig kan wees vir sade, aangesien dit lei tot verhoogde transpirasietempo, waardeur die voedselreserwes baie vinnig uitgeput word. Om hierdie rede is die ideale temperatuur vir die berging van saad uit gematigde gebiede gewoonlik 0 tot 5° C.

Volgens Oosting (1956), is die optimum temperatuur vir die kieming van die saad van mielies, 51,6° C met 'n maksimum van so hoog as 63,9° C. Aan die ander kant toon Mayer en Poljakoff-Mayber (1963) aan dat sommige plante se saad selfs temperature van 90° C kan oorleef, alhoewel die weerstand van die saad asook die ontwikkeling na blootstelling nadelig beïnvloed word. Die maksimum temperature waarby C_4 plante (waaronder die meeste inheemse grasse) normaalweg kiem, word deur Larcher (1983) egter aangetoon as tussen 45 en 50° C.

Fitter en Hay (1989) beweer dat indien die blare van plante uit bykans alle klimaatstreke, blootgestel word aan temperature van 45-55° C vir tydperke van 30 minute en selfs korter, hulle noodlottig beskadig word. By woestynplante kan effens hoër temperature weerstaan word.

Saad wat in die proef deur klippe beskadu was, het wel in hierdie medium gekiem en gevestig. Gedurende dieselfde tyd het 'n welige plantbedekking gevestig in die bogronddeklaagpersele waarvan die temperature in Tabel 3.22 aangegee word ten spyte van temperature van 40° C en hoër in die boonste 1 cm van die deklaag.

Reën kom in hierdie gebied kom dikwels voor in die vorm van donderbuie. Sagte buie van wisselende tydsduur wat slegs enkele minute tot 'n paar dae kan wees, kom egter ook voor. Hierdie reënvalperiodes kan egter afgewissel word met onbewolkte periodes van tot 21 dae en meer waartydens 'n daaglikse maksimum lugtemperatuur van meer as 37° C bereik kan word. Die gemiddelde daaglikse maksimum lugtemperature vir Potgietersrus gedurende die somermaande is ongeveer 28,5° C (Weerburo, 1986).

Dit blyk dus dat die saad wat in droë gebiede van Suidelike Afrika versamel is, asook saad van <u>Eragrostis</u> <u>curvula</u> en <u>Cenchrus</u> <u>ciliaris</u> wat uit meer gematigde dele van die RSA kom, wel by temperature hoër as 45° C kan oorleef. (Daar word aanvaar dat die lug- en grondtemperature gedurende die somer veel hoër sal wees as dié wat gedurende Junie 1987 gemeet is.)

Indien daar dus koel, bewolkte toestande oor 'n lang tydperk heers, kan dit wel moontlik wees vir saad en plante om te kiem en te oorleef in 'n medium met normaalweg hoë temperature.

In waarnemings op uitskothope van ander amosietmyne in die Bewaarkloof-gebied (Lebowa), is opgemerk dat tientalle saailinge van Acacia tortilis subsp. heteracantha in een enkele miskoek voorkom. Nêrens anders op die uitskothoop was egter enige teken van plantegroei nie. Die temperatuur van die miskoek (as groeimedium) en die omringende amosiet is nie vergelyk nie. Dit was ook duidelik dat daar aansienlike verskille tussen die twee mediums bestaan in soverre as dit chemiese samestelling, tekstuur en organiese materiaal betref. Die aanduidings wat egter uit die meting (Tabel 3.22) verkry is, dui daarop dat temperatuur wel 'n baie belangrike rol in die kieming van hierdie saailinge kon speel.

Aanbevelings

Uit die voorafgaande bespreking en waarnemings kan die volgende aanbevelings gemaak word:

1. Aangesien uitskot- en afvalhope van steenkool, amosiet, mangaan, chroom, kimberliet ensovoorts almal swart of baie donker van kleur is, kan navorsing in hierdie verband waardevolle inligting verskaf waardeur rehabilitasieprogramme met groter sukses uitgevoer kan word. Kennis van die toleransiegrense van saad en plante van inheemse spesies (ten opsigte van temperatuur) wat tydens die rehabilitasieproses aangewend word, mag ook die keuse van plante wat in spesifieke lokaliteite gebruik word benvloed en die rehabilitasieproses vergemaklik.

2. Die gebruik van 'n bogrond-deklaag of grasmolm kan die kleur en daardeur die temperatuur van die oppervlak wat hervestig moet word tot so 'n mate verlaag dat 'n beter plantbedekking gevestig kan word.

3. In gevalle waar dit moontlik en noodsaaklik is, kan van besproeiing gebruik gemaak word om oppervlaktemperature laer te hou totdat die kieming en vestiging van plante plaasgevind het. Nadat die plante gevestig het, mag dit wees dat beskaduwing deur die plante self 'n laer grondtemperatuur tot gevolg sal hê. Skaduweevorming kan ook die oorlewing van die plante moontlik maak.

4. Daar moet in gedagte gehou word dat die ontbloting van die groeimedium as gevolg van droogte en/of oorbeweiding egter die hele proses kan omkeer sodat daar weer reg van voor af begin sal moet word.

3.9 SPONTANE ONTBRANDING

Die voorkoms van spontane ontbranding in afvalhope en asdamme van steenkoolmyne is in Suidelike Afrika 'n wesenlike probleem. In studies wat oor 'n periode van meer as honderd jaar uitgevoer is, is die oksidasie van steenkool geïdentifiseer as die enkele grootste faktor wat bydra tot die selfverhitting wat plaasvind gedurende blootstelling aan die lug. 'n Algemeen aanvaarde siening is dat daar nie slegs een faktor uitgesonder kan word as verantwoordelik vir die proses van spontane ontbranding wat in die afvalhope, asdamme en bergingshope plaasvind nie. Baie prosesse wat fisies, chemies, fisio-chemies en mikrobiologies van aard is, dra by tot hierdie selfverhitting (Itay, 1983). Gedurende die proses word 'n verskeidenheid stabiele kool-suurstofkomplekse, en gasse wat vrygestel word, gevorm.

Die oksidasiereaksies van steenkool by matige temperature kan een van twee wees, naamlik:

(i) Die vorming van oksi-funksionele groepe soos karboksiel, hidroksiel, karboniel, metoksiel, esters, eters, peroksiede en hidroperoksiede.

(ii) Die vorming van gasse soos CO_2 en CO tesame met H_2O.

Daar kan verwag word dat die CO en hitte wat tydens laasgenoemde proses vrygestel word 'n uiters nadelige invloed op plantegroeivestiging kan hê.

Agtergrondsinligting

Hervestigingsproewe - Grootegeluk steenkoolmyn (Ellisras)

Volgens Van Wyk en Briers (1985) is proewe by die Grootegeluk steenkoolmyn (Ellisras) uitgevoer om te bepaal of 'n plantbedekking op die uitskothope bestaande uit laegraad-steenkool en skalies gevestig kan word.

Hierdie myn is ongeveer 20 km noordwes van Ellisras geleë (Fig. 2.1) ($23^{o}35'$ S en $27^{o}31'$ O). Die gemiddelde jaarlikse reënval van die gebied met 'n plantegroei wat deur Acocks (1988) as gemengde en dorre soet bosveld beskryf word is 471 mm (Weerburo, 1986).

Gedurende Januarie 1984 is die eerste reeks proewe op uitskothope van die myn uitgelê. Daar was volop tekens dat die uitskothoop waarop die proewe uitgelê is, reeds brand. Op die spesifieke lokaliteit van die hoop waar die voorbereidings vir die proef gedoen is, was daar egter geen teken wat daarop gedui het dat hierdie gedeelte van die hoop brand nie.

Die afval waaruit die hoop bestaan, is sodanig gestort dat die materiaal 'n natuurlike rushoek van þ 35 - 38^{o} gevorm het. Die gebied waar die proef uitgelê is, is bedek met 'n laag bogrond (sand) wat direk langs die hoop in die veld verkry is. Die dikte van die deklaag het gewissel tussen 200 mm aan die bokant van die helling tot 1100 mm aan die voet van die helling.

In 'n tweede proef is die uitskothoop afgeplat tot þ 18^{o} en daarna bedek met 'n laag bogrond wat in dikte gewissel het tussen 400 mm aan die bokant tot 1200 mm aan die voet van die helling.

In albei proefpersele is verskillende bemestingbehandelings toegepas (organies en anorganies afsonderlik asook in kombinasie). Al die persele is gesaai met in saadmengsel van pioniers- en klimaksgrasse.

Gedurende die eerste seisoen is tekens van erosie teen die helling van 18^{o} waargeneem - 'n verskynsel wat toegeskryf kan word aan die gebrek aan waterbeheer teen hierdie lang helling. Die grootste gedeelte van die proef het egter ongeskonde gebly.

Nie 'n enkele plant het gedurende die eerste seisoen in enige van die persele van die 18^{o} proef gevestig nie. Teen die helling van 35^{o} het daar wel plante gevestig, maar slegs in kolle en die plante was nie eweredig versprei in die verskillende behandelings nie.

Hoewel albei proewe gedurende November 1985 hersaai is, is dieselfde negatiewe resultaat teen die helling van 18^{o} verkry, terwyl die plantbedekking op die helling van 35^{o} nie veel verbeter het nie (Van Wyk & Briers, 1986).

Dieselfde sand wat gebruik is as deklaag, is in 1985 in potproewe gebruik. Na ses dae het die gras wat gesaai is begin kiem. Die feit dat die sade gekiem het, het alle onsekerheid oor hierdie sand as groeimedium uitgeskakel.

'n Tweede reeks proewe is gedurende November 1986 uitgelê op 'n afvalhoop wat volgens die mynpersoneel hoofsaaklik uit stroopmateriaal bestaan wat nie brand nie. (Stroopmateriaal is materiaal wat verwyder is sodat die onderliggende

steenkoollae blootgestel word.) Hierdie materiaal het bestaan uit bogrond, gruis, skalies en laegraadsteenkool (Van Wyk & Briers, 1987).

Teen die einde van die eerste seisoen het daar 'n redelik tot goeie plantbedekking in die meeste van die proewe gevestig. In twee van die proewe was die resultaat egter weer negatief, en duidelike tekens van brand is in en om die persele waargeneem. Aan die einde van die tweede seisoen het die plante in sommige van die aanvanklik goed gevestigde persele heeltemal gevrek.

Die bepaling van koolmonoksied (CO)-konsentrasies en temperatuur

Na aanleiding van hierdie negatiewe resultate is die CO-konsentrasies sowel as temperatuur op verskillende gronddieptes bepaal. Die bepaling van die CO-konsentrasies en temperatuur is toegepas op 'n aantal van die proewe waarin geen plante gekiem het nie, proewe waarin plante gevrek het, asook proewe waarin plante wel gekiem en gevestig het. Monitering is ook op twee lokaliteite in die omringende veld gedoen om as kontrole te dien.

Die CO-konsentrasie is bepaal met behulp van 'n "Mini Co Carbonmonoxide indicator" wat deur die mynpersoneel gebruik en om veiligheidsredes saamgedra word. Temperature is bepaal met 'n "KM 7002 pH-Temperature indicator" van Kane-May Meairing Instruments met 'n "Thermocouple probe" wat temperature vanaf -30 tot 400^{o} C kan bepaal. Hierdie resultate word in Tabel 3.23 verskaf. Aangesien die metings deur die loop van die dag gedoen is en lugtemperature verander het, word die lugtemperatuur tydens die spesifieke meting in 'n aparte kolom verskaf.

Tabel 3.23: **Resultaat van gasanalises (d.p.m.) en temperatuur op verskillende lokaliteite; GROOTEGELUK (Ellisras) 87/05/21. [Grondtemperatuur (°C) word in hakkies onderkant die gaslesings aangetoon]**

Lokaliteit	Gronddiepte (mm) 50	100	200	300	400	500	Dikte van Deklaag (mm)
	Gaslesing (dpm) en grondtemperatuur (C)						
35 Helling Sand							
Monster 1	2 (36)	2 (40)	2 (42)	2 (43)	2 (45)	2 (45)	400
Monster 2	30 (41)	100 (43)	825 (46)	825 (50)	825 (52)	850 (52)	400
Monster 3	0 (35)	0 (38)	0 (38)	0 (39)	0 (40)	0 (41)	400
Monster 4	0 (39)	0 (39)	0 (37)	0 (36)	0 (36)	0 (36)	900
Monster 5	0 (37)	0 (38)	0 (37)	0 (36)	0 (36)	0 (36)	900
Monster 6	0 (38)	0 (40)	0 (41)	0 (40)	0 (41)	0 (41)	900
Monster 7	0 (40)	0 (38)	0 (36)	0 (34)	0 (34)	0 (34)	1100
Monster 8	0 (36)	0 (36)	0 (35)	0 (32)	0 (32)	0 (32)	1100
Monster 9	0 (36)	0 (39)	0 (40)	0 (39)	0 (39)	0 (39)	1100
18 Helling Sand							
Monster 1	0 (30)	0 (30)	0 (31)	0 (32)	0 (33)	0 (34)	400
Monster 2	0 (38)	0 (40)	0 (41)	0 (40)	0 (41)	0 (41)	400
Monster 3	860 (36)	2000+ (40)	2000+ (40)	2000+ (40)	2000+ (42)	2000+ (44)	400
35 Helling Skalie							
Monster 1	21 (46)	86 (45)	680 (51)	730 (56)	814 (61)		
25 Helling Skalie							
Monster 1	70 (41)	870 (53)	2000+ (73)	2000+ (120)	2000+ (134)	2000+ (134)	
Monster 2	64 (38)	890 (38)	2000+ (70)	2000+ (72)	2000+ (77)	2000+ (78)	
Monster 3	41 (40)	83 (54)	180 (65)	180 (85)	180 (91)	180 (91)	
Monster 4	2000+ (77)	2000+ (200)	2000+ (400)				
Sand/skalie							
Monster 1	0 (31)	0 (33)	0 (37)	0 (37)	22 (37)		200
Monster 2	0 (31)	0 (34)	0 (34)	0 (32)	0 (32)		200
Sand							
Monster 1	0 (32)	0 (34)	0 (34)	0 (35)	0 (35)		200
Monster 2	0 (31)	0 (32)	0 (32)	0 (32)	0 (32)		200

Natuurlike veld

In albei monsters van die veldopname is geen CO waargeneem nie. Die temperatuur van monster 1 het tot op 500 mm konstant gebly en selfs nie eens van die lugtemperatuur verskil nie. Die temperatuur van monster 2 het egter 'n geleidelike toename getoon tot op 400 mm waarna dit konstant gebly het. Die feit dat monster 2 laatmiddag geneem is (nadat die lugtemperatuur reeds weer gedaal het), en monster 1 geneem is toe die dagtemperatuur die hoogste was, kan moontlik die verskil verklaar.

'n Sandhelling van 35^{o}

Die totale lengte van die helling waar die proef uitgevoer is, is ongeveer 30 m. Monster 1 tot 3 is geneem aan die bokant van die helling waar geen plante gevestig het nie (voormiddag). Monsters 4 tot 6 is geneem waar 'n baie swak plantbedekking gevestig het, terwyl monsters 7 tot 9 geneem is aan die onderkant van die hoop waar 'n redelike plantbedekking gevestig het. Die laaste ses monsters is geneem toe die dagtemperatuur op sy hoogste was.

Monsters 1 en 2 was die enigste waar daar aanduidings was dat CO wel teenwoordig was. In monster 2 was daar reeds op 100 mm 100 dpm CO teenwoordig. Die konsentrasie het egter drasties verhoog sodat op 200 mm diepte reeds 825 dpm bepaal is. Die konsentrasie het verder tot op 500 mm baie min verander. Op 50 mm diepte was die temperatuur reeds 12 grade hoër as die lugtemperatuur. 'n Geleidelike toename is waargeneem tot op 500 mm, waar die verskil reeds 23 grade was.

In monster 1 kon slegs 2 dpm CO tot op 'n diepte van 500 mm waargeneem word, terwyl 'n totale temperatuurstyging van 16 grade aangeteken is. Selfs in monster 3, waar geen CO opgespoor kon word nie, was daar tot op 500 mm 'n temperatuurstyging van 11° C.
In nie een van die ander ses monsters waar 'n swak tot redelike plantbedekking gevestig het, kon enige teken van CO in die grond waargeneem word nie. Die enigste teken van 'n temperatuurstyging wat verskil van dit wat in die veld waargeneem is, is by monster 6 aangetref. Die temperatuurverskille in die res van die monsters het goed gekorreleer met dié van die natuurlike veld.

'n Sandhelling van 18°

By al drie die monsters teen hierdie helling was daar geen teken van enige plantbedekking nie. Teen alle verwagting in, kon daar by die eerste twee monsters geen CO opgespoor word nie. In monster 1 was die temperatuurstyging slegs 5° C wat nie as buitensporig beskou kan word nie. In monster 2 was die temperatuurverskil egter 11° C wat ten spyte van die afwesigheid van CO, goed gekorreleer het met monster 3 van die 35° helling.

Die resultaat van monster 3 van hierdie helling waar 'n temperatuurverskil van 14° C waargeneem is en CO-konsentrasies van 2000+ dpm reeds op 100 mm diepte gevind is, korreleer egter weer baie goed met dié van monster 2 van die 35° helling.

'n Skalie-helling van 35°

Hierdie helling het van die begin af geen plantbedekking gehad nie. Reeds op 50 mm was die CO-konsentrasie 21 dpm en het dit toegeneem tot 814 dpm op 400 mm. Die verskil tussen die lugtemperatuur en die temperatuur op 400 mm was 30° C.

'n Helling van 25°

Plante het aanvanklik goed gevestig in al drie die deklaag-behandelings (skalie, sand/skalie en sand) van hierdie perseel. Die plante van die skalieperseel het egter gedurende die tweede seisoen heeltemal gevrek, terwyl 'n agteruitgang in die sand/skalie-perseel en die sandperseel nie duidelik sigbaar was nie.

Die resultate van al vier die monsters van die skalieperseel toon hoë konsentrasies CO. Dit is egter uit hierdie resultate duidelik dat daar nie noodwendig 'n verband tussen temperatuur en CO-konsentrasie bestaan nie. In monster 2 waar daar reeds op 'n diepte van 200 mm 2000+ dpm CO waargeneem is, was die temperatuurstyging 48° C, terwyl in monster 3 waar slegs 180 dpm CO waargeneem is, 'n temperatuurstyging van 61° C aangeteken is. Aan die ander kant was die hoogste temperatuur in die eerste twee monsters 134° C (500 mm diepte) waar 2000+ dpm CO gemeet is, terwyl by monster 4 alreeds 400+° C aangeteken is op 200 mm diepte.

Sand/skalie en sand

Slegs in monster 1 van die sand/skalie-perseel kon CO opgespoor word en eers op 400 mm diepte. 'n Temperatuurverskil van 7° C is egter reeds op 200 mm diepte waargeneem. In geeneen van die ander monsters kon enige verskille opgespoor word wat as noemenswaardig beskou kan word nie.

Daar is reeds aangetoon dat grondtemperatuur 'n besliste rol kan speel in die vestiging van plantegroei (3.8). Denaturering en die uiteindelike vernietiging van proteïne (waaronder ensieme) kan by uiterste temperature plaasvind. By die temperature waarvan hier sprake is, kan die totale verbranding van saad en plante egter ook plaasvind (100° C en hoër).

Volgens Davies, et al. (1964) is die vertraging van respirasie een van die belangrikste effekte van CO op plante. Hierdie vertraging van respirasie vind plaas deurdat die sitochroomoordragsisteem tydens terminale oksidasie beïnvloed word. Salisbury en Ross (1989) toon aan dat die nadelige effek daarin lê dat CO verbind met die yster van sitochroomoksidase en daardeur verhoed dat suurstof as elektronontvanger kan optree. Hierdie feit impliseer dat enige saad wat vog absorbeer en begin kiem, onmiddelik sal vrek aangesien respirasie nie kan plaasvind nie en die saad dus sal versmoor. Plante wat reeds gevestig is, se wortels sal ook versmoor sodra die CO-konsentrasie van die grond bokant die toleransiegrense van die betrokke plant styg. Die plante sal baie gou vrek aangesien geen water die bogrondse dele (stingels en blare) kan bereik nie.

3.9.1 Algemene gevolgtrekkings

1. Aangesien die kieming van saad in die potproef na ses dae reeds begin het, is dit duidelik dat die groeimedium wat in die potproef, asook die proef teen die 18° en 35° hellings gebruik is geskik was vir kieming. Die saad wat in al die proewe gebruik is, was ook van dieselfde oorsprong en kon dus nie vir die mislukte proewe op die myn verantwoordelik gewees het nie.

2. Die temperatuur- en gasmonitering is ongeveer twee jaar na die eerste uitleg van die 18° proef gedoen. Alhoewel geen plante in die hele proef aangetref is nie (selfs na

vyf jaar het daar nog geen plante gevestig nie), dui die uitslag van die monitering daarop dat verhoogde temperature en die teenwoordigheid van CO nie naastenby dieselfde is by die verskillende monsters nie. Hierdie uitslag dui dus daarop dat saad wat aanvanklik gesaai is of in die bogrond teenwoordig was, glad nie meer bestaan nie. Die enigste afleiding waartoe gekom kan word, is dat daar gedurende die eerste en waarskynlik ook die tweede jaar (na hersaai), óf hoë konsentrasies CO óf hoë temperature verspreid oor die hele gebied voorgekom het. Hierdie twee faktore het waarskynlik die saad vernietig. In die 25° skalieperseel waar plante aanvanklik goed gevestig en daarna gevrek het, is monitering tydens die brand op vier verskillende lokaliteite gedoen. In almal is hoë temperature en CO-konsentrasies waargeneem.

3. Daar kon geen korrelasie gevind word tussen temperatuurstygings en die toename in CO-konsentrasies nie: in sommige gevalle is kleiner temperatuurverskille saam met hoë CO-konsentrasies gevind terwyl groot temperatuurverskille en hoë CO-konsentrasies ook waargeneem is. In sommige gevalle waar daar temperatuurverskille was wat aansienlik verskil het van dié wat in die natuurlike veld aangeteken is, kon daar geen CO opgespoor word nie. Aangesien daar duidelike tekens was dat gasse, waaronder CO, uit barste en gate op die oppervlak ontsnap, lyk dit dus moontlik dat daar in die afvalhope "kanale" of "gange" ontstaan waarlangs die gasse beweeg. Indien dit wel so is, is dit ook duidelik waarom CO-konsentrasies by lokaliteite enkele meters van mekaar totaal verskillend kan wees. Die verspreiding van hitte in die afvalhoop sal waarskynlik ook nou saamhang met die lugstroom waarmee die CO vervoer word. Dit beteken dus dat 'n brand diep onder die oppervlak 'n kleiner effek sal hê op die temperatuur van die medium waarin die plante groei. Net so sal lokaliteite verder

weg van die "ontsnappingspunte" laer temperature ondervind as lokaliteite in die direkte omgewing van die uitlaatopeninge.

4. Dit is duidelik dat die rehabilitasie van steenkoolafvalhope wel gedoen kan word indien dit met 'n deklaag van bogrond bedek word. Dit is egter ook duidelik dat enige poging om brandende hope te rehabiliteer, ekonomies nie regverdigbaar is nie. Indien die brand geblus kan word deur dit te smoor met 'n kleilaag soos wat by sommige steenkoolmyne in Suidelike Afrika gedoen word (Gibson, 1988) mag die hervestiging van plantegroei wel moontlik wees, met dien verstande dat die klei 'n geskikte groeimedium is. Clarke et al. (1987) toon aan dat verskeie gevalle bekend is waar jare na die rehabilitasie afgehandel is, op groot areas van afvalhope wat spontaan brand steeds geen plantbedekking voorkom nie. Alhoewel gedeeltes van die afvalhope as gevolg van die afwesigheid van laegraadse steenkool nooit sal brand nie, is dit onmoontlik om te bepaal waar die spesifieke gebiede met laegraadse steenkool is nadat die afval gestort is. Daar is dus geen waarborg dat 'n spesifieke gebied nadat die rehabilitasieproses afgehandel is, gevrywaar sal wees teen spontane ontbranding met die daaropvolgende newe-effekte nie.

3.10 SLOTOPMERKING

Dit is belangrik dat daarop gelet word dat die proewe wat handel oor bodemgeassosieerde probleme op mynhope uitgelê is wat oor 'n wye gebied verspreid is. Hierdie lokaliteite kan dus verskil ten opsigte van klimaat, topografie, geologie ensovoorts. Die minerale wat by die verskillende lokaliteite gemyn word, stem ook nie ooreen nie. Om hierdie rede kan

gevolgtrekkings en aanbevelings wat by die een myn geld, nie noodwendig op alle lokaliteite van toepassing gemaak word nie.

Uit die resultate van die proewe was dit egter duidelik dat bodemgeassosieerde kenmerke van uitskothope en slikdamme soos lang hellings, steil hellings, chemiese wanbalanse, deeltjiegrootteverspreiding, die kleur van die materiaal ensovoorts almal 'n negatiewe invloed op plantvestiging kan hê.

By al die myne waar navorsing gedoen is, was altyd meer as een van hierdie faktore ter sprake. Dit is dus noodsaaklik dat daar nie net op een faktor (gewoonlik die mees opvallende) gekonsentreer word wanneer daar gerehabiliteer word nie, maar dat 'n holistiese benadering gevolg sal word deur die probleem in sy geheel te hanteer. In sommige gevalle sal dit nodig wees dat in diepte ondersoeke gedoen sal moet word om probleme op te los, terwyl ander lokaliteite deur gebruikmaking van konvensionele boerderymetodes hervestig kan word.

HOOFSTUK 4

SPESIESELEKSIE MET DIE OOG OP REHABILITASIE

Volgens Marsden (1985) is reeds voor 1932 pogings aangewend om plantegroei op goudmynslikdamme en -sandhope in en om Johannesburg gevestig te kry.

Vanaf 1932 tot 1937 het prof. J. Phillips (Universiteit van die Witwatersrand) alle beskikbare informasie in verband met vroeëre pogings versamel en self navorsing gedoen oor die hervestiging van plantegroei op hierdie slik- en sandhope. Hierdie werk is voortgesit deur dr. A.L. James (James, 1966) en uiteindelik in 1953 deur die Kamer van Mynwese, deur middel van 'n kontraktuele verbintenis met die Suid-Afrikaanse Wetenskaplike en Nywerheidsnavorsingsraad (WNNR).

In 1956 is daar finaal besluit dat die vestiging van 'n plantbedekking die enigste wyse is waarop permanente stabilisering van die mynhoopoppervlaktes verkry kan word.

Volgens James (1966), is die volgende plantspesies geselekteer vir hervestigingsdoeleindes op die goudmynhope:

* Agrostis tenuis	* Avena sativa
* Bromus catharticus	Chloris gayana
* Cortaderia selloana	Cynodon dactylon
* Cynodon plectostachyus	* Dactylus glomerata
Ehrharta calycina	Eragrostis curvula
* Holcus lanatus	* Hordeum sativum
Pennisetum macrourum	* Phalaris tuberosa
* Poa pratensis	* Secale cereale
* Trifolium spp.	* Vicia villosa
Acacia baileyana	* Acacia melanoxylon
* Medicago sativa	

Nota: In alle spesielyste word uitheemse plantspesies met 'n asterisk (*) aangetoon.

Thatcher (1979) toon aan dat ander spesies wat deur die Hervestigingseenheid van die Kamer van Mynwese gebruik is die volgende insluit:

- * Bromus unioloides
- * Festuca arundinacea
- * Lolium perenne
- * Pennisetum clandestinum
- * Phalaris aquatica
- * Acacia mearnsii
- Carpobrotus edulis
- * Ornithopus sativus
- Cenchrus ciliaris
- * Hordeum vulgare
- * Paspalum dilatatum
- * Pennisetum purpureum
- * Triticum aestivum
- * Atriplex semibaccata
- * Kochia brevifolia
- * Tamarix gallica

In 'n nagraadse studie wat deur Hill en Nothard (s.a.) onderneem is, word twee moontlikhede voorgestel vir die bekamping van besoedeling wat deur mynhope veroorsaak word, naamlik meganiese stabilisering wat duurder en slegs op 'n korter termyn effektief is, en biologiese stabilisering wat permanent kan wees en meer koste-effektief is.

Die basis van die Rhodesiese (Zimbabwese) benadering ten opsigte van rehabilitasie is volgens Hill en Nothard (a.s.) om geen veranderings aan of byvoegings tot die medium wat hervestig moet word te doen nie. Iewers moet daar 'n plant of plante wees waarvan die toleransiegrense sodanig is dat die vergiftigingsvlakke van die betrokke medium weerstaan kan word. Indien sodanige plant(e) nie gevind kan word nie, behoort dit geteel te kan word uit die mees tolerante spesies. Om hierdie rede moet so veel as moontlik spesies in proewe gebruik word om te verseker dat "iets" gevind word wat die

probleem kan oplos. Nadat die beste spesies gedentifiseer is, kan die owerhede besluit of groeitoestande verbeter moet word deur byvoorbeeld bemestingsaanvullings.

In hul proewe het Hill en Nothard (s.a.) 57 plantspesies gebruik, waarvan ten minste 22 uitheemse spesies uit onder andere Australië en Israel is.

In 'n navorsingsverslag oor die vestiging en onderhoud van die plantegroei van padreserwes in die staat Michigan (VSA), toon Beard et al. (1971) aan dat saad van die volgende spesies in proewe gebruik is:

* Agrostis alba	* Agrostis palistrus
* Bromus inermis	* Dactylis glomerata
* Festuca arundinacea	* Festuca rubra
* Lolium perenne	* Poa pratensis
* Poa trivialis	* Phleum pratense
* Secale cereale	* Medicago sativa
* Trifolium hibridum	* Trifolium repens
* Vicia spp.	

In 'n bylaag (Cook, 1973) van 'n brief van die Chamber of Mines Services (proprietary) Limited aan die Palabora Mining Company (PMC) word die volgende plante vir die hervestiging van magnetiethope aanbeveel:

* Agrostis tenuis	* Bromus catharticus
Chloris gayana	* Cortaderia argentia
* Cynodon plectostachyus	* Dactylus glomerata
Eragrostis curvula	* Festuca elatior
* Holcus lanatus	Pennisetum macrourum
* Phalaris tuberosa	* Poa pratensis
* Acacia baileyana	* Acacia melanoxylon
* Atriplex semibaccata	Carpobrotus edulus
* Kochia brevifolia	* Medicago sativa
* Trifolium spp.	

In 'n navorsingsverslag saamgestel deur Kimmons *et al.* (1976) word onder andere gras- en struikspesies soos *Festuca* spp., *Agrostis* spp., *Lolium perenne*, *Poa* spp., *Secale cereale* en *Trifolium* spp. aanbeveel vir gebruik in die hervestiging van padreserwes langs die hoofweë in die staat Maryland.

Saadresepte wat voorgeskryf is vir die hervestiging van padreserwes in verskillende klimaatstreke van die RSA het tot diep in die sewentigerjare tot 'n groot mate bestaan uit plantspesies soos *Festuca* spp., *Lolium* spp., *Medicago sativa* en *Trifolium* spp. (Viljoen & Van Wyk, 1978).

Dit is opvallend dat in al die voorbeelde wat aangehaal is, dieselfde spesies telkemale opduik in die saadresepte wat getoets en/of gebruik word vir hervestigingsdoeleindes.

Hieruit kan dus afgelei word dat die spesies wat in die RSA vir hervestiging gebruik is, grootliks bepaal word deur die beskikbaarheid van die saad asook die resultate wat in die buiteland behaal is.

As gevolg van die agteruitgang van die plantbedekkings van veral vul- en snyhellings van die nasionale paaie in die RSA, is verskeie navorsingsprojekte onderneem deur die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. Hierdie projekte was veral daarop gerig om die oorsake van die swak vestiging van plante asook moontlike regstellings wat gedoen kan word te ondersoek.

Volgens die navorsingsverslae (1975-1978) van Dannhauser en Van Wyk (1978) asook dié van Viljoen en Van Wyk (1978), is die volgende faktore geïdentifiseer as moontlike oorsake vir die agteruitgang van die plantegroei:

1. Basies dieselfde saadmengsel word dwarsdeur die hele RSA gebruik vir hervestigingsdoeleindes, ongeag die grondtipe, klimaat of plantegroei van die gebied waarin gewerk word.

2. Die meeste van die plantspesies wat vir hervestiging gebruik word, is uitheems en afkomstig uit hoë reënvalgebiede van Europa en die VSA met 'n baie koeler klimaat as die RSA.

3. Die gradiënt van die vul- en snyhellings is onnatuurlik steil, terwyl metodes wat aangewend word om bogrond teen hierdie hellings te stabiliseer totaal ontoereikend is.

Die uitgangspunt van Dannhauser en Van Wyk (1978) was dat grasspesies met 'n baie wye verspreiding in die RSA as moontlike kandidate vir hervestiging beskou kan word. Daar is besluit om slegs hierdie geïdentifiseerde spesies te gebruik aangesien dit onmoontlik is om alle grasspesies (sommige met 'n baie beperkte verspreiding) in proewe en uiteindelik in die praktyk te gebruik.

Geskoei op hierdie veronderstelling is saad en vegetatiewe materiaal van sewentien grasspesies versamel vir moontlike gebruik. Na aanvanklike proewe onderneem is, is hierdie spesies verminder tot tien, wat die volgende ingesluit het:

Aristida congesta	Aristida transvaalensis
Cenchrus ciliaris	Eragrostis pallens
Heteropogon contortus	Melinis repens
Oropetium capense	Panicum coloratum
Tragus berteronianus	Schmidtia pappophoroides

Hierdie grasspesies is in uitgebreide proewe in verskeie lokaliteite in Natal en op Potchefstroom gebruik. Hierdie proewe het die volgende ingesluit: kieming, vestiging, bemestingspeile (grondbehandeling) en aspek. In latere proewe is

Eragrostis curvula ook in die mengsels ingesluit. Op grond van die navorsingsresultate beveel Dannhauser en Van Wyk (1978) aan dat alle saadmengsels in die binneland van Natal ten minste die volgende vier grasspesies sal insluit:

Aristida congesta	Eragrostis curvula
Melinis repens	Tragus berteronianus

Ondersoeke in verband met die moontlike gebruik van ander spesies soos Eleusine indica subsp. africana, Urochloa panicoides, Enneapogon cenchroides en Chloris virgata het op hierdie stadium reeds 'n aanvang geneem.

Proewe is uitgebrei na die Kaapprovinsie asook verskeie lokaliteite in Transvaal en Natal. Waarnemings in die veld asook in sommige van die proewe het aan die lig gebring dat daar bo en behalwe die bestaande verskille tussen spesies ook taksonomiese verskille binne spesies opgemerk is. Hierdie verskynsel was veral baie opvallend by Eragrostis curvula. Hierdie waarneming het daartoe gelei dat Viljoen en Van Wyk (1978) 39 "ekotipes" van Eragrostis curvula in hul proewe ingesluit het. (Met "ekotipes" word die volgende bedoel: plante wat in verskillende klimaatstreke versamel is en wat in die meeste gevalle taksonomiese verskille getoon het.) In hierdie proewe van Viljoen en Van Wyk (1978) is daar hoofsaaklik gekonsentreer op aspekte soos die saadproduksie, aanpasbaarheid, en vestigingsvermoë van die verskillende spesies en ekotipes.

Die resultate wat in die proewe verkry is, het daartoe gelei dat Viljoen en Van Wyk (1978) aanbeveel het dat saadmengsels drasties verander moet word en van 'n voorgeskrewe standaardsaadmengsel afgesien moet word. Saadmengsels moet op 'n klimaats- en streeksbasis saamgestel word en sommige van die lokale pioniersveldgrasse insluit. Vir elke klimaatstreek

moet ongeveer vier van die Eragrostis curvula ekotipes wat vir dié besondere klimaatstoestande aangepas is, ingesluit word.

Dawson (1987) toon aan dat Eragrostis curvula sekere kenmerke vertoon wat daartoe bydra dat hierdie grasspesie besonder geskik is vir hervestigingsdoeleindes. Hierdie kenmerke van Eragrostis curvula sluit onder andere die volgende in:

- 'n Baie wye verspreiding deur die RSA.

- Besonder hoë saadproduksie.

- 'n Uitstekende kiempersentasie.

- Eragrostis curvula is 'n semi-pionierspesie wat baie maklik vestig.

- Dit is 'n grasspesie wat 'n hoë mate van toleransie het ten opsigte van versteurde toestande.

- Dit kiem baie gou nadat dit gesaai is.

- Dit het 'n redelike lang leeftyd.

- Hierdie grasspesie is 'n vinnige groeier.

- Dit het 'n hoë mate van toleransie ten opsigte van pH, grondtipes en klimaatstoestande.

- Alhoewel dit beter presteer met bemesting, groei dit goed onder armer toestande.

- Dit het 'n redelike droogte- en ryptoleransie .

Oor die geheel gesien, kan Eragrostis curvula dus as 'n geharde gras beskou word.

Ten spyte van al die goeie kenmerke, het Eragrostis curvula ook nadelige kenmerke waarvan die volgende 'n rehabilitasie-program sal strem:

- Wanneer die groot polle doodgaan, word groot oppervlaktes kaal gelaat sodat erosie maklik plaasvind.

- Die massa bogrondse materiaal skep 'n brandgevaar.

- Die groot polle voorkom dat lokale spesies maklik kan vestig.

Laasgenoemde kenmerk is veral prominent by die Ermelo-tipe waar baie min indien enige klein plantjies in 'n bestaande stand van hierdie spesie aangetref word. Daar is ook gevind dat hierdie tipe baie swakker saad produseer wanneer dit buite sy oorspronklike omgewing (Oos-Transvaalse hoëveld) aangeplant word.

Die navorsing van Dawson het daarom hoofsaaklik gewentel om die seleksie van ekotipes waardeur die swak kenmerke geëlimineer kan word.

Die feit dat proewe op verskillende lokaliteite uitgevoer is (George - Kaapprovinsie, Camperdown - Natal, Potchefstroom - Transvaal en Vredefort - OVS), het daartoe bygedra dat 'n belangrike beginsel na vore gekom het wat andersins nie waargeneem sou kon word nie.

In sy studie het Dawson daarin geslaag om verskeie ekotipes van Eragrostis curvula te identifiseer - ekotipes wat kleiner polle en 'n kleiner bogrondse massa het. 'n Bonus was egter dat sommige van hierdie seleksies selfs op ander terreine soos byvoorbeeld saadproduksie, kiemkrag ensovoorts beter gepresteer het as die Ermelo-variasie.

'n Baie belangrike waarneming wat egter gemaak is, is dat ekotipes wat by een lokaliteit die beste resultaat lewer, nie noodwendig by 'n ander lokaliteit die beste vaar nie. So is byvoorbeeld vasgestel dat die "conferta"-tipes beter presteer in die droër gebiede, terwyl die "robusta"-tipes die beste resultate lewer in die koeler en natter kusstreke. Hierdie waarneming het tot gevolg gehad dat spesifieke ekotipes geselekteer kon word vir die verskillende klimaatstreke van die RSA.

Waarnemings deur Dannhauser (1975) en Viljoen en Van Wyk (1978) het aangedui dat van die oorspronklike saadmengsels wat in padreserwes gebruik is (wat meestal uit uitheemse spesies bestaan het), na twee tot drie seisoene in die meeste gevalle slegs die inheemse spesies oorgebly het. Dit dui dus daarop dat die uitheemse spesies basies slegs as pioniers opgetree het en baie gou weer verdwyn het.

Soortgelyke resultate is verkry in metings wat gedoen is tydens 'n inspeksie van die hervestigingswerk deur die SA Vervoerdienste in Natal (Van Wyk & Van der Nest, 1991).

Volgens McNeilly (1987) is die keuse van plantspesies vir hervestigingsdoeleindes nie so 'n eenvoudige taak nie. In die eerste plek is die doel wat uiteindelik bereik wil of moet word 'n bepalende faktor, aangesien plante wat benodig word vir aangeplante weiding totaal verskil van dié wat benodig word vir 'n natuurlike ekosisteem. In laasgenoemde geval kan die gebruik van 'n inheemse spesie wat in die handel beskikbaar is, sodanig verskil van dieselfde spesie in die gebied wat hervestig gaan word, dat vreemde geenpoele ingebring word wat hibriede vorm met die oorspronklike populasie. Morfologiese, asook ander kenmerke van die hibried kan sodanig wees dat die oorspronklike populasie nie daarmee kan kompeteer nie en gevolglik uitsterf. Volgens Drewis (1990) is daar 'n sterk moontlikheid dat dit hierdie verskynsel is wat daarvoor verantwoordelik is dat 'n hibried van <u>Cynodon dac-</u>

tylon wat in die Lichtenburg distrik voorkom gevorm is. Hierdie hibried is 'n baie aggressiewe groeier, word nie effektief deur onkruiddoders geregistreer op Cynodon dactylon beheer nie en word meganies baie moeilik uit die lande verwyder.

Alhoewel die gebruik van uitheemse spesies moontlik in sommige gevalle geregverdig kan word, kan die uitgangspunt dat die doel die middele heilig nie meer geredelik aanvaar word nie. Daar is reeds te veel bewyse van indringing en die vernietiging van die natuurlike plantegroei deur uitheemse spesies in die RSA. Voorbeelde soos die vernietiging van die Kaapse fynbos deur Acacia saligna en Acacia cyclops (Australië), die indringing van Pennisetum clandestinum (Midde-Afrika) in hoë reënvalgebiede, die verspreiding van Eucalyptus spp. (Australië), Melia azedarach (Europa en Asië), Populus spp. (Noord-Amerika, Europa en Asië), Jacaranda mimosifolia (Suid-Amerika), Paspalum dilatatum (Suid-Amerika), Lantana camara (Suid-Amerika) asook die meeste onkruide soos Tagetes minuta (Suid-Amerika), Bidens spp. (Noord- en Suid-Amerika, Europa en Asië) en talle ander spreek vanself (Wells et al., 1986). Volgens Wells et al. (1986) is daar 711 genaturaliseerde en uitheemse plante (en plante wat vermoedelik uitheems is) wat gekatalogiseer is, asook nog 273 ongekatalogiseerde plante wat meeding met die inheemse flora in Suidelike Afrika.

In Australië is daar 'n toenemende weerstand teen uitheemse spesies soos Eragrostis curvula wat reeds in sommige streke as 'n onkruid beskou word en bestaan daar kommer oor die verdringing van inheemse spesies. Volgens Van der Breggen en Dawson (1989) word hierdie gevoel weerspieël in die beleid van die Western Australia Main Roads Department wat onder andere die volgende bepaal:

- Inheemse plantegroei moet in die padreserwes bewaar word waar enigsins moontlik, al het dit tot gevolg dat dit konstuksie bemoeilik en kostes verhoog.

- Slegs lokale inheemse spesies mag gebruik word vir die hervestiging van padreserwes.

- Die onderhoud van die padreserwes moet sodanig wees dat die oorlewing van inheemse spesies so ver moontlik verseker word.

- Daar moet gepoog word om buffers met inheemse spesies langs die paaie te vestig. Hierdie buffers moet dien as saadbron vir die aangrensende grond waar plantegroei vernietig is, asook om oorblywende natuurlike gebiede met mekaar te verbind.

Proewe wat deur Fuls en Bosch (1990) uitgevoer is op <u>Cynodon dactylon</u> wat 139 versamelpunte in die RSA verteenwoordig, het aangetoon dat die materiaal wat in die droër gedeeltes van die land versamel is, die mees droogtebestand was. Eweeens kon materiaal wat versamel is in gebiede waar die grond die laagste pH gehad het ook die laagste pH in die proewe verdra.

Hierdie resultaat toon 'n baie goeie ooreenstemming met die waarnemings van Correia (1992) waar gevind is dat die conferta-tipe <u>Eragrostis</u> <u>curvula</u> wat uit die Karoo afkomstig is meer droogtebestand is as versamelings uit gebiede met 'n hoër reënval.

Uit hul navorsing formuleer Fuls en Bosch (1990) die hipotese dat die geskiktheid van 'n ekotipe van 'n spesie vir hervestigingsdoeleindes voorspel kan word indien die aard en intensiteit van die <u>in situ</u> omgewingstres waarby die ekotipe aangepas is, bekend is. Die gehardheid van die spesifieke ekotipe kan dus gekorreleer word met die omgewingstoestande

van die gebied wat gerehabiliteer moet word. Op hierdie wyse kan die mees geskikte ekotipes van verskillende spesies geselekteer word vir hervestiging, sonder duur en tydrowende *ex situ* eksperimente.

Indien daar van die veronderstelling uitgegaan word dat hierdie hipotese waar sal wees ten opsigte van alle plantspesies, kan dit die soeke na geskikte spesies vir 'n spesifieke doel baie vergemaklik.

Die plantegroei van versteurde plekke soos ou lande, miershope, ou paaie, padreserwes en vele meer, is 'n baie belangrike bron van inligting ten opsigte van plante wat as pionierspesies in 'n betrokke gebied gebruik kan word.

Die plantspesies (grasse, bome en struike) wat in die proewe by die verskillende myne soos beskryf in hierdie proefskrif gebruik is, is met die voorafgaande in gedagte, in ou lande en in die veld in die direkte omgewing van die versteurde lokaliteite versamel. Waar daar nie redelike suiwer stande van 'n betrokke spesie in die nabyheid van die myn was nie, is saad van elders gebruik. Inheemse saad wat in die handel beskikbaar is, is ook gebruik indien dit in die natuurlike plantegroei van die omgewing voorkom. Slegs in uitsonderlike gevalle is van hierdie uitgangspunt afgewyk.

Grasspesies wat vir die proewe en vir hervestigingswerk in die veld en op ou lande versamel is, sluit die volgende in:

Aristida adscensionis	Aristida congesta
Aristida scabrivalvis	Chloris virgata
Eleusine indica	Enneapogon cenchroides
Eragrostis echinochloidea	Eragrostis lehmanniana
Eragrostis superba	Fingerhutia africana
Heteropogon contortus	Hyparrhaenia hirta
Melinis repens	Schmidtia kalihariensis
Schmidtia pappophoroides	Stipagrostis ciliata

Stipagrostis obtusa
Themeda triandra
Urochloa brachyura
Stipagrostis uniplumis
Tragus berteronianus

As in ag geneem word dat daar in die RSA 847 inheemse grasse is (Leistner, 1990), is dit duidelik dat die 28 spesies wat tot op hierdie stadium in hervestigingsproewe gebruik is, slegs 'n fraksie van die spesies is wat moontlik vir die hervestiging van versteurde gebiede aangewend kan word. Die potensiaal van die plantegroei van die RSA is wel raakgesien, maar is nog nooit wetenskaplik bepaal nie.

Die verskeidenheid veldtipes (70) wat deur Acocks (1988) omskryf word, en die klimaatuiterstes wat in die RSA aangetref word, maak dit onmoontlik om 'n eenvormige saadmengsel vir die RSA of Suidelike Afrika voor te skryf. Daar word tans 'n handleiding saamgestel wat in hierdie behoefte kan voorsien (Van Wyk, 1993).

Hierdie handleiding sal waarskynlik in 'n groot behoefte kan voorsien en 'n gedeelte van die hervestigingsprobleem oplos. 'n Ander ewe tersaaklike probleem is die beskikbaarheid van die saad van spesies wat aanbeveel word. Net soos uitheemse spesies is die inheemse spesies wat wel in die handel beskikbaar is, daar as gevolg van die aanvraag daarvan in die landbou. Die enigste inheemse grasspesies wat tans beskikbaar is, is die volgende:

Anthephora pubescens
Chloris gayana
Digitaria eriantha
Eragrostis curvula
Cenchrus ciliaris
Cynodon dactylon
Panicum maximum

Binne afsienbare tyd sal daar ses nuwe variëteite van *Eragrostis curvula* op die mark verskyn - variëteite wat by 'n groter verskeidenheid klimaatstreke aangepas is. Die beskikbaarheid van hierdie ses variëteite van *Eragrostis curvula* tesame met die ander vyf spesies kan egter steeds nie in al die behoeftes voorsien nie. Die produksie of oes van saad (in die veld) is as gevolg van die huidige beperkte mark nie 'n ekonomiese proposisie nie. Masjinerie en metodes om die verskillende tipes saad te oes en te verwerk bestaan in die meeste gevalle nie en moet dus geïmproviseer word.

Volgens Mahler (1988) geniet die oes van inheemse saad in Texas (VSA) hoë prioriteit tydens die hervestiging van veral steil hange. Die grootste beperkende faktor is egter die beskikbaarheid en versameling van saad. Faessler en Apfelbaum (1988) berig dat Applied Ecological Services, Inc. (Noord-Amerika) voortdurend besig is om nuwe apparaat te ontwerp waardeur dit moontlik gemaak word om groot hoeveelhede inheemse saad te oes.

Plaat 4.1: Verskillende groeivorms van Eragrostis curvula ekotipes

Plaat 4.2: Produksieland waar saad van Melinis repens vir rehabilitasiedoeleindes versamel word

HOOFSTUK 5

HERVESTIGING VERSUS REHABILITASIE

5.1 Hervestiging

Die hervestiging van plantegroei op versteurde mynbougebiede kan op een van twee wyses geskied, naamlik deur middel van kunsmatige en deur middel van natuurlike hervestiging.

5.1.1 Kunsmatige hervestiging

Kunsmatige hervestiging is 'n metode wat reeds sedert 1932 in Suidelike Afrika gebruik is. Die eerste pogings tot kunsmatige hervestiging was om plantegroei op goudmynsandhope en -slikdamme te vestig. Nêrens waar die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie sedert 1984 betrokke geraak het, kon enige teken van hertopografering, spesieseleksie van inheemse plante, water- en erosiebeheer of enige ander teken waargeneem word wat daarop dui dat 'n holistiese benadering (rehabilitasie) toegepas is nie.

Hierdeur word nie geïmpliseer dat alle pogings mislukkings was of noodwendig verkeerd was nie. Opnames wat deur Barker (1984) uitgevoer is op die Nourse sandhoop 3 A 19, die Crownmyn-sandhoop A en die New Kleinfontein slikdam-4, het aangetoon dat daar wel plantbedekkings op al hierdie lokaliteite gevestig het. Barker het bevind dat weinig van die grasspesies wat aanvanklik gevestig is op die lokaliteite aangetref is. 'n Groot aantal spesies wat nie gesaai is nie (veral kruide), het egter spontaan gevestig. Hierdie verskynsel dui dus daarop dat plantsuksessie en natuurlike seleksie

plaasvind. Ongelukkig dui die teenwoordigheid van spesies soos Tagetes minuta en talle ander onkruide daarop dat agteruitgang in sekere gebiede plaasvind.

Thatcher (1979), het intensiewe metings gedoen op sewe hervestigde goudmynslikdamme aan die Witwatersrand (slegs die bokante), waarvan die ouderdomme gewissel het tussen vier en dertien jaar. Die resultate van hierdie metings het aangetoon dat daar reeds 116 plantspesies verteenwoordigend van sewentig genera voorgekom het. Sewentien van hierdie spesies het op al sewe die lokaliteite voorgekom.

Thatcher wys op die positiewe aspek dat die toename van onkruidspesies kan dien as belangrike bron van organiese materiaal met die oog op die grondvormingsproses. Tog kan nie uit die oog verloor word dat hierdie toename ook 'n aanduiding kan wees van die agteruitgang van die grasbedekking nie.

Die feit dat die slikdamme wat die oudste plantegroei het, die laagste pH asook die meeste kaal kolle het, kan moontlik daarop dui dat die aftakelingsproses op hierdie slikdamme die verste gevorder het. Aangesien daar egter geen beskikbare data oor die aanvanklike plantbedekkings is nie, is dit bykans onmoontlik om tot enige gevolgtrekking te kom.

Die benadering van Barker ten opsigte van die hervestiging van plantegroei op slikdam 4L36 (Germiston) was basies dieselfde as dié van voorgangers. Die enigste verskil het daarin gelê dat daar gepoog is om slegs inheemse spesies te gebruik, nuwe ekotipes van Eragrostis curvula op die proef te stel, kalkbehoeftebepalings by elke lokaliteit te doen en toedienings drasties te verhoog en geen besproeiing te doen nie.

Die resultate van Barker (1985) se proewe dui daarop dat plantegroei wel bo-op goudmynslikdamme gevestig kan word volgens die droëlandmetode - 'n metode wat 'n baie groot kos-

tebesparing tot gevolg het. Verder is gevind dat 7,5 ton kalk ha^{-1} beter resultate gelewer het as die laer toedienings. Dit het geblyk dat die laer toedienings nie die pH van die slik sodanig kon verhoog dat plante daar kon vestig nie. 'n Derde belangrike bevinding van Barker was dat die "blou robusta"-ekotipes van *Eragrostis curvula* baie beter gekiem en gevestig het as enige van die ander ekotipes. Laasgenoemde waarneming korreleer met die aanvanklike metings waar gevind is dat veral op die Nourse sandhoop 3 A 19, 'n robusta blou *Eragrostis curvula*-ekotipe natuurlik ingedring het. Die grootste probleem wat tydens hierdie poging ondervind is, was die windskade waardeur jong plantjies vernietig is.

Verskeie pogings van Barker en van Wyk (1988) om plante teen die kante van slikdamme te vestig (4L24 Germiston) het misluk. Hierdie mislukkings kan aan 'n verskeidenheid faktore toegeskryf word en sluit onder andere die volgende in: steil hellings, lang hellings, moeilike of bykans onmoontlike saadbedvoorbereiding, ameliorante wat nie ingewerk kon word nie en erosie waardeur ameliorante en saad weggespoel is.

Die werk van Barker en van Wyk is op 'n slikdam van die Western Deep Levels goudmyn voortgesit. Die hervestigingsbenadering is steeds gevolg, maar daar is gepoog om die oorsake van vorige mislukkings uit te skakel. Om hierdie rede is daar horisontale voortjies op 1 m afstande teen die helling gegrawe. In hierdie graafdiep (þ 300 mm) voortjies kon die kalk, kunsmis, organiese materiaal en saad gegooi word sonder dat dit kon wegwaai. Die moontlikheid van erosie is uitgeskakel deurdat alle afloopwater in die voortjies opgevang is. Die water wat in die voortjies versamel het, het ook onmiddellik die vogregime in die omgewing van die saad verbeter sodat beter kieming en vestiging verseker kon word. Uit die resultate wat verkry is, was dit dan ook duidelik dat hierdie metode met groot vrug aangewend kon word. In werklikheid was die grawe van die voortjies die eerste stap in die rigting van waterbeheer wat toegepas is.

Die grootste beperkende faktor van die droëlandmetode is dat die hervestigingsukses bepaal word deur die klimaat van die betrokke seisoen. Aangesien oppervlakuitdroging baie vinnig plaasvind (korsvorming), is dit noodsaaklik dat 'n nat periode sal volg nadat die saad gesaai is. Indien reën in onvoldoende hoeveelhede voorkom, droog die oppervlak na elke reënbui so vinnig uit dat 'n negatiewe resultaat verkry word. Saad wat wel kiem, kan nie deur die harde kors breek nie en vrek gevolglik. Op hierdie wyse word die saadbron sodanig uitgeput dat goeie reënbuie later in die seisoen nie benut kan word nie. Pogings word tans deur die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie aangewend, om die tekstuur van die slik te verbeter deur die gebruik van organiese materiaal. Die gebruik van organiese materiaal kan korsvorming verhoed en die waterhouvermoë van die materiaal verhoog. Ander fasette wat tans hoog op die prioriteitslys is, is die verkorting van hellings, die vermindering van die gradiënt van die hellings en die toepassing van effektiewe waterbeheer om sodoende erosie uit te skakel en onderhoud te verminder. Die rigting waarin die navorsing beweeg, dui baie sterk op 'n holistiese benadering.

Die hervestigingspoging van die Palabora Mining Company (PMC) (soos waargeneem in 1986) op kort steil hellings van die slikdamme is prysenswaardig. Al die hervestigde gebiede was op 'n permanente basis onder besproeiing. Briers (1985b) toon aan dat die waterhouvermoë van die slik baie laag was as gevolg van 'n baie lae slik- en kleipersentasie en dat 'n pH van >9 deurgaans aangetref is. Dit was opvallend dat in gebiede waar besproeiing nie plaasgevind het nie (hellings sowel as gelykvlakke), geen plantegroei spontaan gevestig het nie. Aan die anderkant was daar selfs goeie plantbedekkings waar besproeiing toevallig op areas beland het waar nie saad gesaai was nie. 'n Baie swakker plantbedekking het ook gevestig in hervestigde gebiede waar besproeiing oneffektief was. Na aanleiding van hierdie waarneming is Briers (1986) van mening dat die onttrekking van besproeiing in die hervestigde

gebiede tot gevolg sal hê dat die bestaande plantegroei sal degenereer en moontlik heeltemal sal verdwyn. Die resultate van sy proewe toon aan dat die oplossing van die probleem lê in afplatting van die hellings en die bedekking van die helling met 'n deklaag van 'n bogrond/klip-mengsel, of met vermiculietuitskot wat by die myn aangetref word. Die aanbevelings wat deur Briers (1985b en 1986) gemaak is, dui ook sterk op 'n holistiese benadering.

5.1.2 Natuurlike hervestiging

Natuurlike hervestiging van plante op slikdamme en uitskothope vind wel by sommige myne plaas. In die meeste gevalle is hierdie hervestiging egter die begin van 'n proses wat oor baie jare kan strek, aangesien stabiliteit nie bereik is nie, en grootskaalse erosie steeds plaasvind.

'n Verdere kenmerk van hierdie gebiede is die teenwoordigheid en dominasie deur 'n uitheemse spesie of spesies soos Penisetum setaceum by die Thabazimbi ystererstmyn, Nicotiana glauca en Salsola kali by die Hotazel mangaanmyn en PPC Lime Acres kalkmyn.

'n Derde kenmerk van natuurlike hervestiging is dat dit in baie gevalle slegs voorkom in beperkte lokaliteite waar daar waarskynlik 'n mikroklimaat ontstaan het wat geskik is vir die vestiging van een of ander plantspesie.

Die vestiging van plante is egter slegs een van die prosesse wat plaasvind op so 'n versteurde gebied en kan nooit losgemaak word van die res van die prosesse wat besig is om plaas te vind nie.

5.2 Rehabilitasie

Wanneer rehabilitasie gedoen word, word 'n holistiese benadering gevolg (kyk 3.10). Nie net die bodem waarop hervestiging moet plaasvind, word in gedagte gehou nie, maar talle ander verbandhoudende aspekte. 'n Holistiese benaderingswyse sluit aspekte soos die volgende in: die geologie van die moedermateriaal, die topografie van die omgewing, waterbeheer (met inagneming van bestaande riviere, spruite en waterbane), die veldtipe waarin die spesifieke myn geleë is (met die oog op spesieseleksie), volledige bodemkundige ontledings van al die verskillende materiale wat deur die myn gestort word, die uiteindelike doel met die rehabilitasie en vele meer.

5.2.1 Natuurlike rehabilitasie

Een van die myne waar daar reeds groot gebiede is waar natuurlike rehabilitasie plaasgevind het, is die myn van De Beers Consolidated Mines Ltd., Kimberley (Diamantmyn).

Volgens 'n brosjure uitgegee deur die De Beers Public Relations Department (1989), dateer mynaktiwitweite in hierdie gebied terug tot 1866 toe die eerste diamant deur Erasmus Jacobs naby die Oranjerivier by Hopetown ontdek is. Daar kan dus met sekerheid aanvaar word dat sommige van die delweryhope in die omgewing van die myn reeds meer as honderd jaar oud kan wees. Reeds in Julie 1989 het De Beers Consolidated Mines die beheer van die Bultfonteinmyn en Dutoitspanmyn oorgeneem, en daarmee die beheer oor al die groot mynaktiwiteite in die Kimberley-gebied verkry.

Uit waarnemings gedurende 1992 het geblyk dat by alle ou uitskothope en slikdamme in die gebied reeds 'n sekere mate van planthervestiging plaasgevind het. Die plantegroei was egter nie eenvormig nie en verskillende "plantegroeitipes"

kon duidelik onderskei word. 'n Verdere waarneming was dat die uitskothope beslis nie meer hul oorspronklike vorm het nie, maar deur grootskaalse erosie vervorm is deur natuurlike prosesse (rehabilitasie).

Hierdie waarnemings het daartoe gelei dat 'n evaluasie van die huidige toestand waarin die hope verkeer deur 'n span navorsers van die Navorsingsinstituut vir Hervestigings-ekologie onderneem is. Hierdie span het onder andere ekoloë, bodemkundiges, 'n planttaksonoom en 'n opmeter ingesluit.

Die evaluasie het die volgende aspekte ingesluit:

- Die bepaling van die basale bedekking, kroonbedekking, frekwensieteenwoordigheid en spesiediversiteit van verskillende lokaliteite wat geïdentifiseer is.

- Die versameling van grondmonsters in die verskillende lokaliteite, om daardeur ooreenkomste en/of verskille tussen die mediums (chemies sowel as fisies) waarin die verskillende plantegroeitipes voorkom te bepaal.

- Die topografiese opmeting van die lokaliteite waar metings gedoen is om sodoende vas te stel of topografiese verskille die vestiging van verskillende plantegroeitipes bepaal.

Plaat 5.1: Erosie (natuurlike afplatting) wat besig is om plaas te vind teen 'n kimberliet-uitskothoop

Plaat 5.2: Vestiging van plante teen 'n afgeplatte helling van 'n kimberliet-uitskothoop

5.2.1.1 Die invloed van die lengte en gradiënt van hellings

Hierdie metings is op verskeie lokaliteite van dieselfde myn gedoen om eerstens die moontlike invloed van die lengte en gradiënt van hellings op die vestiging van plantegroei te bepaal.

Ten einde so veel as moontlik stadiums van vervorming en plantegroeitipes in die metings in te sluit, is die volgende lokaliteite gekies:

- Drie lokaliteite waar verskillende ekotope teen die hellings van die hope waargeneem kon word - kimberliet.
- Drie relatief lang, steil hellings - kimberliet.
- Drie relatief kort, steil hellings - kimberliet.
- Drie mediumlengte, steil hellings - kimberliet.
- Drie relatief lang, vlak hellings - kimberliet.
- Drie mediumlengte, vlak hellings - kimberliet.
- Drie relatief lang, vlak hellings - kimberliet/kalkreet.
- Drie mediumlengte, steil hellings - (kimberliet) bedek met 'n deklaag van 'n klip/grond-mengsel.

Die opsommende resultate van die verskillende evaluasies word verskaf in Tabel 5.1.

Ter wille van die vergemakliking van die bespreking, is gemiddeldes bereken. Waar van toepassing, word die standaardafwykings in hakies na die gemiddeld verskaf.

TABEL 5.1: Opsommende resultate van die verskillende lokaliteite by De Beers Consolidated Mines.

	LOKALITEIT							
	1	2	3	4	5	6	7	8
CHEMIES: (bogrond)								
pH		8.76	9.66 (0.24)	9.42	8.79	9.27 (0.22)	8.55 (0.05)	8.61 (0.23)
P-Status (dpm)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44 (1.12)	0.83 (1.46)
Na-Inhoud (dpm)		17750	20450 (1738)	3635	9553	12336 (9043)	421 (687)	9970 (6904)
FISIES:								
% > 9.5 mm (%)		3.21	15.23 (9.05)	31.05	4.38	0.43 (3.62)	6.9 (6.3)	66.9 (24.8)
% < 9.5 mm (%)		96.79	84.77 (9.05)	68.95	95.62	94.57 (3.62)	93.1 (6.3)	33.1 (24.8)
MINERALOGIE: van slikfraksie (% smektiete)	13.3							
HELLING:								
Gradiënt (grade)	0.0	24.5 (2.06)	29.36 (1.22)	30.77 (0.86)	7.43 (1.02)	4.5 (1.04)	5.57 (2.33)	27.05 (2.18)
Lengte (m)		4.7 (0.59)	14.7 (1.47)	30.8 (2.86)	66.77 (7.85)	40.0 (7.12)	81.2 (29.36)	21.67 (5.43)
PLANTEGROEI:								
Basale bedekking (%)	2.6 (0.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7 (0.4)	1.9 (0.8)	1.7 (1.0)
Kroonbedekking (%)	16.4 (3.9)	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2 (6.2)	25.0 (1.5)	21.6 (15.1)
EROSIE:								
Plaat								x
Donga						x		
Plaat en donga		X	X	X	X			

Legende:
1 - Natuurlike veld
2 - Kort steil hellings - kimberliet
3 - Mediumlengte steil hellings - kimberliet
4 - Lang steil hellings - kimberliet
5 - Lang vlak hellings - kimberliet
6 - Mediumlengte vlak hellings - kimberliet
7 - Lang vlak hellings - kimberliet/kalkreet
8 - Steil hellings - kimberliet bedek met bogrond/klip
x - Erosie word in geringe mate aangetref
X - Erosie word in 'n hoë mate aangetref
Getalle tussen hakkies = standaardafwykings

Volgens Tabelle 5.2 tot 5.4 is die persentasie smektiete wat in die kimberlietuitskot gevind word, in al die monsters wat ontleed is baie hoog (gemiddeld 61.3%). Volgens Dixon en Weed (1989) het die gekombineerde effek van 'n hoë konsentrasie smektiet-kleiminerale en hoë Na-konsentrasie 'n hoë erodeerbaarheid tot gevolg. Die erodeerbaarheid is die gevolg van die invloed van natrium op die dispergeerbaarheid van die kleimineraal.

Uit die opsommende resultate van Tabel 5.1 is dit duidelik dat teen al die steil kimberliethellings (lokaliteite 2, 3 en 4) (24.5 tot 30.77^{o}) geen plantegroei gevestig het nie. Selfs die korter helling van lokaliteitgroep 2 of die relatief laer Na-konsentrasie van lokaliteitgroep 4 het geen invloed op die vestiging van plante gehad nie. Die variasie in deeltjiegrootte, waarvan die hoogste persentasie growwer materiaal by die langer hellings voorgekom het, kon by hierdie gradiënt ook nie die vestiging van plante bevoordeel nie. By al drie hierdie lokaliteitgroepe is 'n groot mate van erosie waargeneem.

By lokaliteitgroep 5 is daar wel enkele plante waargeneem, maar so min dat dit nêrens tydens die metings in aanmerking gekom het nie. Die feit dat 'n baie laer gradiënt (platter hellings) hier aangetref is, het wel 'n geringe rol gespeel. Die lengte van die hellings het waarskynlik die erosiepotensiaal van die lokaliteit sodanig verhoog dat dieselfde mate van erosie as by die steil hellings en gevolglike swak vestiging van plantegroei verkry is.

Die eerste redelike vestiging van plante is waargeneem by lokaliteit 6, waar daar 'n steil helling aan die bokant van elke lokalitet was. Hierdie steil helling wat as opvanggebied gedien het, het dus die moontlikheid van erosie verhoog het. Ten spyte hiervan is slegs geringe donga-erosie op hierdie hellings waargeneem.

Die gemiddelde Na-konsentrasie by lokaliteitgroep 6 was hoër as by lokaliteitgroep 5, terwyl die growwe fraksies van die twee groepe groot ooreenstemming getoon het.

Die verskil in gemiddelde lengte en hellinghoek van die twee lokaliteitgroepe was dus die enigste verskil tussen die twee lokaliteitgroepe. Uit die gegewens het dus geblyk dat die korter en vlakker hellings die vestiging van plante in hierdie besondere geval moontlik gemaak het.

Die belangrikste plantspesies wat op die hellings van lokaliteitgroep 6 gevestig het, was *Cynodon dactylon*, *Sporobolus rangei* en *Eragrostis lehmanniana*. Die feit dat hierdie spesies op 'n medium met 'n hoë Na-konsentrasie gegroei het, toon dat hierdie spesies of ekotipes daarvan goed aangepas is by die spesifieke omgewingstoestande.

Twee lokaliteitgroepe met 'n relatief goeie plantbedekking is geïdentifiseer. 'n Ondersoek het aangetoon dat die lang, vlak hellings van groep 7 bestaan het uit 'n mengsel van kimberliet en kalkreet. 'n Verskeidenheid van plante, waarvan *Aristida vestita*, *Eragrostis lehmanniana*, *Cynodon dactylon* en *Eragrostis obtusa* die belangrikste is, is in hierdie lokaliteite aangetref. 'n Kombinasie van faktore soos die mengsel van materiale, die laer Na-konsentrasie, die vlak helling van 6.9^{o} asook beter plantbedekking, het daartoe bygedra dat slegs 'n geringe mate of geen erosie by hierdie lokaliteite voorgekom het.

By 'n nadere ondersoek van die tweede lokaliteitgroep (8) het dit aan die lig gekom dat hierdie hellings in werklikheid kimberlietuitskot was, wat bedek was met 'n mengsel van bogrond/klip. 'n Baie hoë mate van stabiliteit is verkry, aangesien slegs 'n geringe mate van plaaterosie waargeneem kon word. Een van die hellings (met die hoogste Na-

konsentrasie) se plantbedekking was opvallend swakker as dié van die ander twee, soos duidelik geblyk het uit die standaardafwykings.

'n Verskeidenheid plantspesies het teen hierdie drie hellings gevestig. Hoë standaardafwykings ten opsigte van die frekwensieteenwoordigheid van die verskillende spesies, het egter aangetoon dat daar nie eenvormigheid bestaan nie. Hierdie verskille kan toegeskryf word aan deeltjiegrootteverspreiding asook konsentrasies P, K, Mg en Na wat by die verskillende hellings 'n redelike variasie getoon het.

Indien hierdie hellings vergelyk word met dié van lokaliteitgroep 4 (albei groepe was mediumlengte, steil hellings), is die grootste verskille die groter persentasie growwe fraksie en moontlik die beter balans tussen die noodsaaklike elemente wat by lokaliteitgroep 8 aangetref word.

Uit die resultate van hierdie eerste groep opnames is die volgende tendense waarneembaar:

- Geen plantegroei kon op enige van die steil kimberliethellings gevestig word nie.

- Op die lang, vlak hellings het baie min indien enige plante gevestig.

- Slegs 'n geringe aantal plantspesies het gevestig geraak op groeimediums met 'n hoë Na-konsentrasie. Hierdie plante is waarskynlik spesies of ekotipes van spesies wat 'n hoë toleransie ten opsigte van hierdie omgewingstoestand het.

- Plante het gevestig op korter, vlak hellings (þ 6^{o}). Die implikasie van hierdie verskynsel is dat indien lang, vlak hellings "verkort" kan word deur gebruik te maak van waterbeheerstrukture (keerwalle, kontoerwalle en waterbane), daar wel plante gevestig sal kan word.

- Die mate van erosie wat plaasgevind het, is bepalend vir die vestiging van plante.

- Die gebruik van 'n deklaag van bogrond/klip kan meebring dat steiler hellings met 'n wisselende mate van sukses gevestig kon word. Grondregstellings soos die verlaging van die pH en ander chemiese wanbalanse was blykbaar ook bepalend vir die mate van sukses wat behaal is.

- Deur die gebruik van 'n mengsel van materiale (soos bv. kimberliet en kalk) waardeur die erodeerbaarheid verlaag en die voedingstatus verbeter is, het die vestiging van 'n groter verskeidenheid plante verbeter en erosie verminder.

5.2.1.2 Verskille tussen verskillende ekotope

Tweedens is opnames gedoen om te bepaal waarom verskillende tipes plantegroei op verskillende ekotope van natuurlik afgeplatte hellings gevestig raak.

Om hierdie doel te bereik is 'n tweede reeks opnames gedoen teen drie hellings van twee groot uitskothope. Op hierdie uitskothope het plante met wisselende mate van sukses in opeenvolgende ekotope gevestig. In al die gevalle is die ekotope van onder af (die voet van die helling) na bo (die kruin van die hoop) genommer. Nadere ondersoek het getoon dat die ekotope wat van ver af duidelik onderskeibaar blyk te wees, meestal geleidelike oorgange getoon het. Hierdie oorgangsones is nie ondersoek nie.

TABEL 5.2: Opsommende resultate van opname 1 (verskillende ekotope teen 'n helling). De Beers Consolidated Mines.

	OPNAME 1 EKOTOPE					
	1	2	3	4	5	6
CHEMIES: (bogrond)						
pH	8.45	8.49	8.53	8.59	8.72 (0.07)	8.82
P-Status (dpm)	0.9	4.04	0.0	0.0	0.0	0.0
Na-Inhoud (dpm)	2340	12550	3515	13950	17775 (25)	17650
FISIES:						
% > 9.5 mm (%)	0.0	0.0	4.7	0.6	2.3 (0.87)	3.6
% < 9.5 mm (%)	100	100	95.3	99.4	97.7 (0.87)	96.4
MINERALOGIE: van slikfraksie (% smektiete)	62	58	64	64	67	62
HELLING:						
Gradiënt (grade)	0.52	0.61	1.15	2.35	3.05	6.62
Lengte (m)	100	150	150	200	300	156
PLANTEGROEI:						
Basale bedekking (%)	0.0	1.8	1.3	1.3	0.4	0.0
Kroonbedekking (%)	0.4	16.8	22.7	20.0	2.2	0.0
EROSIE:						
Plaat						
Donga		x	x			
Plaat en donga	x			X	X	X

Legende:

1 - Karoo plantegroei
2 - Karoo/Grasveld
3 - Grasveld
4 - Savanne
5 - Bo-karoo
6 - Kaal helling
x - Erosie in geringe mate waargeneem
X - Erosie in hoë mate waargeneem
Getalle tussen hakkies = standaardafwyking

Die opsommende resultate van die plantkundige- en bodemkundige metings, word in Tabelle 5.2 tot 5.4 verskaf.

Teen alle verwagting in, het die fisiese samestelling van die

materiaal ("grond") van die verskillende ekotope verbasend ooreengestem. Die pH en P- en Ca-status was ook deurgaans basies dieselfde.

In opname 1 is die volgende ses ekotope onderskei:

1. Karoo - 100 m
2. Karoo/grasveld - 150 m
3. Grasveld - 150 m
4. Savanne - 200 m
5. Bo-Karoo - 300 m
6. Kaal helling - 156 m

In die boonste ekotoop (6) (kaal helling) van opname 1, het geen plante voorgekom nie. Alhoewel 'n gemiddelde gradiënt van 6,62^{o} bereken is, kon dit op sommige plekke meer as 25^{o} wees. As gevolg van die gradiënt en lengte van die helling asook die erodeerbaarheid van die materiaal, is die meeste plaat- en donga-erosie in hierdie ekotoop aangetref. Daar was ook geen sprake van enige plantegroei nie.

In ekotoop 5 (Bo-Karoo) is die plaat- en donga-erosie, ten spyte van 'n vlak helling van slegs 3,05^{o}, steeds baie erg. Tipiese Karoo-plante soos <u>Salsola glabrescens</u> en <u>Psilocaulon absimile</u> het in hierdie ekotoop gevestig. Enkele graspolle van <u>Eragrostis trichophora</u> en <u>Fingerhuthia africana</u> is aangetref op die bodem van die erosieslote en gewoonlik geassosieerd met een of ander obstruksie wat 'n ander mikroklimaat geskep het. Die hellings van die erosieslote wat 'n baie groot persentasie van die oppervlak uitmaak kon egter soveel as 20^{o} of meer wees. Die Mg-inhoud van die boonste twee ekotope was opvallend laer as dié van die res.

In ekotoop 4 (savanne) was daar 'n opvallende afname in erosie, alhoewel sowel plaat- as donga-erosie steeds voorgekom het. Die gemiddelde helling was 2,35°. Bome wat in hierdie ekotoop aangetref is, was hoofsaaklik Prosopis chilensis wat as die dominante beskou kan word, tesame met Acacia tortilis subsp. heteracantha waarvan daar baie klein boompies aangetref is. Dit was op hierdie stadium nie duidelik waarom daar van laasgenoemde nie reeds meer groot bome gevind is nie. Die grasbedekking was heelwat beter, met spesies soos Cynodon dactylon, Sporobolus rangei en Eragrostis trichophora wat gedomineer het. Die Mg-inhoud was hoër as dié van ekotope 5 en 6, maar steeds meer as 100 dpm laer as dié van ekotope 1 tot 3.

Ekotoop 3 (grasveld) met 'n gemiddelde gradiënt van 1,15°, is gedomineer deur Cynodon dactylon. Die Na-inhoud van hierdie gebied was opvallend laer as enige van die boonste ekotope. Die enigste teken van donga-erosie was waar water vanaf die boonste ekotope 'n pad deur hierdie gebied gespoel het. Die erosie was egter uiters gering in vergelyking met dié van die boonstes ekotope, ten spyte van die hoë erodeerbaarheid van die materiaal.

In ekotoop 2 (Karoo/grasveld) was Cynodon dactylon steeds dominant. Ander grasspesies wat 'n beduidende rol gespeel het, was Eragrostis porosa en Eragrostis trichophora. Tipiese Karoo-plantegroei soos Blackiela inflata, Salsola glabrescens en Psilocaulon absimile het egter ook hier voorgekom.

Die besonder hoë Na-inhoud wat hier tussen twee ekotope met relatief lae konsentrasies aangetref is kon nie verklaar word nie. In hierdie ekotoop was ook aanduidings van fosfaatteenwoordigheid, wat in nie een van die voriges aangetref is nie.

Die gradiënt van hierdie ekotoop is slegs 0,61°. 'n Geringe mate van donga-erosie is hier waargeneem, ten spyte van die groot opvanggebied aan die bokant.

Die eerste ekotoop (Karoo) se chemiese samestelling het grootliks ooreengestem met dié van ekotoop 3. Die plantbedekking was egter baie swakker en het meestal uit Karoo-plantegroei bestaan. Sporobolus rangei het in die gebied gedomineer, maar die plantjies was baie klein en meestal dood.

Donga-erosie soos by ekotope 2 en 3 het ook in hierdie gebied met 'n gradiënt van slegs $0,52^{o}$ voorgekom, maar was baie gering in vergelyking met dié van ekotope 4, 5 en 6.

In opnamegebied 2 (tabel 5.3) is die volgende ekotope aangetref:

1.	Karoo	- 400 m
2.	Karoo/grasveld	- 300 m
3.	Grasveld	- 200 m
4.	Steekwiet (Stipagrostis namaquensis)	- 200 m
5.	Bo-Karoo	- 375 m
6.	Kaal helling	- 67 m

Die grondanalises van hierdie opname het in 'n baie groot mate ooreengestem met dié van opname 1. Ooreenstemmende kenmerke is die afwesigheid van fosfate, die hoë pH, die oorwegend fyn materiaal (< 9,5 mm), 'n laer Mg-inhoud by die boonste drie ekotope, baie ernstige donga- en plaat-erosie by veral ekotope 5 en 6, maar ook nog erg by ekotoop 4 en 'n baie hoë Na-inhoud by die boonste drie ekotope. Vanaf ekotoop 3 was daar 'n redelike afname in Na-inhoud tot by gemiddeld 5772 dpm in die eerste ekotoop. Slegs in ekotoop 6 was daar 'n groot verskil in gradiënt vergeleke met opname 1.

Behalwe vir klein verskille wat wel voorgekom het, het die plantegroei van die twee metings ook basies ooreengestem. Selfs dieselfde spesies het oor die algemeen in die verskillende ekotope gedomineeer.

TABEL 5.3: Opsommende resultate van opname 2 (verskillende ekotope teen 'n helling). De Beers Consolidated Mines.

OPNAME 2

EKOTOPE

	1	2	3	4	5	6
CHEMIES:						
(bogrond)						
pH	8.81 (0.05)	8.94 (0.04)	8.83 (0.13)	8.84 (0.0)	9.34	8.93
P-Status (dpm)	0.0	2.61 (3.69)	0.0	0.0	0.0	0.0
Na-Inhoud (dpm)	5772 (277)	9910 (5354)	14633 (796)	18050 (1950)	18500	17700
FISIES:						
% > 9.5 mm (%)	0.0	2.79 (2.3)	3.81 (0.87)	3.92 (1.59)	4.7	5.7
% < 9.5 mm (%)	100	97.21 (2.3)	96.19 (0.87)	96.71 (1.59)	95.3	94.3
MINERALOGIE:						
van slikfraksie (% smektiete)	62	56	62	62	57	55
HELLING:						
Gradiënt (grade)	0.1	0.38	1.06	2.15	3.1	13.0
Lengte (m)	400	300	200	200	375	66.7
PLANTEGROEI:						
Basale bedekking (%)	1.3	2.4	1.6	0.0	0.0	0.0
Kroonbedekking (%)	10.9	39.2	10.8	8.1	8.6	0.0
EROSIE:						
Plaat						
Donga		x	x			
Plaat en donga				X	X	X

Legende:

1 - Karoo plantegroei
2 - Karoo/Grasveld
3 - Grasveld
4 - Steekwiet
5 - Bo-karoo
6 - Kaal helling
x - Erosie in geringe mate waargeneem
X - Erosie in hoë mate waargeneem
Getalle tussen hakkies = standaardafwyking

TABEL 5.4: Opsommende resultate van opname 3 (verskillende ekotope teen 'n helling). De Beers Consolidated Mines.

	OPNAME 3 EKOTOPE 1	2	3
CHEMIES:			
(bogrond)			
pH	8.6 (0.16)	8.83 (0.17)	8.53 (0.12)
P-Status (dpm)	0.0	3.88 (5.19)	0.0
Na-Inhoud (dpm)	6147 (6582)	1510 (249)	1205 (763)
FISIES:			
% > 9.5 mm (%)	0.51 (0.37)	0.96 (0.84)	1.68 (0.95)
% < 9.5 mm (%)	99.49 (0.37)	99.04 (0.84)	98.32 (0.95)
MINERALOGIE: van slikfraksie (% smektiete)	59	71	62
HELLING:			
Gradiënt (grade)	3.63	4.87	11.37
Lengte (m)	71	88.3	98.9
PLANTEGROEI:			
Basale bedekking (%)	2.0	0.8	0.0
Kroonbedekking (%)	47.0	20.0	1.3
EROSIE:			
Plaat	x		
Donga		X	X
Plaat en donga			

Legende:

1 - Grasveld
2 - Savanne
3 - Kaal helling
x - Erosie in geringe mate waargeneem
X - Erosie in hoë mate waargeneem
Getalle tussen hakkies = standaardafwyking

Een groot verskil wat opgemerk is, is egter die vierde ekotoop (steekwiet), wat totaal verskil het van die savanne-ekotoop van opname 1. Die mate van erosie in hierdie gebied het baie meer ooreengestem met dié van ekotoop 5 van albei metings as met dié van die savanne-gebied van meting 1. Die enigste verskil tussen hierdie twee gebiede was die verskil in Na-inhoud. Die Na-inhoud van meting 2 was ongeveer 4000 dpm hoër as dié van meting 1. Dit mag dus wees dat die laer gradiënt, maar steeds hoër Na-inhoud vir hierdie verskil in plantbedekking verantwoordelik kon wees. 'n Baie meer intensiewe ondersoek sal egter nodig wees om hierdie verskil te verklaar.

Die derde opname het heeltemal verskil van die vorige twee.

Daar kon slegs drie ekotope (Tabel 5.4) onderskei word teen hierdie helling wat heelwat korter was as die vorige twee:

1. Grasveld - 71 m
2. Savanne - 88 m
3. Kaal helling - 99 m

Alhoewel daar 'n duidelike ooreenkoms tussen die plantegroei, gradiënt van die helling, deeltjiegrootte, persentasie smektiete en die mate van erosie van die derde ekotoop en dié van ekotoop 6 van die eerste twee metings was, was daar 'n drastiese verskil in Na-inhoud.

In hierdie geval het dit geblyk dat die bykans totale afwesigheid van plante toegeskryf moet word aan die effek van gradiënt en die lengte van die helling, asook die erodeerbaarheid van die materiaal.

Die gemiddelde gradiënt van die savanne-ekotoop was baie hoër as dié van die eerste twee metings, naamlik 4,87°. Die beter P-status en laer Na-inhoud van die materiaal kon moontlik die vestiging van plante in hierdie geval bevoordeel het. Die

grasbedekking was steeds onvoldoende en vestiging is benadeel deur die hoë mate van erosie wat, alhoewel meer tot spesifieke bane beperk, steeds plaasgevind het. Die feit dat grasspesies soos Cenchrus ciliaris en Fingerhuthia africana in hierdie ekotoop gevestig het, is 'n aanduiding dat die medium sodanig verbeter het dat plante met waarskynlik laer toleransiegrense hier kon vestig. Hierdie gebied is ook gedomineer deur Prosopis chilensis, maar Acacia mellifera subsp. detinens en Acacia tortilis subsp. heteracantha het ook algemeen voorgekom. Die teenwoordigheid van die boomkomponent het die waterspoed verlaag en het meegebring dat water vanaf die boonste ekotoop meer gekanaliseerd na onder gevloei het.

In die eerste ekotoop (grasveld), is ses grasspesies aangetref wat almal voorgekom het met 'n frekwensie van meer as 3,7%, naamlik Fingerhuthia africana, Cynodon dactylon, Eragrostis trichophora, Eragrostis lehmanniana, Enneapogon cenchroides en Eragrostis echinochloidea.

Die hoë standaardafwyking het getoon dat daar 'n groot variasie was tussen die verskillende grondmonsters sover dit die Na-inhoud van die materiaal aangaan. In die gebied was daar volop tekens van plaat-erosie en vars slik wat ingespoel het wat moontlik hierdie variasie kon verklaar. Daar is vermoed dat die Na-inhoud voor die inspoel van die slik moontlik veel laer was, - 'n toestand wat die vestiging van die groot verskeidenheid spesies moontlik gemaak het.

Die resultate van die drie ondersoeke wat op hierdie wyse gedoen is, toon die volgende tendense:

- Al die groot kimberliet-uitskothope se hellings is baie onstabiel en hoogs erodeerbaar.

- Natuurlike afplatting lei tot die vorming van lang hellings (tot meer as 1000 m).

- 'n Redelike mate van stabiliteit word, afhangende van die chemiese samestelling van die materiaal, bereik by 'n gradiënt van $\pm$ 1 - 2^{o}.

- Slegs enkele plantspesies of ekotipes van spesies kan in die medium met 'n hoë Na-inhoud vestig.

- Selfs sonder dat die pH van die materiaal verlaag is, sal 'n groter verskeidenheid van plantspesies gevestig kan word indien die Na-konsentrasie verlaag en waterbeheer toegepas kan word.

Uit hierdie studie was dit duidelik dat die vestiging van plante op versteurde gebiede wel spontaan kan plaasvind. Spontane vestiging kan plaasvind indien die som van die abiotiese faktore van die spesifieke lokaliteit, binne die toleransiegrense van die plantspesies wat in die onversteurde omgewing aangetref word, val.

Die belangrikste waarneming is egter dat die natuurlike vestiging van plante slegs 'n aanduiding is dat 'n proses van natuurlike <u>rehabilitasie</u> (afplatting tot 'n stabiele helling, loging van elemente wat in toksiese hoeveelhede teenwoordig is, vorming van waterbane, seleksie van spesies wat as pioniers beskou kan word ens), reeds besig is om plaas te vind. Hierdie waarneming dui dus daarop dat selfs in die natuur 'n holistiese proses voltrek word.

Figuur 5.1: Asbesbesoedelingsbronne in Noord-Transvaal.

5.2.2 Kunsmatige rehabilitasie

Die eerste pogings wat deur die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie aangewend is om van 'n gebied wat deur mynbouaktiwiteite versteur is te rehabiliteer, word aangetref in Lebowa. Die uitskothope, slikdamme, meulaanlegte en "cobbing"-hope in die bergreeks tussen Bewaarkloof en Penge (Fig. 5.1) is almal oorblyfsels van grootskaalse mynboubedrywighede, waar amosiet (asbestos) aanvanklik deur middel van baie eenvoudige metodes gemyn is.

Volgens Coetzee et al., (1976) is daar reeds sedert 1917 in hierdie gebied gemyn, en lê sommige van die hope waarskynlik reeds meer as twintig jaar onaangeraak. Ten spyte van hierdie relatief lang periode waarin daar geen aktiwiteite was nie, het daar op sommige van die hope steeds geen plantegroei van enige aard gevestig nie. In teenstelling hiermee is daar op sommige van die hope groot bome aangetref, maar die grasbedekking wat self gevestig het, was uiters wisselvallig. Daar was ook tekens dat een of ander poging tot hervestiging moontlik plaasgevind het, aangesien daar op een van die uitskothope rye Euphorbia tirucalli-plante van tot 3 m hoogte aangetref is.

In die voorlopige riglyne vir die rehabilitasie van asbesbesoedelingsbronne van die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie (1990) word gestel dat die primêre doelwit met rehabilitasie is om alle moontlike besoedeling te elimineer of ten minste te minimaliseer. Die sekondêre doelwit is die herstel van die geskende omgewing tot sy natuurlike staat, of om so na as moontlik daaraan te kom.

Ten einde bogenoemde doelwit te bereik is die volgende riglyne daargestel - riglyne gebaseer op die resultate van proewe soos in hoofstuk 3 bespreek en tydens die rehabilitasieprogram toegepas:

1. Alle veselbevattende materiaal in die omgewing van die uitskothope en slikdamme moet verwyder en op die bestaande hope gestort word. Indien die hope in die klowe voorkom (soos in die meeste gevalle aangetref is), moet die vesel so ver bokant die 1 in 200 jaar vloedlyn geplaas word, sodat daar voldoende ruimte is om die hellings na 15^{o} af te plat en ook nog toondamme met 'n geskikte bakmaat te konstrueer.

2. Indien bogenoemde nie moontlik is nie, kan van geskikte keerwalle en/of plaveisel van klip en sement gebruik gemaak word om moontlike waterbesoedeling te voorkom.

3. Waar moontlik moet die uitskothope in hul oorspronklike posisie afgeplat word tot 'n helling van 15^{o} of selfs minder. In gevalle waar dit nie moontlik is nie kan 'n maksimum gradiënt van 20^{o} toegelaat word.

4. In gevalle waar die uitskothope binne in rivierlope af teen kranse gestort is, kan die vesel verwyder en op 'n ander lokaliteit gerehabiliteer word.

5. In gevalle waar nie een van bogenoemde moontlik is nie, moet daar slote gegrawe word waarin die vesel gestort, en daarna toegestoot word met die materiaal wat oorspronklik uit die sloot verwyder is.

6. Alle veselbevattende hellings moet met 'n 300 mm (minimum) grond/gruis-laag bedek word.

7. Teen hellings van 0 - 10^{o} moet die grond/gruis-mengsel 'n maksimum van 60% dele kleiner as 2 mm bevat. Teen hellings van 10 - 15^{o} 'n maksimum vam 45% dele kleiner as 2 mm en teen hellings van 15-20^{o} 'n maksimum van 30% kleiner as 2 mm.

8. Op gelyk oppervlaktes kan gebruik gemaak word van bogrond (insluitende die B-horison) sonder enige gruis of klip.

9. Alle afloopwater vanaf aangrensende hoërliggende gebiede moet doeltreffend afgekeer en herlei word sodat dit nie oor die gerehabiliteerde gebiede vloei nie.

10. Die maksimum neerslag en grootte van die opvanggebied moet in ag geneem word tydens die konstruksie van kanale en keerwalle om stormwater te herlei.

11. In geval van gelykvlakke met 'n oppervlak van minder as 5 ha, moet die gebied omsoom word met 'n keerwal van 1 m hoog met 'n kopdeursnee van 0,75 m. Die hellings van die wal moet waar moontlik nie 20° oorskry nie. 'n Ruitpatroon van keerwalle van 0,5 m hoog moet aangebring word om die area in 0,5 ha blokke te vereel.

12. In die geval van gelykvlakke waarvan die totale oppervlak 5 ha oorskry, moet die keerwal soos in punt 11 beskryf, 1,5 m hoog wees met 'n kopdeursnee van 1,5 m.

13. Teen alle hellings moet horisontale kontoerwalle met 'n hoogte van 0.75 m op gereelde intervalle aangebring word. By hellings van 15 - 20° moet kontoerwalle elke 40 m en by hellings van 10 - 15° elke 50 m aangebring word. Die aanbring van kontoerwalle op vlakker hellings word sterk aanbeveel, maar is opsioneel.

14. Toondamme moet by die basis van alle hellings aangebring word. Die bakmaat van die toondamme moet sodanig wees dat dit die afloopwater tydens die swaarste neerslag van 1 tot 100 jaar kan opvang, met dien verstande dat 'n vryboord van 0,5 m verseker word. Toondamme kan deur walkonstruksie of deur uitgrawings gemaak word.

15. 'n Selfonderhoudende permanente plantbedekking wat hoofsaaklik uit lokale spesies bestaan, moet gevestig word.

16. In gebiede waar beweiding, betreding of enige ander gebruikspatroon die algehele degradasie van bogenoemde plantbedekking tot gevolg sal hê, moet gebruik gemaak word van plante wat nie deur plaasdiere gevreet word of enige ander ekonomiese waarde het nie.

Hierdie riglyne is so ver as moontlik gevolg waar rehabilitasie van die amosietuitskothope gedoen is.

Gedurende Mei 1992 is die plantbedekkings van drie van die hervestigde lokaliteite in die Penge-myngebied geëvalueer ten einde die sukses van die rehabilitasie te bepaal.

Al drie die hope het basies dieselfde behandeling ontvang, wat die volgende ingesluit het:

1. Die hope is afgeplat tot ongeveer 18^{o}.

2. Ook is die hope bedek met 'n deklaag bestaande uit grond en klip in die verhouding van gemiddeld 54,7% groter as 7 mm en 45,3% kleiner as 7 mm (standaardafwyking 6,73)

3. Keerwalle, kontoerwalle en toondamme is volgens spesifikasies aangebring ten einde waterbeheer doeltreffend toe te pas.

4. Die hele gebied is bemes met 2:3:2:(30) + 5% Zn teen 350 kg ha^{-1}.

5. Saadbedvoorbereiding is met 'n trekker en 'n tandimplement volgens die kontoere gedoen. Hierdie bewerking het ook gedien om die kunsmis in te werk.

6. Die hele gebied is gesaai met 'n grassaadmengsel wat die volgende spesies insluit:

	$kg\ ha^{-1}$
Eragrostis curvula	2
Digitaria eriantha	3
Cenchrus ciliaris (Malopo)	3
Cenchrus ciliaris (Gayndah)	2
Cynodon dactylon	3
Anthephora pubescens	2
Eragrostis tef	1
Enneapogon cenchroides	2
Aristida spp.	2
Schmidtia pappophoroides	1
Schmidtia kalihariensis	1
Fingerhutia africana	1
TOTAAL:	23

7. Steggies van <u>Euphorbia</u> <u>tirucalli</u> is op die opпervlak geplant, - ongeveer 2 m afstande van mekaar versprei.

Hope van drie verskillende ouderdomme is gekies ten einde 'n beeld van die suksessie wat plaasvind te probeer bepaal. Die eerste hoop is reeds gedurende 1989 gesaai (Werkwinkelhoop). Die tweede is gedurende 1990 gesaai (Asgathoop), terwyl die derde gedurende 1991 (Aanleghoop) gesaai en dus slegs een groeiseisoen oud was.

Daar is van die MONITOR-program van die Departement Plant- en Bodemwetenskappe van die PU vir CHO gebruik gemaak om die evaluerings te doen.

Plaat 5.3: 'n Amosiet-uitskothoop voordat rehabilitasie gedoen is

Plaat 5.4: 'n Amosiet-uitskothoop nadat die grondwerke (topografering en waterbeheer) gedoen is

Plaat 5.5: 'n Amosiet-uitskothoop drie jaar na rehabilitasie (gesaai met 'n grassaadmengsel)

Plaat 5.6: 'n Amosiet-uitskothoop vier jaar na rehabilitasie (geen grassaad; beplant met houtagtige spesies)

Die resultate word verskaf in Tabelle 5.5 tot 5.7.

Die resultaat van die 1991 (Aanleghoop) was ten spyte van 'n redelike kroonbedekking, nog laag. Die basale bedekking van 0,2% het swak vergelyk met die 10% van 'n veldopname (Van Wyk, 1986b) wat in die omgewing van die Kromellenbogenmyn uitgevoer is. Uit die 86,8% mispunte wat aangeteken is, was dit duidelik waarom die basale bedekking so laag was.

Die resultaat van die Asgathoop (1990) was reeds veel beter. Veral die basale bedekking van 1,8% en slegs 41,8% mispunte was 'n aanduiding van die verbetering wat plaasgevind het.

In die resultate van die Werkwinkelhoop (1989) was daar 'n groot verbetering in sowel basale bedekking (3,8%), kroonbedekking (73,5%) en die aantal mispunte (35,2%).

Die resultaat van die Werkwinkelhoop was selfs na drie jaar nog veel laer as dié van die natuurlike veld. As in aanmerking geneem word dat die reënval van die afgelope aantal jare besonder laag en wisselvallig was, kan die plantbedekking as redelik tot goed beskou word.

Na drie groeiseisoene was die plantbedekking steeds gedomineer deur pionierspesies, alhoewel meerjarige grasse reeds met 'n frekwensie van ongeveer 20% voorgekom het. In vergelyking met die ongeveer 6% van die Aanleghoop en 7% van die Asgathoop was dit duidelik dat daar steeds 'n toename in plantbedekking was.

Groot hoeveelhede droë materiaal is by sowel die Asgat- as die Werkswinkelhoop aangetref. Hierdie droë materiaal kan 'n belangrike bydrae lewer om erosie te beperk, water te laat indring, grondtemperatuur te verlaag, saailinge te beskerm en die organiese komponent van die grond te verhoog.

TABEL 5.5: **Frekwensie teenwoordigheid, basale bedekking en kroonbedekking van die PENGE Werkwinkelhoop - 1989.**

Spesies	Frekw.	Basaal	Kroon
Mispunte	35.2		
Cenchrus ciliaris	0.3		
Chloris gayana	0.3		
Chloris virgata	0.3		
Cynodon dactylon	6.0	0.6	
Enneapogon cenchroides	40.1	1.3	
Eragrostis echinochloidea	0.3		
Eragrostis curvula	1.3		
Eragrostis rigidior	3.3	0.3	
Melinis repens	0.6		
Hyparrhenia hirta	0.3		
Panicum maximum	9.4	1.6	
Urochloa panicoides	1.4		
Indigofera sp.	0.3		
Merremia sp.	0.3		
Boerhavia erecta	0.3		
Euphorbia tirucalli	0.3		
TOTAAL	100.0	3.8	73.5

Spesies met baie lae frekwensie teenwoordigheid:

Heteropogon contortus
Aristida adscenciones
Aristida scabrivalvis

TABEL 5.6: **Frekwensie teenwoordigheid, basale bedekking en kroonbedekking van die PENGE Asgathoop - 1990.**

Spesies	Frekw.	Basaal	Kroon
Mispunte	41.8		
Cenchrus ciliaris	3.8	0.6	
Chloris gayana	0.6		
Chloris virgata	7.3		
Cynodon dactylon	0.6	0.3	
Enneapogon cenchroides	39.6	0.6	
Panicum maximum	2.1		
Tragus berteronianus	2.3		
Urochloa panicoides	1.0		
Urochloa brachyura	0.6	0.3	
Onkruid	0.3		
TOTAAL	100.0	1.8	50.6

Spesies met baie lae frekwensie teenwoordigheid:

Heteropogon contortus
Aristida adscenciones
Aristida scabrivalvis

TABEL 5.7: Frekwensie teenwoordigheid, basale bedekking en kroonbedekking van die PENGE Aanleghoop (Suid) - 1990.

Spesies	Frekw.	Basaal	Kroon
Mispunte	86.8		
Cenchrus ciliaris	0.6		
Chloris virgata	0.2		
Digitaria eriantha	0.2		
Enneapogon cenchroides	2.2		
Eragrostis curvula	0.5		
Eragrostis tef	3.5		
Panicum maximum	3.7	0.2	
Schmidtia pappophoroides	0.7		
Schmidtia kalahariensis	0.2		
Tragus berteronianus	1.4		
TOTAAL	100.0	0.2	46.8

Spesies met baie lae frekwensie teenwoordigheid:

Heteropogon contortus
Anthephora pubescens
Brachiaria deflexa
Aristida adscenciones
Aristida scabrivalvis
Cynodon dactylon
Tribulus terrestris
Limeum sp.
Cucumis zeyeri
Coccinia sp.

By nie een van die hope kon enige teken van erosie waargeneem word nie.

In die Bewaarkloofgebied is ook reeds 'n hele aantal hope gerehabiliteer. Die behandeling van die hope het egter van mekaar verskil, aangesien slegs sommige met 'n grassaadmengsel gesaai is.

Die standaardbehandeling wat by al die hope toegepas is, het die volgende ingesluit:

Die hope is afgeplat en bedek met 'n grond/klip-mengsel.

Bokmis waarin sade van Acacia tortilis subsp. heteracantha en Dichrostachys cinerea voorgekom het, is op die hope gesaai.

Die hope is beplant met Euphorbia tirucalli-steggies.

Alhoewel daar op al die hope wat geëvalueer is reeds 'n grasbedekking gevestig het, was die gras tot so 'n mate deur beeste afgevreet dat daar nie metings gemaak kon word nie.

In hierdie meting is slegs die hoogte van die drie genoemde boom- en struikspesies bepaal ten einde die sukses van vestiging te bepaal.Die resultate van die meting word in Tabelle 5.8 tot 5.12 verskaf.

By albei die jonger aanplantings naamlik Lagerdraai (1991/92) en Kranskloof (1990/91) was die plante nog klein en het slegs melkbos (Euphorbia tirucalli) 'n gemiddelde hoogte van meer as 80 cm bereik.

TABEL 5.8:

Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie RABIESKLOOF-SUID (± 21° helling)

Rehabilitasie: 1987/88
Behandeling: Standaard + bokmis

Hoogte van plante

	E.tir	D.cin	A.tor
	1.85	2.50	3.20
	0.95	2.40	2.40
	0.90	3.20	2.00
	1.82	3.20	2.50
	1.40	3.20	2.90
	2.20	2.60	3.50
	1.50	1.70	3.00
	2.20	2.70	4.00
	1.70	3.00	3.50
	1.87	3.00	2.00
TOTAAL	16.39	27.50	29.00
GEM.	1.64	2.75	2.90
STD	0.43	0.45	0.64

LEGENDE EN NOTAS:

E.tir = Euphorbia tirucalli
D.cin = Dichrostachys cinerea
A.tor = Acacia tortilis

Grasspesies waargeneem:

Panicum maximum
Enneapogon cenchroides
Melinis repens
Aristida scabrivalvis
Aristida adscenciones

Deeltjiegrootte-verspreiding:

> 7 mm - 5.25 kg (43.75%)
< 7 mm - 6.75 kg (56.25%)

TABEL 5.9:

Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie BEESKRAAL-HOOP (± 16° helling)

Rehabilitasie: 1988/89
Behandeling: Standaard + bokmis

Hoogte van plante

	E.tir	D.cin	A.tor
	2.10	2.00	2.25
	1.80	3.15	4.00
	2.90	3.15	3.00
	2.50	4.00	2.00
	1.60	4.00	
	1.70	3.00	
	1.60	3.00	
	2.25	3.10	
	1.87	2.59	
	2.00		
TOTAAL	20.32	27.99	11.25
GEM.	2.03	3.11	2.81
Std	0.40	0.59	0.78

LEGENDE EN NOTAS:

E.tir = Euphorbia tirucalli
D.cin = Dichrostachys cinerea
A.tor = Acacia tortilis

Grasspesies waargeneem:

Panicum maximum

Deeltjiegrootte-verspreiding:

> 7 mm - 6.4 kg (63.05%)
< 7 mm - 3.75 kg (36.95%)

TABEL 5.10:

Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie RABIESKLOOF-NOORD (± 14° helling)

Rehabilitasie: 1989/90
Behandeling: Standaard + bokmis

Hoogte van plante

	E.tir	D.cin	A.tor
	1.30	2.00	0.90
	0.80	0.85	0.60
	0.70	0.62	1.10
	0.55	1.06	0.87
	0.90	0.83	1.38
	1.35	1.30	1.35
	0.90	1.32	0.74
	1.10	1.85	1.17
	1.35	1.53	1.58
	0.40	1.81	0.80
TOTAAL	9.35	13.17	10.49
GEM.	0.94	1.32	1.05
STD	0.32	0.45	0.30

LEGENDE EN NOTAS:

E.tir = Euphorbia tirucalli
D.cin = Dichrostachys cinerea
A.tor = Acacia tortilis

Grasspesies waargeneem:

Panicum maximum
Enneapogon cenchroides
Melinis repens

Deeltjiegrootte-verspreiding:

Waar plante gevestig het
> 7 mm - 6.5 kg (57.78%)
< 7 mm - 4.75 kg (42.22%)

Waar geen plante vestig nie.
> 7 mm - 2.0 kg (16.33%)
< 7 mm - 10.25 kg (83.67%)

TABEL 5.11:

Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie KRANSKLOOF-HOOP (± 15° helling)

Rehabilitasie: 1991/92
Behandeling: Standaard + bokmis
Enneapogon cenchroides
Tragus berteronianus
Cenchrus ciliaris

Hoogte van plante

	E.tir	D.cin	A.tor
	1.20	0.51	0.34
	0.70	0.47	0.32
	0.80	0.35	0.27
	0.70	0.59	0.32
	0.85	0.51	0.33
	0.72	0.49	0.40
	0.90	0.40	0.47
	0.90	0.37	0.25
	0.50	0.40	0.27
	0.85	0.21	0.34
TOTAAL	8.12	4.30	3.31
GEM.	0.81	0.43	0.33
Std	0.17	0.10	0.06

LEGENDE EN NOTAS:

E.tir = Euphorbia tirucalli
D.cin = Dichrostachys cinerea
A.tor = Acacia tortilis

Grasspesies waargeneem:

Panicum maximum
Enneapogon cenchroides
Melinis repens
Aristida sp.
Aristida adscenciones
Eragrostis rigidior

Deeltjiegrootte-verspreiding:

> 7 mm - 4.25 kg (45.95%)
< 7 mm - 5.0 kg (54.05%)

TABEL 5.12: Hoogte van drie houtagtige spesies aangeplant tydens rehabilitasie. LAGERDRAAIHOOP (± 15° helling)

Rehabilitasie: 1991/92
Behandeling: Standaard + bokmis
Enneapogon cenchroides
Tragus berteronianus

Hoogte van plante

	E.tir	D.cin	A.tor
	0.46	0.30	0.60
	0.78	0.50	0.39
	0.68	0.50	0.74
	1.26	0.48	0.90
	1.10	0.33	0.40
	0.88	0.30	0.26
	0.63	0.31	0.15
	0.60	0.41	0.50
	0.90	0.51	0.33
	0.80	0.43	0.20
TOTAAL	8.09	4.07	4.47
GEM.	0.81	0.41	0.45
Std	0.23	0.08	0.23

LEGENDE EN NOTAS:

E.tir = Euphorbia tirucalli
D.cin = Dichrostachys cinerea
A.tor = Acacia tortilis

Grasspesies waargeneem:

Enneapogon scoparius
Urochloa panicoides
Urochloa brachyura
Eragrostis sp.
Cynodon dactylon
Enneapogon cenchroides
Eragrostis lehmanniana

Deeltjiegrootte-verspreiding:

Monster 1
> 7 mm - 6.0 kg (52.17%)
< 7 mm - 5.5 kg (47.83%)

Monster 2 - Geen plantegroei
> 7 mm - 9.22 kg (100%)
< 7 mm - 0.00 kg (0%)

By die Rabieskloof-Noord-hoop (1989/90) was plante van al drie die spesies reeds gemiddeld meer as 0,9 m hoog. Dichrostachys cinerea-plante het selfs al 'n hoogte van 1,85 m bereik.

By sowel Rabieskloof-suid (1987/88) as Beeskraalhoop (1988/89) het houtagtige plante die hoop sodanig bedek dat daar met moeite inbeweeg kon word. By die Beeskraalhoop was daar reeds plante van Acacia tortilis subsp. heteracantha en Dichrostachys cinerea wat 'n hoogte van 4 m bereik het.

By nie een van die hope kon enige vorm van erosie waargeneem word nie.

Die grootte en digtheid van die houtagtige plante, die vestiging van grasspesies en afwesigheid van erosie het daarop gedui dat daar reeds binne die bestek van vier jaar 'n hoë mate van stabiliteit op hierdie hope bereik is.

Die spesiesamestelling van die gerehabiliteerde hope het op daardie stadium nog drasties verskil van dié van die omringende veld. Hierdie situasie sal moontlik ook nog vir dekades in die toekoms bestaan. Die enigste manier waarop die toestand verder verbeter sal kan word, is deur die samestelling van saadmengsels van sowel grasse as bome en struike drasties aan te pas. Die beskikbaarheid van saad van meer inheemse spesies is egter op hierdie stadium die beperkende faktor. Daar bestaan egter geen praktiese rede waarom saad van spesies wat in die omgewing van die betrokke gebied voorkom, nie geoes kan word nie.

Die voorbeelde van hervestiging en rehabilitasie wat bespreek is, kan moeilik met mekaar vergelyk word en wel om die volgende redes:

- Hervestigde gebiede bestaan reeds vir tien jaar en selfs meer, terwyl die oudste voorbeelde van rehabilitasie nie meer as vyf jaar oud is nie.

- Spesiesamestellings van die saadmengsels wat gebruik is, verskil drasties van mekaar.

- Hervestiging is hoofsaaklik op slikdamme en afvalhope van goudmyne gedoen, terwyl rehabilitasie op slikdamme en afvalhope van asbesmyne gedoen is.

- Die klimaat van die gebiede waar die verskillende metodes toegepas is, verskil drasties van mekaar.

- Hervestiging is in die meeste van die gevalle met behulp van besproeiing of gedeeltelike besproeiing gedoen, terwyl geen besproeiing tydens rehabilitasie gebruik is nie.

Ten spyte van bogenoemde verskille, was daar egter duidelike tendense wat na vore gekom het en sluit onder andere die volgende in:

Gerehabiliteerde gebiede:

- 'n Duidelike toename in basale bedekking, kroonbedekking, die frekwensieteenwoordigheid van meerjarige grasse en 'n toename in die hoogte van boomspesies.

- Onkruide, wat 'n aanduiding van agteruitgang kan wees, het slegs tot 'n geringe mate op die gerehabiliteerde gebiede voorgekom, terwyl dit op uitskothope waar slegs die topografering afgehandel is, in groot hoeveelhede waargeneem is.

- Geen tekens van wind- of watererosie kon aangetref word nie.

- Die toename in plantdigtheid was sodanig dat ouer gebiede (4 groeiseisoene) reeds gedurende 1992 bewei kon word. Geen negatiewe effek kon op hierdie stadium waargeneem word nie.

- Die gebruik van inheemse plantspesies blyk suksesvol te wees, aangesien die meeste van die spesies wat in die oorspronklike saadmengsel ingesluit was, steeds voorgekom en selfs vermeerder het. Aangesien die meeste van die spesies wat gebruik is in die onversteurde gebiede om die myne voorkom, bestaan daar geen gevaar dat ongewenste plante sal indring nie.

Hervestigde gebiede:

- Aangesien geen vorige data van hervestigde gebiede beskikbaar is nie, kan daar nie vergelykings ten opsigte van basale of kroonbedekking getref word nie. Kaal kolle wat egter reeds teen die hellings opgemerk is, toon dat daar reeds 'n mate van agteruitgang plaasgevind het.

- Die teenwoordigheid van 'n verskeidenheid onkruidspesies was 'n verdere aanduiding dat agteruitgang plaasgevind het.

- Watererosie het steeds plaasgevind en kon gesien word aan erosieslote teen die hellings van hervestigde gebiede.

- Dit wil voorkom of die gebruik van uitheemse spesies in die saadmengsels nie heeltemal aan die verwagtinge voldoen het nie, aangesien die meeste daarvan nie meer op die hope aangetref word nie. Daar word egter reeds sommige van hierdie spesies in die aangrensende natuurlike waterlope aangetref, waar die natuurlike plantegroei

verdring en die ekologie versteur word. Aan die positiewe kant, kan sommige uitheemse spesies moontlik 'n uitstekende pioniersrol vervul.

HOOFSTUK 6

SLOTOPMERKINGS

Die belangrikste aspekte wat aanleiding gegee het tot hierdie studie sluit die volgende in:

- Die agteruitgang van plantegroei wat op enkele versteurde mynbougebiede gevestig is.

- Pogings om 'n plantbedekking op versteurde lokaliteite te vestig wat gedeeltelik of totaal misluk het.

- Omgewingsdruk om die vernietiging van landbougrond wat noodsaaklik is vir die voedselproduksie van 'n steeds groeiende bevolking te herstel.

- Standaarde wat in die buiteland vereis word waaraan nie in die RSA voldoen kan word nie.

- Strenger wetgewing wat daarop gemik is om standaarde ten opsigte van rehabilitasie sodanig te verhoog dat dit kompeterend en in ooreenstemming met wêreldstandaarde is.

Die redes waarom tans nie aan vereistes voldoen kan word nie, of waarom pogings misluk, kan soos volg saamgevat word:

- Die heterogeniteit van suidelike Afrika in terme van plantegroei, geologie, klimaat, topografie en vele meer.

- Die gebruik van metodes en tegnieke wat verouderd is aangesien dit uitsluitlik toegepas is met die oog op die <u>hervestiging</u> van 'n plantbedekking.

- Die gebruik van saad wat vanaf die Europese lande afkomstig is en nie aangepas is by die droër en warmer Suid-Afrikaanse toestande nie.

- Swak ekonomiese toestande as gevolg van sanksies en ander politieke faktore, wat dit selfs vir groot maatskappye moeilik en selfs onmoontlik maak om groot bedrae geld te spandeer om 'n beter produk daar te stel.

- Onwilligheid by die betrokkenes om groot bedrae geld te spandeer aan 'n aspek wat nie onmiddellik geldgenererend of op die langtermyn besparend is nie.

- Gebrek aan kennis van ekologiese beginsels wat ter sprake is by die rehabilitasie van versteurde gebiede.

- Die vashou aan tradisionele mynboumetodes wat vir dekades toegepas en aanvaarbaar was.

Ten spyte van al die redes wat aangevoer is as aanleidend tot hierdie studie, is slegs ekologiese aspekte wat handel oor die plant, asook die omgewing waarin die plant moet vestig, aangeraak.

Uit die resultate van die studie, soos vervat in hoofstukke 3 en 4, kan tot die gevolgtrekking gekom word dat dit wel moontlik is om 'n stabiele en selfonderhoudende ekologiese stelsel op versteurde lokaliteite soos mynhope en slikdamme te vestig. Om hierdie ideaal te bereik is die volgende egter belangrik:

- Daar sal baie sterk klem gelê moet word op die topografering van alle mynhope en slikdamme. Die motivering vir hierdie topografering is die volgende doelwitte wat bereik moet word:

Hellings moet verkry word waarvan die gradiënt vlak genoeg is sodat die minimum of geen erosie sal plaasvind nie.

Die helling moet kort genoeg wees, sodat reënwater wat op die oppervlak val, opgevang of weggevoer word voordat dit erodering tot gevolg het.

Kontoerwalle, keerwalle en toondamme wat aangebring word, moet alle water wat op die hoop val kanaliseer of beheer sodat dit nie skade van enige aard teweeg kan bring nie.

- Bodemkundige ontledings (grondanalises) van alle materiale wat op die mynhope en slikdamme aangetref word, sal gedoen moet word ten einde oormate, tekorte, wanbalanse, pH asook die fisiese eienskappe van die materiale te bepaal.

- Die kleur van die verskillende materiale moet in aanmerking geneem word, aangesien donker kleure en die gepaardgaande verhoogde temperature kieming en groei kan belemmer en selfs verhoed.

- Die laag dekmateriaal moet van so 'n aard wees dat dit, afhangende van die lengte en gradiënt van die helling, 'n persentasie growwe materiaal bevat wat help om die waterpenetrasie te bevorder en die waterspoed te vertraag. Deur die toepassing van hierdie maatreël word die erosiepotensiaal van die terrein wat gerehabiliteer moet word verlaag.

- Indien swaarmetale teenwoordig is, moet die pH verkieslik hoër as 5 wees. Die moontlike toksiese effek wat die swaarmetale op plante kan hê, sal deur hul onoplosbaarheid by die hoër pH geminimaliseer word.

- Die gebruik van organiese materiaal waardeur 'n uitruilkompleks geskep word vir anorganiese soute by myne waar nie 'n uitruilkompleks bestaan nie, sal baie sterk oorweeg moet word.

- Die gebruik van inheemse plantspesies, verkieslik uit die omgewing waar die myn geleë is, kan die mate van sukses aansienlik verhoog aangesien hierdie spesies reeds aangepas is by die ekologiese diversiteit wat aangetref word by die spesifieke lokaliteit.

Samevattend kan dus gestel word dat hoe meer die "nuwe" omgewing wat geskep is, ooreenstem met dié van die oorspronklike (natuurlike), hoe groter is die kans op sukses. Met hierdie benadering word verseker dat die toleransiegrense van die "nuwe" ekostelsel wat geskep is die uiterstes van die betrokke omgewing sal kan weerstaan.

Reeds tydens die uitleg van proewe was dit duidelik dat rehabilitasie met 'n holistiese benadering 'n baie duur proses sal wees indien dit nie reeds vanaf die begin van die mynbouproses in ag geneem word nie. Die afplatting, bedekking met 'n deklaag (indien nodig), chemiese en fisiese regstelling van die materiaal, die versameling en saai van inheemse saad en die daarstelling van waterbeheermeganismes bring mee dat bedrae van tot R50 000 per hektaar in uiterste gevalle nie vergesog is nie. Indien daar egter in die mynbouplan aandag gegee word aan stortingsmetodes waardeur vlakker hellings gekonstrueer word, verskillende materiale selektief geplaas word sodat 'n geskikte groeimedium aan die oppervlak gestort word, stortingsterreine geselekteer word sodat uiteindelike hope die minste moontlike besoedelingspotensiaal sal hê en omgewingsbeplanning gedoen word waardeur die minste moontlike versteuring sal plaasvind, kan die koste verbonde aan uiteindelike rehabilitasie minimaal wees.

Oor die geheel beskou verwys 'n holistiese benadering dus nie slegs na die uiteindelike fisiese werk verbonde aan die rehabilitasie nie, maar ook na 'n totale gesindheidsverandering, innoverende denke en deeglike beplanning.

Die omvang en aard van die proewe was sodanig dat daar nie in veel besonderhede op die verskillende fasette wat behandel is, ingegaan kon word nie. Elke faset kan op sigself 'n omvangryke projek wees. Indien wel, kon dit meebring dat presiese voorskrifte ten opsigte van die gradiënt en lengte van hellings, saadresepte, dekmateriale, bemestingspeile ensovoorts vir die betrokke myn verskaf word.

Daar sal in baie meer besonderhede ingegaan moet word op die lewensiklusse, saadproduksie, kiemingsvereistes, ekologiese status, toleransiegrense (ten opsigte van pH, swaarmetale, voedingsbehoeftes ensovoorts) van plante, sodat die geskikste plante vir hierdie doel geïdentifiseer kan word.

Dit was egter betekenisvol dat daar wel 'n geleentheid was om aan die breë beginsels aandag te gee, sonder dat daar in te veel besonderhede verval is. Op hierdie wyse kon rigtingwysers bepaal word wat op alle myne, maar ook op alle ander vorme van versteuring (byvoorbeeld vul- en snyhellings van paaie, treinspore, waterkanale, damwalle en ander konstruksiewerke) van toepassing gemaak kan word.

In Hoofstuk 1 is gepoog om die aard en omvang van omgewingsagteruitgang as gevolg van versteuring, erosie, ooreksploitering ensovoorts,aan te toon. Al hierdie faktore wat aanleiding gee tot die agteruitgang van die omgewing, kan aan 'n oorbevolkte wêreld toegeskryf word.

Al is die uitdagings groot, word die woorde van Aldo Leopold (1949) ten volle onderskryf as hy sê:

> "The outstanding discovery of the twentieth century is ... the complexity of the land organism. Only those who know the most about it can appreciate how little is known about it. The last word in ignorance is the man who says of an animal or plant: 'What good is it?' If the land mechanism as a whole is good, then every part is good, whether we understand it or not. If the biota, in the course of aeons, has built something we like but do not understand, then who but a fool would discard seemingly useless parts? To keep every cog and wheel is the first precaution of intelligent tinkering.

ABSTRACT

A STRATEGY FOR THE REHABILITATION OF AREAS IN SOUTHERN AFRICA DISTURBED BY MINING ACTIVITIES

A literature study revealed that revegetation (grassing) of areas disturbed by mining activities already occurred during the early thirties. Most of the relevant research has been conducted abroad. In the RSA, all the initial work was done on gold mine sand dumps.

Although other methods to stabilize the dust generating dumps had also been applied, it was finally agreed upon that a proper vegetation cover is the only permanent solution.

During previous years, all initial revegetation attempts were voluntary. During the fifties, law enforcement became applicable in most countries, forcing all mines to revegetate areas disturbed by their activities.

In the RSA several laws have already existed since 1956, e.g. the Mines and Works Act (Act 27 of 1956). Although these laws are not directly aimed at revegetation, they can be applied to this aspect. In 1980 the law became more stringent and it became evident that revegetation is not the solution to all problems, due to deterioration of the vegetation occurring on many of the revegetated areas.

In order to comply with the demands of the constantly tightening law, research on the rehabilitation of disturbed areas started during 1984. The study area included several mines in the RSA as well as mines situated within the borders of Leboa and Ka Ngwane. The ecological diversity of these localities is stressed by the differences in climate, topography, geology and vegetation. Some of the mines are

situated in areas with an annual rainfall of approximately 400 mm in comparison with others with a precipitation of more than 800 mm.

Presently, research on the revegetation of road reserves already indicates that methods and recipes which were successfully applied in countries with a moderate climate and high rainfall, do not necessarily produce the same results in the RSA with its dry and hot summers. This is one of the main reasons why the use of indigenous grass species was seen as a priority.

From the results obtained in experiments on the mine dumps and slimes dams, it was clear that hardy indigenous species were also not capable of solving all the problems. The negative results led to a more holistic approach by which the habitat of plants was taken into consideration.

Special attention was given to soil-associated problems at various mines. These problems included aspects such as gradient and length of slopes, particle size of overburden, chemical imbalances of tailings, temperature of tailings, spontaneous combustion, etcetera.

Although only a few of the more important factors had been studied, the results of this research revealed a number of general principles which can be applied in devising rehabilitation strategies. The results can also be used as a basis for more detailed studies on the various aspects.

The study has shown that every effort should be made to reinstate a situation as near as possible to the natural situation. In order to establish a stable and self-sustaining vegetation on a mine dump, it will be necessary to create a habitat where ecological factors comply with the tolerance limits of the species to be used. This approach implies that

the revegetation or grassing alone will not be the answer to the existing problems of recovering disturbed areas, but that complete rehabilitation would be of utmost importance.

BYLAAG A

SPESIELYS

Spesielys van plante waarna in hierdie proefskrif verwys word, asook plante wat aangetref is in die verskillende proewe.

Identifikasie van plante is gedoen deur R. de S. Correia (Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie).

Bronne geraadpleeg vir die samestelling van die spesielys is Gibbs Russell (1985 & 1987), Dyer (1975 en 1976) en De Dalla Torre en Harms (1963).

Uitheemse spesies word aangetoon deur 'n asterisk (*) na die outeur van die betrokke spesie.

ANGIOSPERMAE

MONOCOTYLEDONES

POACEAE

9900730
01000 Hyparrhenia hirta (L.) Stapf

9900800
00100 Heteropogon contortus (L.) Roem. & Schult.

9900890
01400 Digitaria eriantha Steud.

9901070

00100 Paspalum dilatatum Poir. *

9901100

00200 Urochloa brachyura (Hack.) Stapf

00500 Urochloa panicoides Beauv.

9901160

00800 Panicum coloratum L. var. coloratum

02800 Panicum maximum Jacq.

9901280

03200 Setaria verticillata (L.) Beauv.

9901340

00800 Melinis repens (Willd.) C.E. Hubb.

9901380

00300 Anthephora pubescens Nees

9901390

00300 Pennisetum clandestinum Chiv. *

00700 Pennisetum macrourum Trin.

01100 Pennisetum purpureum Schumach. *

01200 Pennisetum setaceum (Forssk.) Chiov. *

9901400

00300 Cenchrus ciliaris L.

9901600

00600 Ehrharta calycina J.E. SM. var. calycina

9901630

00200 Phalaris aquatica L. *

----- Phalaris tuberosa *

9901920

00100 Holcus lanatus L. *

9901950

00300 Avena sativa L. *

9902110

00100 Cortaderia selloana (Schult.) Aschers. & Graebn. *

----- Cortaderia argentia *

9902430

----- Agrostis alba *

----- Agrostis tenuis *

----- Agrostis palistrus *

9902611

00400 Stipagrostis ciliata (Desf.) De Winter var. capensis (Trin. & Rupr.) De Winter

02200 Stipagrostis namaquensis (Nees) De Winter

02400 Stipagrostis obtusa (Del.) Nees

03200 Stipagrostis uniplumis (Licht.) De Winter var. uniplumis

9902620

00050 Aristida adscensionis L. subsp. adscensionis

00850 Aristida congesta Roem. & Schultz. subsp. congesta

02900 Aristida scabrivalvis Hack. subsp. scabrivalvis

03700 Aristida transvaalensis Henr.

03800 Aristida vestita Thunb.

9902740

00100 Tragus berteronianus Schult.

9902830		
	02800	Sporobolus rangei Pilg.
9902860		
	02300	Eragrostis curvula (Schrad.) Nees
	02800	Eragrostis echinochloidea Stapf
	04300	Eragrostis lehmanniana Nees var. lehmanniana
	05100	Eragrostis obtusa Munro EX Fical. & Hiern
	05300	Eragrostis pallens Hack.
	06200	Eragrostis porosa Nees
	07900	Eragrostis stapfii De Winter
	08100	Eragrostis superba Peyr.
	08500	Eragrostis trichophora Coss. & Dur.
	-----	Eragrostis sp.
9902960		
	00300	Cynodon dactylon (L.) Pers.
	00600	Cynodon plectostachyus (K. Schum.) Pilg. *
9903010		
	00200	Chloris gayana Kunth
	00600	Chloris virgata Swartz
9903200		
	00100	Oropetium capense Stapf
9903310		
	00200	Eleusine indica (L.) Geartn. subsp. africana (K. O'Byrne) S.M.Phillips
9903570		
	00200	Enneapogon desvauxii Beauv.
	00100	Enneapogon cenchroides (Roem. & Schult.) C.E. Hubb.

9903610		
	00100	Schmidtia kalihariensis Stent
	00200	Schmidtia pappophoroides Steud.
9903710		
	00100	Fingerhutia africana Lehm.
9903880		
	00100	Dactylis glomerata L. *
9904070		
	00600	Poa pratensis L. *
	-----	Poa trivialis *
9904170		
	00100	Festuca arundinacea Schreb. *
	-----	Festuca rubra *
	-----	Festuca eliator *
9904280		
	00500	Bromus inermis Leyss. *
	01350	Bromus unioloides H.B.K. *
	-----	Bromus catharticus *
9904330		
	00300	Lolium perenne L. *
9904390		
	-----	Secale sereale *
9904410		
	-----	Triticum aestivum *
9904510		
	00400	Hordeum vulgare l. subsp. vulgare *
	-----	Hordeum sativum *

LILIACEAE

1113010	
03200	Protasparagus laricinus (Burch.) Oberm.

DICOTYLEDONES

SALICACEAE

1872000	
00100	Populus alba L. *

CHENOPODIACEAE

2223000	
00100	Chenopodium album L. *
-----	Chenopodium carinatum R. Br. *
2229000	
01200	Atriplex semibaccata R. Br. *
2229010	
00100	Blackiella inflata (F. Muell.) Aell. *
2240000	
-----	Kochia brevifolia
2269000	
04000	Salsola kali L. *
03600	Salsola glabrescens Burtt Davy

AMARANTHACEAE

2299000	
-----	Amaranthus sp.

AIZOACEAE

2376000

02700	Limeum viscosum (Gay)Fenzl. subsp. viscosum var. glomeratum (Eckl. & Zeyh.) Friedr.

MESEMBRYANTHEMACEAE

2405021

00900	Carpobrotus edulis (L.) L. Bol.

2405101

-----	Psilocaulon absimile

PORTULACACEAE

2421000

01000	Portulaca quadrifida L.

PAPAVERACEAE

2833000

00100	Argemone mexicana L. *

FABACEAE **(LEGUMINOSAE)**

MIMOSOIDEAE

3446000

90350	Acacia baileyana F. Muell. *
90770	Acacia cyclops A. Cunn. EX G. Don *
91700	Acacia grandicornuta Gerstn.
92850	Acacia mearnsii De Wild *
92890	Acacia melanoxylon R. Br. *
92900	Acacia mellifera (Vahl) Benth. subsp. detinens (Burch.) Brenan
94250	Acacia saligna (Labill.) Wendl. *

95000	Acacia tortilis (Forssk.) Hayne subsp. heteracantha (Burch.) Brenan
3454000	
00050	Prosopis chilensis (Mol.) Stuntz

PAPILIONOIDEAE

3665000	
00500	Melolobium calycinum Benth.
00600	Melolobium candicans (E. Mey.) Eckl. & Zeyh.
3669000	
-----	Crotalaria spinosa
3688000	
01050	Medicago sativa L. subsp. sativa
3690000	
01300	Trifolium hybridum L.
01700	Trifolium repens L.
02000	Trifolium subterraneum L.
-----	Trifolium sp.
3702000	
01400	Indigofera argyraea Eckl. & Zeyh.
-----	Indigofera sp.
3802000	
-----	Stylosanthes gracillus *
3852000	
00400	Vicia villosa Roth *
-----	Vicia sp.

OXALIDACEAE

3936000

-----	Oxalis sp.

ZYGOPHYLLACEAE

3978000

00400	Tribulus terrestris L.

MELIACEAE

4175000

00100	Melia azedarach L. *

EUPHORBIACEAE

4498000

13400	Euphorbia inaequilatera Sond. var. inaequilatera
25900	Euphorbia tirucalli L.

STERCULIACEAE

5056000

-----	Hermannia echinus

TAMARICACEAE

5239000

-----	Tamarix gallica *

MYRTACEAE

5598000

-----	Eucalyptus sp. *

ASCLEPIADACEAE

6791000
03100 Asclepias fruticosa L.

CONVOLVULACEAE

6993000
01500 Convolvulus ocellatus Hook. var. ocellatus

VERBENACEAE

7144000
00200 Lantana camara L. *

LABIATAE

7290000
02900 Salvia verbenaca L.

SOLANACEAE

7407000
04700 Solanum nigrum L. *

7434000
00200 Nicotiana glauca R.A. Gram. *

SELAGINACEAE

7568010
01000 Walafrida densiflora (Rolfe) Rolfe

SCROPHULARIACEAE

7519000
    -----   Sutera sp.

BIGNONIACEAE

7725000
    -----   Jacaranda mimosifolia D. Don. *

RUBIACEAE

8136060
    00500   Kohautia cynanchica DC.

CUCURBITACEAE

8599000
    -----   Cucumis sp.

ASTERACEAE (COMPOSITAE)

8925000
    01500   Nidorella residifolia DC. subsp. residifolia

8929000
    00200   Nolletia ciliaris (DC.) Steetz

8939000
    00600   Blumea gariepina DC.

9090000
    02100   Geigeria ornativa O. Hoffm.

9237000
    -----   Bidens spp.

9282000

00200 Flaveria bidentis (L.) Kuntze *

9291000

00100 Schkuhria pinnata (Lam.) Cabr. *

9311000

00200 Tagetes minuta L. *

9320000

00600 Eriocephalus ericoides (L. F.) Druce

9366000

00400 Pentzia argentea Hutch.

9411000

13100 Senecio inaequidens DC.

28000 Senecio vimineus DC.

9427000

04500 Osteospermum muricatum E. Mey. ex DC. subsp. muricatum

9434000

00700 Gazania krebsiana Less. subsp. krebsiana

9501000

02600 Dicoma tomentosa Cass.

----- Dicoma sp.

9561000

00100 Tolpis capensis (L.) Sch. Bip.

BRONNELYS

ACOCKS, J.P.H. 1988. Veld types of South Africa. Memoirs of the botanical survey of South Africa. No. 40. Pretoria : Departement van Landbou-Tegniese Dienste. 128 p.

ALLAN, J.C. 1982. Learning about statistics. Johannesburg : Macmillan. 245 p.

ANTONOVICS, J. BRADSHAW, A.D. & TURNER, R.G. 1971. Heavy metal tolerance in plants. Adv. ecol. res., 7:1-85.

AYRES, Q.C. 1936. Soil erosion and its control. New York and London : McGraw-Hill Book Company, Inc. 365 p.

BADENHORST, G.P. 1985. Riglyne vir rehabilitasie van grond-oppervlaktes wat deur oopgroefmynbou versteur is en minimum vereistes vir rehabilitasieprogramme. Omsendskrywe GME 8/2/2/143 van die staatsmyningenieur aan die assistent-staatsmyningenieur en hoofinspekteurs, 20 Februarie 1985. Johannesburg. (Fotokopie in besit van outeur.)

BARKER, C.H. 1984. Evaluasieverslag van 03/08/84. (Navorsingsverslag vir die Kamer van Mynwese se hervestigingseenheid.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 12 p. (Ongepubliseer.)

BARKER, C.H. 1985. Evaluasieverslag van 16/09/85. (Navorsingsverslag vir die Kamer van Mynwese se hervestigingseenheid.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 6 p. (Ongepubliseer.)

BARKER, C.H. & VAN WYK, J.J.P. 1988. Mondelinge mededeling aan outeur. Potchefstroom.

BEARD, J.B., FISCHER, J.A., KAUFMANN, J.E. & MARTIN, D.P. 1971. Research report 144. (Improved establishment and maintenance of roadside vegetation in Michigan, Michigan Agricultural Experiment Station.) Michigan: Michigan State University. 66 p.

BENSON, N.R. 1968. Can profitable orchards be grown on old orchard soils: Proc. Wash. State Hort. Assoc., 64:109-114.

BRADFORD, G.R., BAIR, F.L. & HUNSAKER, V. 1971. Trace and major element contents of soil saturation extracts. Soil Sci., 112:225-230.

BRADSHAW, A.D. 1987. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. (In Jordan, W.R., Gilpin, M.E., & Aber, J.D., ed. Restoration ecology. Cambridge : Cambridge University Press. p.53-74.)

BRADSHAW, A.D. & CHADWICK, M.J. 1980. The restoration of land. Los Angeles : University of California Press. 317 p.

BRADY, N.G. 1984. The nature and properties of soils. Cornell University and United States Agency for International Development. New York : Macmillan Publishing Company. 750 p.

BRAUN-BLANQUET, J. 1932. Plant sociology. London : McGraw-Hill Book Company, Inc. 439 p.

BRIERS, J.H. 1985a. Evaluasieverslag 1/85. (Navorsingsverslag vir Msauli chrisotielmyn). Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 8 p. (Ongepubliseer.)

BRIERS, J.H. 1985b. Evaluasieverslag 2/85. (Navorsingsverslag vir Palabora Mining Company). Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 13 p. (Ongepubliseer.)

BRIERS, J.H. 1986. Evaluasieverslag 1/86. (Navorsingsverslag vir Palabora Mining Company). Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 15 p. (Ongepubliseer.)

BRIERS, J.H., VAN WYK, S., & MICHAEL, M.D. 1988. Wortelontwikkeling en groei van geselekteerde plantspesies onder verskillende bemestingstoestande en met verskillende grondregstellings in die chrisotieluitskot van die Msauli-myn in Oos-Transvaal. Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Wetenskap, 84(5):325-329, Mei.

BURGER, J.C. & DU PLESSIS, W. 1992. Die plek en rol van die reg. (In Geïntegreerde omgewingsbestuur: referate gelewer by 'n driedaagse kursus aangebied deur Die Buro vir Voortgesette Onderwys van die PU vir CHO. Potchefstroom. p. 200-251.)

CLARKE, M.C., SHONHARDT, J.A. & BAGSTER, D.F. 1987. The estimation of the propensity for spontaneous combustion in colliery wastes. (In Mining and environment - a professional approach. Referate gelewer by 'n simposium van die "Southern Queensland branch of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy" en die "Queensland Division of the Institute of Engineers, Australia" gedurende Julie 1987 te Brisbane, Queensland. Brisbane. p. 145-150.)

COETZEE, C.B., BRABERS, A.J.M., MALHERBE, S.J., & VAN BILJON, W.J. 1976. Asbes. (In Coetzee, C.B., red. Delfstowwe van die Republiek van Suid-Afrika. Pretoria : Die Staatsdrukker. p.264-268.)

COOK, W.H. 1973. Stabilizing gold mine slimes dams and sand dumps by means of a vegetative cover. (Bylaag van 'n brief van die Chamber of Mines Services (propriertary) Limited aan die Palabora Mining Company, 27 Junie 1973. Johannesburg. (Fotokopie in besit van outeur.)

COOK, B.J. 1992. Mondelinge mededeling aan outeur. Potchefstroom.

CORREIA, R de S., 1992. Mondelinge mededeling aan outeur. Potchefstroom.

CROOKE, W.M. & INKSON, R.H.E. 1955. The relationship between nickel toxicity and major nutrient supply. Pl. Soil., 6:1-15.

DANNHAUSER, C.S. 1975. Sesde navorsingsverslag vir Projek N.V.K. Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 6 p. (Ongepubliseer.)

DANNHAUSER, C.S. 1978. 'n Evaluasie van Eragrostis curvula, Tragus berteronianus, Rhynchelytrum repens en Aristida congesta subsp. barbicollis vir aanplanting in nasionale padreserwes. Potchefstroom : PU vir CHO. 92 p. (Verhandeling - M.Sc.)

DANNHAUSER, C.S. & VAN WYK, J.J.P. 1978. Ekologiese studies in verband met die hervestiging van 'n plantbedekking in probleemgebiede in nasionale padreserwes. (Navorsingsverslae). Potchefstroom : PU vir CHO, Projek NVK. 139 p. (Ongepubliseer.)

DAUBENMIRE, R.F. 1959. Plants and environment. New York : John Wiley & Sons Inc. 422 p.

DAVIES, B.E. & JONES, L.H.P. 1988. Micronutrients and toxic elements. (In Wild, A., ed. Soil conditions and plant growth. New York : John Wiley & Sons. p. 780-814.)

DAVIES, D.D., GIOVANELLI, G. & REES, T.A.P. 1964. Plant biochemistry. Oxford : Blackwell Scientific Publications. 454 p.

DAWSON, B.L. 1987. An ecologigal assessment of Eragrostis curvula for reclamation purposes in National road reserves in South Africa. Potchefstroom : PU for CHE. (Dissertation - M.Sc.) 309 p.

DE BEERS PUBLIC RELATIONS DEPARTMENT. 1989. Kimberley mines. Brochure. Kimberley : Whitnall Simonsen. 24 p.

DE DALLA TORRE, C.G. & HARMS, H. 1963. Genera siphonogamarum ad systema englerianum conscripta. Wiesbaden : 637 p.

DEPARTEMENT VAN LANDBOU. 1983. Terreinmorfologiesekaart van Suidelike Afrika. NIGV en B. Die Staatsdrukker : Pretoria.

DEPARTEMENT VAN LANDBOU. 1990. 'n Ondersoek na die langtermyngevolge van hoëverhaalsteenkoolontginning op landbou in die Oostelike Hoëveld van Transvaal. Pretoria : 95 p.

DEPARTEMENT VAN OMGEWINGSAKE. 1992. Building the foundation for sustainable development in South Africa. National report to the United Nations Conference on Environment and Development. Pretoria : Scientia Printers/Publishers, CSIR. 268 p.

DEPARTMENT OF TRANSPORT. 1973. N.T.C. Standard specifications for road and bridgeworks. Erosion control, landscaping, grassing and tree planting. 5800 p. (Ongepubliseer.)

DE VILLIERS, A.B. 1993. Mondelinge mededeling aan outeur. Potchefstroom.

DICKINSON, E.B., HYAM, G.F.S., METCALF, H.D., RUDERT, C.P., & WILLIAMS, F.R. 1981. The pasture handbook. Bloemfontein : Raytone Printers. 372 p.

DIXON, J.B. & WEED, S.B. 1989. Minerals in soil environments. Soil Science Society of America. Madison, Wisconson : 948 p.

DREWIS, R. 1990. Mondelinge mededeling aan outeur. Potchefstroom.

DYER, R.A. 1975. The genera of Southern African flowering plants. Volume 1.

Kyk

Suid-Afrika (Republiek). 1975. Departement van Landbou-Tegniese Dienste.

DYER, R.A. 1976. The genera of Southern African flowering plants. Volume 2.

Kyk

Suid-Afrika (Republiek). 1976. Departement van Landbou-Tegniese Dienste.

ELLERY, K.S. & WALKER, B.H. 1986. Growth characteristics of selected plant species on asbestos tailings from Msauli Mine, eastern Transvaal. S. Afr. J. Bot., 52:201-206.

FAESSLER, F & APFELBAUM, S. 1988. Large scale harvesting of Prairie seed. Restoration and Management Notes, 6:(2)79-80, Winter.

FITTER, A.H. & HAY, R.K. 1989. Environmental physiology of plants. San Diego : Academic Press Limited. 432 p.

FULS, E.R. & BOSCH, O.J.H. 1990. Environmental stress resistability and propagation studies of six Cynodon dactylon strains to assess reclamation suitability. Landscape and Urban Planning, 19:281-289.

GIBBS RUSSELL, G.E., REID, C., VAN ROOY, J., & SMOOK, L. 1985. List of species of Southern African plants.

Kyk

South Africa (Republic). 1985. Botanical Research Institute.

GIBBS RUSSELL, G.E., WELMAN, W.G., RETIEF, E., IMMELMAN, K.L., GERMISHUIZEN, G., PIENAAR, B.J., VAN WYK, M., & NICHOLAS, A. 1987. List of species of Southern African plants.

Kyk

South Africa (Republic). 1987. Botanical Research Institute.

GIBSON, D.B. 1988. Coal discard dump cladding - a solution to air pollution. The Clean Air Journal, 7(5):21-25.

GLASS, S. 1989. The role of soil seed banks in restoration and management. Restoration & Management Notes, 7(1):24-29, Summer.

GOOD, R. 1974. The geography of the flowering plants. London : William Clowes & sons. 557 p.

GRANGE, G.H. 1973. The contol of dust from mine dumps. Journal of the Souuth African Institute of Mining and Metallurgy, 74:67-73, Sept.

GRAY, D.H. & LEISER, A.T. 1982. Biotechnical slope protection and erosion control. New York : Van Norstrand Reinhold Company Inc. 271 p.

HALSTEAD, R.L. 1968. Effect of different amendments on yield and composition of oats grown on a soil derived from serpentine material. Can. J. Soil. Sci., 48:301-305.

HALSTEAD, R.L. FINN, B.J. & MACLEAN, A.J. 1969. Extractability of nickel added to soils and its concentration in plants. Can. J. Soil. Sci., 49:335 - 342.

HARRIS, P.J. 1988. The microbal population of the soil. (In Wild, A., ed. Soil conditions and plant growth. New York : John Wiley & Sons. p. 449-471.)

HESLINGA, C.F. 1968. Veldherwinning langs paaie. Proc. Grassld. Soc. Sth. Afr., 3:25-27

HILL, J.R.C. & NOTHARD, W.F. s.a. The Rhodesian approach to vegetating slimes dams. (Navorsingsverslag). Department of Botany, University of Rhodesia. Salisbury. 21 p. (Ongepubliseer.)

HODDER, R.L. 1978. Strip mine rehabilitation in USSR, West Germany and USA. (In Wali, M.K. ed. Ecology and coal resource development: International congress for energy and the ecosystem held at the University of North Dakota, Grand Forks, North Dakota. New York : Pergamon Press. p. 531-536.)

HUNT, T.C. 1983. Vegetative stabilization of a taconite taling basin in Wisconson: The effects of mulch, seed mix, seed placement and an amemdment. Madison : University of Wisconson. (Thesis - M.Sc.) 93 p.

ITAY, M. 1983. Report on spontaneous combustion of coal project. (Navorsingsverslag vir die Grootegeluk steenkoolmyn.) 120 p. (Ongepubliseer.)

JAMES, A.L. 1966. Stabilizing mine dumps with vegetation. Endeavour, 25:154-157, Sept.

KIMMONS, J.H., THORNTON, R.B., LOVELL, G.R., DUDLEY, R.F. & EVERETT, H.W. 1976. Evaluation of woody plants and development of establishment procedures for direct woody seeding and/or vegetative reproduction. (Navorsingsverslag vir die State Highway Administration van die Maryland Department of Transportation). U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service National Plant Materials Centre. Beltsville. 144 p. (Ongepubliseer.)

KRUGER, G.P. 1983. Terreinmorfologiese kaart van Suidelike Afrika.

Kyk

Departement van Landbou. 1983.

LAL, R., ed. 1988. Soil erosion research methods. Ankeny : Soil and Water Conservation Society. 244 p.

LARCHER,W. 1983. Physiologycal plant ecology. New York : Springer-Verlag. 303 p.

LEE, C.R. & CRADDOCK, G.R. 1969. Factors affecting plant growth on high zinc medium. Agron.J., 61:565-567.

LEISTNER, O.A., ed. 1990. Grasses of Southern Africa.

Kyk

Suid-Afrika (Republiek). 1990. Navorsingsinstituut vir Plantkunde.

LEOPOLD, A. 1949. A sand and county almanac and sketches here and there. New York : Oxford University Press. 266 p.

LOUW, J. 1992. Mondelinge mededeling aan outeur. Pretoria.

LUNT, H.A. 1959. Digested sewage sludge for soil improvement. Connecticut Agr. Expt. Sta., New Haven, Bull., 622:1-30.

MAHLER,D. 1988. New device speeds seed harvest. Restoration and Management Notes, 6(1):23-25, Summer.

MARSDEN, M.D. 1985. Gold mine reclamation practices as implemented by the Chamber of Mines vegetation unit and developments by the Potchefstroom university - NTC Institute for ecological research. (In Hervestigingsimposium vir myngroepe: referaat gelewer by die hervestigingsimposium vir myngroepe gehou op 29 en 30 April 1985 te Potchefstroom. Potchefstroom. p. 53-59.)

MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. 1963. The germination of seeds. New York : The Macmillan Company. 367 p.

McNEILLY, T. 1987. Evolutionary lessons from degraded ecosystems. (In Jordan, W.R., Gilpin, M.E., & Aber, J.D., ed. Restoration ecology. Cambridge : Cambridge University Press. p. 271-286.)

MENGEL, A., & KIRKBY, E.A. 1982. Principles of plant nutrition. Worblaifen-Bern/Switzerland : Int. Potash Inst. 655 p.

MULDER, M.S. 1991. Mondelinge mededeling aan outeur. Thabazimbi.

NAVORSINGSINSTITUUT VIR HERVESTIGINGSEKOLOGIE. 1990. Voorlopige riglyne vir die rehabilitasie van asbesbesoedelingsbronne in die RSA. Potchefstroom : PU vir CHO. Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 48 p.

OOSTING, H.J. 1956. The study of plant communities. San Francisco and London : W.H. Freeman and Company. 440 p.

PETERS, T.H. 1989. Overview of tailings reclamation in Eastern Canada. (In Walker, D.G., Powter, C.B. & Pole, M.W., eds. Reclamation, a global perspective: Proceedings of the conference organized by the Canadian land reclamation association and the American society for surface mining and reclamation, Calgary, Alberta, Canada. Alberta Land Conservation and Reclamation Council. Vol 2. p. 695-716.)

PHILLIPS, J. 1937. Studies of vegetation on mine dumps. S. Afr. J.Sci, 33:431-433, March.

PHILLIPS, J. 1980a. Soil-like materials sampled: Lime Acres limestone Quarries. (Navorsingsverslag vir PPC Lime Acres.) Johannesburg : Universiteit van die Witwatersrand. 7 p. (Ongepubliseer.)

PHILLIPS, J. 1980b. Rehabilitation of quarries. (Navorsingsverslag vir PPC Lime Acres.) Johannesburg : Universiteit van die Witwatersrand. 17 p. (Ongepubliseer.)

PRESIDENT'S COUNCIL, 1991. Report of the three committees of the President's Council on a national environmental management system.

Kyk

Suid-Afrika (Republiek). 1991. President's council.

PROCTOR, J. 1971a. The plant ecology of serpentine. III. The influence of a high magnesium/calcium ratio and high nickel and chromium levels in some British and Swedish serpentine soils. J. Ecol., 59:827-842.

PROCTOR, J. 1971b. The plant ecology of serpentine. II. Plant response to serpentine soils. J. Ecol., 59:397-410.

PROCTOR, J & WOODELL, S.R.J. 1975. The ecology of serpentine soils. Adv. Ecol. Res., 9:256-366.

RANWELL, J.F., comp. 1986. MVSA manual of procedures for computor programmes. Pretoria : Die misstofvereniging van Suid-Afrika. 46 p.

READERS DIGEST ASSOCIATION OF SOUTH AFRICA. 1982. Atlas of southern Africa. Cape Town : Readers Digest Association of South Africa. 256 p.

REDENTE, E.F., MOUNT, C.B. & RUZZO, W.J. 1982. Vegetation composition and production as affected by soil thickness over retorted oil shale. Reclamation and Revegetation Research, 1(2):109-122, August.

REDENTE, E.F. & HARGIS, N.E. 1985. An evaluation of soil thickness and manipulation of soil and spoil for reclaiming mined land in northwest Colorado. Reclamation and Revegetation Research, 4(1):17-29, May.

RENDIG, V.V. & TAYLOR, H.M. 1989. Principles of soil-plant interrelationships. New York : McGraw Hill. 275 p.

RICHTER, C.J.S. 1992. Mondelinge mededeling aan outeur. Pretoria.

ROWELL, D.L. 1988. Soil acidity and alkalinity. (In Wild, A., ed. Soil conditions and plant growth. New York : John Wiley & Sons. p. 844-898.)

RUDD, R.T. 1973. The impact of slimes dam formation on water quality and pollution. J. S.Afr. Inst. Min. Met., 74 :184-192

RUTHERFORD, M.C. & WESTFALL, R.H. 1986. Biomes of Southern Africa - an objective classification.

kyk

Suid-Afrika (Republiek). 1986. Departement van Landbou en Watervoorsiening.

SALISBURY, F.B. & ROSS, C. 1969. Plant physiology. Belmont : Wadsworth Publishing Company, Inc. 747 p.

SAMUEL, D.E. & MAJER, J.D. 1988. The reclamation of lands for outdoor recreation. (In Environmental workshop - 1988 Proceedings volume I: referate gelewer by die werkswinkel aangebied deur die Australian Mining Industry Council gehou in Sept. 1988 te Darwin. Darwin. p. 191-232.)

SENCINDIVER, J.C., THURMAN, N.C., & FUGILL, R.J. 1989. Revegetation potential of overburden materials from kittanning coal mines. (In Walker, D.G., Powter, C.B. & Pole, M.W. eds. Reclamation, a global perspective: Proceedings of the conference organized by the Canadian Land Reclamation Association and the American Society for Surface Mining and Reclamation of August 27-31, 1989, Alberta: Alberta Land Conservation and Reclamation Council. p. 563-573.)

SINGER, P.C. & STUMM, W. 1970. Acidic mine drainage: the rate determining step. Science, 167:1121-1123.

SOANE, B.D. & SANDER, D.H. 1959. Nickel and chromium toxicity of serpentine soils in Southern Rhodesia. Soil Sci., 88:322-329.

SPRAGUE, L.A. 1991. An expanding role for conservation districts to help address water quality through erosion and sediment control programs. (In "Erosion contol: A global perspective": Proceedings of conference XXII of the International Erosion Control Association. Orlando, Florida : Omnipress. p. 35-39.)

SOUTH AFRICA (REPUBLIC). 1985. Botanical Research Institute. Department of Agriculture. Gibbs Russell, G.E., Reid, C., Van Rooy, J., & Smook, L. List of species of Southern African plants. Memoirs of the botanical survey of South Africa No. 51. Pretoria : Die Staatsdrukker. 137 p.

SOUTH AFRICA (REPUBLIC). 1987. Botanical Research Institute. Department of Agriculture. Gibbs Russell, G.E., Welman, W.G., Retief, E., Immelman, K.L., Germishuizen, G., Pienaar, B.J., Van Wyk, M., & Nicholas, A. List of

species of Southern African plants. Memoirs of the botanical survey of South Africa No. 56. Pretoria: Die Staatsdrukker. 270 p.

STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics. London : McGraw-Hill. 633 p.

SUID-AFRIKA (REPUBLIEK). 1975. Departement van Landbou-Tegniese Dienste. Dyer, R. A. The genera of Southern African flowering plants. Volume 1. Dicotylodons. Pretoria : Die Staatsdrukker. 756p.

SUID-AFRIKA (REPUBLIEK). 1976. Departement van Landbou-Tegniese Dienste. Dyer, R. A. The genera of Southern African flowering plants. Volume 2. Gymnosperms and Monocotylodons. Pretoria : Die Staatsdrukker. 1040p.

SUID-AFRIKA (REPUBLIEK). 1986. Weerburo. Departement van Omgewingsake. Du Toit, P.S. Klimaat van Suid-Afrika. Klimaatstatistieke tot 1984. Pretoria : Die Staatsdrukker. 474 p. WB 40 551.506.3(680/688)

SUID-AFRIKA (REPUBLIEK). 1986. Departement van Landbou en Watervoorsiening. Wells, M.J., Balsinhas, A.A., Joffe, H., Engelbrecht, V.M., Harding, G. & Stirton, C.H. A catalogue of problem plants in Southern Africa. Memoirs van die botaniese opname van Suid-Afrika No. 53. Pretoria : Die Staatsdrukker. 658 p.

SUID-AFRIKA (REPUBLIEK). 1986. Departement van Landbou en Watervoorsiening. Rutherford, M.C., & Westfall, R.H. Biomes of Southern Africa - an objective categorization. Memoirs of the botanical survey of South Africa No. 54. Pretoria : Die Staatsdrukker. 98 p.

SUID-AFRIKA (REPUBLIEK). 1990. Navorsingsinstituut vir Plantkunde. Gibbs Russell, G.E., Watson, L., Koekemoer, L., Smook, L., Barker, N.P., Anderson, H.M., & Dallwitz, M.J. Grasses of Southern Africa. Memoirs van die botaniese opname van Suid-Afrika No. 58. Pretoria : Die Staatsdrukker. 437 p.

SUID-AFRIKA (REPUBLIEK). 1991. President's Council. Report of the three committees of the President's Council on a national environmental management system. PC 1/1991. Pretoria : The Government Printer. 350 p.

THATCHER, M.T. 1979. A study of the vegetation established on the slimes dams of the Witwatersrand. Johannesburg : University of the Witwatersrand. (Thesis - D.Phil.) 570 p.

THOMPSON, L.M. & TROEH, F.R. 1978. Soils and soil fertility. McGraw-Hill : New york. 495 p.

VAN DER BREGGEN, J.P. 1993. Mondelinge mededeling aan outeur. Pretoria.

VAN DER BREGGEN, J.P. & DAWSON, B.L. 1989. Report on a visit to Western Australia. (Department of Transport Chief Directorate: National roads landscape section and Potchefstroom University Research Institute for Reclamation Ecology.) Potchefstroom. 45 p. (Ongepubliseer.)

VAN DER NEST, L.J. 1991. 'n Evaluering van analisetegnieke vir die bepaling van kalkbehoefte van goudmynslikdam-materiaal vir die vestiging van plantegroei. Potchefstroom: PU vir CHO (Verhandeling - M.Sc.) 64 p.

VAN OUDTSHOORN, F.P. 1991. Gids tot grasse van Suid-Afrika. Kaapstad : Nasionale Boekdrukkers. 301 p.

VAN WYK, J.J.P. 1987. Navorsingsverslag van 06/05/87. (Navorsingsverslag vir Prieska kopermyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 10 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, J.J.P. 1993. Handleiding vir die hervestiging van plantegroei in padreserwes. (Handleiding opgestel in opdrag van die Departement van Vervoer.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. In prep.

VAN WYK, S. 1984. Evaluasieverslag van 26/01/84. (Navorsingsverslag vir Hotazel mangaanmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 9 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1985a. Evaluasieverslag van 26/06/85. (Navorsingsverslag vir Palabora mining company.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 7 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1985b. Evaluasieverslag van 15/02/85. (Navorsingsverslag vir Coastal coal steenkoolmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 7 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1985c. Evaluasieverslag van 07/08/85. (Navorsingsverslag vir Sishen ystererertsmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 13 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1986a. Evaluasieverslag 4/86. (Navorsingsverslag vir PPC Lime Acres.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 2 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1986b. Evaluasieverslag 1/86. (Navorsingsverslag vir Penge/Kromellenbogen.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 14 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1987a. Evaluasieverslag 1/87. (Navorsingsverslag vir Grootegeluk Steenkoolmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 56 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1987b. Evaluasieverslag 4/87. (Navorsingsverslag vir Sishen ystererertsmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 2 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1987c. Evaluasieverslag 5/87. (Navorsingsverslag vir Sishen ystererertsmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 2 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1988a. Evaluasieverslag 1/88. (Navorsingsverslag vir Asbes krosidolietmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 12 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1988b. Evaluasieverslag 1/88. (Navorsingsverslag vir Msauli chrisotielmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 20 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1988c. Evaluasieverslag 1/88. (Navorsingsverslag vir Thabazimbi ystererertsmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 31 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. 1992. Evaluasieverslag 1/92. (Navorsingsverslag vir PPC Lime Acres.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 55 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. & BRIERS, J.H. 1985. Evaluasieverslag 2/85. (Navorsingsverslag vir Grootegeluk steenkoolmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 8 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. & BRIERS, J.H. 1986. Evaluasieverslag 3/86. (Navorsingsverslag vir Grootegeluk steenkoolmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 10 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK, S. & BRIERS, J.H. 1987. Evaluasieverslag 1/87. (Navorsingsverslag vir Grootegeluk steenkoolmyn.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 50 p. (Ongepubliseer.)

VAN WYK S. & VAN DER NEST, L.J. 1991. Ogies-Richardsbaai steenkoollyn ekologiese verslag. (Navorsingsverslag vir Spoornet.) Potchefstroom : PU vir CHO, Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie. 44 p. (Ongepubliseer.)

VILJOEN, G.P. & VAN WYK, J.J.P. 1978. Ekologiese studies op versteurde gebiede in nasionale padreserwes. (Navorsingsverslae.) Potchefstroom : PU vir CHO, Projek NVK. 165 p. (Ongepubliseer.)

VOGEL, W.G. 1987? A manual for training reclamation inspectors in the fundamentals of soils and revegetation. s.l. : U.S. Department of Agriculture, Forest Service for the Office of Surface Mining and Enforcement. 178 p.

WALKER, W.H. & GRANT, K.S. 1984. Establishment of vegetation on asbestos tailings dumps at Msauli mine. (Navorsingsverslag.) Johannesburg : Universiteit van die Witwatersrand. 61 p. (Ongepubliseer.)

WALLACE, A. & WADE, L.B. 1978. Trace elements in the environment - effects and potential toxicity of those associated with coal. (In Wali, M.K., ed. Ecology and coal resource development Vol 1: Based on the International Congress for Energy and the Ecosystem held at the University of North Dakota Grand Forks, North Dakota, 12-16 June 1978. New York : Pergamon Press Inc. p. 95-114.)

WEERBURO, 1986. Klimaat van Suid-Afrika.

Kyk

Suid-Afrika (Republiek). 1986. Weerburo, Departement van Omgewingsake.

WELLS, M.J., BALSINHAS, A.A., JOFFE, H., ENGELBRECHT, V.M., HARDING, G. & STIRTON, C.H. 1986. A catalogue of problem plants in Southern Africa.

Kyk

Suid-Afrika (Republiek). 1986. Departement van Landbou en Watervoorsiening.

WESTGATE, P.J. 1952. Preliminary report on copper toxicity and iron chlorosis in old vegetable fields. Proc. Fla. State Hort. Soc. 65:143-146.

WILD, A. 1988. Potassium, sodium, calcium, magnesium, sulphur, silicon. (In Wild, A., ed. Soil conditions and plant growth. New York : John Wiley & Sons. p. 743-779.)

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Agricultural handbook No. 282. Washington D.C. : U.S. Govt. Printing Office. 47 p.

WRIGHT, M.J. 1976. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Washington : Office of Agric. Tech. Assistance Bur., Agency for Int. Develop.

WYN, J.R.G. & LUNT, O.R. 1967. The function of calcium in plants. Bot. Ref., 33:407-426.