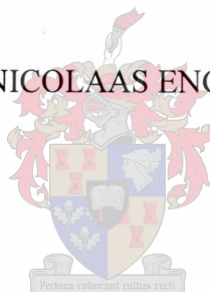


WATER- EN SOUTBALANSE VAN GESELEKTEERDE
BESPROEIDE GRONDE VAN DIE BENEDE BERGRIVIER
OPVANGGEBIED

HENDRIK NICOLAAS ENGELBRECHT



Tesis ingehandig ter gedeeltelike voldoening aan die vereistes van die graad Magister
in die Natuurwetenskappe in die Landbou aan die Stellenbosch Universiteit.

Studieleier: Mnr. W.P. de Clercq
Mede-studieleier: Dr. E. Hoffman

April 2004

Verklaring

Ek, die ondergetekende verklaar hiermee dat die werk in hierdie tesis vervat, my eie oorspronklike werk is wat nog nie vantevore in geheel of gedeeltelik by enige ander universiteit ter verkryging van 'n graad voorgelê is nie.

Hendrik N Engelbrecht

Datum

UITTREKSEL

'n Studie is gedurende die jare 2000 tot 2002 in die benede Bergrivier opvanggebied van die semi-ariëde Wes-Kaap Provinsie gedoen om die effek van besproeiingsontwikkelings (koringlande na tafeldruiwe) op die kwaliteit van die Bergrivier se water, asook die volhoubaarheid van besproeiingslandbou te ondersoek. Hierdie studie was genoodsaak deur toenemende versouting van beide die Breede- en Bergrivier, waarskynlik a.g.v. besproeiing, tesame met groter druk op hierdie waterbronne vanweë die groeiende aanvraag na vars water deur die Kaapstadse metropool.

Water- en soutbalanse van twee dominante grondpatrone (Glenrosa/Swartland en Oakleaf/Hutton grondvorme) binne die opvanggebied was by twee lokaliteite gemoniteer. Wingerdblokke van verskillende ouderdomme binne dieselfde grondvorme is gebruik om die effek van besproeiing oor tyd te ondersoek. Die elektriese geleiding van die grondwaterekstrak (EG_e) was drie maal op verskillende dieptes by geselekteerde persele gemeet en die kwaliteit van besproeiingswater en dreineringssterugvloei was deurgaans gemoniteer. Grondwaterstoringse kapasiteite van hierdie klipryke (hoë growwe fragment fraksie) gronde was ook gekarakteriseer vir meer doeltreffende voorspellings van dreineringshoeveelhede.

Glenrosa/Swartland gronde het die hoogste EG_e 's getoon ($200-400 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$) wat na vier tot vyf jaar se besproeiing aansienlik afgeneem het en meer uniform met diepte versprei was. Die hoë soutkonsentrasies is veroorsaak deur die natuurlike voorkoms van sout in die grond, minerale verwerking en sout vanuit die besproeiingswater. Oakleaf/Hutton gronde het laer EG_e 's getoon ($< 200 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$), maar hierdie gronde se soutinhoud is ook onderhewig aan die kwaliteit van die besproeiingswater en dreineringswater wat oor jare nie baie konstant was en nog is nie. Gelokaliseerde souteansameling tussen wingerdrye is ook waargeneem a.g.v. die besproeiingsmetode en dit word meer prominent oor jare. Dreineringshoeveelhede was onder-voorspel a.g.v. die groot/hoë growwe fragment fraksies en voorkoms van voorkeurvloei, wat die akkurate modellering van grondwaterhuishouding beperk het. Dit het ook daartoe gelei dat soutterugvloei ondervoorspel was, maar dit was duidelik dat die meeste soutterugvloei vanuit die Glenrosa/Swartland gronde plaasvind. Effektiewe besproeiingsbestuur, om optimale grondwaterpeile te handhaaf en om negatiewe effekte van hoë EG_e te beperk, is noodsaaklik vir die volhoubaarheid van hierdie tipe besproeiingsontwikkelings. Tans blyk dit nie of besproeiingssterugvloei dramatiese versouting van die benede Bergrivier veroorsaak nie, maar dit is egter 'n situasie wat deeglik gemoniteer moet word soos wat ontwikkelings uitbrei en oer word (in produksie kom). Besproeiingssterugvloei het dus net aan die begin van so 'n ontwikkeling 'n invloed op die EG van die rivier, maar na ongeveer drie jaar hou die invloed direk verband met die kwaliteit van die besproeiingswater en minerale verwerking.

ABSTRACT

A study was conducted between 2000 and 2002 in the lower Berg River catchment of the semi-arid Western Cape Province to investigate the effect of irrigation developments (wheat fields to table grapes) on the quality of the Berg River as well as the sustainability of these developments. This study was necessitated by the mineralisation of both the Breede and Berg River, probably due to irrigation together with the higher pressure on these water resources from the growing demand for fresh water from the Cape Town metropolitan area.

Water and Salt balances of two dominant soil patterns (Glenrosa/Swartland and Oakleaf/Hutton soil forms) from the catchment area were monitored at two localities. Vineyard blocks of different ages in the same soil forms were used to study the effect of irrigation over time. The electrical conductivity of the soil water extracts (EC_e) was measured three times over depth at the selected sites and the quality of irrigation and drainage return-flow were monitored. Soil water storing capacities of these stony (high rough fragment fractions) soils were also characterised for more efficient drainage quantity prediction.

Glenrosa/Swartland soils showed the highest EC_e 's (200-400 $mS.m^{-1}$) that decreased significantly after four to five years of irrigation and distribution became more uniform over depth. These high salt concentrations were explained due to natural occurrence of salts, mineral weathering and salts from the irrigation water. Oakleaf/Hutton soils showed lower EC_e 's (< 200 $mS.m^{-1}$) but they are subject to the quality of the irrigation water, which is not that constant over years. Localised salt accumulation was observed due to the irrigation method and became more prominent over years. Drainage quantities were under predicted because of the big/high rough fragment fractions and the occurrence of preferential-flow. This prohibited the accurate calculation of the soil water holding characteristics. It also led to the under calculation of salt return-flow, but it was very evident that the most salt return-flow occurred from the Glenrosa/Swartland soils. Effective irrigation management to achieve and maintain optimal soil water levels and to reduce the negative impact of high EC_e 's is essential for the sustainability of these irrigation developments. At present it does not seem that the irrigation return-flow is causing dramatic mineralisation of the lower Berg River, but it is a situation that must be monitored as the developments extent and become older (come into production). It seems that irrigation return-flow only has an influence on the quality of the river at the beginning of such a development, but after about three years the influence directly correlates with the quality of irrigation water and mineral weathering.

BEDANKINGS

1. My studieleier; Mnr. Willem de Clercq, vir sy ondersteuning, aanmoediging en leiding in die suksesvolle voltooiing van hierdie studie.
 2. Die Waternavorsingskommissie vir die befondsing van die projek en hul finansiële ondersteuning.
 3. Alle lede van die Departement Grondkunde vir hul bydrae. Spesifieke dank aan die tegniese personeel vir hul hulp met baie van die praktiese en laboratorium werk.
 4. Aan my ouers, Mnr en Mev Engelbrecht, wil ek 'n spesiale woord van dank rig vir die bevoorregte lewe wat hulle my gegee het en alle geleenthede wat hulle vir my moontlik gemaak het. Dankie Pa en Ma, ek weet julle gebede dra my elke dag!
 5. Ek wil ook my vrou, Lounette bedank vir haar volgehoue ondersteuning en geloof in my, waarsonder ek nooit hierdie studie sou kon voltooi het nie. Jy's die beste.
- Laastens gee ek al die eer aan my Hemelse Vader wat my die vermoëns en krag gegee het om hierdie studie te voltooi. Aan Hom al die lof en die eer!

LYS VAN AFKORTINGS

ACRU	= Agricultural Catchments Research Unit
BK	= Broodkraal
CIRF	= Conceptual Irrigation Return Flow
DG	= Diepte geweegde
DISA	= Daily Irrigation and Salinity Analyses System
DWAF	= Department of Water Affairs and Forestry
EG	= Elektriese geleivermoë (Maatstaf van soutinhoud/konsentrasie)
EG _{dw}	= Elektriese geleivermoë van dreineringswater (Soutinhoud)
EG _e	= Elektriese geleivermoë van 'n versadigde ekstrak (Soutinhoud)
EG _{gw}	= Elektriese geleivermoë van grondwater (Soutinhoud)
EG _w	= Elektriese geleivermoë van besproeiingswater (Soutinhoud)
ET	= Evapotranspirasie
FAO	= Food and Agriculture Organization
Gemid.	= Gemiddelde
GF	= Gewasfaktor
GFF	= Growwe fragment fraksie
Gs	= Glenrosa
GWI	= Grondwaterinhoud
Hu	= Hutton
i-ry	= In wingerdry
Km	= Klapmuts
LF	= Logingsfraksie
NAV	= Natriumadsorpsieverhouding
NPK	= Stikstof, Fosfaat en Kalium
NWM	= Neutronwatermeter
Oa	= Oakleaf
MBW _o	= Onderste grens van maklik beskikbare water
PET	= Potensiële evapotranspirasie
PBWK	= Profiel beskikbare waterkapasiteit
PVP	= Permanente verwelkpunt
RH	= Rooihoogte
Std. Af.	= Standaardafwyking
SWAT	= The Soil and Water Assessment Tool
Sw	= Swartland
TBWK	= Totale beskikbare waterkapasiteit
TOV	= Totale opgeloste vastestowwe
t-ry	= Tussen wingerdry
UNP	= Uitruilbare natriumpersentasie
USBR	= United States Bureau of Reclamation
VK	= Veldkapasiteit
V	= Volume
WKIS	= Water Kwaliteit Informasie Sisteem
WNK	= Waternavorsingskommissie
%	= Persentasie

INHOUDSOPGAWE

UITTREKSEL	i
ABSTRACT	ii
BEDANKINGS	iii
LYS VAN AFKORTINGS	iv
HOOFSTUK 1: ALGEMENE INLEIDING	
1.1. Inleiding	1
1.1.1. Navorsing op die Breë- en Bergrivier sisteme	2
1.1.2. Omvang van studie	2
1.2. Doelstellings van studie	3
HOOFSTUK 2: LITERATUUROORSIG OOR SOUTGEVAAR, SOUTBEWEGING IN GRONDE EN DIE MODELLERING DAARVAN	
2.1. Inleiding	4
2.2. Effekte van hoë soutkonsentrasies op tafeldruiwe	5
2.3. Maatstawwe van soutgevaar	6
2.3.1. Elektriese geleivermoë	6
2.3.2. Natriumadsorpsieverhouding	7
2.3.3. Spesifieke ioontoksisiteite	8
2.3.4. Reaksie-funksies	9
2.4. Faktore wat soutbalanse beïnvloed	9
2.4.1. Besproeiing	9
2.4.1.1 Besproeiingsmetode	10
2.4.1.2 Kwaliteit van besproeiingswater	11
2.4.1.3 Logingsfraksie	12
2.4.2. Grondeienskappe	13
2.4.2.1 Tekstuur en struktuur	13
2.4.2.2 Hidrouliese geleivermoë	14
2.4.2.3 Growwe fragment inhoud en voorkeurvloei	15
2.4.3. Soutbronne	15
2.4.4. Klimaat	16
2.4.5. Seisoenale verandering	16
2.5. Waterbalans	16
2.6. Soutbalans	18
2.7. Modelling van water- en soutbalans terugvloei	19
HOOFSTUK 3: MATERIAAL EN METODEDES	
3.1. Studiegebied	21
3.1.1. Lokaliteite	21
3.1.2. Grondpatrone	23
3.1.3. Proefpersele	26
3.1.4. Variasie in gronde van die studie area	27
3.1.5. Klimaat	29
3.1.6. Bestuurspraktyke	29
3.1.6.1. Grondvoorbereiding	29
3.1.6.2. Besproeiing	31

3.1.6.3. Bemesting	31
3.2. Metodes	32
3.2.1. Grondmonsterneming	32
3.2.2. Bepaling van sekere grondfisiese eienskappe	33
3.2.3. Bepaling van sekere grondchemiese eienskappe	33
3.2.4. Meting van besproeiingsterugvloeï kwantiteit	34
3.2.5. Meting van besproeiingsterugvloeï kwaliteit	35
3.2.6. Grondprofiel	37
3.3. Water- en soutbalanse oor studietydperk	37

HOOFSTUK 4: FAKTORE WAT GRONDWATERBESTUUR VAN GESELEKTEERDE BESPROEINGSGRONDE IN DIE BENEDE BERGRIVIER OPVANGGEBIED BEÏNVLOED

4.1. Inleiding	38
4.2. Materiaal en metodes	40
4.3. Resultate en besprekings	41
4.3.1. Fisiese grondeienskappe	41
4.3.1.1. Growwe fragment inhoud	41
4.3.1.2. Deeltjegrootte-ontleding	44
4.3.1.3. Bulkdigtheid	44
4.3.2. Waterhuishouding	45
4.3.2.1. Grondwaterstoringskapasiteit	45
4.3.2.2. Versadigingspersentasie	47
4.3.3. Effektiewe worteldiepte	49
4.3.4. Soutinhoud en –verspreiding	50
4.3.5. Klimaat en besproeiing	52
4.3.6. Dreinerings	54
4.4. Gevolgtrekking	55

HOOFSTUK 5: PROFIEL-SOUTVERSPREIDING IN ENKELE BESPROEIDE GRONDVORMS VAN DIE BENEDE BERGRIVIER OPVANGGEBIED.

5.1. Inleiding	57
5.2. Materiaal en metodes	58
5.3. Resultate en besprekings	59
5.3.1. Elektriese geleivermoë (EG_e)	59
5.3.1.1. Verspreiding van EG_e	59
5.3.1.2. Diepte geweegde gemiddelde EG_e	63
5.3.1.3. In-ry en tussen-ry verskille	66
5.3.1.4. Verandering in EG_e oor tyd	69
5.3.2. NAV van geselekteerde gronde	73
5.4. Gevolgtrekkings	76

HOOFSTUK 6: MODELLERING VAN SOUTTERUGVLOEI UIT GESELEKTEERDE BESPROEINGSGRONDE VAN DIE BENEDE BERGRIVIER OPVANGGEBIED

6.1. Inleiding	78
6.2. Materiaal en metodes	80
6.3. Resultate en bespreking	82
6.3.1. Berekening van waterbalans	82
6.3.1.1. Toepassing van model	82

6.3.1.2. Dreineringshoeveelhede	83
6.3.2. Berekening van soutbalans	88
6.3.2.1. Kwaliteit van besproeiingswater	88
6.3.2.2. Kwaliteit van dreinering	90
6.3.2.3. Soutterugvloei	93
6.3.2.4. Soutbalans	95
6.3. Gevolgtrekking	97
HOOFTUK 7: SAMEVATTING	99
LITERATUURVERWYSINGS	102
BYLAAG: 1	108
BYLAAG: 2	114
BYLAAG: 3	130

HOOFSTUK 1: ALGEMENE INLEIDING

1.1. Inleiding

Braktoestande en brakontwikkeling in gronde gekoppel aan versouting van riviere, is algemene probleme reg deur die wêreld. Waar van droëlandlandbou na besproeiing oorgeskakel word en/of die besproeiingswater se kwaliteit van marginale aard is, is die bestuur van soutkonsentrasies uiters belangrik (Bresler et al., 1982; Görgens, 1985). Riviersisteme in die suidwestelike deel van Suid-Afrika is geen uitsondering nie en is in 'n groot mate onderhewig aan versouting (Fourie, 1976). Beide die Breërivier (Moolman, 1982, 1985; Flügel, 1993, Moolman et al., 1999; De Clercq et al., 2001) en Bergrivier (Fourie & Steer, 1971; Fourie, 1976; Flügel, 1986; Görgens & de Clercq, 2002) was al die onderwerp van verwante verbrakking- en versoutingstudies.

Toenemende ontwikkeling langs die Bergrivier, beide op industriële en landbouvlak, het die vraag laat ontstaan: Wat is die invloed hiervan op die waterkwaliteit van die Bergrivier? Vroeëre studies dui reeds op ontwikkelings se verswakkende effek op die waterkwaliteit van die Bergrivier, hoewel dit toe bestuurbaar was sodat dit nie kritiese vlakke bereik nie (Fourie & Steer, 1971). Die bou van die Misverstanddam en ander kleiner privaatsdamme (bv. Broodkraal naby Piketberg) het bygedra tot potensiaal vir verdere uitbreidings. Meer en meer van die Bergrivier se water word benodig vir die uitbreidende Kaapse metropool, wat 'n water tekort in die gesig staar. Nog 'n dam (Skuifraamdams by Franschoek) word in die bo-lope van die Bergrivier beplan. Dit, tesame met die groter gebruik van water vanuit die Bergrivier, sal tot 'n verlaagde riviervlak aanleiding gee (Department of Water Affairs, 1986). Die gevaar van minder beskikbare water in die stelsel saam met meer uitwassing van soute uit nuwe ontwikkelings, kan 'n groot nadelige effek op die waterkwaliteit van die Bergrivier uitoefen. Gevolglik het dit ook 'n groot impak op besproeiingsaktiwiteite en die soutbalans van die omgewing.

Die dominante gronde aan die oewers van die Bergrivier, met Malmesbury-skalies as moedermateriaal, is ryk aan mobiliseerbare soute van mariene oorsprong (Fourie, 1976). Wanneer hierdie skaliegronde (ou koringlande) ontwikkel en oor lang tydperke besproei word, bestaan daar 'n groot gevaar van sout-uitwassing na die Bergrivier en verbrakking van laerliggende gronde. Dieper rooigronde wat uit ou silkreetlandskappe ontwikkel het en uit vervoerde pedisediment materiaal bestaan kom tussen-in voor, met 'n vermoedelike laer potensiaal vir sout-uitwassing. Huidige navorsing was tans nog nie in staat

om die lang- en korttermyn soutmobilisasie vanuit hierdie spesifieke gronde onder besproeiing te voorspel nie.

1.1.1. Navorsing op die Breë- en Bergrivier sisteme

Die Waternavorsingskommisie (WNK) is aktief betrokke by navorsing en ontwikkeling van besluitnemings-ondersteuningsmodelle t.o.v. die watersisteme in Suid-Afrika. Verwante navorsing op die Breëriviersisteem het die ontwikkeling van ‘n “A Daily Irrigation and Salinity Analysis System Model (DISA)” behels (Görgens *et al.*, 2000), asook studies wat die effek van marginale besproeiingswater op wingerde en gronde van die opvanggebied beskryf (Moolman *et al.*, 1999; de Clercq *et al.*, 2001).

Verskeie studies was vroeër veral op die Bo-Bergrivier opvanggebied gedoen om die besproeiingspotensiaal van gronde en effekte van boerderypraktyke op die rivierkwaliteit te ondersoek (Stofberg & Ferreira, 1978; Stofberg *et al.*, 1977; Du Plessis & Ellis, 1984). Toenames in ontwikkeling van veral die benede Bergrivier opvanggebied het hernude fokus geplaas op die impak van bestaande besproeiingsareas op die kwaliteit van die rivierwater. Modelling is ook noodsaaklik om huidige toestande te evalueer en toekomstige ontwikkelings se impak te simuleer. Die jongste ondersoek het die ontwikkeling van ‘n “Water Kwaliteit Informasie Sisteem” (WKIS) vir die Bergrivier opvanggebied behels. Modelling van die hoofstroom se vloei en kwaliteit, ‘n verkennings grondopname in die opvanggebied en gronde se gevaar vir verbrakking en soutmobilisasie was onderneem. Hierdie inligting was tesame met perseel-spesifieke (detail) veldwerk gebruik om die inligtingsisteem te ontwikkel (Görgens & de Clercq, 2002).

1.1.2. Omvang van studie

Hierdie studie vorm deel van die perseel-spesifieke veldwerk van die WNK-navorsing (Görgens & de Clercq, 2002) op die Bergrivier opvanggebied. Dit het ten doel om brakontwikkeling, soutverspreiding, sout-uitwassing en besproeiingsterugvloei prosesse van twee lokaliteite in die benede Bergrivier opvanggebied te beskryf. Die lokaliteite was gekies om nuut ontwikkelde persele en gevestigde persele onder besproeiing, asook dominante grondvorme, in te sluit. Verskeie metings van die kwaliteit en kwantiteit van die besproeiingsterugvloei was geneem om die proses te kwantifiseer en eenvoudige water-en soutbalanse op te stel.

1.2. Doelstellings van studie

Water- en soutbalanse van geselekteerde gronde in die benede Bergrivier opvanggebied was beskryf, met spesifieke verwysing na twee hoof grondpatrone en aanplantingsjare. Dit het op die volgende gefokus:

- Faktore wat grondwaterbestuur beïnvloed, naamlik growwe fragment fraksie, waterhouvermoë, worteldiepte, soutinhoud, klimaat, dreinerings en helling.
- Totale soutinhoud en -verspreiding van dominante grondvorme te karakteriseer met elektriese geleivermoë (EG) as indikator. Waargenome variasie was aan die hand van moedermateriaal, besproeiing en tydsverloop bespreek.
- Opstel van eenvoudige water- en soutbalanse vir proefpersele deur 'n massabalans te gebruik. Met die modellering van soutlading van besproeiingssterugvloei was meer as een maatstaf van dreineringssterugvloei kwaliteit gebruik en vergelyk met die waargenome verandering in grondprofiel.

HOOFSTUK 2: LITERATUUROORSIG OOR SOUTGEVAAR, SOUTBEWEGING IN GRONDE EN DIE MODELLERING DAARVAN

2.1. Inleiding

Besproeiing is noodsaaklik vir die hele mensdom se welstand en is al vir etlike millennia die fondasie van beskawings in sekere wêrelddele. Dit speel 'n noemenswaardige rol in plaaslike, nasionale en internasionale ekonomieë, maar het ook al baie probleme soos versouting van land- en waterhulpbronne, skade aan ekosisteme en verreikende sosio-ekonomiese en kulturele effekte geskep (Van Schilfgaarde, 1990; 1994; SA Waterbulletin, 2001).

Navorsing fokus al vir etlike jare op oorsake, ontwikkeling, bestuur, effekte en gevolge van hoë soutkonsentrasies in gronde, plante en waterweë (Tanji, 1990; Rowell, 1994). Gebruik van marginale kwaliteit water se effek op spesifieke gewasse en gronde (Meiri, 1984; De Clercq *et al.*, 2001), beheer en bestuur van brak, modellering van water- en soutbalanse (Flügel, 1993; Montas *et al.*, 1997) en bepaling van terugvloei-kwaliteit en -kwantiteit onder verskeie verbouingspraktyke (Flügel, 1991; Ayars & Meek, 1994), is navorsingsvelde wat baie aandag geniet. Water- en soutbalansmodelle is belangrik in landbou omdat hulle hidrologiese prosesse meer verstaanbaar maak, bestuurspraktyke verbeter en voor en nadele van landgebruik en ontwikkeling evalueer (Görgens, 1985; Russo & Dagan, 1993; Spruill *et al.*, 2000).

Besproeiing van droëland boerderygebiede (reënval afhanklike) versteur die hele grond-plant-water kontinuum en verplasing van soute a.g.v. groter watervolumes en menslike aksies vind plaas (Bresler *et al.*, 1982). Verbeterde besproeiing- en dreineringsbestuur kan dreineringsvolumes beheer. Dreineringswaterkwaliteit is egter 'n funksie van die soort moedermateriaal, kontakperiode van water met grond, besproeiingsbestuurspraktyke gevolg en aanvanklike besproeiingswaterkwaliteit (Ayars & Meek, 1994). Hillel (1980), beklemtoon die gesamentlike beweging en interaksies tussen grondwater en soute om grondvrugbaarheid te verbeter deur voedingstowwe in wortelzones te beheer, asook voorkoming van versouting en versuring. Hy wys op die groot variasie waarbinne soutkonsentrasies binne grond-water verwantskappe kan voorkom, vanaf 5-10 mg.L⁻¹ in reënwater, tot 1000 mg.L⁻¹ in besproeiingswater en so hoog as 10 000 mg.L⁻¹ in dreineringswater vanuit brakgronde.

2.2. Effekte van hoë soutkonsentrasies op tafeldruiwe

Tafeldruiwe word geklassifiseer as matig sensitief tot sensitief vir hoë soutkonsentrasies in gronde in studies waar groei of opbrengs met diepte-geweegde gemiddelde soutinhoud, onder een dimensionele watervloei vergelyk word (Maas & Hoffman, 1977; Maas, 1990). Moolman *et al.* (1999) en De Clercq *et al.* (2001), het van die mees onlangse studies op wyndruiwe se reaksie t.o.v. hoë soutinhoud in gronde en besproeiingswater in die Breëriviervallei uitgevoer. Ten spyte van die studies is daar egter leemtes aan literatuur vir spesifiek tafeldruif-reaksies en studies op vrugtebome en wyndruifkultivars word derhalwe ook ingesluit.

In baie gevalle inhibeer hoë soutkonsentrasies groei en opbrengs sonder dat sigbare simptome daarvan by wingerdstokke voorkom. Dit hou verband met die laer osmotiese potensiaal van grondwater a.g.v. hoë soutkonsentrasies wat plante strem. Sigbare simptome, soos blaarskroei wat deur loofsterftes gevolg word, word aan spesifieke toksiese ioon effekte toegeskryf (Kishore *et al.*, 1985; Moolman *et al.*, 1999).

In druiwe wys 'n hoë chloriedkonsentrasie in petiole en laminae van blare of dit aan hoë soutkonsentrasies blootgestel was. Blaarchloried konsentrasies is van die mees betroubaarste wyses om opbrengsreaksies a.g.v. hoë soutinhoud te meet (Prior *et al.*, 1992b). Fisiologies is gevind dat hoë soutkonsentrasies verlaagde huidmondjiegeleivermoë en fotosintese in Sultana wingerdstokke veroorsaak. Hierdie verlaging was sterk met blaarchloriedinhoud gekorreleer. Deur suikerinhoud in Sultana korrels as kwaliteitsindeks te gebruik, was gevind dat suikerinhoud na 5-6 jaar se hoë souttoestande gedaal het (Proir *et al.*, 1992a).

Soutaansameling kan oor jare in wingerdstokke plaasvind terwyl dit aan hoë soutkonsentrasies blootgestel word. Verskeie studies het al die effek van hoë soutinhoud in gronde en besproeiingswater ondersoek om vas te stel wat plante se reaksie (groei en opbrengs) oor tyd teenoor soutgevaar was (Hoffman *et al.*, 1989; Proir *et al.*, 1992a,b,c). Natriumkonsentrasies van so laag as 5 mol.m^{-3} in grondwater kan skade aan wingerdstokke veroorsaak, alhoewel simptome nie dadelik sigbaar is nie (Maas, 1990). Soos sagtehout na hardehout omgesit word, word natrium oor 'n periode van drie tot vier jaar vrygestel en na blare vervoer waar dit blaarskade veroorsaak. Natrium en chloried kan so oor jare tot hoë konsentrasies in plante aansamel en elke jaar groter en vroeër blaarskade veroorsaak (Hoffman *et al.*, 1989). Dit verduidelik vrugtebome en wingerdstokke se geneigdheid om meer sensitief te raak vir hoë soutinhoud met ouderdom. Shalhevet (1994), bevestig in sy oorsig van marginale kwaliteit water se gebruik in gewasverbouing, dat die

dominante effek van hoë souttoestande op plante oor tyd die lengte van blootstelling aan souttoestande was.

Die drie elemente van klimaat wat plante se soutbestandheid en soutreaksie die meeste beïnvloed is temperatuur, humiditeit en reënval. Hiervan is temperatuur die mees kritiese aangesien dit stremmingsvlakke waaraan plante onderwerp is verhoog, deur verhoogde transpirasie en/of die effek daarvan op biochemiese transformasies in blare self (Shalhevet, 1994). Prior *et al.* (1992b) het getoon dat blaarskade op sultanas wat in maande van hoë temperature voorgekom het meer aan klimaatstemming as aan hoë chloried- of natriumkonsentrasies gekoppel was. Onder ekstreme klimaattoestande soos hoë temperature en lae humiditeit, kan 'n plant se soutbestandheid dus verander en meer sensitief vir hoë soutkonsentrasies in gronde raak.

2.3. Maatstawwe van soutgevaar

'n Soutgevaar ontstaan as soute in die wortelsone aansamel tot konsentrasies wat groeivertraging en opbrengsverliese tot gevolg het en/of waar 'n grond se fisiese eienskappe a.g.v. hoë soutkonsentrasies verswak (Tanji, 1990).

2.3.1. Elektriese geleivermoë

Meting van elektriese geleivermoë (EG) in grondstudies word gebaseer op die beginsel dat die grootte van 'n elektriese stroom wat deur 'n soutoplossing, onder standaard toestande gelei word, sal toeneem soos die soutinhoud van die oplossing verhoog (James *et al.*, 1982). Spesifieke elektriese geleivermoë van 'n 40% water versadigde grondekstrak (EG_e) word algemeen as indeks van 'n grond se soutinhoud gebruik (Moolman, 1989). EG_e kan met redelike akkuraatheid na totale opgeloste vastestowwe (TOV) in 'n grond m.b.v. Vergelyking 2.1 herlei word (Richards, 1954). Die faktor waarmee EG_e vermenigvuldig word kan wissel vanaf 6.4 tot 8 in baie soutryke water en is verder ook 'n funksie van die ioniese samestelling van die oplossing (Keren, 2000).

$$TOV (mg.L^{-1}) = EG (mS.m^{-1}) \times 6.4 \quad [2.1]$$

Beide EG en TOV is maatstawwe van soutinhoud wat op hul beurt indikasies van osmotiese potensiale van grondwateroplossings gee. Beide kan omgeskakel word na osmotiese potensiaal om die gemak waarmee plantwortels beskikbare water kan opneem en/of plantstremming, te toon (Shainberg & Oster, 1978).

Om algemene verwantskappe tussen soutinhoud van grond (EG_e), besproeiingswater (EG_w) en grondwater (EG_{gw}) te beskryf word verskeie afleidings en veralgemenings gebruik (gespesifiseerde logingsfraksies). Vergelykings 2.2, 2.3 en 2.4 is verwantskappe en voorspellings op logingsfraksies tussen 15-20 % gebaseer (Ayers & Westcott, 1989).

$$EG_{gw} = 3 EG_w \quad [2.2]$$

$$EG_e = 1.5 EG_w \quad [2.3]$$

$$EG_{gw} = 2 EG_e \quad [2.4]$$

EG_{gw} varieer egter na gelang van grondwaterinhoud en word meer gekonsentreerd soos plante water opneem, water verdamp en water uit wortelzones beweeg. Bepaling van werklike soutinhoud van grondwateroplossings *in situ* gee 'n indikasie van EG_{gw} en gepaardgaande osmotiese druk waaraan plantwortels blootgestel word. Verskeie metodes is al ontwikkel om EG_{gw} te bepaal en te evalueer t.o.v. hul akkuraatheid en toepasbaarheid, waarvan grondlisimeters die voordele het om deurlopend gemoniteer te word en nie-destrukties is (Grossmann & Udluft, 1991).

Plante reageer op gemiddelde wortelzone soutinhoud en nie op die uiterstes van boonste en onderste zones nie. Diepte geweegde gemiddelde EG_e van wortelzones is die beste maatstaf van effektiewe soutinhoud in 'n grondprofiel wanneer soute nie-uniform oor diepte versprei is. Deur dit te integreer oor tyd word die beste maatstaf van effektiewe souttoestande waaraan plante blootgestel word verkry (Maas, 1986; Shalhevet, 1994). Wanneer konvensionele metodes van oppervlakbenutting op 'n nie-gereelde basis gebruik word, korreleer gewasopbrengs die beste met diepte geweegde gemiddelde wortelzone EG_e . Met gereelde besproeiingsmetodes (gelokaliseerde en drup) korreleer opbrengs weer beter met die waterverbruik geweegde wortelzone EG_e .

Oor die algemeen kom oesverliese by sensitiewe gewasse voor as EG_e $1.3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ oorskry en by matig sensitiewe gewasse as dit $1.3\text{-}3.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ oorskry (Maas, 1986). Soutryke gronde word in die algemeen geklassifiseer as die met 'n EG_e van $> 400 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Richards, 1954). Dit is egter belangrik om te beklemtoon dat hierdie norm tussen gewasse en grondspesifieke toestande wissel (James *et al.*, 1982).

2.3.2. Natriumadsorpsieverhouding

Oormatige konsentrasies van natrium in gronde en besproeiingswater, as uitruilbare natrium persentasie (UNP) gemeet, het 'n nadelige effek op grondstruktuur. UNP is egter moeilik om op 'n gereelde basis te bepaal en natriumadsorpsieverhouding (NAV) word eerder bepaal, waarna UNP van die NAV/UNP verwantskap afgelei word (Bresler *et al.*, 1982). NAV word volgens Richards

(1954) se metode bereken en gee 'n indikatie van die verhouding waarin natrium die uitruilkompleks oorheers. Beide EG_w en NAV het 'n groot invloed op infiltrasietempo's van gronde. Besproeiingswater met lae EG_w ($> 20-50 \text{ mS.m}^{-1}$) loog baie soute veral kalsium. Saam met hoë NAV-waardes kan dit tot klei-dispersie en korsvorming aan die oppervlak lei. Oor die algemeen neem infiltrasie toe met verhoogde EG_w en af met verlaagde EG_w en/of verhoogde natriumkonsentrasies relatief tot magnesium en kalsium (NAV) in besproeiingswater (Agassi *et al.*, 1981; Levy, 2000).

2.3.3. Spesifieke ioontoksisiteit

Buiten hoë soutinhoud en natriumgevaar in besproeiingswater en grondwater is sekere gewasse baie sensitief vir matig tot hoë konsentrasies van spesifieke ione, sogenaamde spesifieke ioontoksisiteit (Shainberg & Oster, 1978; Keren, 2000). Meeste vrugtebome en wingerde is vir beide osmotiese stremming en spesifieke ioon effekte sensitief met 'n toenemende sensitiwiteit vir toksiese ioon konsentrasies soos blootstelling aan hoë soutkonsentrasies toeneem. As soute egter tot spesifieke toksiese konsentrasies aansamel is dit die gesamentlike effek van osmotiese stremming en spesifieke ioontoksisiteit wat opbrengs en groei onderdruk (James *et al.*, 1982).

'n Vergelykende studie deur Kishore *et al.* (1985) beskryf die effekte van verskillende soute op groei van wingerdstokke. Chloriedsoute het meer blaarskade in vergelyking met sulfaat- en karbonaatsoute by dieselfde konsentrasies veroorsaak. Natrium en kalium het groei ook meer as kalsium en magnesium vertraag. Simptome van toksiese chloriedkonsentrasies in vrugtebome en wingerdstokke wissel van blaarpuntnekrose, totale blaarnekkrose, vroeë blaarval, totale blaarverlies, loot en tak terugsterwing tot in ergste gevalle van totale afsterwing (Moolman *et al.*, 1999).

Chloried word vinniger as natrium opgeneem en in blare gestoor wat daartoe lei dat chloriedtoksisiteit vinniger wys, erger is en in meer kultivars na vore kom (Hoffman *et al.*, 1989; Maas, 1990). Maksimum toelaatbare chloriedkonsentrasies in grondwater vir onderstokke (Salt Creek en Dog ridge) voordat blaarskade voorkom is as $60-80 \text{ mol.m}^{-3}$ aangeteken en vir tafeldruiwe $20-40 \text{ mol.m}^{-3}$ (Thompson seedless en Cardinal). Die groot verskille wat voorkom tussen wingerdvariëteite word gekoppel aan onderstokke se vermoë om chloried te akkumuleer (Bernstein *et al.*, 1969). Boor is nog 'n belangrike ioon t.o.v. spesifieke ioontoksisiteit, aangesien dit algemeen is in ou mariene sedimente en 'n nou grens tussen tekort en toksiese konsentrasies toon (Keren, 2000).

2.3.4. Reaksie-funksies

Soutkonsentrasies in gronde en besproeiingswater kan in reaksie-funksies (vergelykings) gebruik word om hul effek op groei en opbrengs te evalueer en te voorspel (Maas, 1986). Reaksie-funksies is veral van nut waar drempel soutkonsentrasies of logistiese vergelykings gebruik word om hoë soutkonsentrasies se invloed oor tyd te evalueer en modelleer (Prior *et al.*, 1992a; Hoffman *et al.*, 1989).

2.4. Faktore wat soutbalanse beïnvloed

Soutkonsentrasies fluktureer binne gronde volgens die besproeiingswaterkwaliteit, besproeiingsbestuur, effektiwiteit van dreinerings en sekere grondeienskappe (Ayers & Westcott, 1989). Soos grondwater deur 'n profiel beweeg, beweeg opgeloste soute daarmee saam en sommige word deur prosesse soos adsorpsie, plantopname of presipitasie agtergelaat. Terselfdertyd reageer opgeloste soute in grondwater met mekaar en met die grondmatriks in 'n kontinueerende sikliese opeenvolging van fisiese en chemiese prosesse. Hierdie prosesse word deur faktore soos suurtoestande, temperatuur, oksidasie-reduksie toestande en grondwateroplossings se samestelling en konsentrasies beïnvloed (Bresler, 1981). Dis noodsaaklik om ruimtelike variasie binne 'n grond in ag te neem as die soutbalans daarvan ondersoek word. Faktore soos deeltjiegroottesamestelling, veldkapasiteit (VK), posisie van grondmonsterneming en bogenoemde invloede van besproeiing en logging dra almal by tot ruimtelike variasie binne gronde (Du Toit, 1995).

2.4.1. Besproeiing

Besproeiing is een van die mees dramatiese wyses waarop menslike aktiwiteite die grondomgewing kan beïnvloed. Grondgenese is 'n stadige proses en in ariede en semi-ariëde gebiede is chemiese grondsamenstelling onder andere die resultaat van watertekort en hoë temperature. Sulke gronde bevat gewoonlik baie onverweerde minerale en groot hoeveelhede oplosbare soute. Wanneer besproeiing toegepas word, word die ewewig versteur en verwerking versnel. Die oplosbare soute wat uit profiele deur besproeiing gewas word, eindig langs verskeie roetes in riviersisteme wat ekologiese balanse dramaties beïnvloed (Bresler *et al.*, 1982).

Daar is 'n duidelike verwantskap tussen verlaagde opbrengs a.g.v sout toename in gronde en waterverbruik van gewasse. Hoë soutkonsentrasies en waterstremming het gesamentlik 'n verlagingseffek op transpirasie en oesopbrengs hoewel hul kwantitatiewe effek nie identies is nie.

Internasionale literatuur wys daarop dat waterstremming 'n groter effek as soutstremming op groeivertraging het (Meiri, 1984). Onder homogene veldtoestande, met lae logging en bestendige vloeitoestande, sal soutkonsentrasie tot by die onderpunt van die wortelsone toeneem met diepte. Tydens onbestendige vloeitoestande kan die maksimum soutkonsentrasie egter op enige diepte voorkom, terwyl hoë evapotranspirasie tot 'n aansameling van soute aan die oppervlak lei. Vlak watertafels kan weer tot toename in soutkonsentrasie van die ondergrond lei. Slegs onder toestande van baie hoë logging sal uniforme soutprofiële binne gronde ontwikkel (Shalhevet, 1994). Sulke homogene toestande word egter selde binne natuurlike gronde aangetref. Besproeiing beïnvloed soutverspreiding in grondprofiële uiteenlopend volgens profielmorfologie, besproeiingsmetode, besproeiingswaterkwaliteit en heersende logingsfraksies.

2.4.1.1. Besproeiingsmetode

As na transpirasie gekyk word kan besproeiingbestuursmetodes, soutbestandheid van gewasse op drie wyses beïnvloed. Dit sluit benatting van blaaroppervlaktes, verandering van sout- en waterverspreiding in gronde en hoër besproeiingsfrekwensies in (Shalhevet, 1994). Drup- en mikrobeproeïing het die voordeel dat geen blaarbenatting met watertoediening plaasvind nie. 'n Verdere voordeel van gelokaliseerde besproeiing (drup en mikro) is die soutverspreiding daaronder en handhawing van konstante hoë matrikspotensiale. Die tipe besproeiingstelsel het dus 'n noemenswaardige invloed op soutverspreiding binne gronde (Bowman & Nakayama, 1986; Moolman, 1989). Soos wat besproeiingsfrekwensies meer raak, raak die verdampingskomponent van evapotranspirasie ook meer. Dit lei tot verdere watertoediening en beperking van waterstremming tussen besproeiings. Verhoogde volumes water wat so toegedien word of slegs verhoogde frekwensie van kleiner volumes lei tot groter souteaansameling in gronde, afhangende van of dreinerings plaasvind asook die soutlading in besproeiingswater (Bowman & Nakayama, 1986).

Ayers & Westcott (1989), toon dat soutakkumulering algemeen tydens gelokaliseerde besproeiing voorkom. Soute versamel aan die grondoppervlak tussen leweringspunte en op rante van benatte areas. Oor tyd kan dit tot noemenswaardige konsentrasies aansamel en tydens reën weer in die wortelsone ingewas word. Moolman (1989), het verspreiding en totale opgeloste vastestowwe (TOV) onder drup besproeiingstelsels in wingerde ondersoek. Soutinhoud het eksponensieël met afstand vanaf druppers toegeneem en beduidende hoër waardes word tussen wingerdrye teenoor posisies in wingerdrye gevind. Buite wingerdrye neem soutkonsentrasies beduidend met diepte af, maar in die ry was dit konstant tot op 1m. Diepte, afstand vanaf drupper en relatiewe posisie t.o.v.

druppers kon gebruik word om 52 % van variasie in soutinhoud te voorspel. Daar is duidelike verskille in grondwaterinhoud van die benattingsarea rondom mikrosputte, as posisies naby mikro's in wingerdrye met posisies op buiterande vergelyk word (Du Toit, 1995). Mikro-besproeiing toon oor die algemeen 'n swak toedieningsverspreiding oor die benattingsarea, alhoewel herverspreiding in gronde a.g.v. grondwaterpotensiaalgradiënte tot uniforme grondwatersverspreiding kan lei (Koumanov *et al.*, 1997). Wateropname patrone toon afnames vanaf druppers en tesame met soutverspreiding lei dit tot wortelverspreidingspatrone wat gekonsentreer word onder druppers (Moolman, 1989). Met mikro-besproeiing word 'n aansienlik groter oppervlakte benat as tydens drup-besproeiing wat tot 'n groter wortelstelsel en gepaardgaande reservoir vir voedingstowwe en water lei. In uniform getekstuurde grondprofiële voorkom die groter benattingsoppervlakte van mikro-besproeiing die ontwikkeling van gelokaliseerde soutakkumulase en ontwikkel soutverspreidings wat tipies laag is naby die oppervlakte en met diepte toeneem (Koumanov *et al.*, 1997).

2.4.1.2. Kwaliteit van besproeiingswater

Besproeiingswaterkwaliteit kan saam met logingsfraksies, verwerkingstempo's, soutoplosbaarhede en gemete partiële koolstofdiodiedruk gebruik word om m.b.v. van rekenaarsimuleringsmodelle die kwaliteit van dreineringswater te bepaal. Dit maak evaluering van besproeiingswater t.o.v. soutnatrium- en besoedelingsgevaar moontlik (Oster & Rhoades, 1975). In Tabel 2.1 word 'n kort opsomming van die interpretasie van besproeiingswaterkwaliteit volgens die effek daarvan op grondwaterbeskikbaarheid, infiltrasie en spesifieke ioontoksisiteit gegee.

Tabel 2.1. Riglyne vir die bepaling van besproeiingswater se kwaliteit vir besproeiing van tafeldruie (Ayers & Westcott, 1989).

Potensiële besproeiings probleem		Eenhede	Graad van beperking op gebruik		
			Geen	Effens tot Matig	Groot
Soutkonsentrasie	EG_w	dS.m ⁻¹	1.0	1.0 – 2.7	> 2.7
	TOV	mg.L ⁻¹	<630	630 – 1700	> 1700
Infiltrasie					
	NAV		EG_w		
	=	0 – 3	> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
	=	3 – 6	> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
	=	6 – 12	> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
	=	12 – 20	> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
	=	20 – 40	> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Spesifieke ioontoksisiteit (Oppervlak besproeiing)					
	Natrium (Na⁺)	me.L ⁻¹	< 20.0	-	-
	Chloried (Cl)	me.L ⁻¹	< 4.0	4.0 – 15.0	> 15.0
	Boor (B)	mg.L ⁻¹	< 1.0	1.0 – 3.0	> 3.0
	Bikarbonaat	me.L ⁻¹	< 1.5	1.5 – 7.5	> 7.5
	Nitrat (NO₃⁻)	mg.L ⁻¹	< 4.0	4.0 – 10.0	> 10.0

2.4.1.3. Logingsfraksie

Loging (dreinerings) van soute word verkry as die grondprofiel sy maksimum waterhouvermoë bereik en grondwater verby die wortelsone perkoleer. Die fraksie van besproeiingswater wat verby die wortelsone beweeg en daaronder uitperkoleer (dreineer) word die logingsfraksie (LF) genoem. Na verskeie opeenvolgende besproeiings sal EG_e 'n ewilibrum bereik, gebaseer op EG_w en LF. 'n Hoë LF veroorsaak minder souteansameling as 'n lae LF en as LF en EG_w bekend is kan beide soutinhoud van dreineringswater (EG_{dw}) en gemiddelde wortelsone soutkonsentrasies empiries m.b.v. Vergelyking 2.5 bereken word (Bowman & Nakayama, 1986).

$$EG_{dw} = EG_w / LF \quad [2.5]$$

Onder veldtoestande is LF egter selde konstant en kan dit aansienlik met verloop van die besproeiingseisoen afneem, soos wat ET styg. Dit lei tot groter soutkonsentrasies in dreineringswater (Moolman, 1985). Ayars en Meek (1994), het lading-vloei verwantskappe van dreineringswater uit besproeiende landskappe in die San Joaquin-vallei in Kalifornië bestudeer. Resultate het reglynige verbande tussen dreineringswaterhoeveelhede en totale soutlading getoon. Dus, hoe meer water dreineer hoe meer soute word verwyder. Meervoudige analyses maak dit ook moontlik om hierdie konsentrasie/vloei verwantskappe van dreineringswater vir gronde met groot variasie in grondtipe en bestuurspraktyke te karakteriseer, deur slegs enkele verwantskappe te identifiseer (Ayars & Meek, 1994).

Waar besproeiing in semi-ariëde gebiede toegepas word, is dreinerings noodsaaklik. 'n Afwaartse vloei in die profiel is nodig om aansameling van hoë soutkonsentrasies te voorkom. As natuurlike dreinerings nie voldoende hiervoor is nie moet dreineringsstelsels geïnstalleer word. Tesame hiermee moet terugvloei na riviersisteme so beheer word dat dit nie tot oormatige versouting lei nie. Met besproeiingsbestuur kan LF bestuur word om optimum gewasgroei te verseker en terselfdetyd soutmobilisering in dreineringswater te beperk (Van Schilfgaard, 1990). Nie alle water wat diep perkoleer (dreineer) bereik die riviersisteme as besproeiingsterugvloei nie. In sommige gevalle kan meer as die helfte daarvan na diepgeleë waterliggame wegdreineer (Moolman, 1982).

2.4.2. Grondeienskappe

Grondeienskappe wat soutbestandheid van gewasse beïnvloed en daarom by die ondersoek van soutbalanse in gronde in ag geneem moet word, is vrugbaarheid, tekstuur en struktuur. Shalhevet (1994), maak die stelling dat onder toestande van hoë vrugbaarheid (opbrengs), daar 'n groter afname in opbrengs sal wees per eenheidstoename in soutkonsentrasie as by lae vrugbaarheidstoestande. By lae vrugbaarheidsvlakke is opbrengs alreeds laag en hoër soutkonsentrasies het gevolglik minimale verdere negatiewe effekte op oesgroottes.

2.4.2.1. Tekstuur en struktuur

Grondtekstuur en struktuur se invloed op opbrengs a.g.v verhoogde soutkonsentrasies, word weerspieël in hul invloed op infiltrasietempo en grondwaterstoringsparameters (Warrick, 1986; Levy, 2000). Veldkapasiteit (VK), planttoeganklike water (PTW) en permanente verwelkpunt (PVP) beïnvloed die waterbalans en dus indirek soutbeweging. Gronde kan selfs volgens tekstuurklasse saamgegroepeer word om VK en PVP binne sekere grense te voorspel (Roa, 1998). Sanderige gronde se waterhouvermoë is laer as leem gronde wat weer laer is as klei gronde. Teen dieselfde evapotranspirasietempo sal sanderige gronde meer water verloor as kleierige gronde, wat tot versnelde toename in soutkonsentrasies van sanderige grond se grondwater sal lei.

Loging is baie afhanklik van 'n grond se waterhouvermoë. Dieselfde volume water toegedien sal 'n sanderige grond se porievolume met 'n klein waterhouvermoë, met 'n groter faktor as die van 'n kleierige grond verplaas. Dit lei dan tot 'n meer deeglike verwydering van die geakkumuleerde soute in 'n sanderige as in 'n klei grond (Roa, 1998). Proir *et al.* (1992c) het getoon dat Sultana's meer skade opgedoen het in klei gronde as in sanderige gronde wanneer dit met natriumryke water besproei word. Worteldiepte en -digtheid was laer in klei gronde en tekstuur effekte op opbrengs is aan verlaagde loging en hoër soutinhoud in kleierige gronde toegeskryf.

Strukturele agteruitgang van gronde word nie net bepaal deur sout- en natriumgevaar waaraan hulle onderhewig is nie. Klei-tipe, teenwoordigheid van organiese en metaaloksied bindingsmateriaal, asook die hoeveelheid klei, bepaal in 'n groot mate gronde se reaksie tot hoë sout- en natriumkonsentrasies (Aggassi *et al.*, 1981; Levy, 2000). Dit is moontlik om gronde te klassifiseer volgens: 1) gronde wat vinnig agteruitgaan as hulle met lae kwaliteit water (hoë soutinhoud) besproei word, 2) gronde wat stabiel en hoogs geoksideer is en nie degradeer onder besproeiing met lae kwaliteit water nie en 3) gronde wat in hul natuurlike toestand hoë soutkonsentrasies bevat.

Tanji (1990), het ook aangedui dat gronde met tussen 15-30% klei en minder as 1.5% organiese koolstof 'n hoë potensiaal vir korsvorming toon. Hierdie potensiaal word verhoog as besproeiingswater 'n EG_w het wat tot lae infiltrasietempo's lei.

2.4.2.2. Hidrouliese geleivermoë

Hidrouliese geleivermoë is 'n maatstaf van die gemak waarmee water deur grond beweeg en word gedefinieer as die volume vloeddigtheid van water per eenheidsgradiënt van hidrouliese hoogte. Waterge vulde porieë se grootte en aaneenlopendheid bepaal die hidrouliese geleivermoë van grond. Aangesien hidrouliese geleivermoë van 'n grond of grondlaag die tempo van watervloei en verspreiding daarvan binne 'n grondprofiel bepaal, bepaal dit ook die vervoer en verspreiding van opgeloste soute in 'n grondprofiel (Abu-Sharar *et al.*, 1987; Rowell, 1994)

Rawls *et al.* (1998), beskou versadigde hidrouliese geleivermoë as die mees kritiese hidrouliese eienskap van gronde. In sy studie ondersoek hy die voorspelbaarheid van versadigde hidrouliese geleivermoë deur grondparameters te gebruik wat hidrouliese geleivermoë van gronde beïnvloed nl: grondtekstuur, bulkdigtheid en grondwaterretensiekrommes. Grondwaterretensiekrommes van klipryke gronde kan bevredigend voorspel word deur 'n faktor wat vir growwe fragment persentasies kompenseer (Russo, 1983; Knight, 1991). Maraux *et al.* (1998) het in sy evaluering van verskillende waterbalansmodelle getoon dat evapotranspirasie en dreinerings slegs 'n matige sensitiwiteit toon vir ruimtelike variasie in gronde se hidrouliese eienskappe, teenoor finale waterinhoud wat groter sensiwiteit toon.

Oplosbare soute in besproeiingswater of grondwater kan hidrouliese geleivermoë van gronde tot 'n groot mate beïnvloed. Dit gebeur as hoë Uitrustbare natrium persentasies tesame met lae soutkonsentrasies voorkom wat tot klei-dispersie lei en gevolglike korsvorming, asook blokkering van porieë (Shainberg *et al.*, 1981; Abu-Sharar *et al.*, 1987). Die ruimtelike verspreiding van sout rondom 'n punt toediening, soos 'n drupper, word bepaal deur die hidrouliese eienskappe van die grond en die heersende logingsfraksies. 'n Verandering van enige van hierdie twee sal sout verspreidingspatrone ook verander (Warrick, 1986).

2.4.2.3. Growwe fragment inhoud en voorkeurvloei

Aanvanklike grondbewerkingsaksies, tesame met 'n groot persentasie growwe fragmente kan tot groot porieruimtes en makroporiekanale in gronde lei. Vertikale kortpad- en voorkeurvloei deur hierdie ruimtes lei tot ondergrondse dreinerings, nog lank voor sywaartse herverspreiding versadiging van die hele solum kon bewerkstellig (Russo, 1983; Knight, 1991). Kortpadvloei deur makroporieë het tot gevolg dat meer water toegedien moet word om loging van soute te bewerkstellig, aangesien tot 98% van die toegediende water, tydens versadigde toestande, geen matriksvloei tot gevolg kan hê nie.

Montas *et al.* (1997) ondersteun die uitgangspunt dat voorkeurvloei die mees dominante vervoer sisteem van opgeloste stowwe in landbougronde verteenwoordig. Heterogeniteit in die vloeipatrone van dreineringswater ontstaan a.g.v. spasies tussen aggregate of growwe fragment fraksies, erdwurm- en mierkanale, wortelkanale of enige area met lae weerstand vir vloei. Sulke vloei-richtings veroorsaak dat opgeloste stowwe wat aan die oppervlak toegedien word vinnig deurvloei en in die grondwater en ondergrondse dreinerings beland, terwyl soute wat oorspronklik in die grondprofiel was, oneffektief geloog word (Russo, 1993).

2.4.3. Soutbronne

Hoofbronne van soute in ariede en semi-ariëde landskappe is reënval, minerale verwerking, "fossiele" soute en oppervlak en sub-oppervlak waters wat geakkumuleerde soute oor landskappe herversprei. Laasgenoemde is in baie gevalle die gevolg van menslike aktiwiteite, terwyl chemiese toedienings in landbou nog 'n menslik beheerde bron van soute is (Bresler *et al.*, 1982; Van Scilfgaarde, 1994).

Atmosferiese soute afkomstig vanaf die see en industriële ontwikkelings word d.m.v. reënval tot die grond toegevoeg. Alhoewel dit slegs enkele kilogram per hektaar per jaar behoort kan dit tot aansienlike soutaansameling oor jare lei, veral naby die see. Minerale verwerking is 'n funksie van heersende klimaat en tipe moeder materiaal. Ariede en semi-ariëde gronde besit oor die algemeen groot hoeveelhede onverweerde primêre minerale. Dit dien as goeie plantvoedingsbronne, maar kan ook soutakkumulering bevorder (Keren, 2000). Minerale verwerking is 'n stadige natuurafhanklike proses, maar fisiese en chemiese verwerking word deur grondvoorbereidings en daaropvolgende besproeiings versnel. Die grootste bron van soutakkumulering in ariede landskappe is egter "fossiel"-soute. Dit is afkomstig vanaf soutneerslae en aansamelings uit vroeë tye of vanaf vasgevangde oplossings in ou mariene sedimente (Bresler *et al.*, 1982).

Bemesting (in die grond, op die oppervlak of deur blaartoedienings), plaagdoders en insekdoders is almal addisionele menslike soutbronne in die soutbalanse van gronde. Besproeiing en reënval wat hierdie toedienings opvolg, veroorsaak verspreiding en loging daarvan. Moolman (1985), het m.b.v. 'n simuleringsmodel getoon dat toediening van gips tot 1.2 t.ha^{-1} sout per jaar tot loging kan bydra.

2.4.4. Klimaat

In paragraaf 2.2 se einde word verwys na klimaatsfaktore se invloed op plantreaksies onder hoë soutkonsentrasies. Heersende klimaat met die klem op reënval, temperatuur en humiditeit het dan ook 'n groot invloed op sout- en waterbalanse binne gronde. Ariede landskappe ontvang min reën en hoë temperature is algemeen. Dit lei tot gronde met 'n lae organiese materiaal inhoud, lae fisiese en chemiese verwerking, asook lae loging van soute. In humiede omgewings met hoë reënval het gronde 'n natuurlike hoër organiese materiaal inhoud, hoër fisiese en chemiese verwerking en vind loging van soute op 'n groter skaal plaas (Aubert & Kovda, 1973).

2.4.5. Seisoenale verandering

Du Toit (1995), het die seisoenale verandering in grondwaterinhoud en EG_e van wingerdgronde in die Breëriviervallei onder drupperbesproeiing ondersoek. Groot verskille is tussen die begin en einde van die somerseisoen se NAV-waardes in die 0-30 cm sone waargeneem, met kleiner verskille in die 60-120 cm sone. Dit kan aan winterloging, wat onvoldoende was om uitruilbare natrium (Na) in dieper sones te verplaas, toegeskryf word. Besproeiing met brakwater in die somer laat EG_e van grondwater tot by sekere drempelwaardes styg, waarna dit weer teen die einde van die seisoen afneem. Die afname kan verklaar word deur die waarskynlike toename in loging a.g.v 'n afname in evapotranspirasie teen die einde van die seisoen. Verder dui die platowaarde op die ontstaan van 'n ewewigstoestand tussen soutlading in besproeiingswater en waterhuishouding van gronde (Ayers en Westcott, 1989; Du Toit, 1995).

2.5. Waterbalans

Om 'n waterbalans op te stel word sekere fisiese eienskappe van gronde benodig, sowel as alle hoeveelhede water wat in en uit die sisteem beweeg. Hiervoor is alle besproeiingshoeveelhede,

reënval, dreineringsverliese en evapotranspirasie nodig. Hillel (1980), beskryf 'n eenvoudige waterbalans (Vergelyking 2.6) deur volumes (V) water wat die sisteem inbeweeg gelyk te stel aan volumes wat verlore gaan.

$$V_i + V_r + V_g = V_{et} + V_h \quad [2.6]$$

i = besproeiing, r = reën, g = kapilêre styging van grondwater, et = evapotranspirasie, h = dreinerings

Modellering van waterbalanse benodig grondfisiese eienskappe soos waterretensie, veldkapasiteit (VK) en permanente verwelkpunt (PVP) (Roa, 1998). VK en PVP is beskikbare grondwater limiete, bepaal as grondwaterinhoud by potensiale van 0.33 (of 0.1) en 15 bar. Alhoewel sommige tekortkominge binne bogenoemde definisies voorkom is hul voldoende vir gebruik in praktiese grondwater simulاسies (Hillel, 1980).

Modelle om grond-water verwantskappe en vervoermeganismes van water in grond-plant-atmosfeer kontinue te beskryf, wissel van meganisties tot funksioneel (Addiscott & Wagenet, 1985; Russo & Dagan, 1993). Meganismes binne 'n model kan egter funksionele en meganistiese komponente bevat. Funksionele modelle varieer baie in hul benaderings, maar besit die gesamentlike eienskap dat fisiese eienskappe van watervervoer vereenvoudig word, soos bv. om kapilêre styging te ignoreer. Voorbeelde van funksionele modelle is FAO- en Ritchie-modelle (Maraux *et al.*, 1998). Die FAO-model beskryf gronde as 'n enkele reservoir wat volgens waterinhoud, wat daagliks fluktueer na gelang van reën, dreinerings en ET, gekarakteriseer word. In die Ritchie-model word gronde as 'n multi-gelaagde grondprofiel beskou (Moolman, 1985; Maraux *et al.*, 1998). Maksimum ET word in verdamping en transpirasie opgedeel, terwyl dreinerings plaasvind as grondwaterinhoud, veldkapasiteit in die onderste grondlaag oortref. Meganistiese modelle word op die Richards-vergelyking vir watervloei in onversadigde sones gebaseer. Dit gebruik fisies gebaseerde voorstellings om waterbeweging as 'n dinamiese sisteem te simuleer (Maraux *et al.*, 1998). Vir hierdie modelle om toepasbaar te wees moet sekere aannames t.o.v. uniformiteit en homogeniteit van gronde gemaak word (Addiscott & Wagenet, 1985; Roa, 1998).

Die meer eenvoudige funksionele waterbalansmodelle word in veldtoepassings en groot studie areas verkies. Voorbeelde van grondwaterbalansmodelleringstoepassings sluit in: besproeiingsbehoefte, gewas-watertekort effekte, besproeiingskedules, gewas opbrengste, afloop voorspelling en voorspellings van watertafel aanvulling. In meer onlangse gebruike word dit geïnkorporeer in regionale waterskeiding bewarings- en bestuursmodelle en gevorderde toepassing in besluitneming ondersteuning d.m.v. besproeiingsskedulering (Roa, 1998).

2.6. Soutbalans

Modelle wat die vervoer van opgeloste stowwe beskryf sluit in, multi-dimensionele vloei-richting benaderings, multi-horison modelle waar die grond in verskillende horisonte met unieke eienskappe opgedeel word en enkellaag modelle waar 'n gemiddelde vervoervergelyking op die hele profiel toegepas word (Montas *et al.*, 1997). Soutbalanse sluit alle moontlike winste en verliese van soute in, hetsy verwydering deur plantmateriaal, oplossing of presipitasie van soute, toevoeging deur besproeiing of verlies a.g.v dreineringswater. 'n Eenvoudige massabalans vergelyking van soutbeweging in gronde word deur Rhoades *et al.* (1974) se vergelyking (Vergelyking 2.7) gegee.

$$C_{iw}V_{iw} + C_{gw}V_{gw} + S_m + S_f - C_{dw}V_{dw} - S_p - S_c = \Delta S_{sw} \quad [2.7]$$

C = konsentrasie, V = volume, iw = besproeiingswater, gw = grondwater, S_m = soute vanaf mineraalverwerking, S_f = soute vanaf bemestingstoedienings, dw = dreineringswater, S_p = soute wat uit besproeiingswater neerslaan, S_c = soutopname deur gewas, ΔS_{sw} = verandering in soutinhoud

Chang (1985), maak van Vergelyking 2.8 gebruik om soutbalanse binne gronde te beskryf. Hy verwys slegs na verandering van soutinhoud in profiele en verklaar dit aan die hand van soute deur besproeiing toegevoeg en soute deur dreineringswater verwyder.

$$V_g \times \Delta E G_g = (I \times E G_I) - (D_n \times E G_D) \quad [2.8]$$

V_g = volume grondwater by versadiging, $\Delta E G_g$ = verandering in soutinhoud van grond, I = volume besproei, $E G_I$ = konsentrasie van besproeiingswater, D_n = netto hoeveelheid dreineringswater, $E G_D$ = soutkonsentrasie van dreineringswater

Een van die mees basiese soutbalansvergelykings (Vergelyking 2.9) word deur Aragües (1990) gegee wat verskeie komponente wat 'n rol speel in die soutbalans definieer.

$$C_i V_i - C_d V_d - M_{hc} + (M_{sp} - M_{sd}) + M_{is} + M_{pre} + M_{afm} + M_{pr} + M_{iwr} - M_{dp} = 0 \quad [2.9]$$

C = konsentrasie, V = volume, i en d is besproeiing en dreineringswater, M is massa sout, hc is opbrengs soutverwydering, sp en sd is die presipitasie en oplossing van sout, pre is die soutkonsentrasie in reënwater, iwr en pr is die sout verwyder deur besproeiings- en reënvalafloop, dp is die soutmassa wat deurloos tot grondwater. Die oorspronklike soutmassa van die sisteem is is en afm die soute wat deur bemesting en ameliorante toegevoeg word.

Bogenoemde vergelykings kan gebruik word om soutbalanse te simuleer en onbekende komponente te bereken. Watter een van toepassing is hang af van die spesifieke toestande, meetbare komponente en doel van modellering.

2.7. Modelling van water- en soutbalans terugvloei

Om kwantitatiewe effekte van besproeiing op kwaliteit van waterhulpbronne te bepaal kan baie problematies wees. Rekenaarsimuleringsmodelle maak dit egter tot 'n sekere mate moontlik, deur soutvervoermmodelle te gebruik om veranderinge in soutbalanse van besproeiingsgronde te voorspel (Aragües, 1990; Flügel, 1993; Görgens *et al.*, 2000). Effekte van besproeiingsbestuurstrategie op soutinhoud van riviere kan daarmee saam geëvalueer word (Du Plessis & Ellis, 1984; Spruill *et al.*, 2000).

Moolman (1982, 1985) het van die eerste modelleringstudies in Suid-Afrika gedoen op die Breëriversisteem, deur die “United States Bureau of Reclamation (USBR)”-model van Shaffer, Ribbens en Huntley (1977) te gebruik. Dit was op 'n klein opvanggebied binne die Breëriversisteem toegepas en vir die spesifieke toestande geverifieer, waarna kwaliteit en kwantiteit van besproeiingsterugvloei voorspel was. Dieperkolasiel verliese onder die vloedbesproeiingspraktyke was bereken op $155 \text{ mm} \cdot \text{ha}^{-1}$ per jaar met konsentrasies wat tussen 5500 en $6400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ TOV vir soutryke boorgatbesproeiingswater gewissel het. Dit het tot $2100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ gedaal as lae elektroliet besproeiingswater oor vyf jaar gebruik sou word. Southoeveelhede van tussen 8.59 en $9.98 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ per jaar vir boorgatwater, $3.3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ vir lae EG_w besproeiingswater en $4.84 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ per jaar as gips saam met lae EG_w besproeiingswater toegedien was, was voorspel (Moolman, 1985).

Internasionaal is van die bekendste modelle die volgende: Tanji (1990), gebruik Vergelyking 2.9 om die “Conceptual Irrigation Return Flow (CIRF)” water-en soutbalansmodel op te stel. Dit bestaan uit 'n hidrologiese sub-model met hidrologiese toevoegings en verliese soos uiteengesit in die komponente van Vergelyking 2.9. Arnold *et al.* (1993), het 'n langtermyn, kontinuerende simuleringsmodel ontwikkel nl: “The Soil and Water Assessment Tool (SWAT)”. SWAT bestaan uit drie hoof komponente naamlik, 'n sub-opvanggebied, roetebepaling van reservoirs en kanale. Dit verbeter op vorige modelle deurdat dit die modellering van verskeie sub-waterskeidings binne 'n groot waterskeiding moontlik maak. Verbeterings sluit nuwe roetebepalings strukture, verstelbare waterskeiding konfigurasie, besproeiingswater vervoerpaaië en komponente vir laterale vloei en grondwater in. (Spruill *et al.*, 2000).

Die DISA water- en soutbalansmodel is ontwikkel vir die Breërivier-opvanggebied om die impak van besproeiingsontwikkelings te bestudeer en te voorspel. DISA bereken daaglikse water- en soutbalanse vir gespesifiseerde besproeiingsprofile deur gebruik te maak van fisiese

grondparameters en tydsverloopdata (Beuster *et al.*, 1990; Görgens *et al.*, 2000). Die terugvloei sub-model van DISA simuleer die water- en soutverspreiding binne 'n besproeide modelement, sowel as wortelsone en leweringssone prosesse. DISA neem nie dinamiese faktore soos verwerking, neerslag, oplossing en adsorpsie van soute in ag nie. Die invloed van hierdie faktore was as minimaal gevind oor een seisoen, maar word noemenswaardig as water- en soutbalanse oor verskeie seisoene bestudeer word (Jonker, 1995).

Moolman (1989) verwys na die groot invoer vereistes om akkurate monitering van fluktuierende soutbalanse, binne ruimtelike veranderlike velde, waar van droëland oorgeskakel word na besproeiing te monitor. Een van die groot probleme met modellering was plek-spesifieke toestande en prosesse wat akkuraatheid van simuleringsmodelle bepaal. Dit is dus noodsaaklik om hierdie plek-spesifieke toestande te karakteriseer vir grondtipe, asook tyd vanaf vorige grondbewerkings.

HOOFSTUK 3: MATERIAAL EN METODEDES

3.1. Studiegebied

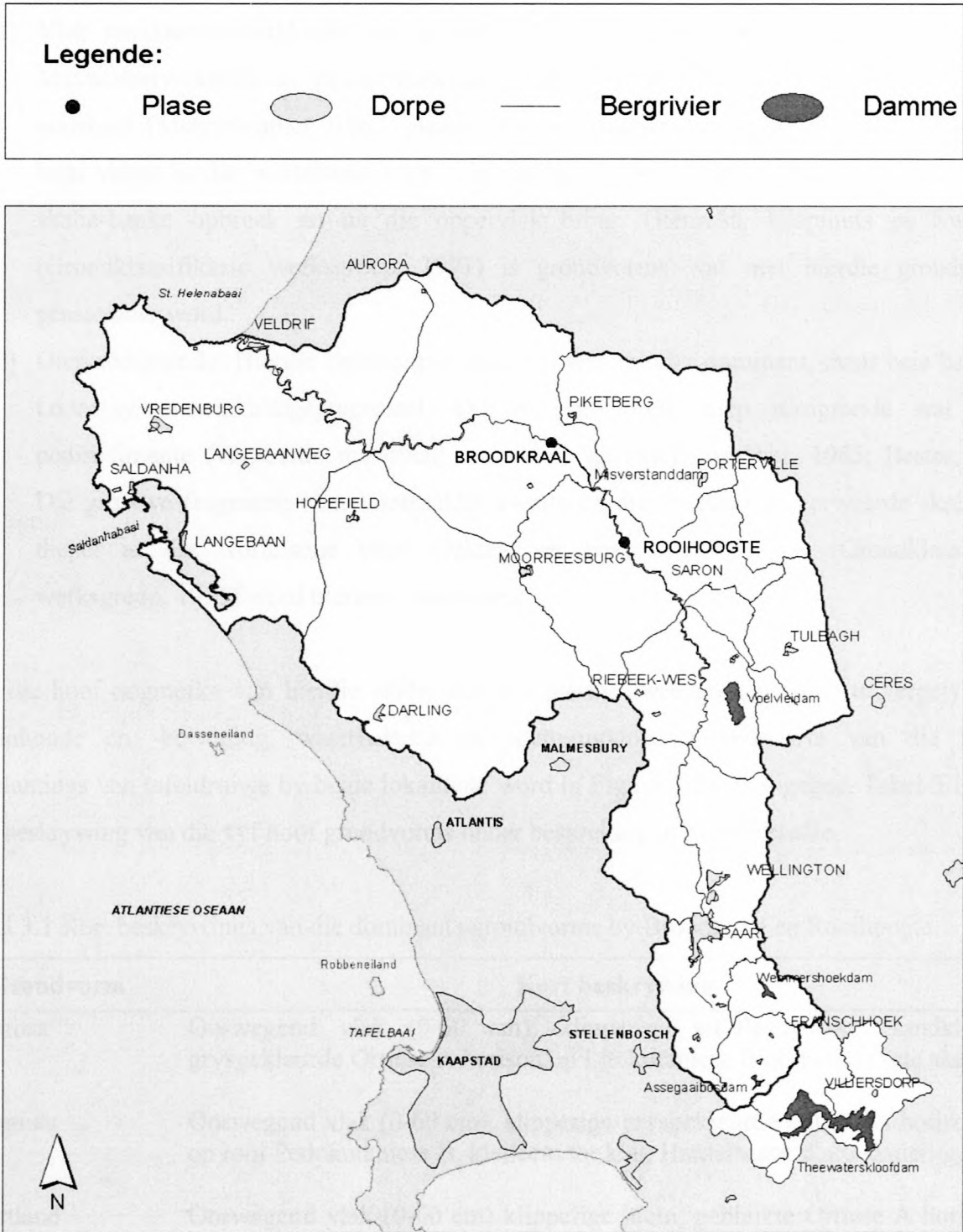
Die Bergrivier het sy oorsprong in die berge van Franschhoek en mond uit in die see by Velddrif. Figuur 3.1 dui die hele opvanggebied van die Bergrivier aan, asook die ligging van die twee lokaliteite waarop die studie fokus. Dié is in die benede Bergrivier geleë, in 'n area bekend as die Swartland. Meeste van die omgewing is egter al vir geruime tyd onder droëland koringproduksie. 'n Verdere kenmerk van die omgewing is die teenwoordigheid van "heuweltjies" in die landskap wat deur termietaksies honderde jare gelede gevorm was (Ellis, de Clercq & Engelbrecht, 2001).

Swak koringpryse tesame met wisselvallige oeste het boere op die oewers van die Bergrivier na hoër inkomste kontantgewasse onder besproeiing laat beweeg. Tafeldruiwe was veral aangeplant a.g.v. goeie pryse wat op die internasionale mark behaal is en die relatiewe nabyheid van Kaapstad Internasionale Lughawe (100-150 km). Al hoe meer tafeldruiwe word ook op die oewers van die benede Bergrivier gevestig met verskeie moontlikhede vir verdere uitbreidings. Belangstelling word ook vanaf die regering se kant getoon om die ontwikkelingsmoontlikhede van die area te ondersoek, boere uit agtergeblewe gemeenskappe te vestig en so werkloosheid te bekamp.

3.1.1. Lokaliteite

Die twee lokaliteite (plase) is op die oewers van die benede Bergrivier opvanggebied geselekteer. Dit sluit 'n jong tafeldruiwe ontwikkeling, naamlik Broodkraal in, en een wat al geruime tyd ontwikkel was en besproei word, naamlik Rooihogte. Hulle ligging t.o.v. die hele Bergrivier opvanggebied word in Figuur 3.1 aangedui. By altwee lokaliteite was tafeldruiwe aangeplant op gronde wat vroeër onder droëland koringverbouing was.

Broodkraal word deur J. le Roux-boerderye ontwikkel en is naby Piketberg geleë. Tafeldruiwe was vanaf 1996 in drie fases (1996, 1997 en 1998-2000) aangeplant en beslaan tans 300 ha onder besproeiing. 'n Verdere uitbreiding van 300 ha tafeldruiwe word beplan en die grond is alreeds daarvoor uitgesit en voorberei. Rooihogte is in die Porterville-distrik geleë, teen die bo-loop van die Misverstanddam en word deur J.D. Kirsten-boerderye besit. Tafeldruiwe, tesame met pruime, appelkose en sitrus word verbou. Vir die studie was op die tafeldruiwboorde wat vanaf 1994/92 besproei word gefokus as lokaliteite van ouer besproeide ontwikkelings.



Figuur 3.1. Kaart van die Bergrivier opvanggebied en die Bergrivier se loop, asook die ligging van die lokaliteite geselekteer om die studie op te fokus nl: Broodkraal en Rooihoogte.

3.1.2. Grondpatrone

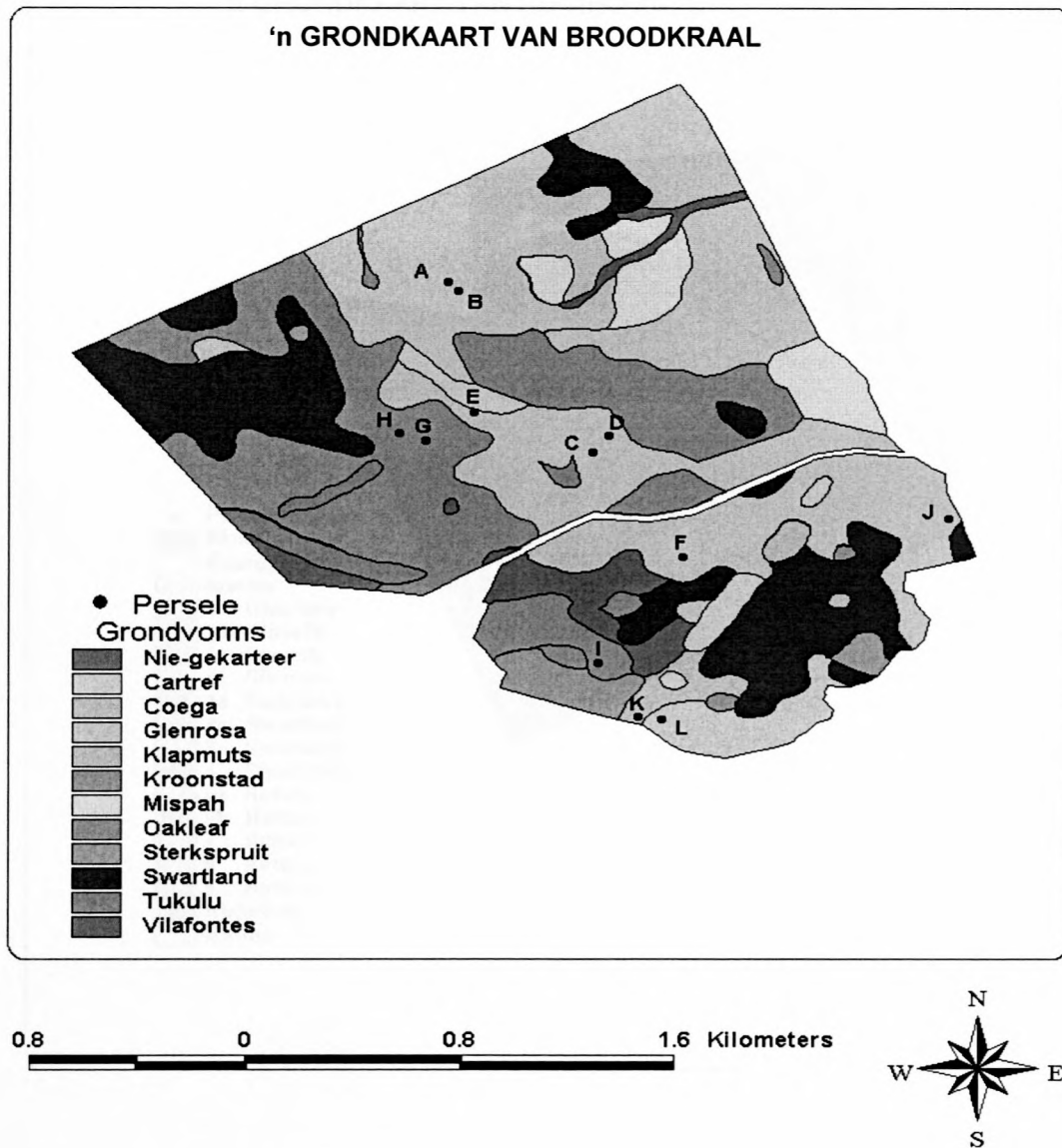
Dominante grondpatrone van die benede Bergrivier opvanggebied was geselekteer om die studie op te fokus. Hulle kan as volg beskryf word:

- 1) Vlak residueel-ontwikkelde skaliegronde: Hulle was die mees dominante gronde met Malmesbury-skalies as moedermateriaal, wat in verskillende stadiums van verwerking voorkom (Merryweather, 1965; Bester, 1966). Growwe fragmente van skalie-oorsprong kom volop in die wortelsone voor, wat vermeerder word as grondvoorbereidings-aksies skalie-banke opbreek en na die oppervlak bring. Glenrosa, Klapmuts en Swartland (Grondklassifikasie werksgroep, 1991) is grondvorms wat met hierdie grondpatroon geassosieer word.
- 2) Diep rooigronde: Hierdie tweede grondpatroon was minder dominant, maar baie belangrik t.o.v. sy ontwikkelingspotensiaal. Dit verteenwoordig diep rooigronde wat vanuit pedisedimente (vervoerde materiaal) ontwikkel het (Merryweather, 1965; Bester, 1966). Die growwe fragmente was hoofsaaklik kwarts en die oorgang na verweerde skalie kom dieper as die wortelsone voor. Oakleaf en Hutton grondvorms (Grondklassifikasie werksgroep, 1991) word hiermee geassosieer.

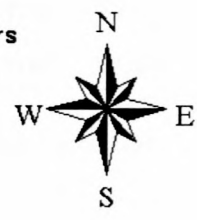
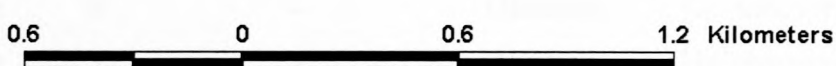
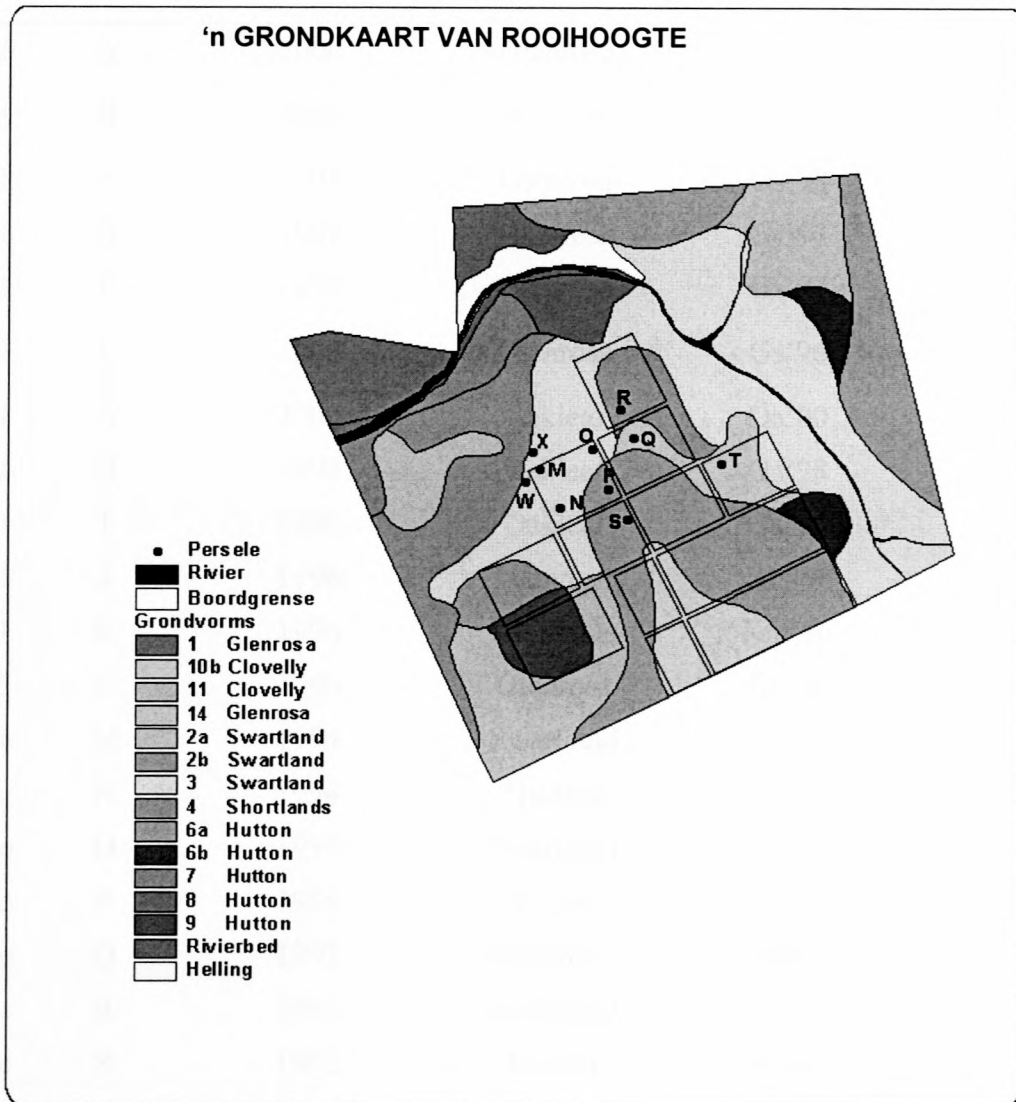
Van die hoof oogmerke van hierdie studie was om hierdie twee grondpatrone te vergelyk t.o.v. soutinhoud en -beweging, waterbalanse en soutterugvloei. Grondkaarte van die huidige aanplantings van tafeldruiwe by beide lokaliteite word in Figuur 3.2a en b gegee. Tabel 3.1 gee 'n kort beskrywing van die vyf hoof grondvorms onder bespreking in hierdie studie.

Tabel 3.1 Kort beskrywings van die dominante grondvorms by Broodkraal en Rooihoogte.

Grondvorm	Kort beskrywing
Glenrosa	Oorwegend vlak (0-60 cm), klipperige sandleem tot sandkleileem, grysgekleurde Ortiese A horison op Litokutaniese B op harde/sagte skalie
Klapmuts	Oorwegend vlak (0-60 cm), klipperige grysgekleurde Ortiese A horison op E op rooi Pedokutaniese B, kleileem tot klei, Harde/sagte skalie onderliggend
Swartland	Oorwegend vlak (0-60 cm) klipperige leem, gebleikte Ortiese A horison op rooi Pedokutaniese B op harde sagte skalie saproliet
Oakleaf	Diep (0-90 cm), sandkleileem, gebleikte Ortiese A horison op rooi Neokutaniese B met matige struktuur en kwartsgruis growwe fragmente
Hutton	Diep (0-90 cm), sandleem, Ortiese A horison op Rooi Apedale B met kwartsgruis growwe fragmente



Figuur 3.2a. Grondkaart van Broodkraal volgens die opname wat gedoen was voor die aanplanting van tafeldruiwe (Görgens & de Clercq, 2002). Die geselekteerde persele word aangedui.



Figuur 3.2b. Grondkaart van Rooihoogte wat opgestel was voordat tafeldruifaanplantings gemaak was (Görgens & de Clercq, 2002). Die ligging van die geselekteerde persele word ook aangedui.

Tabel 3.2 Grondvorme en aanplantingsjare van die geselekteerde persele by beide lokaliteite.

Lokalteit	Perseel	Aanplantingsjaar	Grondvorm	Perseelkode	Bykomende inligting
Broodkraal	A	2000	Glenrosa	Gs'00	
Broodkraal	B	1998	Glenrosa	Gs'98	Wingerd oorgeënt in 1999
Broodkraal	C	1998	Glenrosa	Gs'98	
Broodkraal	D	1997	Glenrosa	Gs'97	
Broodkraal	E	1999	Glenrosa	Gs'99	
Broodkraal	F	1996	Glenrosa	Gs'96	Wingerd oorgeënt in 1998
Broodkraal	G	2000	Oakleaf	Oa'00	
Broodkraal	H	1998	Oakleaf	Oa'98	
Broodkraal	I	1996	Oakleaf	Oa'96	
Broodkraal	J	1996	Glenrosa	Gs'96	
Broodkraal	K	1996	Klapmuts	Km'96	
Broodkraal	L	1996	Glenrosa	Gs'96	
Rooihoogte	M	1994	Swartland	Sw'94	
Rooihoogte	N	1994	*Hutton	Hu'94	
Rooihoogte	O	1994	Swartland	Sw'94	
Rooihoogte	P	1994	Hutton	Hu'94	
Rooihoogte	Q	1992	Glenrosa	Gs'92	
Rooihoogte	R	1992	Swartland	Sw'92	
Rooihoogte	S	1992	Hutton	Hu'92	
Rooihoogte	T	1992	Glenrosa	Gs'92	
Rooihoogte	W	-	Glenrosa	Gs'onbesproei	In koringland
Rooihoogte	X	-	*Hutton	Hu'onbesproei	In koringland

*Alhoewel proefpersele N en X volgens die grondkaart van Rooihoogte in die Swartland grondvorm geleë was het profielgate egter getoon dat hulle Hutton gronde was.

3.1.3. Proefpersele

Persele was geselekteer om spesifieke grondvorme en jaar van aanplanting te verteenwoordig. Waar moontlik was hulle naby geïnstalleerde of natuurlike dreine geplaas om dreineringsuitlope direk te koppel aan spesifieke persele. Op Broodkraal was twaalf persele geselekteer as waarnemingspunte vir die soutbeweging en –verspreiding. Drie van hulle was by posisies gekies waar dreinerings ook gemoniteer kon word. Vyf van die originele agt posisies was op Glenrosa

grondvorms geselekteer sodat aanplantings vanaf 1996 tot 2000 ingesluit is. Die ander drie was op Oakleaf's, wat onderskeidelik in 1996, 1998 en 2000 aangeplant was. By Rooihoogte was agt posisies geselekteer, drie in Hutton, drie in Swartland en twee in Glenrosa gronde, wat tussen 1992-1994 ontwikkel is. Enkele gate was ook in die naasliggende koringlande geneem om 'n indikatie te gee van die soutprofiel van hierdie onbesproeiende gronde. Tabel 3.2 gee 'n opsomming van die perseelinligting en hul posisies in die landskap word in Figuur 3.2a en b aangedui.

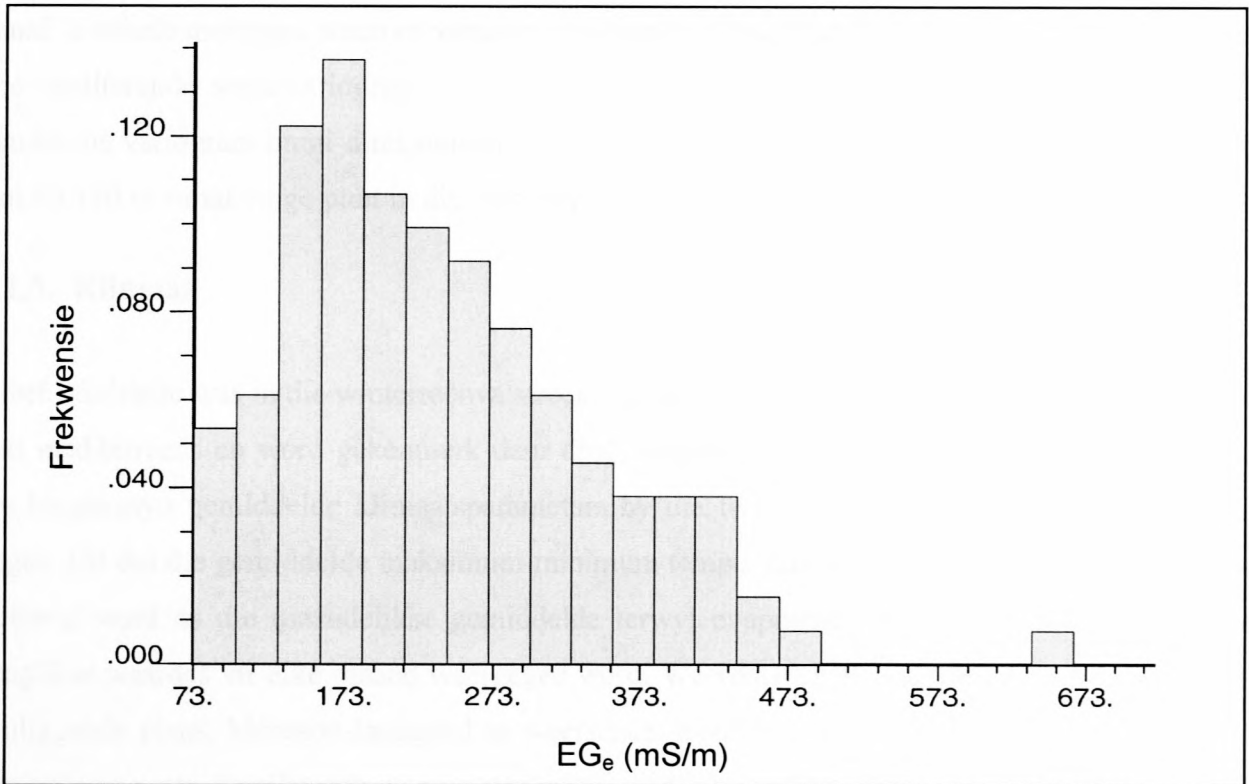
Toekenning van name aan die persele was gebaseer op die oorspronklike klassifikasie volgens die eerste grondkaart. Hierdie gronde is egter bewerk, versteur en sommige vir vier tot vyf jaar al besproei. Ontledings soos deeltjiegrootte (Bylaag 1) kan moontlik daarop dui dat 'n grond wat byvoorbeeld as 'n Oakleaf of Hutton geklassifiseer was dalk nie meer so geklassifiseer sal word nie. Een van die oorhoofse doelwitte van die studie was egter om die oorspronklike grondkaart inligting te gebruik om modellering van terugvloei te doen. Om die rede was die grondvorm name van die persele nie verander na aanleiding van die ontledings nie.

3.1.4. Variasie in gronde van die studie area

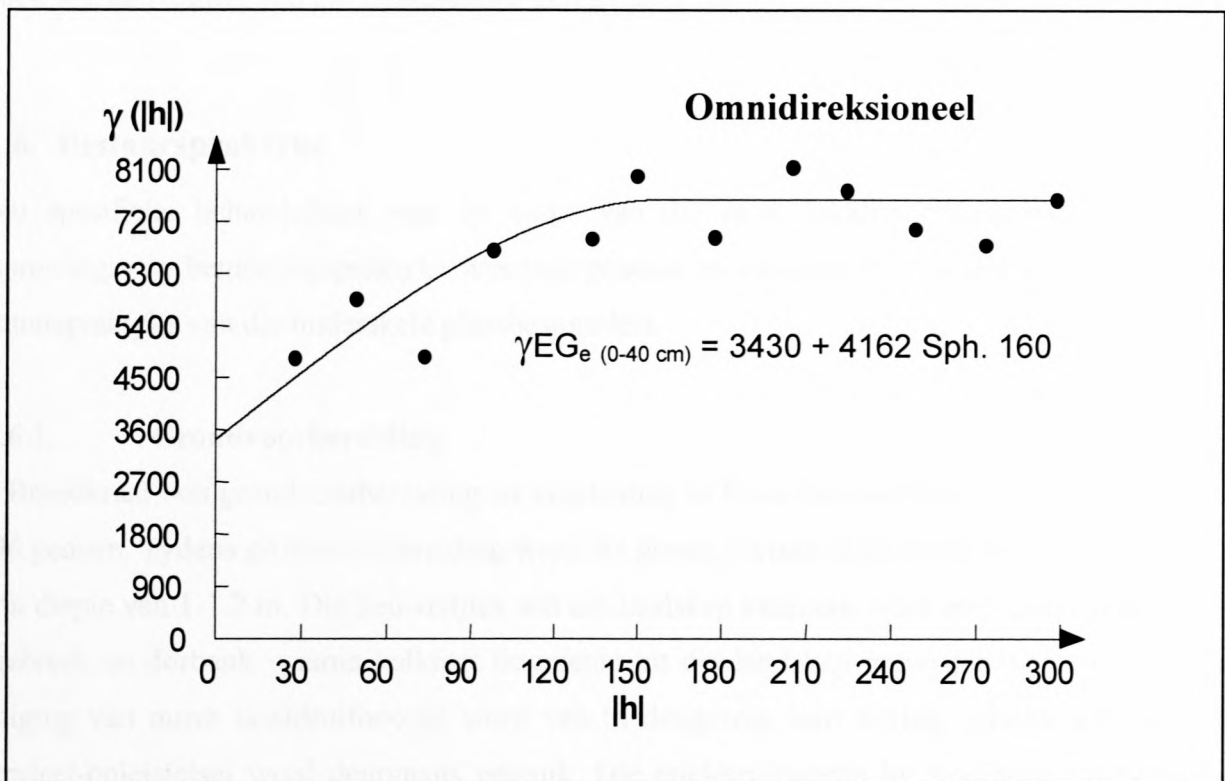
Verskeie faktore dra by tot grondvariasie in die studie area wat gedeeltelik in die grondkaart uitgebeeld word (Figure 3.2a en b). Die vernaamste hiervan was natuurlike variasie a.g.v die moedermateriaal waaruit grondvorms ontstaan het, ligging, asook klimaat (Merryweather, 1965; Bester, 1966; Flügel, 1986).

'n Bykomende faktor wat tot natuurlike variasie van gronde in die area bydra was die voorkoms van heuweltjies. Heuweltjies is mikro-reliëf verskynsels wat deur termiete veroorsaak is en vorm areas van gelokaliseerde kalk. Silkreëtdorbank kombinasies kom algemeen in sulke landskappe voor (Ellis, 2002). Besproeiingsaanvang het verdere variasie in die soutinhoud van gronde binne die landskap geïnduseer. Oneweredige toediening van besproeiingswater, groter onttrekking van water vanuit die wortelsone en voorkeur vloeiopaaie a.g.v. die groot growwe fragment fraksies, lei tot noemenswaardige variasie van soutinhoud en verspreiding in en tussen wingerdrye.

Dit was essensieël om soutvariasie in die landskap te kwantifiseer en verteenwoordigbaarheid van proefpersele te bepaal. In gepaardgaande studies by Broodkraal het De Smet (2001) en Görgens & de Clercq (2002) variasie in soutinhoud (EG_e) oor 'n vallei binne die studie area bestudeer. Grondmonsters was op 'n ruitnet-formaat van die boonste 40 cm geneem en EG_e as primêre veranderlike bepaal. Die verspreiding in EG_e -waardes en die frekwensie daarvan word in Figuur 3.3



Figuur 3.3. Histogram van die diepte geweege gemiddelde EG_e van die 0-40 cm sone se verspreiding oor 'n vallei by Broodkraal (Görgens & de Clercq, 2002).



Figuur 3.4. Die eksperimentele semi-variogram en sferiese variogram model van die primêre veranderlike, EG_e op Broodkraal (Görgens & de Clercq, 2002).

getoon. Hierdie data was gebruik om 'n variogram op te stel waarvolgens variasie in EG_e (0-40cm) oor die landskap gemodelleer kon word. Variogramme verkry, gee 'n aanduiding van die afstand vanaf 'n enkele meetpunt waarvoor variasie suksesvol verklaar kan word volgens sekere parameters. Die resulterende semi-variogram en variogrammodel van die EG_e word in Figuur 3.4 getoon. Omdat die variogram omni-direksioneel is, kan variasie in enige rigting beskryf word oor 'n straal van tot 150 m vanaf enige punt in die landskap.

3.1.5. Klimaat

Albei lokaliteite was in die winterreënvalstreek van die Wes-Kaap geleë. Die klimaat by die persele was mediterreens en word gekenmerk deur droë somers en koue nat winters. 'n Opsomming van die langtermyn gemiddelde klimaatsparameters by die twee lokaliteite word in Tabel 3.3a en b gegee. Dit dui die gemiddelde maksimum-minimum temperature en humiditeit vir elke maand aan. Reënval word as die maandelikse gemiddelde terwyl evapotranspirasie en wind as gemiddelde daaglikse waardes vir elke maand weergegee word. Weerdata vir Broodkraal was verkry vanaf die aanliggende plaas, Môreson-landgoed se weerstasie. Rooihoogte se weerdata was verkry vanaf 'n samevoeging van Rooihoogte se weerstasiedata en die buurplaas, De Tuin se weerdata. Die rede hiervoor was die swak onderhoud van die weerstasies by albei lokaliteite self. 'n Korrelasie tussen die temperatuurlesings van beide weerstasies, asook sonskynintensiteite het 'n een tot een verband getoon wat aanvulling van die klimaatsdata geregverdig het.

3.1.6. Bestuurspraktyke

Geen spesifieke behandelings was by enige van die twee lokaliteite toegepas nie. Huidige besproeiings- en bemestingspraktyke was waargeneem en aangeteken tesame met die veskillende bestuurspraktyke van die onderskeie plaasbestuurders.

3.1.6.1. Grondvoorbereiding

Op Broodkraal was grondvoorbereiding en aanplanting in fases van naastenby 50 ha per jaar sedert 1996 gedoen. Tydens grondvoorbereiding word die grond gekruis-skeurploeg met 'n D9-trekker tot op 'n diepte van 1-1.2 m. Die heuweltjies wat die landskap kenmerk word met grondvoorbereiding opgebreek en dorbank waarna kalkreet fragmente uit die landskap verwyder word. Voor en met vestiging van nuwe tafeldruifboorde word van 'n dekgewas soos koring gebruik gemaak en 'n dakprieel-opleistelsel word deurgaans gebruik. Die tafeldruifboorde by Rooihoogte was heelwat ouer as die by Broodkraal en reeds in 1992 tot 1994 aangeplant, ook op lande wat vroeër vir koringverbouing benut was. Die materiaal van die heuweltjies, wat hier net so prominent voorkom,

Tabel 3.3a. Die langtermyn gemiddelde klimaatsdata van die Broodkraal weerstasie.

Maand	Lug temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)		Relatiewe humiditeit (%)		Reënval (mm)	PET (mm.dag $^{-1}$)	Wind (km.dag $^{-1}$)
	Maks.	Min.	Maks.	Min.			
Jan	34.5	17.2	77	27	3	13.1	259
Feb	33.6	17.7	70	26	9.3	12.4	245
Mrt	30.8	15.7	88	35	14.6	8.4	201
Apr	27.2	12.8	91	38	35.6	5.9	193
Mei	23.6	10.4	89	40	21.7	3.7	170
Jun	19.4	7	90	44	55.6	2	146
Jul	17.7	5.9	89	47	37.2	1.7	138
Aug	20.2	7.4	92	45	53.1	2.4	158
Sept	21.9	7.8	93	39	24.1	4.1	171
Okt	25.5	8.8	87	29	14.2	7.4	200
Nov	30.9	13.5	78	27	5.2	11.5	250
Des	32.5	15.3	73	25	0.9	12.8	268
Totaal					274.5	2587	
Gemid.	26.5	11.6	85	35		7.1	200

PET = Potensiële evapotranspirasie

Tabel 3.3b. Die langtermyn gemiddelde klimaatsdata van die Rooihoogte weerstasie.

Maand	Lug temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)		Relatiewe humiditeit (%)		Reënval (mm)	PET (mm.dag $^{-1}$)	Wind (km.dag $^{-1}$)
	Maks.	Min.	Maks.	Min.			
Jan	31.6	16	88	37	6.5	10.2	195
Feb	32.4	16.5	88	37	6.8	10.1	192
Mar	29.3	14.9	92	41	28.4	6.8	154
Apr	26.3	12.4	94	43	42.3	4.8	126
Mei	22.5	9.9	95	53	54.9	2.6	112
Jun	19	6.6	95	54	59.2	1.7	98
Jul	17.8	5	96	58	69.3	1.4	90
Aug	19.3	6.2	96	55	59.9	2	103
Sep	21.1	7.8	95	48	43.3	3.4	129
Okt	25.3	10.1	91	39	15.1	6.6	170
Nov	29.2	13.6	86	36	11.1	9	191
Des	30.1	15	89	38	12.6	9.8	188
Totaal					409.4	2104	
Gemid.	25.3	11.2	92	45		5.7	146

PET = Potensiële evapotranspirasie

was nie verwyder nie, maar slegs opgebreek tydens grondvoorbereiding. Beide skuinsprieel- en kap-opleistelsels word op Rooihoogte gebruik. 'n Verskeidenheid van rooi of wit tafeldruifkultivars word op die onderskeie geselekteerde persele verbou.

3.1.6.2. Besproeiing

Beide lokaliteite maak van mikrospuite gebruik en differensiële, vol-oppervlak benatting word toegepas. Broodkraal se water word direk vanuit die Bergrivier gepomp tot in 'n groot besproeiingsdam vanwaar besproeiing deur die seisoen plaasvind. Rooihoogte, wat teenaan die bo-loop van die Misverstanddam geleë is, pomp water direk uit die rivier. Besproeiingskedulering by Broodkraal wissel van 'n grondboor vir bepaling van die benattingsfront tot die gebruik van 'n neutronwatermeter (NWM). Die NWM was aan die begin gebruik maar onakkuraatheid, vermoedelik as gevolg van die groot GFF in die grond, het veroorsaak dat hierdie skeduleringswyse gestaak was. Watermeterlesings het egter gesorg vir volledige rekordhouding t.o.v. watertoediening op spesifieke blokke.

Die hoë GFF in die gronde van beide lokaliteite, tesame met voorkeurvloei, maak akkurate skedulering, sonder dat oormatige dreinerings of waterstremming voorkom, baie moeilik. Nuwe aanplantings ontvang ook heelwat minder water as blokke wat reeds produseer, a.g.v die laer waterbehoefte van eersgenoemde. Blokke wat nuut voorberei word vir aanplanting by Broodkraal was besproei nog voordat enige stokke geplant was, hoofsaaklik om soute uit die profiel te was.

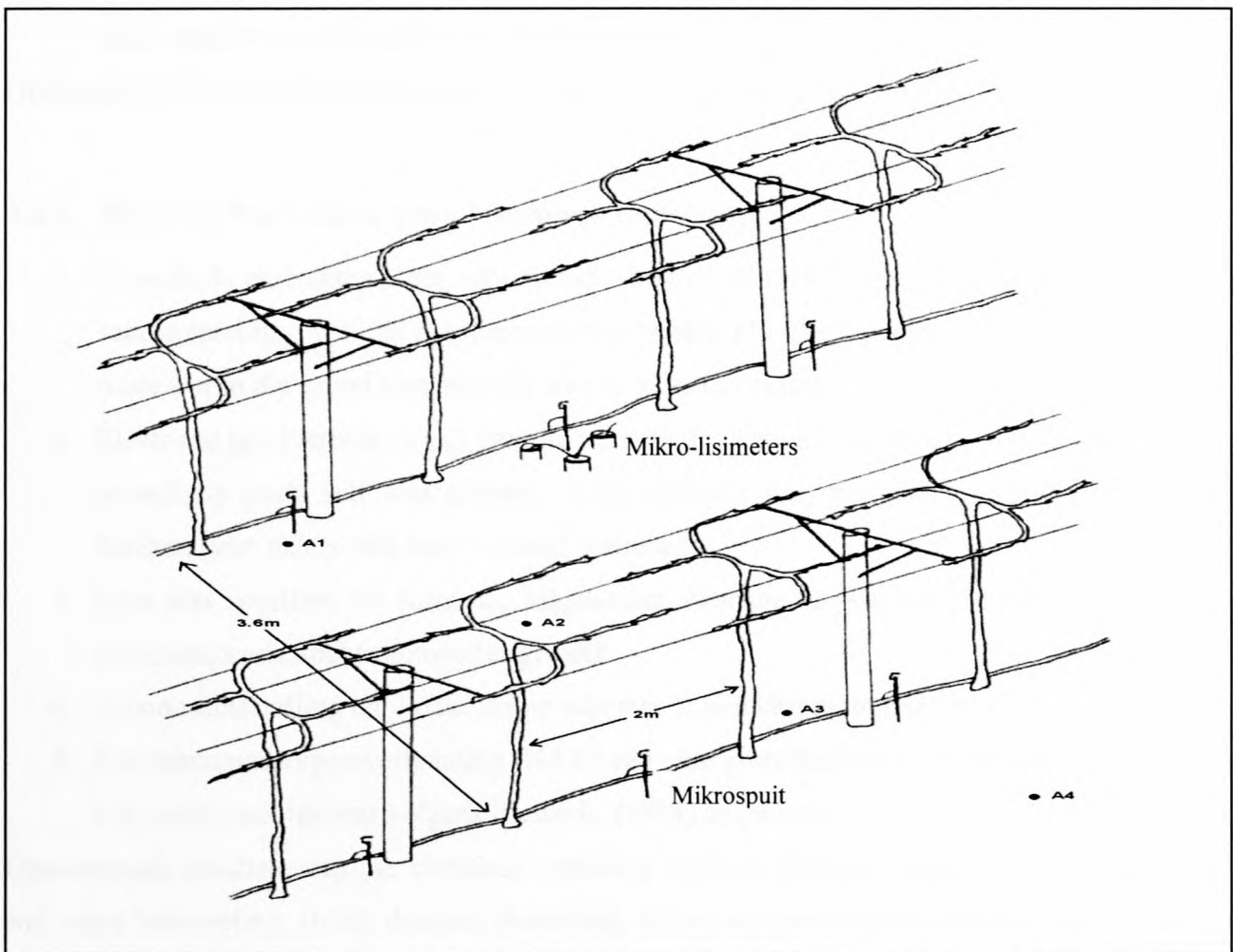
3.1.6.3. Bemesting

Bemestingspraktyke was toegepas volgens aanbevelings vanaf LNR Infruitec (Broodkraal) en Bemlab (Rooihoogte). Oor die algemeen was kalkbehoefte laag en het gewissel tussen 0-7 t.ha⁻¹ wat tydens grondvoorbereiding toegedien was. Kalsitiese kalk was gebruik en die hoogste aanbeveling was vir Glenrosa-gronde om die grond pH tot ses te verhoog. Instandhoudingsbekalking was toegepas teen 2 t.ha⁻¹ in areas waar nodig. Dubbelsuperfosfaat aanbevelings het tussen 225-765 kg.ha⁻¹ gewissel. By Broodkraal word aanbeveel om 2 kg.100L⁻¹ MgSO₄ jaarliks te spuit op die produksieblokke. 6:1:6(20) was as NPK bemesting teen 150-250 kg.ha⁻¹ gebruik en twee maal op sekere groeistadiums toegedien. Gips was eers na grondvoorbereiding, in die wingerdrye waar interne dreinerings swak was, toegedien. 'n Standaard toediening van 5 t.ha⁻¹ word vir die produksieblokke aanbeveel, maar waar die behoefte groter was, word die totale toediening oor twee tot drie jaar versprei.

3.2. Metodes

3.2.1. Grondmonsterneming

Grondmonsters was m.b.v. “Thompson- en Dutch”-bore by elke proefperseel geneem. Monsters was op dieptes 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 en 90-120 cm geneem. A.g.v. die klipperigheid en beperkte diepte van sekere gronde was dit nie altyd fisies moontlik om tot op dieptes 60-90 en 90-120 cm monsters te neem nie. Grondbemonstering was drie keer by elke geselekteerde perseel herhaal naamlik, Maart 2000, Oktober 2000 en Maart 2001. Daar was vier monsterposisies per perseel wat 12 herhalings per perseel impliseer. Vier monsterposisies was gebruik om lokale variasie te minimaliseer. Twee posisies was in die wingerdry (i-ry) en twee tussen die rye (t-ry) geneem. Die i-ry gate was so na as moontlik aan die wingerdstok en mikrospuit geboor, terwyl die t-ry-gate in die middel van twee mikrospuite, in naasliggende rye geboor was. Figuur 3.5 gee ‘n voorstelling van die relatiewe posisies.



Figuur 3.5. Skematiese voorstelling van die vier monsterposisies (A1-A4) by 'n proefperseel. Die ligging t.o.v. die wingerdstokke en mikrospuite word aangedui, sowel as ry-spasiëring.

3.2.2. Bepaling van sekere grondfisiese eienskappe

Verskeie fisiese eienskappe was gemeet om waterstoorparameters vir die waterbalans te bepaal en persele fisies te karakteriseer. Die volgende was gedoen:

1. GFF was op 'n massabasis bepaal, na met 'n > 2 mm sif gesif is. 'n Diepte geweegde gemiddelde growwe fragment persentasie was vir elke perseel bereken.
2. Deeltjiegrootte ontledings was op die < 2 mm fraksies gedoen.
3. Veldkapasiteit (VK) en die onderste grens van maklik beskikbare water (MBW_0) was geneem as die grondwaterinhoud by -10 kPa en -100 kPa onderskeidelik (James *et al.*, 1982). By Rooihooft was dit verkry vanaf drukplaattoetse op gesifde < 2 mm fraksies en aangepas volgens GFF. Waardes vir Broodkraal was verkry vanaf ontledings deur die grond laboratorium van die LNR Infruitec gedoen voor die aanvanklike ontwikkeling en aanplanting van tafeldruiwe.
4. Versadigingspersentasie van die gesifde < 2 mm fraksie was op massabasis bereken tydens voorbereiding van versadigde ekstrakte.
5. Die bulkdigthede van horisonte was bepaal volgens die kluitmetode (Klute, 1986) en die kluite verkry vanaf horisonte van geselekteerde profielgate.

Opsommings van sekere fisiese eienskappe van geselekteerde persele word in Bylaag 1 weergegee.

3.2.3. Bepaling van sekere grondchemiese eienskappe

1. Versadigde ekstrakte volgens die metode van Rowell (1994) was gebruik om soutinhoud en soutverspreiding van die grondmonsters te bepaal. Dit gee 'n aanduiding van die oplosbare soute wat in die grond teenwoordig was by monsterneming.
2. Elektriese geleivermoë (EG_e) van die versadigde ekstrakte, in $mS \cdot m^{-1}$, en pH (H_2O) van die versadigde pasta self was gemeet. 'n Gemiddelde EG_e per diepte was vir elke perseel bereken (vier gate x drie keer = twaalf herhalings).
3. Daar was spesifiek vir Kalsium, Magnesium, Natrium en Kalium konsentrasies m.b.v. 'n atoomabsorpsie spektrofotometer getoets.
4. Anioonsamestelling en -konsentrasie was met 'n ioonchromatograaf bepaal.
5. Die natriumadsorpsieverhouding (NAV) van elke grondmonster was ook bepaal as indikasie van natriumsoutgevaar volgens Richards, (1954) se metode.

Opsommende resultate van die chemiese ontleding word in Bylaag 2 gegee. Alle watermonsters wat vanaf besproeiing, rivier, damme, dreinerings, afloop en grondwater versamel was se EG was bepaal.

3.2.4. Meting van besproeiingsterugvloei kwantiteit

Meeste direkte metingsmetodes van besproeiingsterugvloei by uitlope, onderskat die werklike terugvloei wat plaasvind a.g.v. diep perkolasie en die ingewikkeldheid van grondwater vloeirotetes. Beraming van die kwantiteit van dreineringswater verby die wortelsone binne 'n sisteem kan egter m.b.v. eenvoudige waterbalanse uitgevoer word. So kan 'n goeie indikatie verkry word van die watervolume wat terugvloei uit 'n besproeiingsstelsel. Metings van besproeiing, evapotranspirasie, reënval en sekere grondwaterstoringsparameters van grondvorme word benodig vir die opstel van 'n waterbalans en voorspelling van dreineringshoeveelhede.

Besproeiingshoeveelhede toegedien op spesifieke dae by spesifieke blokke, tydens die 2000/2001 besproeiingseisoen was vir proefpersele bereken. By Broodkraal was watermeterlesings gebruik en by Rooihoogte die ure besproei as besproeiingsrekords. Met behulp van die Penman-Monteith vergelyking (Allen *et al.*, 1998) was weerdata gebruik om potensiële evapotranspirasie (PET) te bereken en omgeskakel na werklike evapotranspirasie (ET) m.b.v. omgewing en gewas spesifieke gewasfaktore. Reënval vir die 2000/2001 seisoen was vanaf weerstasies by die twee lokaliteite verkry. NWM-lesings was gebruik as indikatie van watergebruikspatrone in die wortelsone van proefpersele. Die fisiese ontledings en profielbeskrywings was gebruik om die nodige grondwater storingsparameters te beraam vir elkeen van die geselekteerde proefpersele.

Bogenoemde komponente was gebruik in 'n eenvoudige waterbalans om die logingsvolumes van persele te voorspel en 'n indikatie van besproeiingsterugvloei hoeveelhede a.g.v. dreineringswater te verkry. 'n Vereenvoudiging van die waterbalans beskryf deur Hillel (1980) was gebruik en aangepas vir die spesifieke komponente bepaal in hierdie studie. Perseel spesifieke dreineringshoeveelhede was in mm op 'n daaglikse basis bepaal.

Een kantelbak met 'n data-registreerder was by elke lokaliteit aan 'n dreineringsuitloop gekoppel. Die dinamika van dreineringswater kon so bepaal word. Die besproeiingswater kwaliteit en besproeiingsfrekwensie was gemoniteer deur 'n 2L per uur drupper aan die eindpunt van 'n enkele lateraal te koppel en hierdie water in 'n 20 L plastiekkan op te vang. Watermonsters was gevolglik gereeld uit hierdie kanne versamel en die volume water in die kanne was gebruik as kontrole oor besproeiingshoeveelhede toegedien.

3.2.5. Meting van besproeiingsterugvloei kwaliteit

Monitering van besproeiingsterugvloei kwaliteit is oor die algemeen makliker en meer akkuraat as kwantiteit. Dit is toe te skryf aan konstante logging van soute en geleidelike verandering daarvan oor tyd. Die kwaliteit van die dreineringswater was deur die besproeiingseisoen by verskillende punte gemoniteer. Hierdie punte sluit in, dreineringsuitlope, padsnitte (waar dreineringswater uitsyfer) en afloopvore (versamel dreineringswater vanuit 'n area).

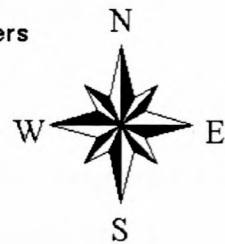
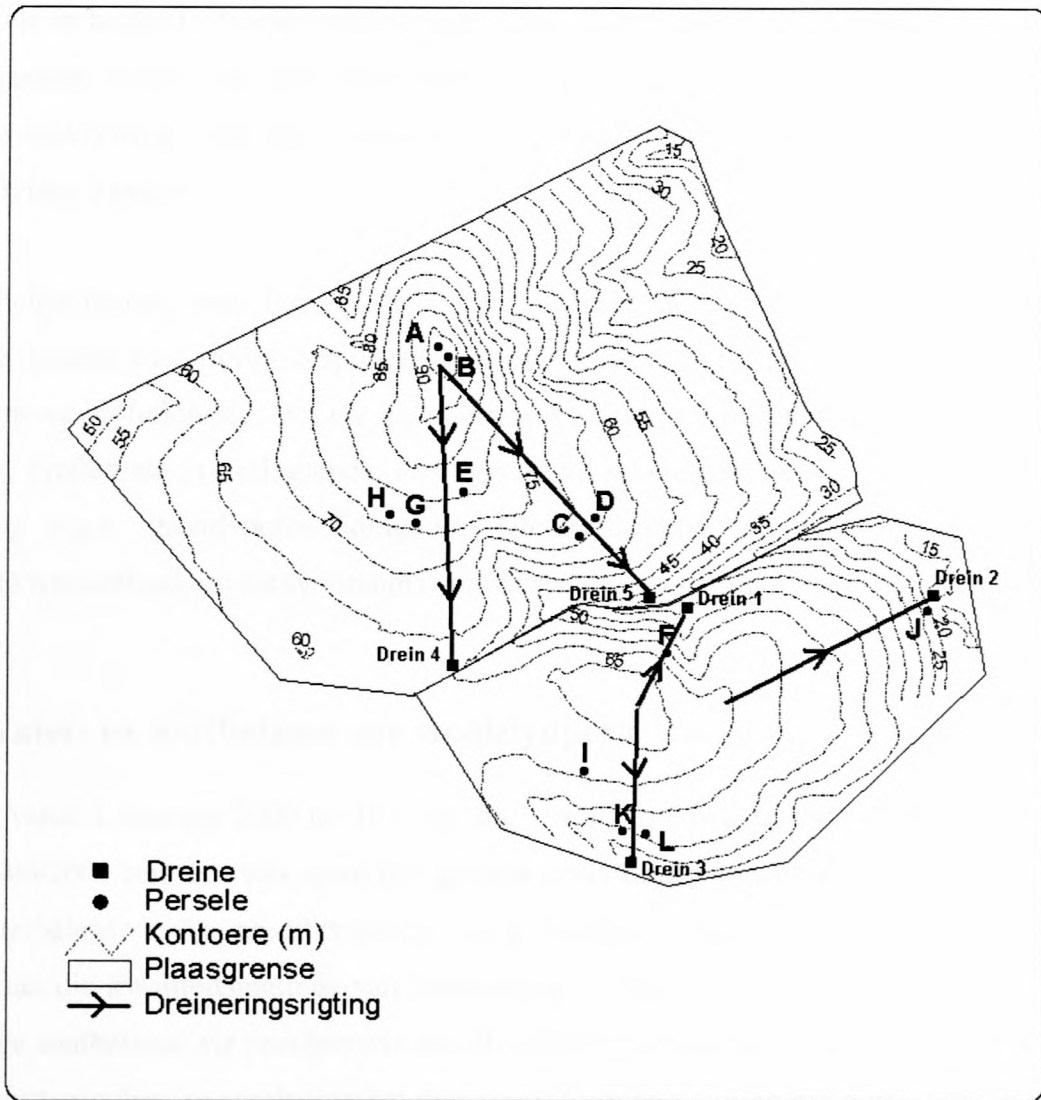
By Broodkraal was vyf sulke punte geïdentifiseer waar dreineringswaterkwaliteit tydens die studietydperk gemoniteer was. Hulle word as Drein 1 tot 5 op die kaart van Broodkraal in Figuur 3.6, tesame met die trajek vanaf die hoogste punt in die landskap na elke drein aangedui. Dit stel die waarskynlike vloeipad van dreineringswater voor. Slegs een drein was by Rooihoogte gemoniteer. Tabel 3.3 gee 'n uiteensetting van die dreine en hul verteenwoordigende proefpersele.

Tabel 3.3. Dreine waar dreineringskwaliteit gemoniteer was

Lokaltiet	Drein	Beskrywing	Verteenwoordigende persele
Broodkraal	1	Afloopvoor	Gs'96 (F)
Broodkraal	2	Padsnit	Gs'96 (J)
Broodkraal	3	Dreineringsuitloop	Km'96 (K), Gs'96(L), Oa'96 (I)
Broodkraal	4	Afloopvoor	Oa'00 (G), Oa'98 (H), Gs'99 (E)
Broodkraal	5	Afloopvoor	Gs'98 (C), Gs'97 (D)
Rooihoogte	RH-drein	Dreineringsuitloop	Sw'94 (M), Hu'94 (N)

Grondwatermonsters was m.b.v. mikro-lisimeters (Du Toit, 1995) geneem en EG_{gw} in die laboratorium bepaal. Gemiddelde dieptes waarop geneem was, was onderskeidelik 20, 37 en 85 cm gewees. Monsters was slegs kort na besproeiing teen 'n suigspanning van $-30/40$ kPa geneem. Die beraamde drukpotensiaal by VK is -10 kPa. Dit was deur die seisoen gemoniteer om soutkonsentrasies van grondwater, waaraan die wortels blootgestel was, te bepaal, asook die soutinhoud van dreineringswater wat die wortelsone verlaat (85 cm diepte). Die persele was ver van kragpunte af en 'n 25 liter gaskan, met 'n vakuum, was gebruik om 'n suigkrag te voorsien aan die mikro-lisimeters.

Kwaliteit van besproeiingswatermonsters, versamel vanuit besproeiingslaterale en by pomppunte in die Bergrivier en Misverstanddam, was deurgaans bepaal. Watermonsters verkry vanaf padsnitte (diep perkolasie), oppervlakafloop en 'n dreineringsdam (Broodkraal) was ook vir kwaliteit gemoniteer.



Figuur 3.6. Kaart van Broodkraal waarop die ligging van Drein 1 tot 5 aangetoon word tesame met die trajek vanaf die hoogste punt in die landskap na die onderskeie dreine.

3.2.6. Grondprofiel

Profielgate was op beide lokaliteite gemaak om oorspronklike grondkaarte te verifiëer en proefpersele te beskryf. Wortelverspreidingspatrone deur die profiel en versteuring van horisonte deur meganiese aksie was gedokumenteer en kluite vir bepaling van bulkdigthede versamel. Volledige beskrywings van die profielgate en van watter persele hulle verteenwoordigend was, word in Bylaag 3 gegee.

Die profielgatdieptes was beperk deur die onderliggende moedermateriaal. Hierdie fisiese beperking, tesame met wortelverspreidingspatrone binne die profiel het 'n goeie indikasie gegee van effektiewe profieldiepte. Oor die algemeen was effektiewe profieldiepte by alle persele tussen 60-90 cm. Profielgate in koringlande, naasliggend tot sekere persele, het gedien as kontrole voor versteuring a.g.v. grondvoorbereiding vir tafeldruifaanplanting. Grondmonsters uit hierdie profielgate was ontleed om soutvoorkoms voor besproeiingsontwikkeling te karakteriseer.

3.3. Water- en soutbalanse oor studietydperk

Weerdata vanaf 1 Januarie 2000 tot 30 Junie 2001 (reënval, ET-daaglik) en die besproeiingsrekord vir die 2000/2001 seisoen, was saam met grondwaterstoringsparameters (paragraaf 3.2.4.) gebruik om 'n waterbalans vir elke proefperseel op te stel. Hierdie voorspellings van besproeiingsterugvloei was dan aan die kwaliteitsmetings van besproeiing en dreinerings (paragraaf 3.2.5.) gekoppel om eenvoudige soutbalanse vir proefpersele oor die 2000/2001 seisoen op te stel. Modelling van die besproeiingsterugvloei se soutlading het dus aangedui of soute uitgewas word en in die Bergrivier gestort word en of soute aansamel in die proefpersele wat tot verbrakking kan lei.

Daar was drie keer tydens die studietydperk grondmonsters geneem by proefpersele: Aan die einde van die 1999/2000 besproeiingseisoen (Maart), begin van die 2000/2001 seisoen (Oktober) en 'n derde aan die einde van die 2000/2001 seisoen (Maart/April). Verandering in die grond se soutinhoud oor die winter reënseisoen (Maart 2000 tot Oktober 2000), oor die besproeiingseisoen (Oktober 2000 tot Maart 2001) en oor een jaar (Maart 2000 tot Maart 2001) kon bestudeer word. Deur begin en eind-soutinhoud te vergelyk kon bepaal word of soute in profiele aansamel of uitwas. Hierdie waardes van werklike verandering in soutinhoud van grondprofiel was dan gebruik vir evaluering van die besproeiingsterugvloei kwantiteit soos voorspel m.b.v. die soutbalans. Soutinhoud van verskillende aanplantingsjare en grondvorme (persele) was egter vergelyk op grond van 'n gemiddeld bereken oor die hele studietydperk.

HOOFSTUK 4: FAKTORE WAT GRONDWATERBESTUUR VAN GESELEKTEERDE BESPROEIINGSGRONDE IN DIE BENEDE BERGRIVIER OPVANGGEBIED BEÏNVLOED

4.1. Inleiding

Effektiewe grondwaterbestuur is noodsaaklik vir hedendaagse besproeiingsboere. Hoë kostes van besproeiing, voorkoming van waterstremming by kontantgewasse, hoë soutkonsentrasies in gronde en voorkoming van oormatige dreinerings wat riviersisteme nadelig beïnvloed, noodsaak effektiewe besproeiingsbestuur. Skeduleringsprogramme gebaseer op waterbalanse word gebruik om oorbesproeiing, asook onderbesproeiing te bekamp (Shalhevet, 1994; Roa, 1998; Spruill *et al.*, 2000). In terme van grondwaterbestuur is dit essensieel om dreinerings wat a.g.v. besproeiingsbestuur plaasvind te evalueer. Te veel dreinerings kan op oorbesproeiing dui en gevolglike vermorsing van water. In gronde en/of besproeiingswater met hoë soutinhoud, moet genoegsame logging egter verseker word om souteansameling en gevolglike braktoestande te voorkom. Hoë soutkonsentrasies in gronde kan baie nadelig vir sensitiewe gewasse (bv. tafeldruiwe) wees en tot groot oesverlies oor jare lei (Maas, 1990).

Grondwaterbestuur van klipryke gronde was in die verlede nie so belangrik geag nie omdat hierdie tipe gronde aanvanklik nie op groot skaal in besproeiingsgebiede ontwikkel was nie. Daar was eerder op homogene dieper gronde gefokus waarin grondwaterstoringskapasiteit en hidrouliese geleivermoë makliker berekenbaar en nie so problematies was nie. Verhoogde toename in besproeiingsontwikkeling op klipryke gronde, tesame met die groot invloed van klip-grondverhoudings op effektiewe besproeiing, maak die studie en beskrywing daarvan egter dringend noodsaaklik. Besproeiingsgronde van die Bergrivier opvanggebied, waarop tafeldruiwe aangeplant word, vereis spesifieke grondwater bestuursmetodieke a.g.v. hul kenmerkende kombinasie van eienskappe wat die waterbalans bepaal. Hierdie eienskappe sluit in: klipinhoud (growwe fragment fraksie), waterhouvermoë, soutinhoud en –verspreiding, asook effektiewe worteldieptes.

Growwe fragment fraksies (GFF) is nie homogeen in hierdie gronde versprei nie hoofsaaklik a.g.v. verskille in moedermateriale, wisselende gronddieptes en versteuring a.g.v. grondvoorbereiding. In gronde met hoë en groot GFF vind logging vinniger a.g.v. lae grondvolumes en voorkeurvloei plaas (Knight, 1991; Montas *et al.*, 1997). Gronde met laer GFF kan weer dikwels onderbesproei word met gepaardgaande souteansameling (brakkolle) en/of waterstremming op plante. Waterhouvermoë van gronde dui die volume grondwater in die < 2 mm grondfraksie aan wat vir plantopname

beskikbaar is. Tekstuur en struktuur van gronde, tesame met bulkdigtheid en hidrouliese geleivermoë beïnvloed deurgaans 'n grond se waterhouvermoë (Rawls *et al.*, 1998). Effektiewe worteldieptes van gewasse speel 'n belangrike rol t.o.v. grondwaterbestuur, aangesien dit die benattingsdiepte vir maksimum wateropname en dreineringsdiepte bepaal.

Effektiewe grondwaterbestuur vereis ook die monitering van soutkonsentrasies binne besproeiingsgronde. EG_e word gebruik as indikasie van soutkonsentrasies binne gronde wat nadelig vir gewasse en/of wateropname kan wees (Ayers & Westcott, 1989; Maas, 1990). Tafeldruif word as matig tot sensitief geklassifiseer met nadelige effekte op groei en opbrengs, as EG_e 's bokant $130\text{-}300\text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ voorkom (Maas, 1986). Dit is dus noodsaaklik vir die besproeiingsboer om EG_e in sy gronde te bestuur sodat braktoestande wat vir plante nadelig is nie voorkom of opbou nie.

Bogenoemde faktore en eienskappe van geselekteerde gronde is ondersoek en gekarakteriseer. Dit was tesame met klimaats- en besproeiingsgegevens gebruik om die huidige grondwaterbestuur van besproeiingsgronde te evalueer, asook om die nodige veranderlikes vir modellering van 'n logingsbalans vir hierdie gronde vas te stel.

4.2. Materiaal en metodes

Faktore wat grondwaterbestuur by die twee lokaliteite in die benede Bergrivier opvanggebied beïnvloed, was ondersoek. Sulke faktore was o.a. die fisiese grondeienskappe, effek van besproeiing oor tyd, verskillende bestuurspraktyke en verskille tussen grondvorme. In paragraaf 3.1.2 word die dominante grondvorme beskryf en in 3.1.3 'n uiteensetting en verduideliking van die proefpersele, asook hul ligging, gegee.

Grondwaterstoringskapasiteite was bepaal deur die verskil tussen VK en MBW_0 vir gespesifiseerde bewortellingsdieptes te bereken. Daar was aangeneem dat dreinerings sal plaasvind indien die grondprofiel bokant die boonste grens (VK) benat word (voorkeurvloei uitgesonderd). Oor 'n wye reeks van gronde met verskillende teksture word die algemene tendens waargeneem dat VK om en by die helfte van die versadigings persentasie verteenwoordig (Richards, 1954). Die spesifieke verhouding in hierdie gronde was ook ondersoek.

Die elektriese geleivermoë van 'n versadigde grondekstrak (EG_e) gee 'n goeie indikasie van die oplosbare soutkonsentrasie wat in 'n grond aanwesig is (Keren, 2000). 'n Diepte geweegde gemiddelde EG_e vir die hele grondprofiel tot op 90 cm was as indikasie van totale soutinhoud per perseel bereken. Hierdie waardes was gebruik om verskillende grondvorme en aanplantingsjare se soutinhoud met mekaar te vergelyk en die effek daarvan op grondwaterbestuur te bespreek. In Hoofstuk 5 word die soutinhoud en –verspreiding, asook die waargenome variasie in en tussen persele volledig bespreek.

Grondoppervlaktes deur spesifieke watermeters bedien, was bepaal om die mm water per week besproei te bereken. Toedieningseffektiwiteit van 100% was oor benatte areas geneem en oppervlakafloop as weglaatbaar beskou. Dit is uiters moeilik om dreineringsvolumes uit spesifieke grondprofiel akkuraat te meet a.g.v. diep perkolasie en laterale vloei van grondwater. Dreinerings was slegs by sekere uitlope gemeet en die vloeitempo saam met tydsverloop tussen aanvang van besproeiing en begin van dreinerings m.b.v. kantelbakmeters gemoniteer.

Deur die onderskeie faktore wat grondwaterbestuur beïnvloed in ag te neem, tesame met klimaat- en besproeiingsdata van geselekteerde persele, kon eenvoudige waterbalanse vir sekere gronde van die benede Bergrivier opvanggebied opgestel word. Sulke waterbalanse maak die voorspelling van dreineringsvolumes en soutladings vanuit hierdie gronde onder huidige bestuurspraktyke moontlik en word in Hoofstuk 6 bespreek.

4.3. Resultate en besprekings

4.3.1. Fisiese grondeienskappe

Die fisiese eienskappe van 'n spesifieke grond speel 'n groot rol in beweging van water (hidrouliese geleivermoë) en waterhuishouding (storingskapasiteit) van 'n grondprofiel. Om die rede was klip tot grond verhoudings, tekstuur en struktuur van geselekteerde persele a.g.v. hul direkte invloed op grondwaterbestuur ondersoek.

4.3.1.1. Growwe fragment inhoud

Die geselekteerde gronde in die benede Bergrivier opvanggebied kan oor die algemeen as baie klipryk beskryf word met klip persentasies wat tussen 20 en 50% op massabasis varieer. Die gemiddelde growwe fragment persentasie van 4 meetpunte vir elke perseel per diepte word saam met chemiese ontledings in Bylaag 2 gegee. Alle metings deur die seisoen was saamgevoeg en gemiddelde growwe fragment persentasies bereken (Tabel 4.1).

In Glenrosa en Swartland gronde bestaan die GFF hoofsaaklik uit skalies en filliete, afkomstig vanaf onderliggende moedermateriaal. Dit was in verskillende stadiums van chemiese en fisiese verwerking, wat deur meganiese aksies tydens grondvoorbereiding en besproeiing aangehelp was. In Oakleaf's en Hutton's het die GFF hoofsaaklik uit kwartsgruis, teenwoordig in die rooi vervoerde materiaal, bestaan.

Die Glenrosa/Swartland (vlak skaliegronde) gronde toon slegs geringe hoër growwe fragment inhoud as die Oakleaf/Hutton (diep rooi) gronde. Dit was in teenstelling met verwagte groot verskille soos waargeneë in op die grondoppervlak en in profiele. Redes hiervoor sluit in die grootte van die skalie klipfragmente wat nie deur grondmonsters verteenwoordig was nie, asook die onstabiele verweringsfase van baie van die growwe fragmente. Half verweerde growwe fragmente was maklik fyngestamp tydens grondvoorbereiding wat ook tot verlaagde growwe fragment persentasies aanleiding kon gee. Die kwartsgruis aan die ander kant was kleiner en baie hard wat meer verteenwoordigende growwe fragment persentasies tot gevolg gehad het. 'n Algemene tendens van afname in GFF met diepte was gevind. Die lae waardes in van die dieper horisonte kan deur grondvoorbereidingsaksies, wat normaalweg tot gevolg het dat klip na bo beweeg in die profiel en fyner materiaal die kans kry om dieper in te val, verklaar word. Groot growwe fragmente afkomstig vanaf die moedergesteentes van Glenrosa/Swartland en saproliet wat tydens grondvoorbereiding in Oakleaf/Hutton's fyngestamp was, het tot die laer as verwagte gemete

Tabel 4.1. Gemiddelde en diepte geweegde gemiddelde growwe fragment persentasies van verskillende grondvorme, bepaal volgens massabasis. Minimum, maksimum, gemiddelde en standaard afwyking word aangedui *.

Lokaleiteit- Grondvorm		Growwe fragment persentasie per diepte-inkrement					DG gemid.
		0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm	
BK-Gs	Min.	18	15	9	5	10	
	Maks.	64	70	70	69	72	
	Gemid.	44	43	40	36	38	39
	Std. Af.	8.4	9.8	12.5	13.5	17.0	
RH-Gs	Min.	33	20	16	8	14	
	Maks.	63	74	60	56	46	
	Gemid.	50	51	40	36	33	40
	Std. Af.	8.6	11.9	12.3	14.0	11.0	
BK-Oa	Min.	27	19	7	4	2	
	Maks.	86	66	60	62	41	
	Gemid.	44	42	36	30	21	33
	Std. Af.	10.4	10.9	14.9	16.8	11.7	
RH-Hu	Min.	23	22	19	9	12	
	Maks.	66	77	69	56	50	
	Gemid.	44	45	39	35	35	38
	Std. Af.	12.0	13.9	13.4	12.4	12	
BK-Km	Min.	20	19	6	6	10	
	Maks.	52	47	39	36	54	
	Gemid.	38	34	28	25	27	29
	Std. Af.	7.7	7.6	9.6	9.2	14.3	
RH-Sw	Min.	17	27	30	21	29	
	Maks.	60	64	64	63	50	
	Gemid.	44	47	48	43	41	44
	Std. Af.	9.4	9.2	8.4	9.0	6.6	

* Afkortings gebruik

BK = Broodkraal, RH = Rooihoogte

Gs = Glenrosa, Oa = Oakleaf, Hu = Hutton, Km = Klapmuts, Sw = Swartland

Std. Af. = Standaard afwyking

DG gemid. = Diepte geweegde gemiddelde (0-120 cm)

groot fragment inhoude bygedra.

Uit die minimum en maksimum waardes, asook die standaard afwyking, was die groot variasie in GFF van geselekteerde grondvorme baie duidelik. Die heterogene verspreiding beklemtoon die belangrikheid van klip-grond verhoudings i.t.v. grondwaterbestuur en storingskapasiteite van grondprofiel. Groot groot fragment persentasies tesame met groot groot fragmente, veral in vlak Glenrosa/Swartland gronde, lei tot klein grondwaterstoringskapasiteite en die voorkoms van voorkeurvloei. In dieselfde grondvorme is egter ook areas met groter grondfraksies en gevolglike groter grondwaterstoringskapasiteite. 'n Sekere besproeiingsvolume kan dus tot oormatige dreineringsring in sekere dele lei terwyl ander met groter grondfraksies weer onderbesproei word, wat tot waterstremming en soutaansameling kan lei. Die besproeiingsboer in hierdie heterogene klipryke gronde moet dus besproeiing so bestuur dat genoeg water toegedien word om alle areas in die landskap genoegsaam te benat en dreineringsring te verseker. Dit sal noodwendig egter tot groot dreineringsverliese in klipryke dele lei, wat weer groot ekonomiese en ekologiese gevolge het.

Groot fragment persentasies van Glenrosa persele was volgens aanplantingsjare ondersoek om die moontlike versnelde verwerking a.g.v meganiese aksies tydens voorbereiding en daaropvolgende besproeiing te ondersoek (Tabel 4.2). Geen definitiewe tendens in groot fragment persentasies oor en tussen aanplantingsjare was waargeneem nie. Slegs 'n geringe afname met diepte was waargeneem as die 90-120 cm diepte, wat al in die moedergesteente was, buite rekening gelaat word. 'n Meer noukeurige studie van GFF, deur monsters vanuit profielgate te versamel en groot fragmente op 'n minder destruktiewe manier te skei, sal waarskynlik beter tendense toon. Dit sal die uitsluiting van groot groot fragmente en fynmaal tydens grondvoorbereiding beperk. Die belangrikste is egter dat alle monsters aan presies dieselfde proses onderwerp was.

Tabel 4.2. Groot fragment persentasie verspreiding oor diepte vir verskillende aanplantingsjare in die Glenrosa's.

Groot fragment persentasie per diepte-inkrement						
Grondvorm- Aanplantingsjaar	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm	DG gemid.
Glenrosa-2000	48	46	43	40	37	42/40
Glenrosa-1999	47	47	45	40	58	48/44
Glenrosa-1998	43	41	37	36	36	38/38
Glenrosa-1997	46	45	42	37	47	43/42
Glenrosa-1996	44	43	41	34	19	34/40
Glenrosa-1994/92	50	51	41	39	33	41/43

DG gemid. = Diepte geweegde gemiddelde (0-120 cm)/(0-90 cm)

4.3.1.2. Deeltjiegrootte-ontleding

Deeltjiegrootte-ontledings was selektief op verteenwoordigende persele uitgevoer om alle dominante grondvorme te verteenwoordig en resultate word in Bylaag 1 gegee. Glenrosa persele by Broodkraal was oorwegend sandleem of sandkleileem. By Rooihoogte toon die Glenrosa grondvorm egter hoër klei-inhoude en dieper horisonte se tekstuur was kleileem. Die Klapmuts perseel by Broodkraal het 'n klei tekstuur met 'n sandleem tekstuur in die onderste horison. Die Oakleaf/Hutton persele by beide lokaliteite toon 'n variërende tekstuur wat van klei tot sandleem wissel. Alle persele se ontledings toon reg deur die profiele 'n growwe sandfraksie.

Alle deeltjiegrootte-ontledings was uitgevoer op grondprofiele wat meganies versteur en vermeng was tydens grondvoorbereiding. Hierdie versteuring van natuurlike horisonte tesame met variasie in tekstuur binne en tussen grondvorme, dra by tot die variërende teksture waargeneem. Die teksture van die geselekteerde persele se grondfraksie het saam met die klipinhoud 'n direkte effek op die grondwaterhouvermoë van die onderskeie grondvorme.

4.3.1.3. Bulkdigtheid

Waardes was slegs verkry vir persele waar profielgate gemaak. Glenrosa's toon digthede van 1.60-1.72 kg.dm⁻³, Swartland persele tussen 1.75-1.82 kg.dm⁻³, terwyl Oakleaf's die grootste wisseling van tussen 1.61 en 1.89 kg.dm⁻³ toon. Die boonste horison van jonger gronde toon 'n laer digtheid as onderliggende horisonte terwyl ouer persele se digtheid weer afneem van bo na onder. Grondvorming (verwering) vind aan die grondoppervlak van nuut ontwikkelde en besproeide gronde teen 'n versnelde tempo plaas. Dit veroorsaak 'n verlaagde klipfraksie in A-horisonte, potensiële verdigting en gevolglik verlaagde infiltrasie tempo's met groter afloop.

Dit was uiters moeilik om onversteurde kluite te verkry a.g.v. groot en hoë GFF in die gronde. Kluite self het ook aansienlike hoeveelhede klip bevat wat bulkdigtheidsmetings sou kon beïnvloed. Die waardes gee egter die nodige bulkdigtheidsgrense wat noodsaaklik is vir bepaling van grondwaterstoringkapasiteite van die onderskeie grondvorme, wat op hul beurt weer noodsaaklik is vir effektiewe grondwaterbestuur binne hierdie gronde.

4.3.2. Waterhuishouding

4.3.2.1. Grondwaterstoringskapasiteit

Bepaling van grondwaterstoringskapasiteite was by elke lokaliteit saam gegroepier volgens die geselekteerde grondvorms. Gemiddelde waardes was verkry van grondwaterstoringsvermoëns van grondvorms, wat noodsaaklik is vir effektiewe grondwaterbestuur. 'n Profiel diepte van 90 cm was gebruik om totale grondwaterstoringskapasiteit vir profiele te bepaal en grondvorms onderling te vergelyk. Die verskil tussen VK en MBW_0 dui die hoeveelheid grondwater aan wat 'n grondprofiel vir plantgebruik kan stoor nl: PBWK. Waardes verkry vanaf LNR Infruitec (Tabel 4.3.) vir Broodkraal en vanaf drukplaattoetse vir Rooihoogte (Tabel 4.4.) was gebruik om VK en MBW_0 van die 0-90 cm profiele vir elke grondvorm in mm te bepaal.

Dit is van groot belang by die evaluering van 'n grondprofiel se grondwaterstoringsvermoë om die tekstuur, sandgraad en bulkdigtheid in ag te neem. Bylaag 2, waar die fisiese ontledings van verskeie persele weergegee word toon dat alle grondprofiele in die studie area ondersoek, 'n growwe sandgraad het. Die tekstuurklasse wissel egter na gelang van die onderskeie grondvorms en dieptes wat geëvalueer was.

Die Glenrosa gronde van Rooihoogte toon 'n hoër PBWK as gronde van Broodkraal. Dit word verklaar deur die oorwegende kleileem tekstuur by Rooihoogte teenoor die sandleem tekstuur by Broodkraal wat die grondprofiel 'n groter vermoë gee om grondwater vas te hou. Om dieselfde rede toon die Oakleaf en Klapmuts gronde (klei tekstuur) groter PBWK as die Glenrosa gronde (sandleem tekstuur) by Broodkraal. Die Hutton gronde by Rooihoogte toon laer PBWK as die Glenrosa en Swartland gronde a.g.v. die sandleem tekstuur in die boonste gedeelte van die grondprofiel wat minder water kan vashou. Die VK van die onderskeie grondvorms is 'n belangrike parameter i.t.v. besproeiingskedulering aangesien dit die bo-punt van benatting bepaal voordat water verlore sal gaan a.g.v. dreinerings. Dit is ook dan die vlak waarbo die grondprofiele benat moet word om effektiewe logging te bewerkstellig. VK toon dat logging uit Broodkraal Glenrosa's en in Hutton gronde by Rooihoogte, heelwat vroeër en in groter hoeveelhede sal voorkom as eenderse besproeiingsbestuur op alle gronde toegepas word, voorkeurvloei uitgesluit.

Dit is egter belangrik om te let dat hierdie afleidings en veralgemenings gemaak word op grondprofiele wat versteur en sommige wat al vir vier tot vyf jaar besproei word. Versnelde verwerking a.g.v. hierdie aksies, kleibeweging en natuurlike variasie in tekstuurklasse binne grondvorms, veroorsaak dat grondwaterstoringskapasiteite baie kan varieer.

Tabel 4.3. Gemiddelde grondwaterstoringskapasiteite van geselekteerde grondvorme by Broodkraal vir verskillende diepte-inkremente bepaal op onversteurde grondmonsters.*

Grondvorm	Diepte	VK %	MBW ₀	Klip %	VK	MBW ₀	PBWK
	cm	10 kPa	% 100 kPa	Volume	mm/diepte	mm/diepte	mm/diepte
Glenrosa	0-30	20.5	10.6	53	61.5	31.8	29.7
Glenrosa	30-50	16.2	10.0	65	32.4	19.9	12.5
Glenrosa	50-80	15.8	8.4	66	47.3	25.2	22.1
Glenrosa	0-90				157.0	85.3	71.7
Klapmuts	0-30	26.3	16.0	39	78.9	48.0	30.9
Klapmuts	30-50	29.8	21.1	36	59.6	42.2	17.4
Klapmuts	50-80	23.3	14.3	53	69.9	42.9	27.0
Klapmuts	0-90				231.7	147.4	84.3
Oakleaf	0-30	20.1	9.0	39	60.2	27.0	33.2
Oakleaf	30-50	22.1	13.4	36	44.2	26.8	17.4
Oakleaf	50-80	30.1	19.7	53	90.2	59.0	31.2
Oakleaf	0-90				224.6	132.4	92.2

Tabel 4.4. Gemiddelde grondwaterstoringskapasiteite van geselekteerde grondvorme by Rooihoogte vir verskillende diepte-inkremente, bepaal op versteurde grondmonsters.*

Grondvorm	Diepte	VK %	MBW ₀	Klip %	VK	MBW ₀	PBWK
	cm	10 kPa	% 100 kPa	Massa	mm/diepte	mm/diepte	mm/diepte
Glenrosa	0-15	15.9	7.3	50	23.9	11.0	12.9
Glenrosa	15-30	18.1	8.2	51	27.2	12.3	14.9
Glenrosa	30-60	23.8	9.4	40	71.4	28.2	43.2
Glenrosa	60-90	28.8	14	36	86.4	42.0	44.4
Glenrosa	0-90				208.9	93.5	115.4
Swartland	0-15	19.9	8.6	44	29.9	12.9	17.0
Swartland	15-30	20.9	12.0	47	31.5	18.0	13.5
Swartland	30-60	24.4	12.5	48	73.2	37.5	35.7
Swartland	60-90	32.1	15.6	43	96.3	46.8	49.5
Swartland	0-90				230.9	115.2	115.7
Hutton	0-15	15.6	7.0	44	23.4	10.5	12.9
Hutton	15-30	15.3	4.7	45	23.0	7.1	15.9
Hutton	30-60	17.9	5.7	39	53.7	17.1	36.6
Hutton	60-90	22.2	8.7	35	66.6	26.1	40.5
Hutton	0-90				166.7	60.8	105.9

***Afkortings gebruik**

VK = Veldkapasiteit by -10 kPa bepaal

MBW₀ = Onderste grens van plant toeganklike grondwater by -100 kPa bepaalMBW = Plant toeganklike grondwater = VK - MBW₀

4.3.2.2. Versadigingspersentasie

Die versadigingspersentasie van 'n versadigde grond pasta is nie 'n werklike meting van 'n grond se grondwaterstoringskapasiteit nie, aangesien die grond versteur (gesif), die growwe fragment fraksie verwyder is en die grond tot op 'n punt benat word net voor vrywater voorkom. Dit sal nie in natuurlike omstandighede gebeur nie, maar kan egter 'n indikatie gee van die water opneemvermoë van die < 2 mm grondfraksie en 'n vergelykingsbasis tussen grondvorme skep.

Tabel 4.5 toon 'n algemene toename in versadigingspersentasies met diepte en die hoogste waardes word in Klapmuts gronde by Broodkraal (BK-Km) aangetref. Dit stem ooreen met die kleierige tekstuur by die spesifieke perseel. Net soos GGF toon die versadigingspersentasies groot variasie binne grondvorme. Die meerderheid van gronde by Broodkraal bestaan uit Oakleaf en Glenrosa en by Rooihogte, uit Hutton en Swartland gronde. Die Oakleaf's (BK) en Hutton's (RH) toon hoër versadigingspersentasies as Glenrosa (BK) en Swartland (RH) gronde en dus 'n groter vermoë om grondwater op te neem. Dit stem ooreen met die grondwaterstoringskapasiteite waargeneem by Broodkraal maar verskil van die by Rooihogte.

Hierdie kontrasterende bevindinge bevestig die belangrikheid om die grondwaterhuishouding binne besproeiingsgronde noukeurig te ondersoek. Dit kan moontlik verklaar word deur die feit dat die bepaalde versadigingspersentasies van die gesifde monsters deur die tekstuur van die onderskeie grondvorme bepaal word. VK en MBW daarenteen word weer bepaal deur beide tekstuur en struktuur van die grondvorme, asook die hidrouliese geleivermoë. Oor die algemeen is die veralgemening dat VK die helfte van die versadigingspersentasie is, ook vir meeste van die gronde waar, behalwe vir die Swartland gronde by Rooihogte waar die verhouding nader aan twee derdes was.

Dis noodsaaklik om die gemak waarmee grond water opneem, asook die hoeveelheid water wat gestoor kan word binne die verskillende grondvorme, te karakteriseer. Dit maak effektiewe grondwaterbestuur moontlik deurdat besproeiingswater nie gemors word deur oormatige dreinerings nie, maar dat genoegsame logging wel plaasvind om soutaansameling te voorkom.

Tabel 4.5. Versadigingspersentasies van versteurde grondfraksies (< 2 mm) soos bepaal tydens voorbereiding van versadigde grondwater ekstrakte. Die minimum, maksimum, gemiddelde en standaard afwyking van geselekteerde grondvorms word gegee.*

Lokaleiteit- Grondvorm	Versadigingspersentasie per diepte-inkrement					DG gemid.	
	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm		
BK-Gs	Min.	23	24	22	24	26	35
	Maks.	48	48	51	60	53	
	Gemid.	33	33	34	36	36	
	Std. Af.	5.3	5.9	6.7	7.3	7.5	
RH-Gs	Min.	19	18	22	31	21	44
	Maks.	61	62	60	69	78	
	Gemid.	31	33	41	48	53	
	Std. Af.	9.3	10.2	10.1	11.3	17.6	
BK-Oa	Min.	23	23	23	31	37	43
	Maks.	46	62	72	70	57	
	Gemid.	36	37	42	47	46	
	Std. Af.	7.4	8.6	10.7	9.6	6.9	
RH-Hu	Min.	17	20	21	23	26	44
	Maks.	48	60	64	69	76	
	Gemid.	32	36	42	50	48	
	Std. Af.	9.5	11.8	12.3	13.9	13.8	
BK-Km	Min.	41	42	43	39	36	51
	Maks.	51	70	70	66	47	
	Gemid.	51	55	56	50	43	
	Std. Af.	6.2	7.5	8.8	7.8	3.6	
RH-Sw	Min.	20	18	19	25	32	37
	Maks.	46	51	57	66	52	
	Gemid.	29	30	35	41	43	
	Std. Af.	5.5	7.3	8.9	9.5	7.7	

*Afkorting gebruik

BK = Broodkraal, RH = Rooihoogte

Gs = Glenrosa, Oa = Oakleaf, Hutton = Hu, Klapmuts = Km, Sw = Swartland

Std. Af. = Standaard afwyking

DG gemid. = Diepte geweegde gemiddelde (0-120 cm)

4.3.3. Effektiewe worteldiepte

Effektiewe worteldiepte is die diepte tot waar 'n gewas se wortels grondwater kan opneem. Dit bepaal die totale beskikbare waterkapasiteit (TBWK), wat die kapasiteit (uitgedruk in mm water) van 'n grond is om water vir plantopname te berg. TBWK (mm) is gelyk aan beskikbare water (mm/m) vermenigvuldig met die effektiewe worteldiepte (m). In anisotropiese gronde moet die verskille in beskikbare water vir elke horison in ag geneem word. Op sy beste is TBWK om verskeie redes 'n baie ruwe benadering, een daarvan is die probleem om effektiewe worteldiepte te skat (Verklarende Woordeboek vir Grondkunde, 1995).

Dit dui die diepte van die grondwaterstoor en gepaardgaande grootte van MBW aan, asook die diepte waarverby grondwater moet dreineer voordat logging plaasvind. Worteldieptes was tydens profielbeskrywings aangeteken en het tussen 60-100 cm gewissel na gelang van die tafeldruiwe se ouderdom en fisiese beperkings (Bylaag 3). Die algemeenste beperking in Glenrosa/Swartland grondvorme was vlak onverweerde skalie-klipbanke met gepaardgaande worteldieptes so vlak as 60 cm. Oakleaf/Hutton's het minimale strukturele beperking op worteldiepte getoon en wortels was tot op 100 cm waargeneem. Tekens van periodieke natheid was wel waargeneem wat worteldiepte kon beperk in sekere profiele.

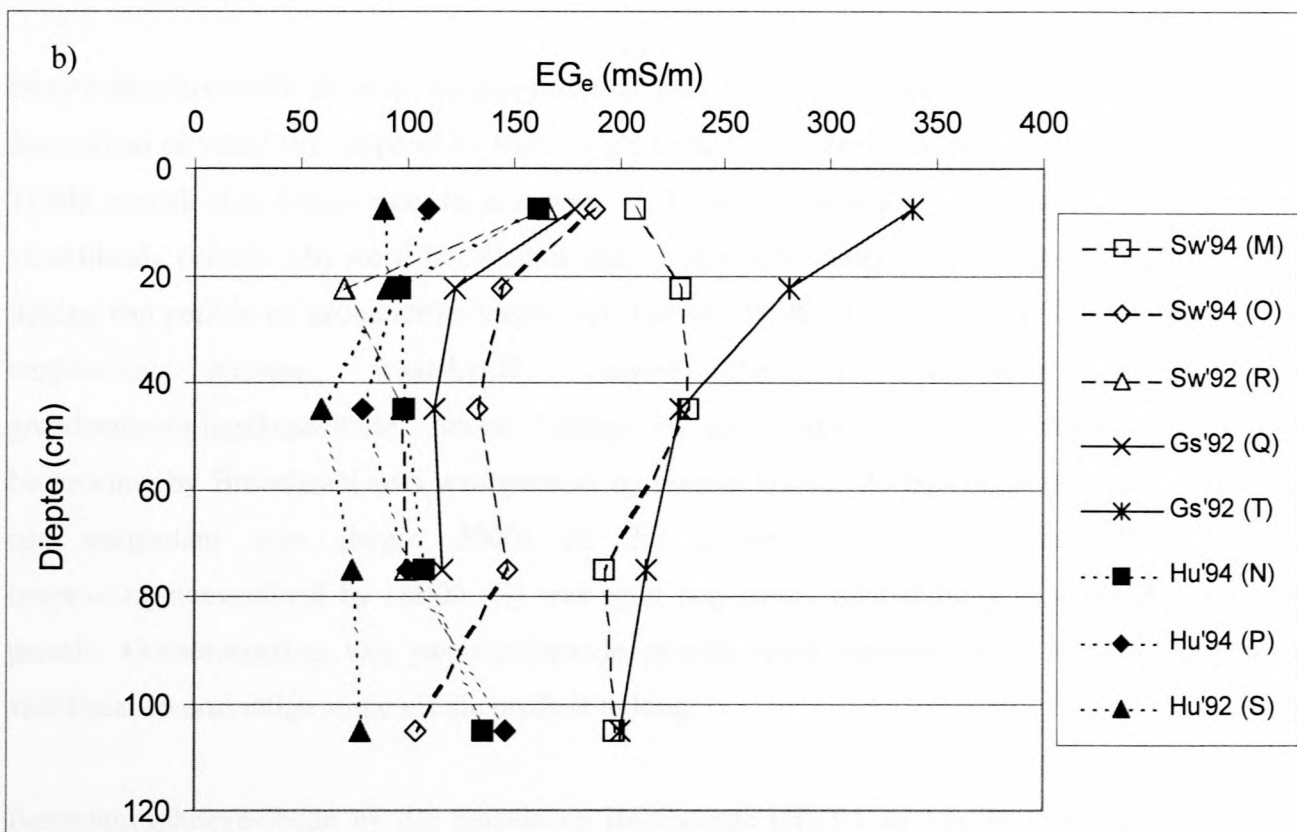
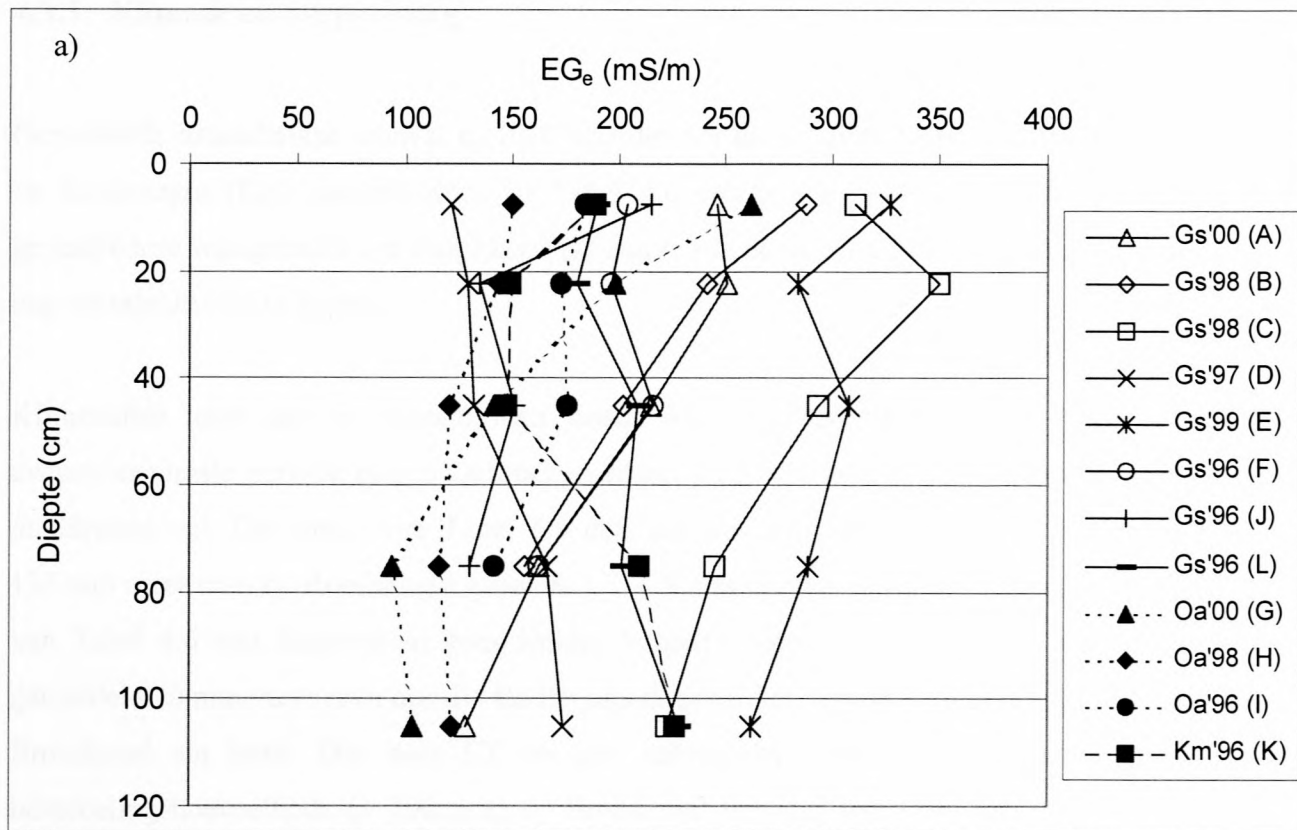
Neutronwatermeterlesings was by geselekteerde persele geneem om die patroon van wateropname deur tafeldruiwe in hierdie gronde te karakteriseer. 'n Veralgemening van lesings toon 'n wateropname patroon van 25% in 0-20, 40% in 20-40, 25% in 40-60, 10% in 60-80 en 0% in 80-100 cm in die onderskeie grondhorisonte aan. As effektiewe worteldiepte tesame met wateropname patrone van gewasse aan die besproeiingsboer bekend is, stel dit hom in staat om waterhuishouding in sy gronde te bestuur en effektiewe grondwaterbestuur vir sy unieke klimaat- en grondtoestande toe te pas. In die geselekteerde gronde van die benede Bergrivier opvanggebied blyk dit dus dat grondwater tot op 90 cm bestuur moet word om maksimum wateropname te verseker terwyl 90 % van water slegs in die boonste 60 cm opgeneem word.

4.3.4. Soutinhoud en –verspreiding

In Figuur 4.1 a en b word die gemiddelde EG_e van alle persele by Broodkraal (a) en Rooihogte (b) gegee. Dit gee 'n aanduiding van soutinhoud en –verspreiding binne geselekteerde grondvorme gegee. Die hoogste EG_e -waarde word in die jonger Glenrosa persele by Broodkraal en enkele Glenrosa en Swartland persele by Rooihogte aangetref. Dit is veral in die boonste 0-60 cm waar EG_e -waardes bokant 200 mS.m^{-1} voorkom. Oakleaf en Hutton het die laagste soutinhoud met die uitsondering van perseel G wat nog min besproei was (2000 aangeplant). Van die Glenrosa en Swartland persele by beide Broodkraal en Rooihogte wat al langer besproei word toon ook laer EG_e -waardes ($<200 \text{ mS.m}^{-1}$). Jong persele se EG_e daal oor die algemeen met diepte, terwyl ouer persele wat al langer besproei word se EG_e meer konstant oor diepte vertoon, met die uitsondering van persele K en T.

As die sensitiviteitsgrens van $130\text{-}300 \text{ mS.m}^{-1}$ (paragraaf 2.3.1) as indikasie gebruik word, moet besondere aandag gegee word aan die bestuur van soutkonsentrasies binne die geselekteerde gronde om nadelige effekte op tafeldruive te voorkom. Byna alle persele val binne hierdie grens, met veral die boonste 0-60 cm van die vlak Glenrosa en Swartland gronde wat spesiale aandag moet geniet. Om braktoestande in hierdie gronde te voorkom, wat opbrengs kan benadeel, moet besproeiing so toegepas word sodat oortollige soute wat natuurlik in gronde aanwesig is uitgeloo word. EG_e word in versadigde ekstrakte bepaal en dus by oorversadigde grondwaterinhoud. Soos die grondwaterinhoud afneem na besproeiing, a.g.v. ET, plantopname en dreinerings styg soutkonsentrasies in grondwater. Die plantwortels word dus aan nog hoër soutkonsentrasies blootgestel as wat deur die EG_e aangedui word. Dit impliseer dat besproeiing so toegepas moet word dat maksimum grondwaterinhoud gehandhaaf moet word sodat tafeldruive nie aan nadelige soutkonsentrasies (braktoestande) blootgestel word nie.

Besproeiing en gepaardgaande wateropname in wingerdrye kan tot gelokaliseerde soutkonsentrasies binne die grondvorme lei (paragraaf 2.4.1.1). Hierdie verskynsels tesame met 'n meer in diepte bespreking van die verspreiding en variasie van soutinhoud binne geselekteerde gronde word in Hoofstuk 5 behandel.



Figuur 4.1. Die gemiddelde soutverspreiding (EG_e), oor diepte, van alle geselekteerde persele by Broodkraal (a) en Rooihogte (b).

4.3.5. Klimaat en besproeiing

Gemiddelde maandelikse reënval en PET waardes oor die studietydperk, soos by Broodkraal (BK) en Rooihooft (RH) gemeet word in Tabel 4.6 weergegee. Verteenwoordigende maandelikse gewasfaktore was gebruik om daaglikse PET aan te pas om die werklike evapotranspirasie (ET) per dag vir tafeldruiwe te bepaal.

Klimaatdata toon dat die meeste reën tussen Mei en November geval het en dat die piek evapotranspirasie periode tussen Oktober en Maart was, wat saam met die besproeiingseisoen van tafeldruiwe val. Die totale van Tabel 4.6 dui, dat oor een jaar (Junie 2000 tot Mei 2001) daar 133 mm meer reën by Rooihooft geval en ET 279 mm minder as by Broodkraal was. As die totale van Tabel 4.6 met langtermyn gemiddeldes vergelyk word (Tabel 3.2a en b) blyk dit of daar gemiddeld 40 mm meer reën oor die studietydperk geval het, terwyl Rooihooft se PET laer was en Broodkraal sin hoër. Die hoër ET en laer reënval by Broodkraal dra saam by dat groter besproeiingshoeveelhede (± 400 mm) by Broodkraal benodig word om die gronde teen dieselfde grondwaterpeile as by Rooihooft te bestuur.

Besproeiingshoeveelhede (mm) op geselekteerde persele toegedien was vanaf watermeterlesings by Broodkraal en vanaf ure besproei by Rooihooft bepaal, deur die relevante areas daaraan te koppel. Totale maandelikse besproeiing in mm word in Tabel 4.7 aangetoon en wissel aansienlik tussen verskillende persele. Dit word hoofsaaklik aan verskillende ouderdom gewasse se waterbehoefte, ligging van persele en grondvorme toegeskryf. Persele Gs'98 (B) en Gs'96 (F) het uitermatige hoë besproeiing ontvang, waarskynlik vanweë die vlak Glenrosa gronde, klein grondwaterstoringsekapasiteite, skuins hellings en gevolglike vinnige dreinerings. Die laagste besproeiing by Broodkraal was waargeneem by persele Gs'00 (A) en Oa'00 (G), aangesien hulle pas aangeplant was (begin 2000) en die plante 'n klein waterbehoefte het. Die besproeiingshoeveelheid by Oa'00 (G) was egter nog steeds relatief hoog in vergelyke met ouer persele. Oorbesproeiing van pas voorbereide persele word hoofsaaklik gedoen om gronde te stabiliseer en oormatige sout uit die profiele te loog.

Besproeiingshoeveelhede by die persele op Rooihooft (Hu'94 en Sw'94), toon aansienlik laer waardes as ouer persele by Broodkraal. Dit kan aan die laer waterbehoefte van die tafeldruiwe (a.g.v. die ± 400 mm wat bygedra word deur hoër reënval en laer evapotranspirasie by Rooihooft, Tabel 4.7) toegeskryf word. Uit die besproeiingsdata het dit nie geblyk of persele afsonderlik volgens grondvorm en gepaardgaande grondwaterstoringsekapasiteite bestuur word nie.

Tabel 4.6. Gemiddelde maandelikse reënval, potensiële evapotranspirasie (PET) en evapotranspirasie (ET) van Broodkraal (BK) en Rooihoogte (RH), gemeet oor die studietyperk .

Maand	Reënval (mm)		PET (mm)		Gewasfaktor	ET (mm)	
	BK	RH	BK	RH		BK	RH
Jan 00	/	19.6	/	257	0.55	/	141
Feb 00	0	0.8	309	223	0.5	154	112
Mrt 00	3.6	8.6	291	195	0.4	116	78
Apr 00	4.6	7.2	194	90	0.3	58	27
Mei 00	19.4	52.8	136	61	0.2	27	12
Jun 00	41.6	61	84	56	0.1	8	6
Jul 00	52	91.8	86	68	0.1	9	7
Aug 00	40.4	34.8	76	55	0.1	8	6
Sept 00	58.6	68.6	128	87	0.2	26	17
Okt 00	5	34.6	281	161	0.45	126	72
Nov 00	33.2	33	270	226	0.55	148	124
Des 00	8.6	3	347	298	0.6	208	179
Jan 01	7	18	357	261	0.55	196	143
Feb 01	6	12.2	331	236	0.5	166	118
Mrt 01	0	0	275	196	0.4	110	78
Apr 01	16.8	24.4	161	83	0.3	48	25
Mei 01	45	65.4	103	92	0.2	21	18
Jun 01	35.4	75.9	57	56	0.1	6	6
Jaar Totaal Jun 00 – Mei 01	314	447	2498	1820		1073	794

Tabel 4.7. Maandelikse beproeiingshoeveelhede (mm) toegedien by geselekteerde persele oor die 2000/2001 besproeiingseisoen

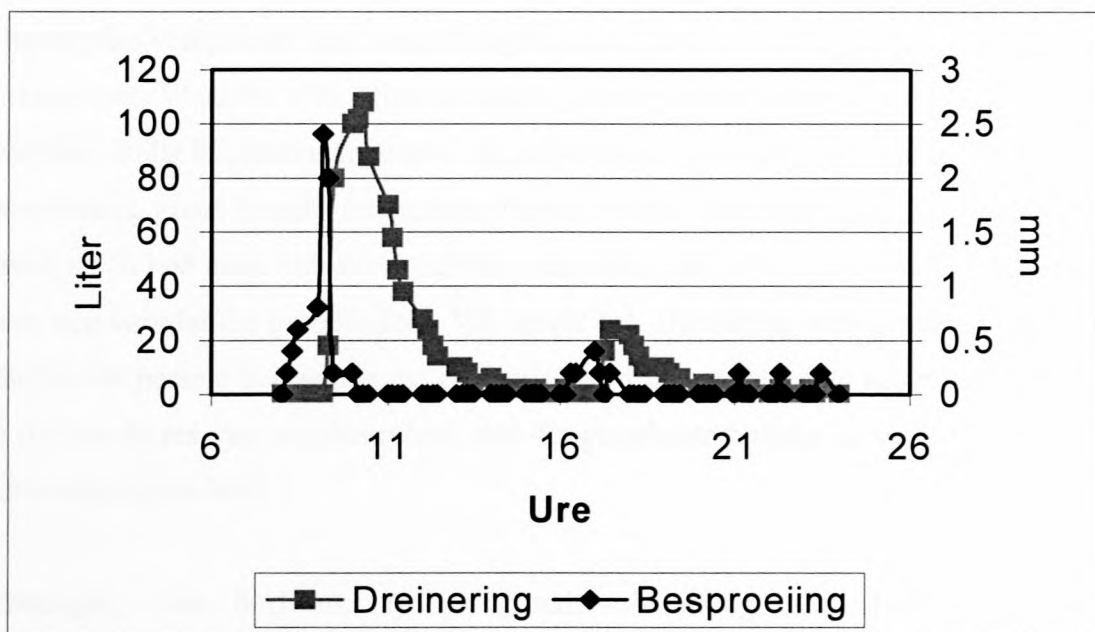
Perseel	Area (m ²)	Sept 00	Okt 00	Nov 00	Des 00	Jan 01	Feb 01	Totaal
Gs'00 (A)	58427	0	0	0	0	75.1	224.8	299.9
Gs'98 (B)	68622	12.3	137.2	249.1	384.5	392.3	205.3	1380.7
Gs'98 (C)	107584	28.3	110.5	121.1	166.4	250.0	154.7	831.0
Gs'97 (D)	78487	6.1	133.2	147.7	240.7	215.7	141.0	884.3
Gs'99 (E)	92080	6.0	78.9	98.1	186.9	209.6	125.4	704.8
Gs'96 (F)	72375	0	165.8	251.0	278.8	190.5	178.5	1064.7
Oa'00 (G)	47558	12.6	78.6	86.9	117.5	165.9	142.6	601.7
Oa'98 (H)	78597	18.5	73.0	108.9	147.7	244.4	102.7	695.3
Oa'96 (I)	81900	7.9	115.1	177.5	234.4	206.5	117.1	858.4
Gs'96 (J)	35229	4.7	190.6	146.0	132.0	111.7	27.9	613.0
Gs/Km'96 (L/K)	111360	0	137.9	170.4	235.8	231.9	165.1	941.4
Hu/Sw'94 (N,P/M,O)	44190	0	17.8	60.4	135.1	78.2	56.9	348.4

4.3.6. Dreinerings

'n Enkele dreineringsuitloop verteenwoordig die dreinerings wat vanuit 'n geografiese area plaasvind, hoewel laterale grondwaterbeweging en diep dreinerings waarskynlik ook van die dreineringswater kan verwyder. Kantelbakmeters gee egter 'n goeie indikasie van dreinerings tempo, -duur en -aanvang. Figuur 4.3 gee die dreinerings tempo na 'n besproeiing by Rooihooft en verteenwoordig die algemene tendens uit Glenrosa en Swartland gronde waargeneem.

Die dreinerings toon 'n piek direk na besproeiing wat dan stelselmatig afneem oor 'n relatiewe lang periode na besproeiing. As die tydperk wanneer dreinerings begin, vergelyk word met besproeiingsperiode, is dit duidelik dat dreinerings al begin het gedurende besproeiing. Hierdie verskynsel, tesame met die piek dreinerings tempo wat voorgekom het binne 30-60 minute na besproeiing gestaak was, dui op voorkeurvloei binne hierdie grondvorme (paragraaf 2.4.2.3). Dit was ook by ander dreineringsuitloope waargeneem waar dreinerings kort na of tydens besproeiing begin het.

Hierdie waarnemings beklemtoon die groot rol wat hoë GFF en gepaardgaande voorkeurvloei in die grondwaterbestuur van die geselekteerde gronde speel. Die groot variasie in GFF lei dus tot oorbesproeiing en vinnige dreinerings in sekere profiele terwyl ander weer langer neem om VK te bereik en selfs onderbesproei word met minimale dreinerings.



Figuur 4.3. Dreinerings tempo en besproeiing soos waargeneem tydens 'n besproeiing by 'n kantelbakmeter op Rooihooft. Dreinerings in Liter en besproeiing in mm word vir elke 15 minute getoon.

4.4. Gevolgtrekking

Om effektiewe grondwaterbestuur op die geselekteerde besproeiingsgronde van die benede Bergrivier opvanggebied toe te pas, vereis 'n deeglike kennis van die faktore wat dit beïnvloed. Die variërende en groot GFF, beperkings op akkurate bepaling van grondwaterstoringskapasiteite, natuurlike hoë soutinhoud, en die voorkoms van voorkeurvloei dra almal by tot die skep van 'n komplekse situasie. Dit is egter vir die besproeiingsboer van kardinale belang om grondwater so te bestuur dat tafeldruiwe nie aan plantwaterstremming blootgestel word nie. Aan die anderkant kan onnodige oorbesproeiing tot groot geldvermorsing en groot dreineringsvolumes lei wat nadelig kan wees vir die Bergriviersisteem in terme van soutlading.

Daar was groot variasie in GFF binne persele en ook oor diepte waargeneem. Die verwagte hoër GFF in Glenrosa/Swartland teenoor die in Oakleaf/Hutton, was ook nie duidelik in gemete GFF weerspieël nie. Redes hiervoor kan gevind word in die feit, dat groot skalie/filliet growwe fragmente nie deur die grondboormonsters verteenwoordig was nie. Baie van die skalie/filliet klippe was ook in gevorderde stadiums van verwerking en fyngestamp tydens monster voorbereiding. Die vermoede bestaan ook dat die verwerking van hierdie GFF versnel word deur die opeenvolgende besproeiings oor jare, maar dit kon nie bevestig word nie. Die GFF in Oakleaf/Hutton bestaan hoofsaaklik uit kleiner, harde kwartsgruis wat meer verteenwoordig was, maar nog steeds baie gevarieer het in verspreiding.

'n Baie belangrike komponent van waterbeweging deur versteurde klipryke gronde is die verskynsel van voorkeurvloei. Wanneer vlak klipryke skalie-gronde voorberei word vir aanplanting word van die verwerende skalie klipbanke opgebreek en groot fragmente reg deur die profiel versprei. Hierdie aksies veroorsaak groot kanale en ruimtes binne gronde wat saam met hoë growwe fragment persentasies tot 'n hoë mate van voorkeurvloei aanleiding gee. Dit lei tot vinnige dreinerings uit die wortelsone nog voordat die grondfraksie, VK bereik het. Dreinerings waargeneem en gemoniteer by die geselekteerde persele het getoon dat dreinerings kort na aanvang van besproeiing begin het. Dit bevestig die voorkoms van voorkeurvloei, wat die grondwaterbestuur in veral Glenrosa/Swartland gronde dramaties beïnvloed.

Die vermenging van horisonte tydens grondvoorbereiding was duidelik sigbaar tydens profielbeskrywings en kon tot die waargenome wisselende teksture bygedra het. In sommige gevalle geld die oorspronklike klassifikasies selfs nie meer nie. Klapmuts en Oakleaf gronde het hoër VK-waardes getoon as Glenrosa's by Broodkraal. Dit was hoofsaaklik te danke aan die pedo-

en neokutaniese horisonte se groter storingskapasiteite, met MBW wat dieselfde tendens getoon het. By Rooihoogte toon Swartland die hoogste VK en Hutton die laagste, wat verklaar word deur die pedokutaniese en apedale horisonte onderskeidelik. Gemiddelde growwe fragment persentasies, wat nie baie tussen grondvorms verskil nie, was gebruik om die grondwaterstoringkapasiteit te vergelyk. Grondwaterstoringkapasiteit word egter deur groot GFF oorheers en dit moet in ag geneem word dat GFF baie varieer oor die geselekteerde gronde. Dit impliseer dat binne en tussen grondvorms die VK, MBW_o en MBW dramatiese kan verskil. Grondwaterbestuur moet dus kompenseer vir hoë en lae grondwaterstoringkapasiteite binne besproeiingsblokke.

Effektiewe worteldieptes, tesame met algemene grondwater opneempatrone dui aan dat alhoewel wortels tot op 90-100 cm voorkom, die diepte van grootste belang die 0-60 cm sone was waar 90% van die grondwater opgeneem word. Dit was ook in hierdie sone waar hoë EG_e-konsentrasies voorgekom het. Hoë soutkonsentrasies was veral algemeen in jong Glenrosa's, maar ook in enkele ouer Glenrosa/Swartland waargeneem. Hutton/Oakleaf het laer soutkonsentrasies getoon en het dus nie noodwendig 'n brakgevaar ingehou nie. Grondwaterpeile moet veral in jong Glenrosa/Swartland by hoër vlakke bestuur word om die negatiewe effek van hoë EG_e te beperk. Tafeldruiwe word as matig tot sensitief geklassifiseer vir hoë soutkonsentrasies met 130-300 mS.m⁻¹ wat as kritiek beskou word. EG_e-waardes binne en selfs hoër as die grense kom by albei lokaliteite voor.

Met faktore soos hoë en varieërende GFF, lae grondwaterstoringkapasiteite, hoë soutkonsentrasies, voorkeurvloei en vinnige dreinerings in ag geneem, vereis die geselekteerde gronde noukeurige grondwaterbestuur. Besproeiingsbeplanning moet rondom die variasie in growwe fragment persentasies en werklike grondvolumes bestuur word. Waterbestuur moet so toegepas word dat die boonste grens van benatting volgens die profiele met 'n lae GFF en gevolglike groter grondwaterstoringkapasiteit bepaal word. Die onderste grens, m.a.w. wanneer besproeiing weer moet begin, moet weer bepaal word volgens profiele met die laagste grondwaterstoringvermoë (groot GFF en lae grondvolumes). Deur korter en meer gereeld te besproei, kan hoër grondwaterpeile gehandhaaf word met gevolglike laer dreineringshoeveelhede.

Die modellering van waterbalanse in die geselekteerde gronde word in Hoofstuk 5 bespreek deur gebruik te maak van die faktore wat grondwaterbestuur beïnvloed en hier bespreek was. Dit maak die voorspelling van dreineringshoeveelhede vanuit die grondprofile moontlik. So kan die besproeiingsboer 'n goeie indikatie verkry van dreineringsvolumes om sy grondwaterbestuur vir sy spesifieke omstandighede aan te pas.

HOOFSTUK 5: PROFIEL-SOUTVERSPREIDING IN ENKELE BESPROEIDE GRONDVORMS VAN DIE BENEDE BERGRIVIER OPVANGGEBIED.

5.1. Inleiding

Natuurlike variasie in soutinhoud en -verspreiding oor 'n landskap is die funksie van ligging, klimaat en natuurlike soutinhoud afkomstig vanaf moedermateriaal waaruit gronde ontwikkel het (Flügel, 1991). Bewerking en besproeiing van droëland gronde veroorsaak egter 'n groot verskuiwing in die soutinhoud en -verspreiding binne grondprofiel (Aubert & Kovda, 1973; Bresler *et al.*, 1982). Soutverspreiding en/of die variasie in gronde van die Wes-Kaap bly 'n groot struikelblok in effektiewe besproeiingsboerdery. In hierdie hoofstuk gaan die waargenome soutverspreiding en -inhoud binne geselekteerde persele geëvalueer word volgens grondvorm, besproeiingsmetode, verandering oor tyd, asook die natriumgevaar.

Tafeldruive word as 'n sensitiewe gewas vir hoë soutkonsentrasies in besproeiings- en grondwater geklassifiseer (Ayers & Westcott, 1989). 'n Goeie kennis van variasie in soutinhoud tussen dominante grondvorme, asook die verandering in soutinhoud en -verspreiding a.g.v. besproeiing oor jare, help die besproeiingsboer om sy besproeiingspraktyke aan te pas om nadelige braktoestande te voorkom. Bestudering van soutinhoud (EG_e) oor een besproeiingseisoen gee 'n indikasie van soutbeweging binne grondprofiel en dui aan of soutaansameling of -verlies plaasvind (Moolman, 1989; Du Toit, 1995). Deur verskillende aanplantingsjare, op dieselfde grondvorme, se soutvariasie te vergelyk kan besproeiing se invloed oor tyd op soutverspreiding geëvalueer word. Verskillende grondvorme reageer ook verskillend t.o.v. hul verandering in soutinhoud en -verspreiding a.g.v. besproeiing (Moolman, 1982). Vergelyking en afsonderlike monitering van dominante grondvorme is dus noodsaaklik om soutgevaar in alle besproeiingsgronde te voorkom. Verdere bydraes tot variasie in soutverspreiding is besproeiingsmetode en distribusie, tesame met selektiewe plant wateropname binne in wingerdrye. Dit kan oor tyd tot groot variasie in soutinhoud en grondprofiel in wingerdrye en die daartussen lei (Moolman, 1989; Koumanov, 1997).

Geostatistiese metodes maak dit moontlik om variasie in soutinhoud oor landskappe te karteer en die verteenwoordigbaarheid van monsterposisies te bepaal. Variasie in soutkonsentrasies a.g.v. verskillende grondvorme, asook variasie binne grondvorme kan dan volgens sekere faktore verklaar word (De Smet, 2001; Görgens & de Clercq, 2002).

5.2. Materiaal en metodes

Geselekteerde persele se grondvorms en aanplantingsjaar word in Tabel 3.1 gegee en hul ligging op die twee plase in Figure 3.2a en b aangedui. Hulle was geselekteer om dominante grondvorms nl. Glenrosa, Swartland, Oakleaf en Hutton te verteenwoordig, wat vergelyking van soutinhoud en -verspreiding moontlik gemaak het.

Verandering in soutkonsentrasies was oor een jaar en tussen begin- en einde-besproeiingseisoen binne persele beskryf. Die gemete EG_e van die monsterposisies was gebruik om gemiddeldes te bereken terwyl in-ry en tussen-ry posisies ook saamgevoeg was om die variasie te beskryf. Diepte geweegde gemiddelde EG_e was as maatstaf van totale perseel soutinhoud bereken en dien as beste maatstaf van werklike souttoestande waaraan gewasse blootgestel word (Maas, 1986; Shalhevet, 1994). Tydens profielbeskrywings was die onderste grens van die wortelsone tussen 60-100 cm waargeneem. Tesame met die nie-beskikbaarheid van talle 90-120 cm monsters, het dit gelei tot berekening van 'n diepte geweegde gemiddelde EG_e tot op 90 cm. NAV was ook bereken en vergelyk tussen persele.

Buiten grondvorms, was persele ook vergelyk t.o.v. hul aanplantingsjaar, wat as indikasie van ouderdom en gepaardgaande besproeiingshoeveelhede ontvang, gedien het. Besproeiingshoeveelhede het gewissel van klein hoeveelhede tydens aanplanting om die gewas te vestig en profiele te loog, na stelselmatig meer water soos plante groter word tot 'n maksimum wanneer hulle in volproduksie gekom het. By Rooihogte was enkele persele in koringlande gekies wat as kontrole van gronde wat onbesproei was, gedien het. By Broodkraal het Persele A en G se soutkonsentrasies in Maart 2000 gedien as kontrole van onbesproeide gronde aangesien hulle eers in 2000 aangeplant was.

5.3. Resultate en besprekings

5.3.1. Elektriese geleivermoë (EG_e)

EG_e van grondmonsters was gebruik as indikasie van soutverspreiding en totale soutinhoud binne grondprofile. Dit verteenwoordig die oplosbare soute binne profile wat saam met waterinhoud sal fluktureer, asook die soutkonsentrasies waaraan plantwortels blootgestel word. Tendense in verspreiding oor diepte, variasie tussen meetpunte per perseel, verskille tussen in-ry en tussen-ry posisies, verskille tussen grondvorms en verandering in soutinhoud oor een jaar was ondersoek.

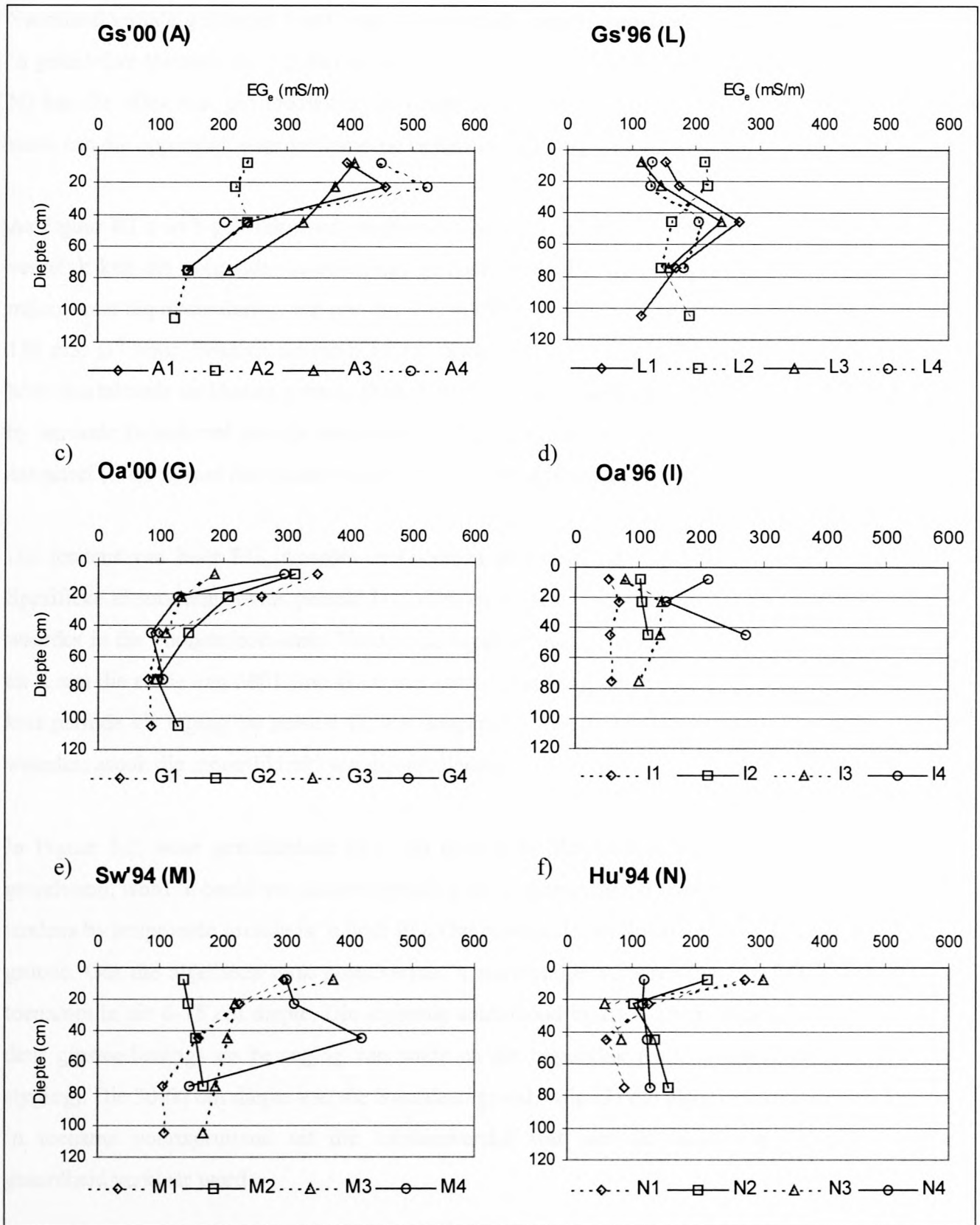
5.3.1.1. Verspreiding van EG_e

Figure 5.1 a,b,c,d,e en f gee die diepteverspreiding in EG_e van al vier meetpunte per perseel vir enkele geselekteerde gronde, soos gemeet in Maart 2000. Die diepteverspreidings van EG_e toon wisselende tendense tussen gronde, asook tussen eenderse grondvorms van verskillende ouderdom aanplantings. Persele Oa'96 (I) en Sw'94 (M) toon veral groot variasie tussen die vier meetpunte per perseel. Diepteverspreidings van meetpunte wat reg deur die seisoen herhaal was, het almal op die groot variasie binne persele self gedui, asook tussen die aanplantingsjare en grondvorms.

Om ruimtelike variasie binne persele wel in ag te neem was metings saamgegroepeer om 'n gemiddelde soutinhoud en -verspreiding vir elke perseel te verkry. Hierdie gemiddelde soutverspreidings van persele was gebruik om grondvorms en aanplantingsjare te vergelyk en was reeds in Figure 4.1 a en b getoon.

Glenrosa persele by Broodkraal toon oor die algemeen 'n afname in EG_e oor diepte met die uitsondering van perseel Gs'97 (D). Dit was ook die geval by Oakleaf persele wat effense afnames oor diepte met die uitsondering van perseel Oa'00 (G) toon. Die perseel was pas ontwikkel en het dus nog nie baie logging ondergaan nie. Km'96 (K) se noemenswaardige toename in EG_e in die 60-120 cm sone kan verklaar word aan die hand van 'n pedokutaniese horison, waaruit soute nie so maklik geloog word nie. Die hoë EG_e in 0-15 cm lae by persele B, E en G kan aan die jonkheid van besproeide persele en gepaardgaande lae logging toegeskryf word, terwyl toenames by J en K waarskynlik aan gipstoediening te wyte was.

By Rooihogte toon persele oor die algemeen 'n meer univorme EG_e oor diepte, met die uitsondering van perseel T. Enkele toenames met diepte kan aan die pedokutaniese horison in



Figuur 5.1. Diepte verspreiding van EG_e vir al vier meetpunte by enkele geselekteerde persele (verwys Tabel 3.1 en kaarte by Figuur 3.2 a en b), soos gemeet in Maart 2000. Daar word onderskei tussen die meetpunte in-ry (-----) en tussen-ry (—).

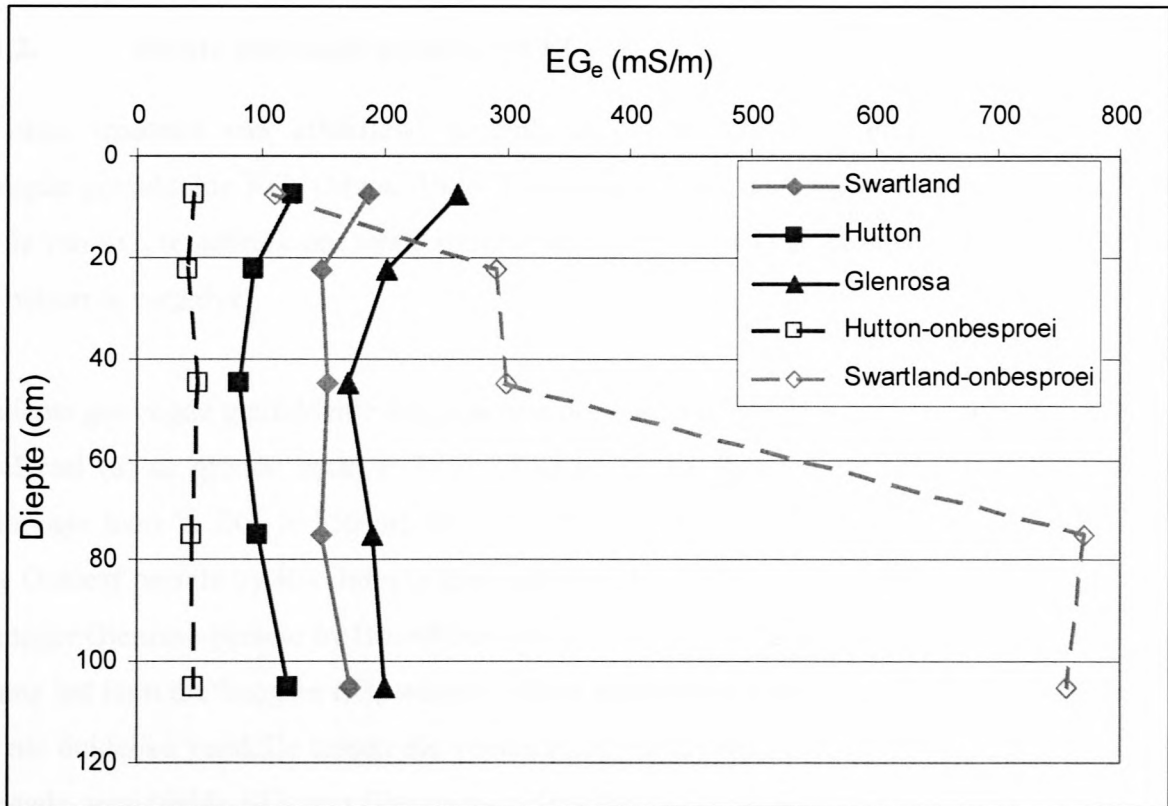
Swartland gronde gekoppel word, wat op variërende dieptes voorkom. In Hutton persele was daar 'n geleidelike toename in EG_e laer as 60 cm. Skerp toenames in EG_e in 0-15 cm lae (O, R, Q, T en N) kan die effek van gipstoediening in wingerdrye om infiltrasie te verhoog of aansameling van soute aan die oppervlak deur verdamping en kapilêre styging wees.

As Figuur 4.1 a en b gebruik word om grondvorms en lokaliteite se soutverspreiding met mekaar te vergelyk kan die volgende waarnemings gemaak word. By Rooihoogte was alle waardes $< 200 \text{ mS.m}^{-1}$ met die uitsondering van persele Sw'94 (M) en Gs'92 (T). Meeste waardes kom tussen 50-150 mS.m^{-1} voor, behalwe tussen 0-15 cm. Swartland en Glenrosa persele toon oor die algemeen hoër soutinhoud as Hutton persele (buiten R). Heelwat waardes groter as 200 mS.m^{-1} word egter by verskeie Broodkraal persele aangetref (a). Die hoogste waardes word in twee Glenrosa persele aangetref (C en E) met die meeste waardes tussen 100-250 mS.m^{-1} .

Die tendens van hoër EG_e waardes in Glenrosa en Swartland was ook bevestig by Broodkraal. Spesifieke uitsonderings was persele D, J (Gs) en K (Km) met lae waardes en Oa'00 (G) wat hoë waardes in die boonste horisonte. Voldoende loging of dus gereelde oorbeproeing in persele D, J en K aan die einde van 2001 (toe al vir vier tot vyf jaar besproei) verklaar hierdie lae waardes. Die kort periode vir loging by perseel G, wat aangeplant was in 2000, bied 'n verklaring vir die hoë waardes, asook die moontlikheid van gipstoediening.

In Figuur 5.2, waar gemiddelde EG_e van persele by Rooihoogte saamgegroepeer was volgens grondvorm, word 'n beeld van soutverspreiding in die dominante grondvorms verkry. Die algemene tendens by besproeide gronde is 'n hoër EG_e (braktoestande) in Swartland en Glenrosa as in Hutton gronde. Oor die algemeen toon grondvorms 'n eenvormige verspreiding van EG_e oor diepte met toenames in die 0-15 cm diepte. Die stygende soutinhoud in die 0-15 cm diepte kan verklaar word deur gipstoedienings en beweging van soute na die oppervlak a.g.v. evapotranspirasie (kapilêre styging). Die 30-60 cm diepte van die Swartland grond, volg nie die algemene tendens nie. Dit toon 'n toename voortspruitend uit die tekstuurverskil wat aan die hand van die pedokutaniese geaardheid verklaar word.

Metings van Swartland en Hutton se soutinhoud was ook gemaak in die naasliggende onbesproeide koringlande by Rooihoogte. Onbesproeide Swartland gronde toon 'n drastiese toename in EG_e met diepte vanaf die oppervlak tot by 120 cm (100 tot 750 mS.m^{-1}). Die groot verskil tussen besproeide en onbesproeide gronde beklemtoon die loging oor tyd.



Figuur 5.2. Gemiddelde soutverspreiding (EG_e) oor diepte van die dominante grondvorme by Rooihooft. Die EG_e verspreiding in twee van die dominante grondvorme van naby geleë koringlande word ook aangedui (onbesproei).

'n Baie uniforme EG_e -verspreiding kom in onbesproeide Hutton's voor met laer waardes as in besproeide Hutton gronde. Dit dui op souteansameling in Hutton gronde by Rooihooft, met soute wat moontlik vanaf bemesting (gips), sub-oppervlak afloop en/of soute in besproeiingswater waar onvoldoende dreinerings plaasvind, afkomstig is.

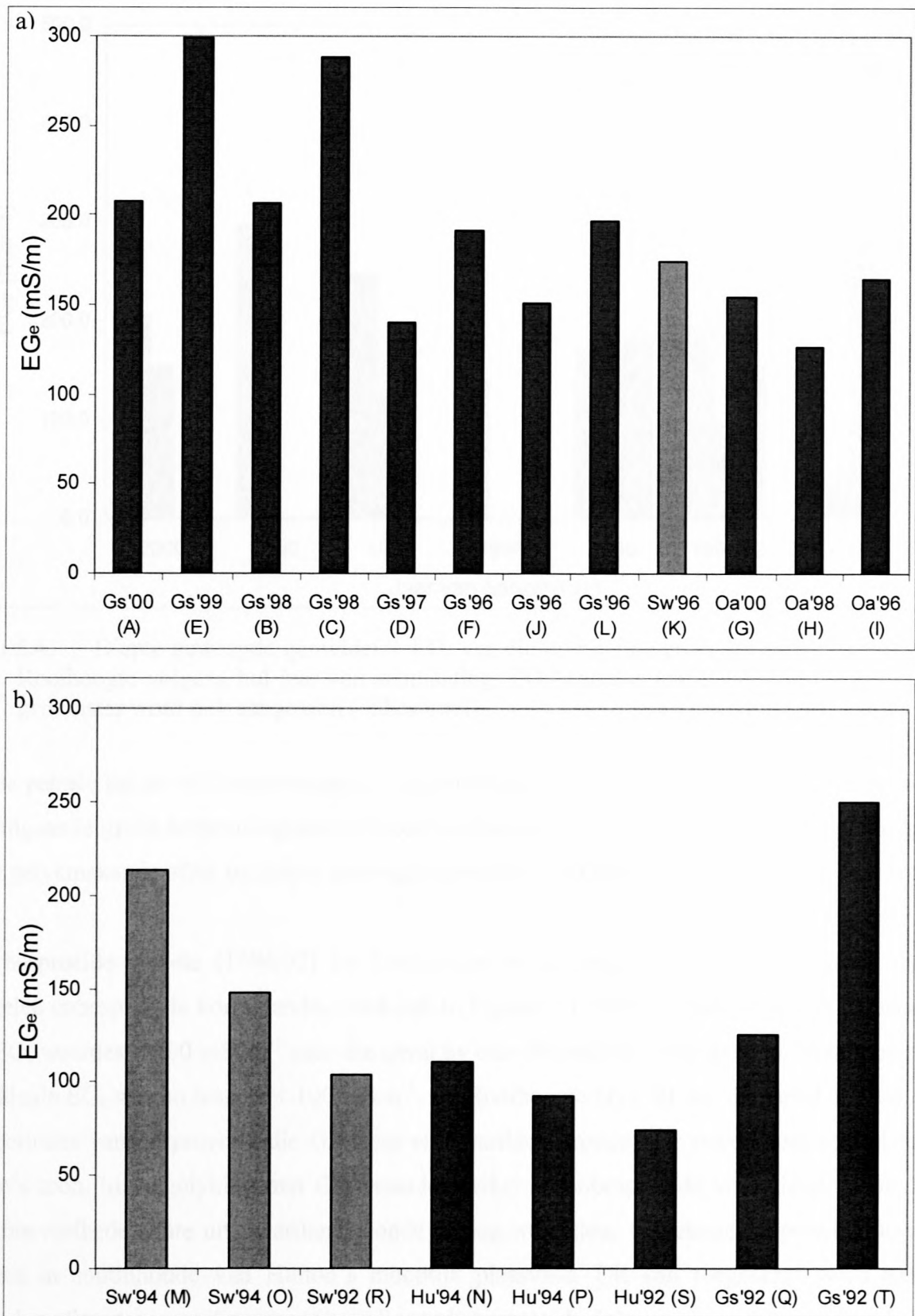
5.3.1.2. Diepte geweege gemiddelde EG_e

Die beste maatstaf van effektiewe soutinhoud in nie-uniforme grondprofiel is die diepte geweege gemiddelde EG_e (Maas, 1986; Shalhevet, 1994). Dit maak dit moontlik om 'n enkele waarde van EG_e te gebruik om totale soutinhoud (effektiewe) van grondvorme en aanplantingsjare met mekaar te vergelyk.

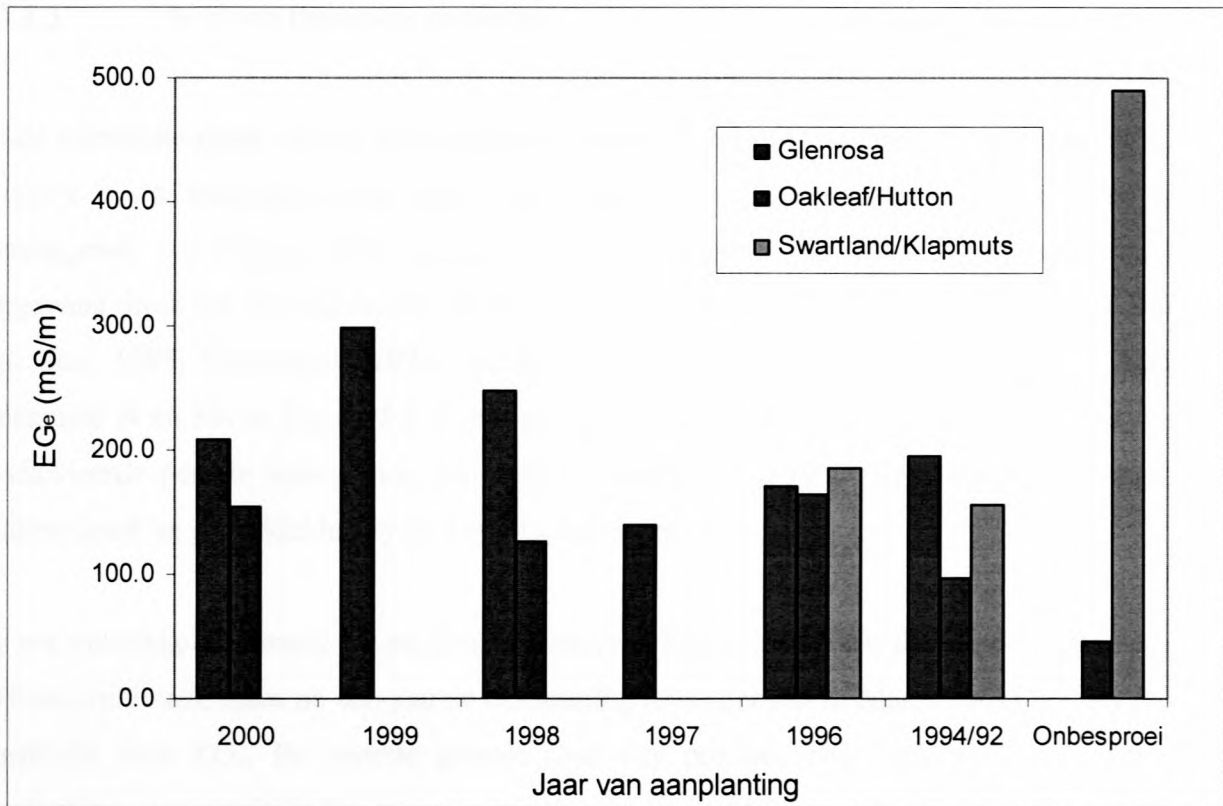
Die diepte geweege gemiddelde EG_e van alle persele word in Figuur 5.3 getoon. In vergelyking is Broodkraal (a) se gronde brakker (hoër EG_e) as die by Rooihogte (b). Slegs twee persele by Rooihogte toon 'n $EG_e > 150 \text{ mS.m}^{-1}$ terwyl meeste persele by Broodkraal $> 150 \text{ mS.m}^{-1}$ was. Twee Oakleaf persele by Rooihogte toon ook waardes $< 100 \text{ mS.m}^{-1}$, teenoor geen by Broodkraal. Die jonger Glenrosa persele by Broodkraal (A, B, C en E) wat tussen een tot drie jaar se besproeiing ontvang het toon die hoogste EG_e waardes. Ouer persele wat tussen vier tot vyf jaar besproei word toon nie duidelike verskille tussen die verskillende grondvorme nie. By Rooihogte was die diepte geweege gemiddelde EG_e van Glenrosa en Swartland persele duidelik hoër as die Hutton persele, met die uitsondering van perseel Sw'92 (R).

In Figuur 5.4 was persele saamgevoeg volgens dominante grondvorme en aanplantingsjare. Glenrosa's toon hoër soutinhoud ($EG_e > 200 \text{ mS.m}^{-1}$) in gronde wat tussen 1998-2000 aangeplant was, en laer waardes ($EG_e < 175 \text{ mS.m}^{-1}$) in persele wat in 1996-1997 aangeplant. Dit kan deur die hoër mate van loging wat die ouer aanplantings ondergaan het a.g.v. die groter kumulatiewe besproeiingshoeveelhede wat daarop toegedien was, verklaar word. Tafeldruiwe kom oor die algemeen na drie jaar in produksie, met gepaardgaande groter besproeiingsvolumes wat toegedien word. In Oakleaf's (00/98/96) wissel EG_e nie noemenswaardig oor aanplantingsjare nie ($125\text{-}165 \text{ mS.m}^{-1}$). Die klein afname tussen 1998 en 2000 aanplantings kan aan loging toegeskryf word terwyl die klein toename tussen 1998 en 1996 die gevolg van souteansameling en dus onvoldoende loging kan wees. Gipstoediening en natuurlike ruimtelike variasie tussen die verteenwoordigende persele word egter nie uitgesluit nie.

By beide die 2000 en 1998 aanplantings toon Oakleaf's heelwat laer diepte geweege gemiddelde EG_e 's as Glenrosa gronde. Aangesien hierdie jong persele slegs een tot drie besproeiingsiklusse ontvang het kan dit verklaar word deur die natuurlike hoër soutinhoud wat in Glenrosa's voorkom en hul verhoogde soutmobiliteit a.g.v. versteuring tydens voorbereiding en daaropvolgende besproeiing. Die verskillende grondvorme in 1996 aangeplant toon egter minimale verskille teenoor mekaar.



Figuur 5.3. Diepte geweege gemiddelde soutinhoud (EG_e) van alle persele by Broodkraal (a) en Rooihoogte (b) tot op 'n diepte van 90 cm.



Figuur 5.4. Diepte geweegde gemiddelde EG_e van die dominante grondvorms by Broodkraal en Rooihoogte volgens hul jaar van aanplanting. EG_e -waardes van persele in die koringlande gemonster word ook aangetoon (onbesproei).

Hierdie persele het al vyf besproeiingsiklusse ondergaan en was al vir twee jaar in produksie met gepaardgaande groot besproeiingshoeveelhede toegedien en loging van profiele. Besproeiing toon dus 'n gelykmakende effek op diepte geweegde gemiddelde EG_e tussen die dominante grondvorms.

Ouer besproeide persele (1994/92) by Rooihoogte se verteenwoordigende EG_e , asook die van nabygeleë onbesproeide koringlande, word ook in Figuur 5.4 getoon. Beide Glenrosa en Swartland toon EG_e waardes $< 200 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ soos die geval by ouer Broodkraal aanplantings. Hutton persele se gemiddelde EG_e was so laag as $< 100 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$. By Rooihoogte blyk dit dus die geval te wees dat na lang periodes van besproeiing die Glenrosa en Swartland gronde nog steeds hoër soutinhoud as Hutton's toon. In vergelyking met EG_e waardes verkry in onbesproeide koringlande, toon dit dat groot hoeveelhede soute uit Swartland gronde geloog word deur volgehoue besproeiing, terwyl 'n toename in soutinhoud van Hutton's moontlik plaasvind. Dit kan toegeskryf word aan gips toediening of souteansameling vanaf hoër liggende besproeide dele.

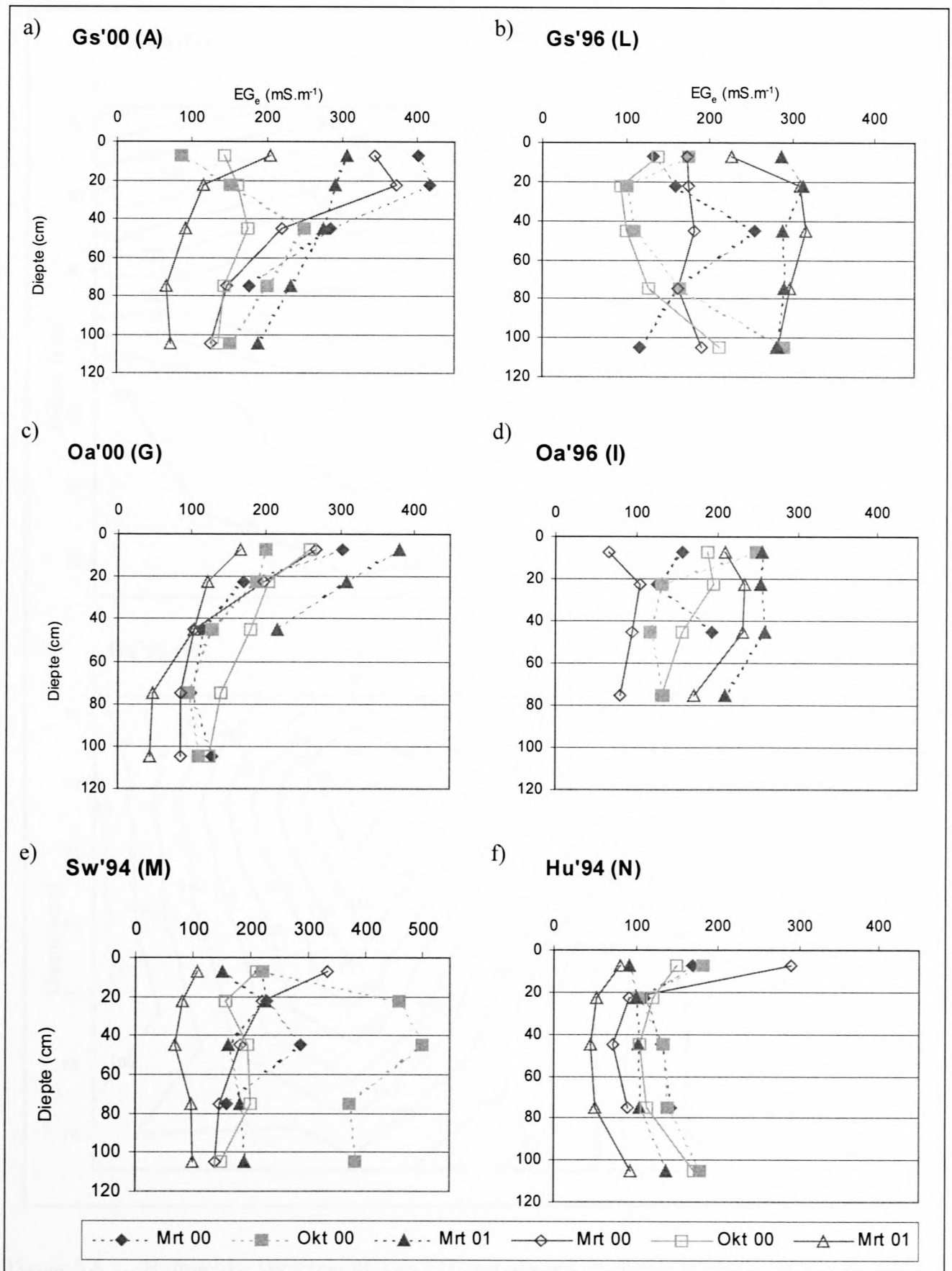
5.3.1.3. In-ry en tussen-ry verskille

Beide lokaliteite maak van 'n mikro-besproeiingstelsel gebruik wat vol-oppervlakbenatting toepas. Mikro's in 'n wingerdry was egter nader aan mekaar gespaseer as tussen twee spuite in naasliggende rye (Figuur 3.5). Tesame met hoër opname van water deur plantwortels in die omgewing direk om die mikro, dra dit by tot variasie in soutinhoud, in en tussen die wingerdrye (Du Toit, 1995; Koumanov, 1997). So kan moontlike verklarings vir die hoë EG_e waardes by meetpunte I4 en M4 in Figuur 5.1 b en e gebied word. Figuur 5.5 gee die verskil in EG_e vir enkele geselekteerde persele tussen in-ry en tussen-ry meetpunte (i-ry en t-ry). Al drie metings oor die studietydperk se gemiddelde i-ry en t-ry EG_e word getoon.

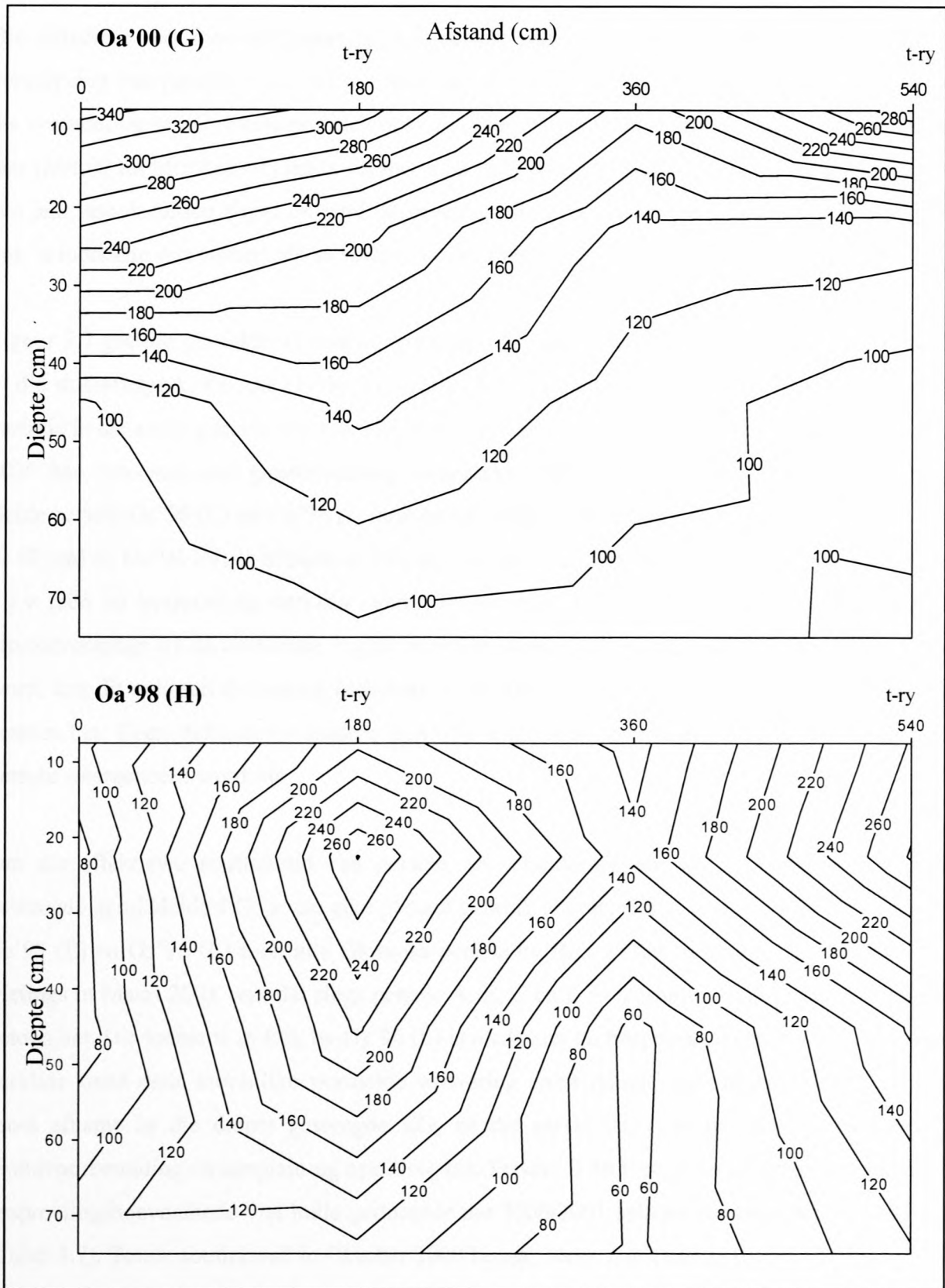
By pas ontwikkelde persele (A en G soos gemeet in Maart 2000) was die verskil tussen i-ry en t-ry posisies minimaal, maar na een jaar se besproeiing (soos gemeet in Maart 2001) het t-ry posisies 'n aansienlik hoër EG_e . By meeste persele toon t-ry posisies hoër EG_e waardes, maar by ouer aanplantings was verskille kleiner en in enkele gevalle was t-ry waardes selfs laer as i-ry EG_e 's. Die uitsondering hier was perseel M waar t-ry posisies aansienlike hoër soutkonsentrasies getoon het in Oktober 2000 en April 2001. By Rooihooft toon Hutton's dus aansienlik kleiner i-ry en t-ry verskille en 'n meer uniforme diepte verspreiding in EG_e as Swartland gronde. Waar slegs die 0-15cm dieptes van i-ry posisies hoër EG_e waardes getoon het by ouer persele, was dit waarskynlik aan gipstoediening te wyte.

Figuur 5.6 toon die invloed van besproeiing op soutverspreiding binne twee Oakleaf grondprofile soos in Maart 2000 gemeet. Persele in Oakleaf's wat pas aangeplant (Oa'00 G) en wat al vir twee jaar besproei (Oa'98 H) was, se twee-dimensionele dieptevariasie word aangedui. Meetpunte was in 'n reguit lyn dwarsoor wingerdrye geneem met die twee meetpunte i-ry op afstande 0 en 360 cm en die twee meetpunte t-ry op afstande 180 en 540 cm. Die jonger perseel (G) wat nog min besproei was toon 'n geleidelike verandering in EG_e oor afstand. In teenstelling hiermee toon die perseel wat al vir twee jaar besproei was (H), sones van gelokaliseerde soute tussen die wingerdrye en meer geloogde (lae EG_e) sones onder wingerdrye. Dit illustreer duidelik die invloed van besproeiing op soutverspreiding binne gronde waar van droëland na besproeiing oorgeskakel word.

Besproeiing versteur dus die natuurlike verspreiding van soute binne grondprofile. Dit kan lei tot sones van gelokaliseerde soutkonsentrasie tussen wingerdrye en meer geloogde sones in rye soos waargeneem tydens hierdie studie. Dit wissel egter na gelang die grondvorm, plantwater opname patroon en die toegepaste besproeiingspraktyke.



Figuur 5.5. a,b,c,d,e en f. Die diepte verspreiding van EG_e vir die in-ry (—) en tussen-ry (- - -) meetposisies van enkele geselekteerde persele op drie verskillende tye gemeet.



Figuur 5.6. Ruimtelike verspreiding van EG_e oor afstand en diepte gebaseer op vier meetpunte van twee Oakleaf persele by Broodkraal soos in Maart 2000 gemeet. Meetpunte was op afstande 0, 180, 360 en 540 cm gemeet en op dieptes 7.5, 22.5, 45 en 75 cm.

5.3.1.3. Verandering in EG_e oor tyd

Die statistiese verteenwoordigbaarheid van persele was reeds in paragraaf 3.1.4 bespreek, wat die vergelyking van persele t.o.v. hul ouderdomme geregtig het. Dit is egter ook betekenisvol om die verandering in EG_e binne persele oor tydsverloop te vergelyk. Drie metings oor 'n bestek van 'n jaar (Mrt-00 tot Mrt/Apr-01) maak dit moontlik om verandering in soutverspreiding en -inhoud oor een jaar, asook tussen begin en eind besproeiingseisoen te beskryf. Metings in Oktober 2000 gee ook 'n indikatie van winterreën se invloed op soutbeweging.

Figuur 5.7 gee die gemiddelde soutverspreiding van enkele geselekteerde persele op drie stadiums in die studietydperk. Persele Oa'00 (G) en Hu'94 (N) toon redelik stabiele verspreiding, met groot variasie in die ander persele oor tyd. Hoë soutinhoud in die 0-15 cm diepte by Hu'94 (N) in Maart 2000 kan weereens aan gipstoediening toegeskryf word, maar reeds uitgewas teen April 2001. Beide persele Gs'96 (L) en Oa'96 (I) toon groot toenames in soutinhoud terwyl persele Sw'94 (M) (0-60 cm) en Hu'94 (N) 'n afname in EG_e getoon het. Hierdie afnames kan deur genoegsame loging a.g.v reën en besproeiing verklaar word. Toenames in EG_e by persele kan aan die hand van gipstoevoegings of onvoldoende loging verklaar word. As ligging en klei-inhoud in ag geneem word, kan dit ook aan dreinerings (sub-oppervlak afloop) vanaf hoër-liggende persele onderhewig gewees het. Geen definitiewe tendens kon van winterreën se invloed op soutverspreidings binne persele waargeneem word nie.

Om die effektiewe soutinhoud van persele, se verandering oor tyd te ondersoek, was diepte geweegde gemiddelde EG_e 's van elke perseel gebruik (Figure 5.8 a, b en c). Met uitsondering van Gs'99 (E) en Gs'96 (L) toon alle Glenrosa persele by Broodkraal 'n afname in EG_e oor een jaar. Metings in Maart 2001 wys dat slegs persele A, E, C en L EG_e -waardes van groter as 180 mS.m^{-1} getoon het. Die toename in EG_e by Gs'96 (L) is reeds hier bo bespreek en Gs'99 (E) se toename kan verklaar word deur moontlike versnelde verwerking en/of natuurlike variasie. Gs'00 (A) toon 'n groot afname in die diepte geweegde EG_e na die eerste jaar van besproeiing en reënval wat grondvoorbereiding en aanplanting opgevolg het. Persele B en F se groot afnames kan aan die groot besproeiingshoevelhede wat hulle gedurende die 2000/2001 seisoen ontvang het toegeskryf word (Tabel 3.7). Totale soutinhoud in Oktober 2000 bepaal, toon 'n afname in diepte geweegde EG_e met die uitsondering van Gs'98 (B) en Gs'98 (C). Dit toon dus wel dat winterreën 'n uitwassingseffek op die Glenrosa gronde gehad het.

Oakleaf gronde by Broodkraal se verandering oor die bestek van een jaar (Maart 2000 tot April 2001) word in Figuur 5.8b gegee. Oa'00 (G) en Oa'98 (H) het stabiel gebly, met diepte geweegde

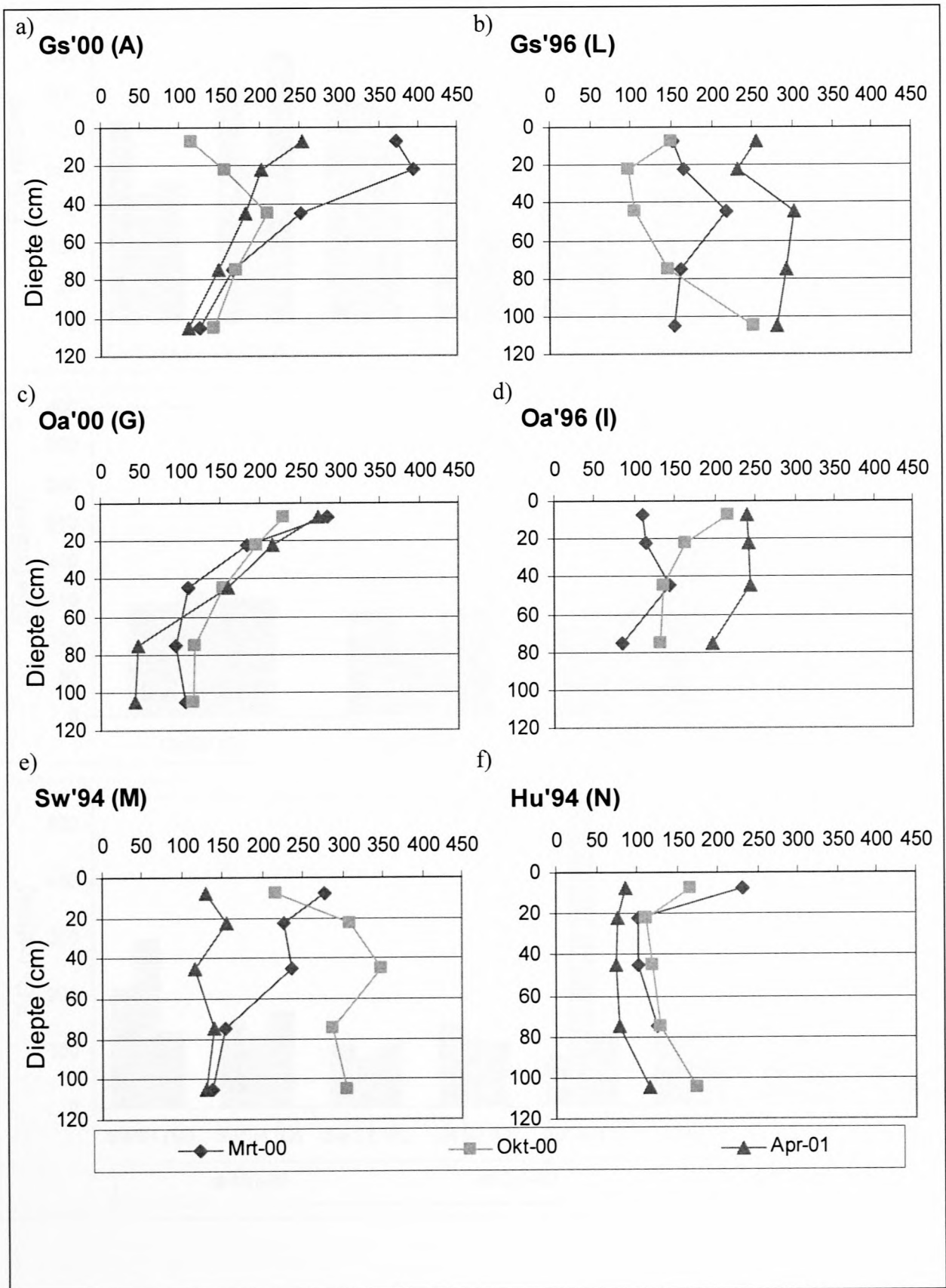
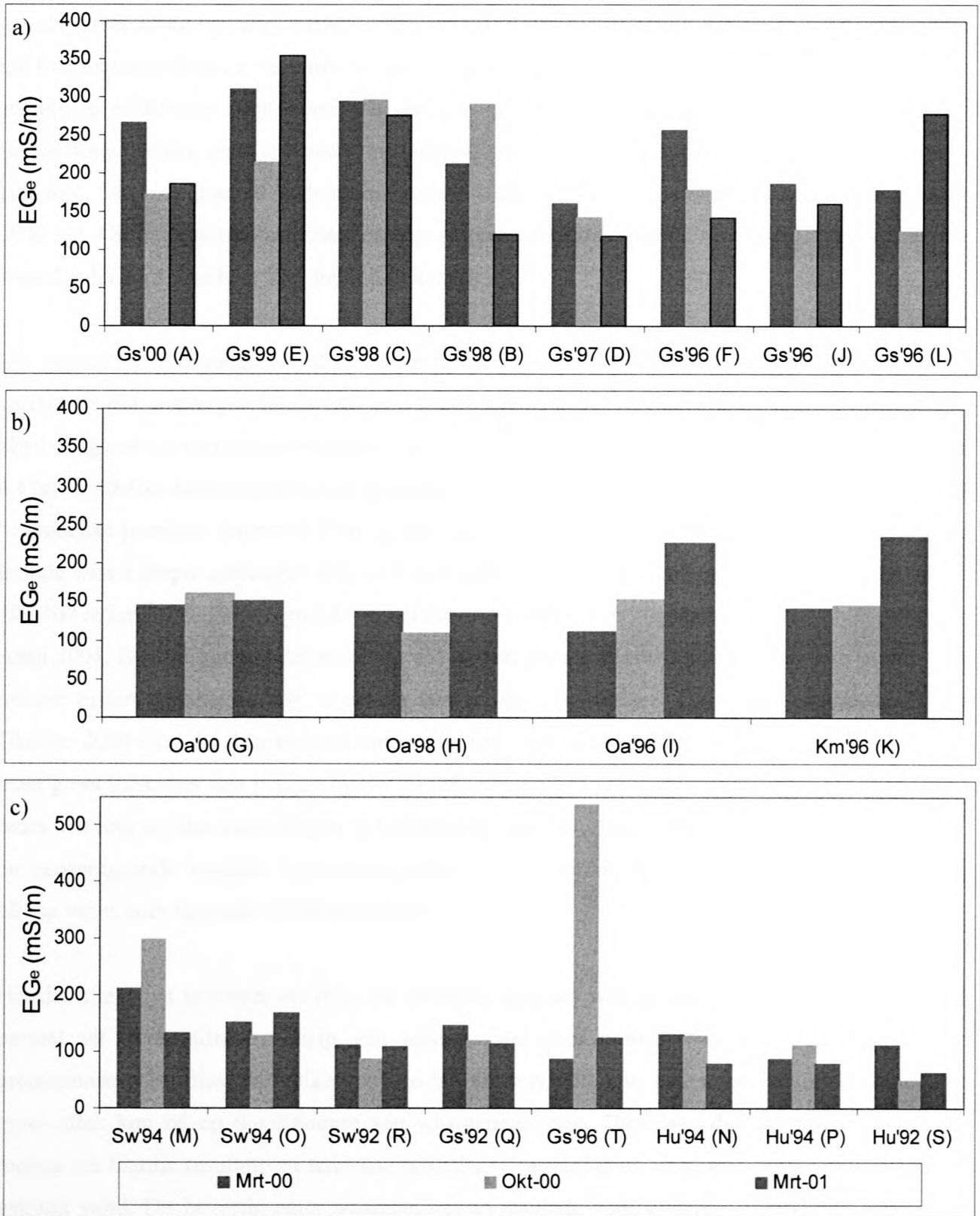


Figure 5.7 a, b, c, d, e en f. Die verandering in EG_e oor die bestek van een jaar vir enkele geselekteerde persele by Broodkraal en Rooihogte.



Figuur 5.8. Diepte geweege gemiddelde EG_e (0-90cm) van Glenrosa (a) en Oakleaf/Klapmuts (b) persele by Broodkraal en alle persele by Rooihooft (c), drie keer gemeet oor een jaar (Maart 2000, Oktober 2000 en Maart 2001).

gemiddelde EG_e waardes $<150 \text{ mS.m}^{-1}$, alhoewel perseel G sy eerste besproeiingseisoen na grondvoorbereiding en aanplanting ondergaan het. Beide Oa'96 (I) en Km'96 (K) toon stygings in hul EG_e tot konsentrasies $>200 \text{ mS.m}^{-1}$ aan die einde van die 2000/2001 besproeiingseisoen. Hierdie styging in effektiewe soutinhoud kan die gevolg wees van onvoldoende dreinerings tydens die besproeiingsseisoen, gipstoediening om infiltrasie te verbeter of dreinerings vanaf 'n hoër-liggende landskap. Die waargenome waardes in Oktober 2000, toon nie 'n groot afwyking van die in Maart 2000 nie. Dit dui daarop dat winterreën nie 'n groot uitwassingseffek op Oakleaf's gehad het nie, waarskynlik a.g.v. die hoër klei-inhoud (tekstuur).

Die persele by Rooihoogte word al vir agt tot tien jaar besproei en daar sal verwag word dat die variasie in die diepte geweegde EG_e oor bestek van een jaar minimaal sou wees. Dit is egter nie altyd die geval nie en noemenswaardige afnames en toenames in EG_e was wel waargeneem (Figuur 4.11c). Duidelike afnames kom voor in persele M, Q, N en S met geringe afnames in R en P, terwyl 'n duidelike toename in perseel T en 'n meer geringe in O voorkom. In die Swartland en Glenrosa gronde wissel diepte geweegde EG_e in Maart 2000 tussen $86\text{-}212 \text{ mS.m}^{-1}$ en in April 2001 tussen $109\text{-}167 \text{ mS.m}^{-1}$. Die Hutton gronde wissel tussen $87\text{-}130 \text{ mS.m}^{-1}$ in Maart 2000 en $63\text{-}79 \text{ mS.m}^{-1}$ in April 2001. Daaruit kan afgelei word dat die Hutton gronde heelwat laer soutinhoud handhaaf en minder tussen persele en oor 'n enkele besproeiingsjaar varieer. Die diepte geweegde EG_e in Oktober 2000 toon dat daar meestal uitwassing van soute plaasvind in die persele a.g.v. winterreën, maar groot toenames was gemeet by Sw'94 (M) en Gs'92 (T) (297 en 537 mS.m^{-1}). Dis moeilik om redes hiervoor te vind maar dit kan 'n kombinasie van natuurlike variasie in gronde ("heuweltjies") en gepaardgaande variasie tussen meetpunte, gipstoediening, beperkte logging of sub-oppervlak afloop vanaf hoër-liggende landskappe wees.

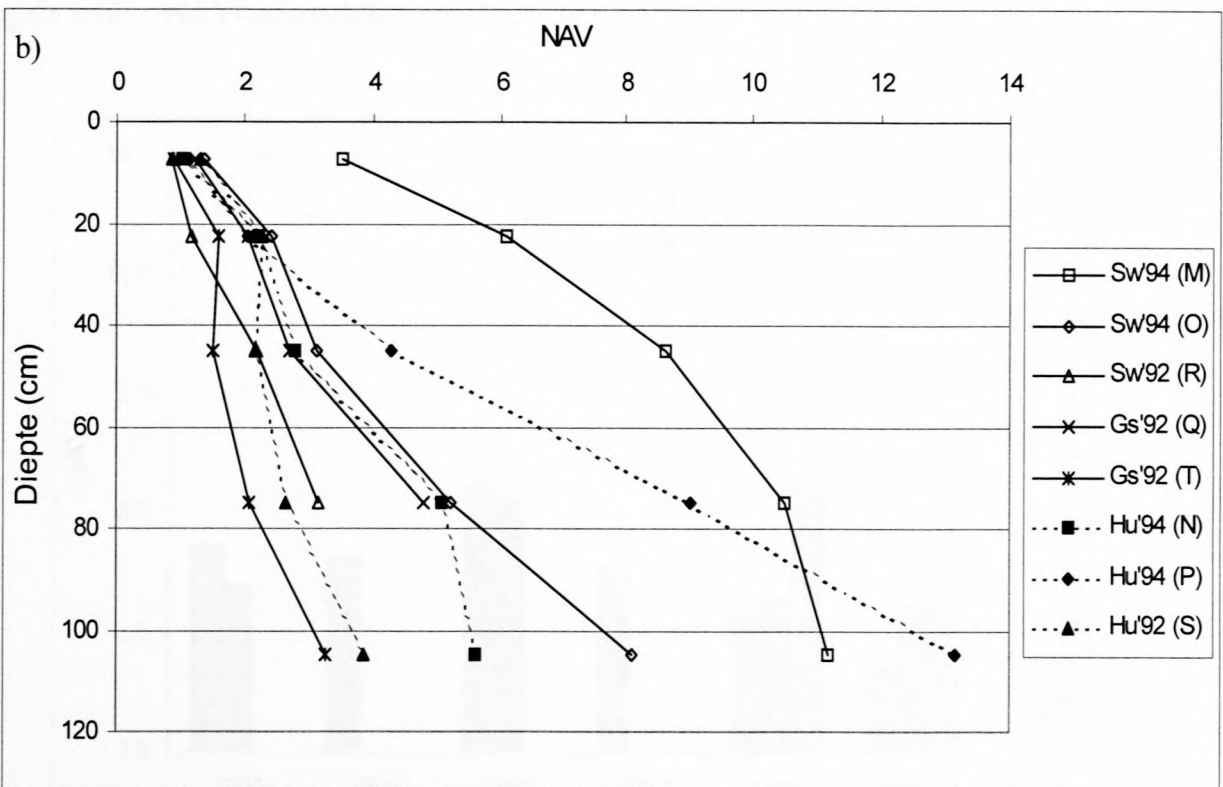
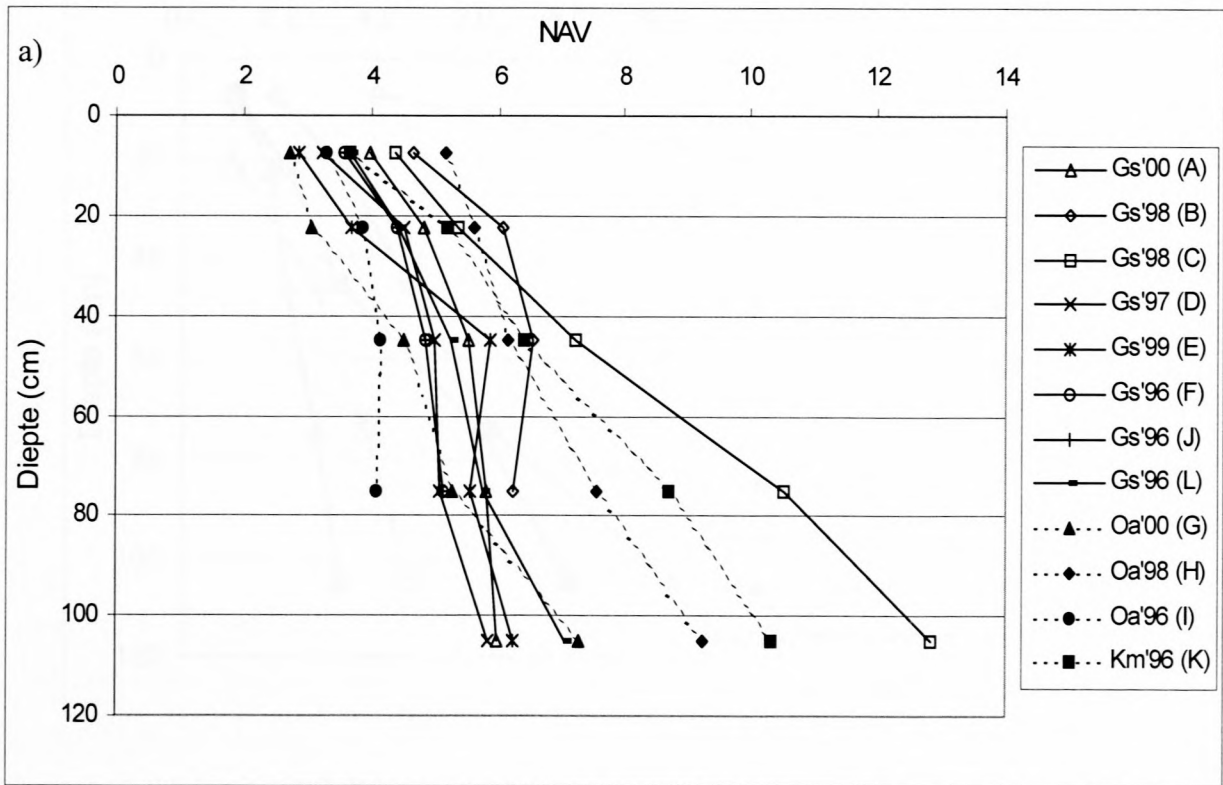
Hierdie afleidings gebaseer op in-ry en tussen-ry posisies was gedoen op slegs 4 meetpunte per perseel vir 'n spesifieke tydperk van meting. Met elke meting was ander gate geboor om grondmonsters by dieselfde mikro posisie te versamel. Dit kon bydra dat natuurlike variasie 'n groot effek kon hê op die tendense wat waargeneem was. Daar was dus te min herhalings per meting om hierdie resultate en tendense statisties te regverdig en slegs breë waarnemings kon dus gemaak word. Dit bevestig egter waarnemings en resultate verkry vanaf vergelykings van persele van verskillende aanplantingsjare.

5.3.2. NAV van geselekteerde gronde

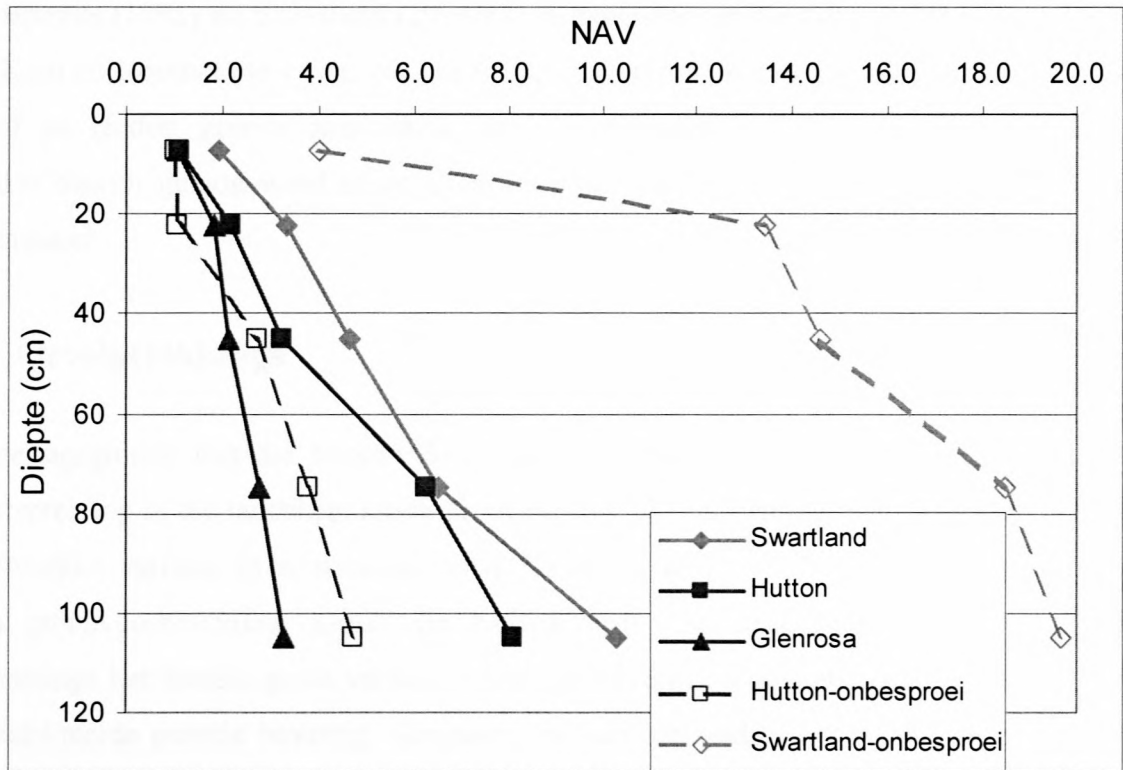
Natriumadsorpsieverhoudings (NAV) is 'n belangrike maatstaf by die bestudering van soutinhoude en evaluering van brak toestande in gronde. Dit gee 'n aanduiding van die verhouding waarin natrium, kalsium en magnesium in die grondwateroplossing oorheers en dui op toestande wat tot dispersie en korsvorming kan lei. Baie hoë natriumkonsentrasies kan ook toksies vir gewasse wees (Bresler *et al.*, 1982; Ayers & Westcott, 1989).

Figuur 5.9 gee die gemiddelde NAV-verspreiding oor diepte van alle geselekteerde persele. Die persele by Broodkraal (a) se NAV was oor die algemeen < 7 , behalwe vir Gs'98 (C), Oa'98 (H) en Km'96 (K) se 60-120 cm sones, wat hoër waardes getoon het. By Rooihogte toon meeste persele NAV-verspreidings van < 6 met die uitsondering van Sw'94 (M) en Hu'94 (P) se dieper sones. Beide lokaliteite se persele toon 'n definitiewe tendens van toename in NAV oor diepte, met wissellende grade tussen persele. Dit word deur loging van Na vanuit die bogrond verklaar. In terme van gevaar vir dispersie en korsvorming in hierdie gronde toon Broodkraal se bogrondse NAV waardes van twee tot ses en die by Rooihogte, om en by een. Volgens riglyne in Tabel 2.1 (Ayers & Westcott, 1989) kan infiltrasie probleme dus by Broodkraal verwag word as met water besproei word wat 'n $EG_w < 120 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ en by Rooihogte $< 70 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ het.

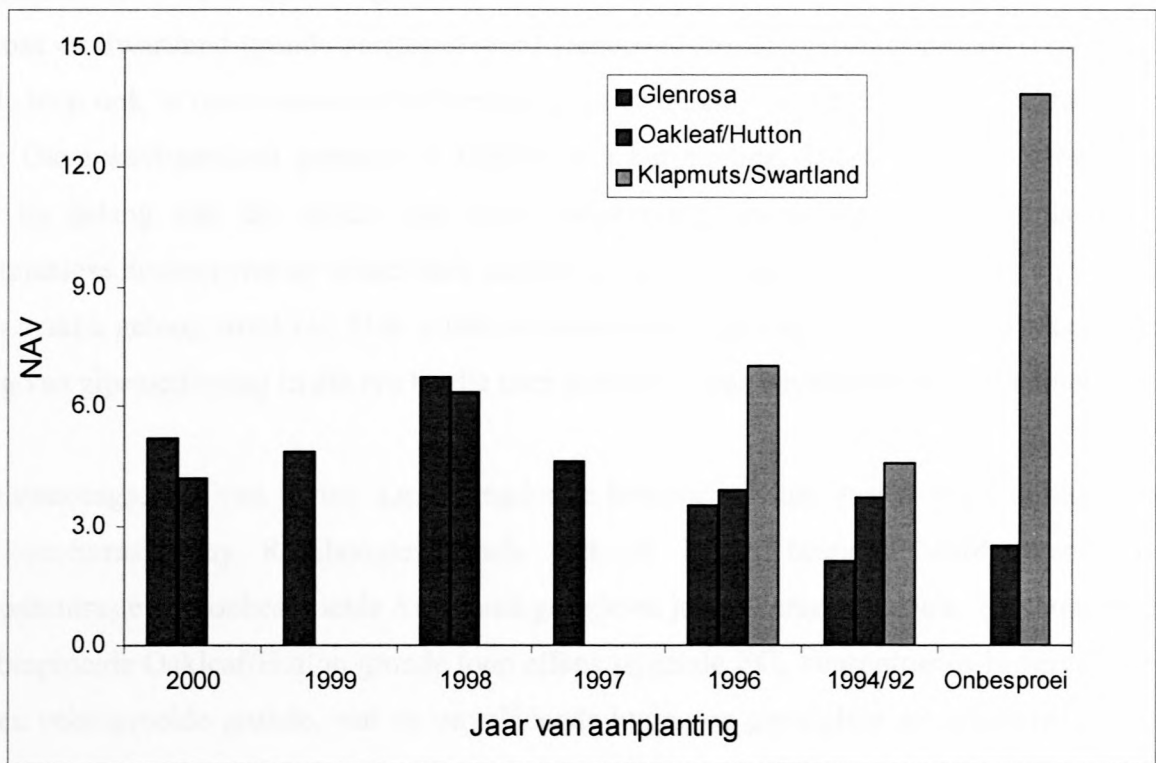
As persele van Broodkraal volgens hul grondvorme groepeer word (Figuur 5.10), was die toename in NAV oor diepte in besproeide gronde duidelik en heelwat groter in Hutton en Swartland as in die Glenrosa gronde. Groter loging in Glenrosa gronde a.g.v. die laer klei-inhoud was waarskynlik die rede vir die kleiner NAV-toename met diepte. Baie hoë NAV-waardes (> 13) kom in die onbesproeide Swartland koringlande voor. Die groot verskil tussen die besproeide en onbesproeide gronde kan slegs verklaar word deur die groot mate van Na-loging onder besproeiing. Hoër NAV waardes in die besproeide Hutton, teenoor onbesproeide koringlande toon egter dat loging nie so effektief was nie. Intendeel, dat Na aan die opbou is in hierdie gronde, hetsy vanaf besproeiingswater of ander bronne soos sub-oppervlak afloop. Diepte geweegde gemiddelde NAV van persele was gebruik om verskillende ouderdom persele en grondsoorte met mekaar te vergelyk (Figuur 5.11). Glenrosa's toon nie 'n definitiewe tendens tussen die verskillende ouderdom persele nie, alhoewel jonger aanplantings (1998-2000) wel hoër waardes getoon het vergeleke met ouer aanplantings (1997, 1996 en 1994/92). Oakleaf gronde by Broodkraal het in jonger aanplantings NAV-waardes getoon wat laer was as in die Glenrosa's, maar by ouer persele (1996) was dit hoër. Ook Hutton's by Rooihogte het hoër waardes as Glenrosa gronde getoon (1994/92).



Figuur 5.9. NAV-verspreiding oor diepte van alle persele gemoniteer by Rooihogte (a) en by Broodkraal (b).



Figuur 5.10. NAV-verspreiding oor diepte van die verskillende grondvorme by Rooihoogte



Figuur 5.11. Diepte geweege NAV van die verskillende grondvorme wat onder besproeiing en koringverbouing was.

Die Klapmuts (1996) en Swartland (1994/92) grondvorme het die hoogste NAV-waardes by beide Broodkraal en Rooihogte i.v.m. die Glenrosa, Oakleaf en Hutton gronde getoon. Dit blyk dus of Oakleaf en Hutton gronde aanvanklik lae Na-konsentrasies (NAV) gehad het, maar dat Na moeiliker daaruit geloog word as uit Glenrosa gronde en selfs oor lang periodes van besproeiing kan aansamel.

5.4. Gevolgtrekkings

Besproeiingsgronde van die benede Bergrivier opvanggebied toon groot geografiese variasie in soutverspreiding in die landskap, asook groot variasie in verspreiding met diepte. Dit is te wyte aan die natuurlike variasie in soutverspreidings tussen en in grondvorme wat verder versteur word tydens grondvoorbereiding, asook die herdistribusie van sout deur opvolgende besproeiing. Waarnemings het hierdie groot variasie tussen grondvorme, aanplantingsjare en tussen meetpunte by geselekteerde persele bevestig. Geostatistiese variasie studies het egter getoon dat variasie in EG_e van die bogrond akkuraat oor 150 m verklaar kan word aan die hand van toepaslike parameters. Dit het die verteenwoordigbaarheid van persele t.o.v. grondvorm en aanplantingsjaar ondersteun.

Die gemiddelde EG_e verspreiding oor die studietydperk toon dat hoër soutkonsentrasies in die Glenrosa en Swartland gronde aangetref word teenoor Oakleaf en Hutton gronde. Oakleaf/Hutton gronde toon ook 'n meer eenvormige verspreiding oor diepte, met 'n algemene afname met diepte in die Glenrosa/Swartland gronde oor tydperk van besproeiing. Hierdie afname verskil egter in graad na gelang van die aantal jare onder besproeiing, asook die teenwoordigheid van die pedokutaniëse horison wat op wisselende dieptes in die Swartland gronde voorkom en waaruit sout nie so maklik geloog word nie. Hoë soutkonsentrasies in bogronde (0-15 cm) was waarskynlik die gevolg van gipstoediening in die rye by die ouer persele en was bevestig deur grondontledings.

Die uitwassingseffek van logging a.g.v. langdurige besproeiing kan gesien word in algemene laer EG_e konsentrasies by Rooihogte persele wat vir langer besproei word, asook die hoë soutkonsentrasie van onbesproeide Swartland gronde en jong Glenrosa persele. Soutkonsentrasie in ouer besproeide Oakleaf/Hutton gronde toon effens stygende EG_e konsentrasies in vergelyking met jong en onbesproeide gronde, wat op onvoldoende logging en gevolglike souteansameling dui. Die totale soutinhoud (diepte geweegde geïndelde EG_e van 0-90 cm) bevestig bogenoemde waarnemings met hoër soutinhoud gronde by Broodkraal as by Rooihogte, hoër soutinhoud in jong en onbesproeide Glenrosa/Swartland gronde en effense souteansameling in Oakleaf/Hutton gronde oor besproeiingsjare. Dit blyk ook dat na vier tot vyf jaar se besproeiing 'n gelykmakende

effek na vore kom t.o.v. die soutinhoud van dominante grondvorme. Daar was egter altyd uitsonderings wat aan natuurlike variasie toegeskryf kan word, asook die wisseling in effektiewe loging binne grondvorme a.g.v. die GFF en voorkeurvloei soos in Hoofstuk 4 bespreek.

Vergelyking van soutinhoud in en tussen wingerdrye toon dat groter loging in-ry plaasvind. Dit is die gevolg van die mikro-besproeiingstelsel en spasiëring van mikro's waardeur meer water in rye as daartussen toegedien word (Figuur 3.5). Verskille neem ook toe in samehang met die besproeiingstermyn met pas ontwikkelde persele, wat slegs geringe verskille toon. Toenames in-ry van die boonste 0-15 cm word toegeskryf aan gipstoediening en evapotranspirasie.

Soutinhoud van persele, oor die bestek van een jaar, het van afnames in meeste van die jong besproeide Glenrosa gronde tot relatiewe stabiele konsentrasies en selfs toenames in ouer besproeide Oakleaf en Klapmuts persele gewissel. Alhoewel stabiele soutkonsentrasies in die Rooihogte persele verwag was, het redelike variasie nog steeds na agt tot tien jaar se besproeiing voorgekom. Dit was egter minder as die variasie by Broodkraal en het tussen laer EG_e waardes gefluktueer. Waarnemings oor een jaar het bevestig dat moontlike souteansameling in ouer besproeide Oakleaf en Klapmuts gronde plaasvind terwyl die gelykmakende effek van besproeiing oor 'n aantal jare tussen grondvorme se soutinhoud en verspreidings by Rooihogte ook bevestig was. Metings van soutkonsentrasies in Oktober 2000 toon dat winterreën die uitwassing van soute in veral Glenrosa en Swartland gronde tot gevolg gehad het.

NAV van meeste persele toon 'n toename met diepte wat op loging van veral Na uit die bogrond dui. Hoë NAV-waardes in onbesproeide Swartland gronde dui op groot hoeveelhede Na wat natuurlik in die profiele aanwesig is en in kontras hiermee, die laer NAV in besproeide bogronde wat loging van spesifiek Na impliseer. Die toename in NAV met diepte soos in die besproeide Hutton gronde aangetref, dui weer op onvoldoende loging of onvoldoende dreinerings van hierdie gronde. In terme van korsvorming en dispersie probleme in die bogrond a.g.v. hoë Na-konsentrasies, toon Broodkraal 'n groter gevaar te wees. Gevare sal by die lokaliteite voorkom as besproeiingswater met EG_w konsentrasies laer as $30 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ by Broodkraal en $20 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ by Rooihogte gebruik word (Ayers & Westcott, 1989).

HOOFSTUK 6: MODELLERING VAN SOUTTERUGVLOEI UIT GESELEKTEERDE BESPROEIINGSGRONDE VAN DIE BENEDE BERGRIVIER OPVANGGEBIED

6.1. Inleiding

Monitering van soutterugvloei vanuit besproeiingsgronde in die Bergrivier opvanggebied onder huidige bestuurspraktyke, is van uiterste belang vir die toekoms en kwaliteit van die riviersisteem. Toekomstige landbou uitbreidings en bestuur van die riviersisteem vir volhoubaarheid hang hiervan af (Görgens & de Clerq, 2002). Vir die besproeiingsboer self is dit belangrik om te weet of genoegsame dreinerings plaasvind om sodoende oormatige brak en gevolglike oesverlagings te voorkom.

Enkele studies was vroëer op versouting van die Bergrivier en terugvloei vanuit die opvanggebied gedoen (Fourie & Steer, 1971; Fourie, 1976; Flügel, 1987). 'n Toename in ontwikkeling en besproeiing van meer marginale gronde, van veral die benede Bergrivier in die afgelope jare, het hernude fokus op water- en soutbalanse binne die gebied gevestig. Die Breërivier opvanggebied, ook in die Wes-Kaap, was in die verlede onderhewig aan verskeie studies wat soutterugvloei, versouting van die rivier, soutgevaar, asook die modellering en bestuur daarvan ondersoek het (Flügel, 1993; Moolman 1982,1983). Mees onlangs was 'n "A Daily Irrigation and Salinity Analysis System Model" (DISA) vir die Breëriviersisteem ontwikkel, waarmee terugvloei-kwaliteit en -kwantiteit vir verskillende landskapseenhede (landskappe, kanale, damme en die rivier) voorspel kan word (Görgens *et al.*, 2000).

Om southoeveelhede wat vanuit geselekteerde gronde dreineer te bepaal, is dit eerstens noodsaaklik om kwantiteit van terugvloei te bepaal en daarna kwaliteit daaraan te koppel. Diep perkolasie en laterale grondwater verspreiding maak dit moeilik om werklike dreineringshoeveelhede uit 'n enkele grondprofiel akkuraat te meet. Dreineringshoeveelhede was eerder m.b.v. 'n eenvoudige waterbalans gemodelleer wat vir spesifieke toestande en beskikbare data aangepas was. As hierdie voorspelde dreineringshoeveelhede gekoppel word aan direkte metings van dreineringswaterkwaliteit, kan soutladings van dreineringssterugvloei bereken word. Maatstawwe van dreineringswaterkwaliteit kan verkry word deur dreineringsuitlope of -aflope se waterkwaliteit te meet of deur soutkonsentrasies van grondwater onder versadigde toestande *in situ* (Grossman & Udluft, 1991) te bepaal.

Modellering van soutterugvloei vanuit geselekteerde persele maak dit moontlik om die persele te vergelyk in terme van soutleweringspotensiaal en fluktuering in soutkonsentrasie. Onder huidige besproeiingspraktyke kan dominante grondvorme, wat t.o.v. hul grondwaterstoringsvermoëns en verwerings tempo's verskil, se soutlewering geëvalueer word. Alle komponente wat tot 'n wins of verlies aan soute binne 'n grondprofiel bydra, kan tesame met voorspelde verliese a.g.v. dreinerings gebruik word om 'n soutbalans op te stel. Alhoewel daar van 'n vereenvoudigde funksionele benadering (Maraux *et al.*, 1998) in hierdie studie gebruik gemaak was om soutterugvloei te modelleer, kan dit as waardevolle toets en toevoeging tot die toepassing van DISA- en ACRU-modelle (Schulze, 1984; Görgens *et al.*, 2000) op die Bergriviersisteen gebruik word.

Die besproeiingsboer kry so die geleentheid om te sien of genoegsame dreinerings plaasvind om verbrakking te voorkom, watter gronde die grootste soutgevaar toon en wat oor tyd gebeur. Daar word ook 'n indikasie van soutkonsentrasies in terugvloei, wat die riviersisteen se kwaliteit beïnvloed, verkry. Waardevolle inligting word so versamel t.o.v. die bestuur van die Bergriviersisteen in sy geheel en op plaasvlak. Dit lewer 'n groot bydra tot die ontwikkeling van 'n "Water Kwaliteit Informasie Sisteem" vir die Bergrivier wat tans onderneem word (Görgens & de Clerq, 2002).

6.2. Materiaal en metodes

Modellering van soutterugvloei vanuit geselekteerde persele het drie stappe behels. 1) Toepassing van 'n waterbalansmodel om dreineringshoeveelhede vanuit persele te voorspel. 2) Direkte meting van dreineringswater kwaliteit en ten laaste, 3) die samevoeging van kwantiteit en kwaliteit van dreineringswater om die soutlading van soutterugvloei vanuit persele te beraam.

'n Funktionele benadering gebaseer op die FAO-model was gebruik om 'n daaglikse waterbalans vir geselekteerde persele op te stel, met grondprofiel wat as 'n enkele reservoir beskou was (Ayers & Westcott, 1989; Maraux *et al.*, 1998). Volgens hierdie model varieer waterinhoud van 'n grondprofiel na gelang van reën, besproeiing en evapotranspirasie (ET), terwyl dreineringswater plaasvind as die grondwaterinhoud, veldkapasiteit (VK) oorskry. Vergelyking 6.1 gee die basiese waterbalansmodel gebruik om dreineringswater vanuit geselekteerde persele te voorspel. Dit was daaglik op persele toegepas met die aanname dat een-dimensionele, versadigde watervloei plaasvind.

$$V_d = V_i + V_p + \text{GWI}_{(\text{vorige dag})} - (\text{PET}_{(\text{vorige dag})} \times \text{GF}) - V_r - \text{VK} \quad [6.1]$$

V_d = Hoeveelheid wat dreineer (mm)

V_i = Besproeiing (mm)

V_p = Reënval (mm)

GWI = Grondwaterinhoud per profiel diepte (mm)

PET = Potensiële evapotranspirasie volgens Penman-Monteith vergelyking (mm)

GF = Gewasfaktor vir elke maand (spesifiek vir gewas)

V_r = Hoeveelheid afloop (mm)

VK = Veldkapasiteit per profiel diepte (mm)

WET = (PET x GF)

Daaglikse grondwaterinhoud (GWI) was bereken deur slegs VK uit Vergelyking 6.1 weg te laat. As dreineringswater wel die vorige dag plaasgevind het ($V_d > 0$), was GWI volgens Vergelyking 6.2 bereken, aangesien die hoeveelheid water bokant VK wegdreineer en slegs die ET die GWI vanaf VK sou verlaag het.

$$\text{GWI} = \text{VK} - (\text{PET}_{(\text{vorige dag})} \times \text{GF}) \quad [6.2]$$

Veranderlikes benodig vir die waterbalansmodel was verkry vanaf weerdata (reënval en evapotranspirasie), besproeiingsdata en grondwaterstoringskapasiteite wat reeds in Hoofstuk 4 bereken en bespreek was. Dreineringshoeveelhede was voorspel deur onderskeidelik 60 en 90 cm as profiel dieptes te gebruik. Die invloed van effektiewe worteldieptes op voorspelde dreineringswater kon so beskryf word.

By Broodkraal en Rooihoogte was benaderde VK vir Glenrosa gronde geneem as 160 en 210 mm onderskeidelik, by Klapmuts en Swartland gronde as 230 mm en by Oakleaf en Hutton gronde as 225 en 170 mm onderskeidelik vir die 0-90 cm profieldiepte (Tabelle 4.3 en 4.4). Hierdie VK-waardes was reeds aangepas vir die gemiddelde growwe fragment fraksies (GFF). Soos bespreek in paragraaf 4.3.1.1, wissel hierdie GFF baie tussen grondvorme, asook in 'n grondvorm van plek tot plek. Tesame met voorkeurvloei (a.g.v. groot en hoë GFF) beïnvloed dit die VK van die grondprofiel en word akkurate voorspelling van dreineringshoeveelhede so bemoeilik (Knight, 1991).

Kwaliteit van besproeiingswater was gemoniteer deur gereelde watermonsters by riviere, damme en toedieningspunte te neem. Elektriese geleivermoë van die water (EG_w) was gebruik as maatstaf van soutinhoud en indikasie van southoeveelhede toegevoeg deur besproeiing. Vyf dreineringspunte was by Broodkraal geselekteer (Figuur 3.6) as indikatore van dreineringswaterkwaliteit (EG_{gw}) vanaf geselekteerde persele (Tabel 3.3). Drein 2 en 3 was voorbeelde van direkte dreineringsuitlope terwyl drein 1, 4 en 5 voorbeelde van afloopslope was waarin dreineringswater vanuit die landskap opgevang was. Oppervlakafloop tydens besproeiings kon wel verdunning van soutkonsentrasie by dreineringsaflope veroorsaak het. 'n Verdere indikasie van dreineringswaterkwaliteit was verkry vanaf grondwatermonsters versamel (met behulp van mikro-lisimeters) onder die wortelsone (paragraaf 3.2.5).

Deur kwantiteit- en kwaliteitsmetings van dreineringswater vir elke perseel saam te modelleer kon die hoeveelhede sout wat vanuit persele dreineer voorspel word in $t \cdot ha^{-1}$. Die massa sout wat vanuit 'n perseel gedreineer het, was op 'n daaglikse basis met die waterbalans berekening bepaal. Vergelyking 6.3 was gebruik om die soutlading in $kg \cdot ha^{-1}$ vir geselekteerde persele op dreineringsdae te bepaal (Ayers & Westcott, 1989).

$$M_d = [Q_d \times 10\,000 \times C_d] / 1000\,000 \quad [6.3]$$

M_d = Massa soute geloog ($kg \cdot ha^{-1}$)

Q_d = Hoeveelheid (kwantiteit) gedreineer (mm)

C_d = Kwaliteit van dreineringswater ($mg \cdot l^{-1}$) = $EG \text{ (mS} \cdot m^{-1}) \times 6.3$

Voorspellings van soutverlies was gebruik om 1) grondvorme 2) aanplantingsjare (ouderdom) en 3) die verskille a.g.v. die twee tipes dreineringsuitloop te vergelyk. Die verskil in grondprofiel soutinhoud (EG_e) oor een jaar en oor die besproeiingseisoen (2000/2001) was ook bereken en met die eenvoudige soutbalans vergelyk.

6.3. Resultate en bespreking

6.3.1. Berekening van waterbalans

6.3.1.1. Toepassing van model

‘n Voorbeeld van perseel Gs’96 (F) se dreinerings soos gemodelleer met Vergelyking 6.1, vir drie weke in die 2000/2001 besproeiingseisoen word in Tabel 6.1 gegee. VK was op 162 mm en die MBW_0 as 81 mm vir die spesifieke grondprofiel by perseel F bereken.

Tabel 6.1. Voorbeeld van modellering van dreinerings by perseel Gs’96 (F) op Broodkraal vir die tydperk 3 Oktober 2000 tot 24 Oktober 2000. Vergelyking 6.1 was gebruik om die dreinerings op ‘n daaglikse basis te voorspel.

Datum	Besproeiing mm	Reënval mm	PET mm	GF	ET mm	Afloop mm	GWI mm/900mm	Dreinerings mm
3.10.2000	9.5	0.0	5.9	0.45	2.7	0	164.0	2.0
4.10.2000	0.0	0.0	4.4	0.45	2.0	0	159.3	0.0
5.10.2000	0.0	0.0	6.1	0.45	2.7	0	157.4	0.0
6.10.2000	0.0	0.0	6.3	0.45	2.8	0	154.6	0.0
7.10.2000	0.0	0.0	7.7	0.45	3.5	0	151.8	0.0
8.10.2000	0.0	0.0	4.8	0.45	2.2	0	148.3	0.0
9.10.2000	0.0	0.8	4.2	0.45	1.9	0	147.0	0.0
10.10.2000	18.3	0.4	7.2	0.45	3.2	0	163.7	1.8
11.10.2000	0.0	0.0	11.6	0.45	5.2	0	158.8	0.0
12.10.2000	0.0	0.0	12.5	0.45	5.6	0	153.5	0.0
13.10.2000	0.0	0.0	6.6	0.45	3.0	0	147.9	0.0
14.10.2000	0.0	0.0	7.0	0.45	3.2	0	144.9	0.0
15.10.2000	0.0	0.8	2.0	0.45	0.9	0	142.6	0.0
16.10.2000	0.0	0.0	6.9	0.45	3.1	0	141.7	0.0
17.10.2000	35.0	0.0	8.5	0.45	3.8	0	173.6	11.6
18.10.2000	0.0	0.0	4.9	0.45	2.2	0	158.2	0.0
19.10.2000	0.0	0.0	10.7	0.45	4.8	0	156.0	0.0
20.10.2000	0.0	0.0	13.8	0.45	6.2	0	151.2	0.0
21.10.2000	0.0	0.0	13.5	0.45	6.1	0	144.9	0.0
22.10.2000	0.0	0.0	7.9	0.45	3.6	0	138.9	0.0
23.10.2000	0.0	0.0	7.1	0.45	3.2	0	135.3	0.0
24.10.2000	48.0	0.0	9.6	0.45	4.3	0	180.1	18.1

PET = Potensiële evapotranspirasie

ET = Evapotranspirasie

GF = Gewasfaktor

GWI = Grondwaterinhoud

Uit Tabel 6.1 kan gesien word hoe GWI van die profiel tussen dae varieer na gelang van besproeiing, ET en reënval. Voorspelling van dreineringshoeveelhede wat die wortelsone verlaat word verkry as VK oorskrei word, wat meestal op besproeiingsdae voorgekom het. Vir elkeen van

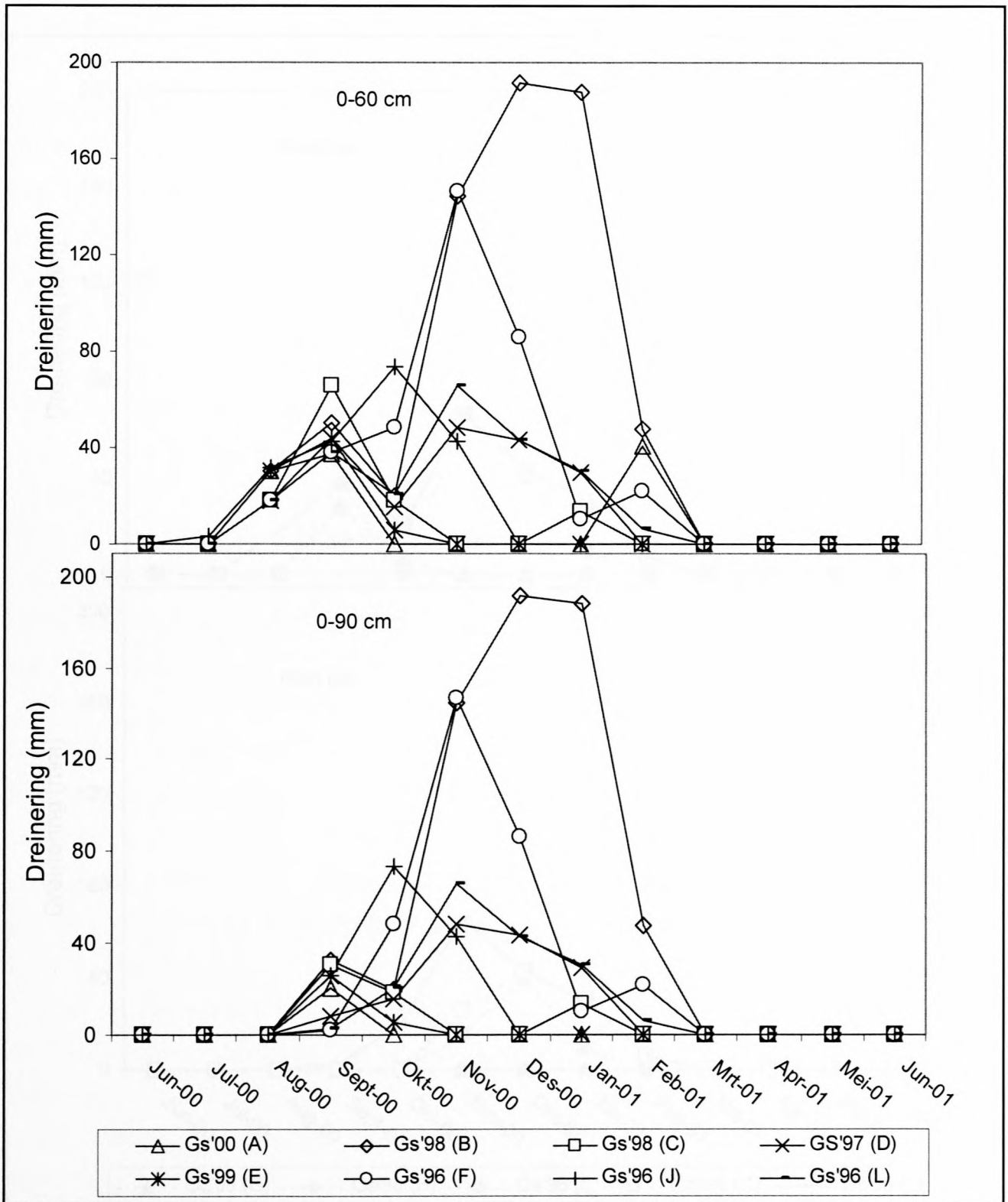
die persele was so 'n daaglikse waterbalans opgestel wat dreineringshoeveelheid voorspel het en 'n indikatie van GWI van gronde op 'n spesifieke dag weergegee het.

Die waterbalansmodel was bereken vanaf Januarie 2000 tot Junie 2001, alhoewel besproeiingsdata van die 1999/2000 besproeiingseisoen nie beskikbaar was nie. Vergelyking van GWI op 30 Junie 2000 met die op 30 Junie 2001 het egter klein verskille getoon. Dit dui op 'n genoegsame aanvulling van GWI deur reënval, hoewel daar met 'n GWI van 0 op 1 Januarie 2000 begin was, wat hoogs onwaarskynlik was. Afloop was ook nie in berekening gebring tydens die studie nie en deurgaans as weglaatbaar (= 0) beskou.

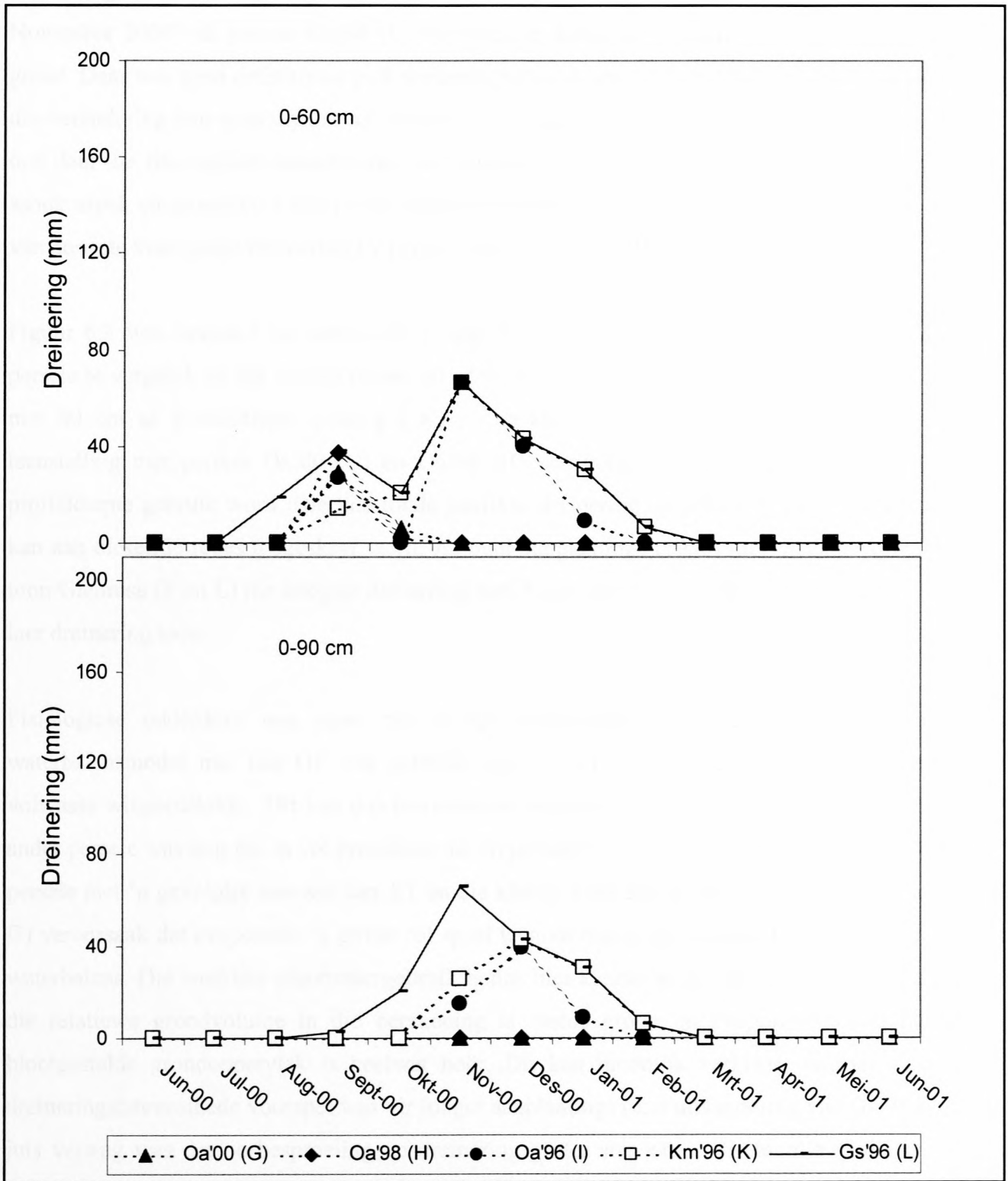
6.3.1.2. Dreineringshoeveelhede

Figure 6.1 en 6.2 dui maandelikse dreineringshoeveelheid aan soos met die waterbalansmodel vir Glenrosa (6.1) en Oakleaf/Klapmuts (6.2) gronde by Broodkraal gemodelleer was. Modelling was vir beide 60 en 90 cm grondprofiel dieptes gedoen. Met aanplanting van tafeldruif was 'n profiel diepte van 60 cm gebruik om grondwaterstoringsparameters te definieer en besproeiing was daarvolgens aanbeveel. Tydens profielbeskrywing was gevind dat die worteldiepte egter gevarieer het tussen 60 - 100 cm en die watergebruikspatroon het wateropname tot op 90 cm getoon (paragraaf 4.3.3.). Dit blyk dus dat 90 cm 'n beter aanduiding van effektiewe worteldiepte sou wees en enige water wat verby 90 cm in die profiel af beweeg beskou kan word as dreineringswater of loging.

Die hoeveelheid wat maandeliks uit 'n profiel dreineer word deur besproeiings frekwensie en intensiteit, sowel as die waterstoringskapasiteit van spesifieke gronde bepaal. Deur Figure 6.1 en 6.2 te vergelyk, kan die hoër dreineringshoeveelheid in Glenrosa teenoor Oakleaf en Klapmuts waargeneem word. Beide figure toon die 90 cm profiel diepte as laer dreineringshoeveelheid a.g.v. die groter effektiewe grondwaterstoringskapasiteit. Dreineringshoeveelheid was veral tydens die begin van besproeiing (Sept-00) minder, aangesien 'n groter hoeveelheid water benodig was om die profiel tot by VK te bring waar 0-90 cm as profiel diepte gebruik was. Die verskynsel dat daar slegs in die Glenrosa persele met profiel diepte van 60 cm dreineringshoeveelheid a.g.v. winterreën (Aug-00) by Broodkraal gemodelleer was, kan deur die laer grondwaterstoringskapasiteit en beperkte diepte verklaar word. Perseel Gs'96 (L) was ingesluit in Figuur 6.2, hoewel dit 'n Glenrosa perseel was. Die doel was om verskille in voorspelde dreineringshoeveelheid tussen persele K en L wat dieselfde besproeiing ontvang, maar in verskillende grondvorme geleë was, te illustreer.



Figuur 6.1. Die voorspelde totale maandelikse dreinering (mm) uit die Glenrosa persele by Broodkraal oor die bestek van een jaar, bepaal vir die 0-60 en 0-90 cm profiel dieptes.



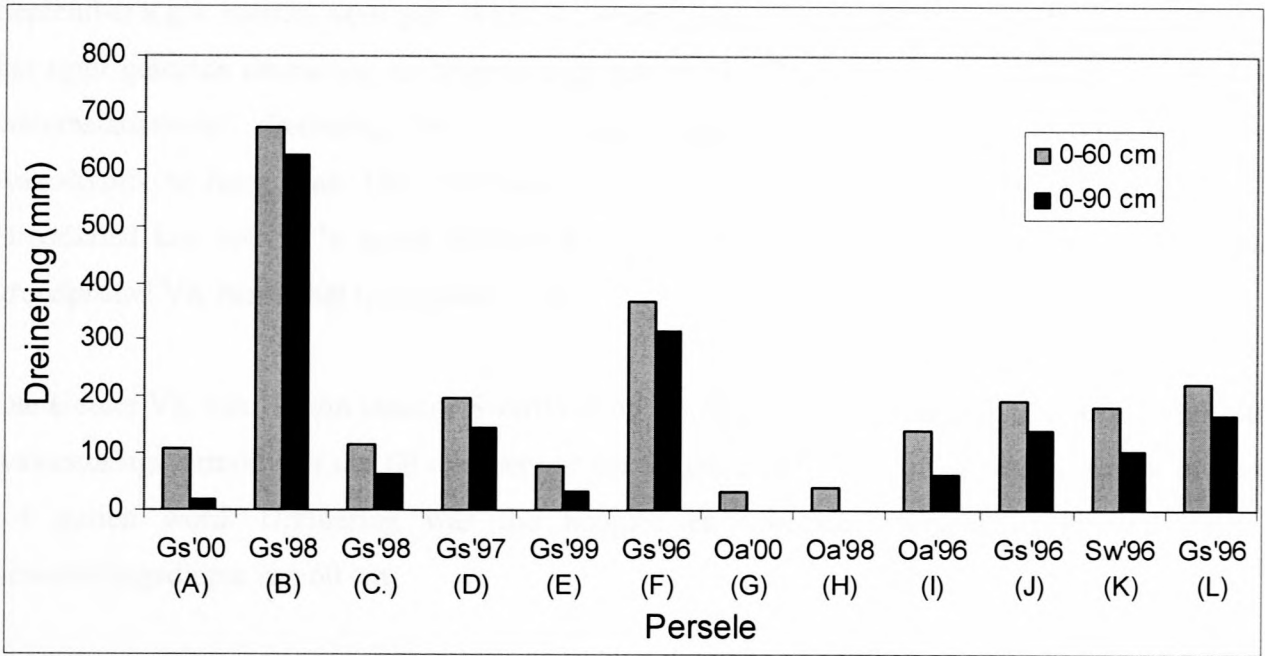
Figuur 6.2. Die voorspelde totale maandelikse dreinerling (mm) uit die Oakleaf, Klapmuts en Glenrosa gronde by Broodkraal oor een jaar, bepaal vir 'n 0-60 en 0-90 cm profieldieptes.

Dreineringsring was vroeër en in groter hoeveelhede aan die begin van die seisoen (Augustus 2000 tot November 2000) uit perseel Gs'96 (L) voorspel, te danke aan die kleiner VK van die Glenrosa grond. Daar was geen definitiewe piek dreineringsmaand waargeneem by Broodkraal persele nie en die verandering kan waarskynlik aan verskillende besproeiingskedules toegeskryf word. Dit word ook deur die fisiologiese ouderdomme van gewasse met gepaardgaande verskille in watergebruik, asook aspek en grondvorm van persele bepaal. November 2000 tot Januarie 2001 was die periode van hoogste voorspelde dreineringsring by persele Gs'98 (B) en Gs'96 (F).

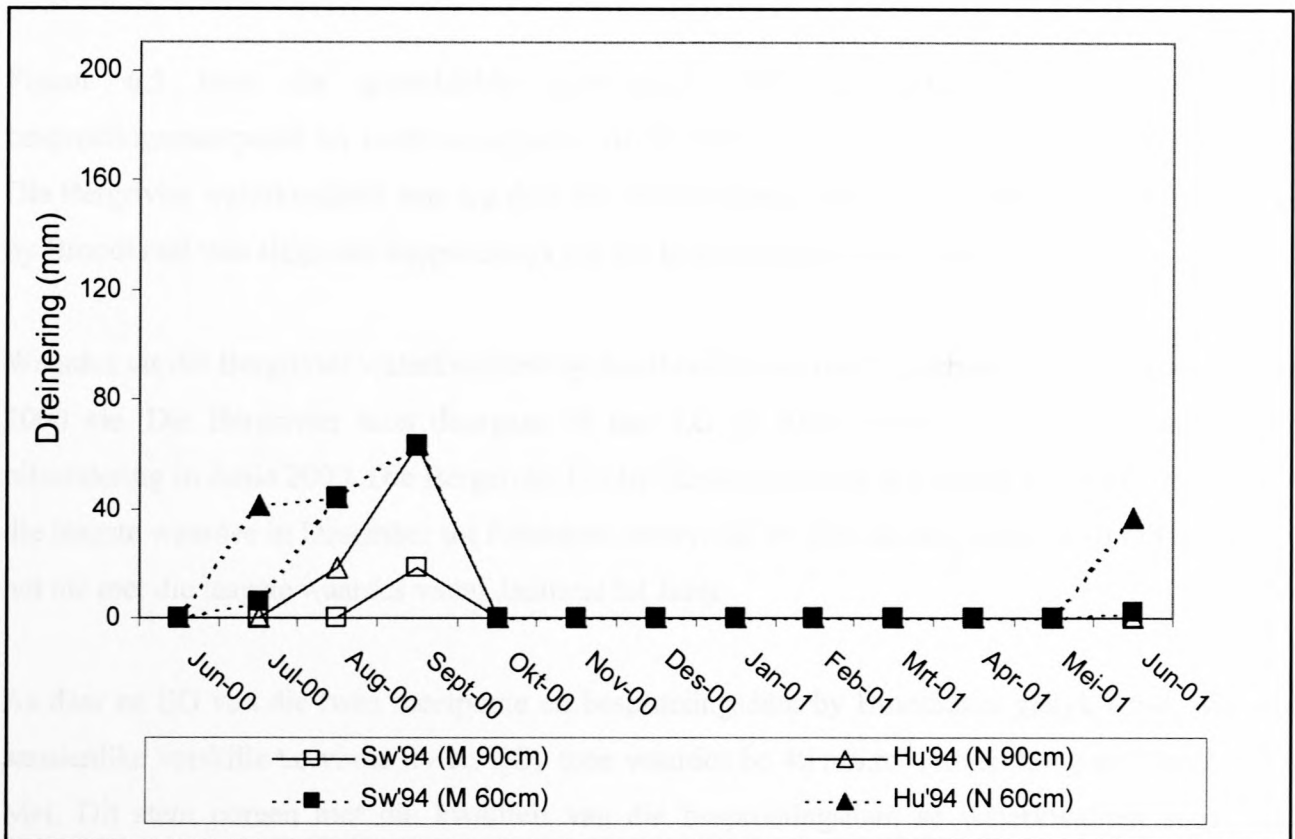
Figuur 6.3 was opgestel om totale dreineringsring oor die bestek van een jaar te toon, verskillende persele te vergelyk en die verskil tussen 60 of 90 cm profielteptes aan te dui. Die hoër dreineringsring met 60 cm as profieltepte (voorspel a.g.v. die kleiner VK) was duidelik by alle persele in teenstelling met persele Oa'00 (G) en Oa'98 (H) wat geen dreineringsring toon wanneer 90 cm as profieltepte gebruik word. Die hoër totale jaarlikse dreineringsring by perseel Gs'98 (B) en Gs'96 (F) kan aan dieselfde redes toegeskryf word. As ouer aanplantings (1996) met mekaar vergelyk word toon Glenrosa (F en L) die hoogste dreineringsring met Klapmuts (K) en Oakleaf (I) gronde wat effense laer dreineringsring toon.

Fisiologiese ouderdom was egter nie in ag geneem met bogenoemde toepassing van die waterbalansmodel nie. Die GF wat gebruik was om ET te bereken is verteenwoordigend van volwasse wingerdstokke. Dit kan dus teoreties net toegepas word op persele D, F, I, K en L. Alle ander persele was nog nie in vol produksie nie en persele A en G was maar pas aangeplant. Hierdie persele met 'n gevolglik heelwat laer ET en die kleiner blaredak (omtrent afwesig by persele A en G) veroorsaak dat evaporasie 'n groter rol speel teenoor transpirasie in die ET-komponent van die waterbalans. Die werklike plantwatergebruik is dus hier kleiner as by die res van die persele maar die relatiewe grondvolume in die berekening is steeds groter en evaporasie vanaf die groter blootgestelde grondoppervlak is heelwat hoër. Dit kan moontlik verklaar waarom sulke klein dreineringshoeveelhede voorspel was vir jonger aanplantings (met uitsondering van Gs'98 B), waar juis verwag was dat oorbeproeining en dreineringsring groter sou wees. Vir hierdie studie was egter besluit om die GF konstant te hou vir alle persele en ouderdomme. Dit gee die geleentheid om resultate sonder die bykomende faktor van verskillende gewasfaktore te vergelyk.

Twee persele by Rooihogte was ook geselekteer om dreineringshoeveelhede vanuit grondprofiel te modelleer (Figuur 6.4). Hulle was in dieselfde besproeiingsblok geleë en het dus eenderse besproeiingshoeveelhede ontvang, met slegs grondwaterstoringskapasiteite wat tussen persele verskil het. Maandelikse dreineringshoeveelhede wat by Rooihogte voorspel was, toon geen



Figuur 6.3. Die totale jaarlikse dreinerings (mm) vir die periode 1 Junie 2000 tot 30 Mei 2001, wat vanuit die geselekteerde persele by Broodkraal, voorspel was vir beide 60 en 90 cm profielteptes.



Figuur 6.4. Maandelikse dreinerings vanuit twee persele by Rooihogte soos voorspel met die waterbalansmodel vir beide die 90 en 60 cm profielteptes.

dreinerings by beide persele tydens die besproeiingseisoen nie. Dreinerings was slegs in Julie tot September a.g.v. reënval voorspel. Werklike waarnemings van dreinerings vanuit dreineringsuitlope het egter gereelde dreinerings na besproeiings getoon nie. Daar was dus 'n sterk vermoede dat die waterbalansmodel dreinerings by Rooihoogte ondervoorspel, met die ET-komponent wat waarskynlik te hoog was. Die voorkoms van voorkeurvloei in die gronde van Rooihoogte en Broodkraal kan ook in 'n groot mate bydra tot dreinerings wat plaasvind nog voordat die hele grondprofiel VK bereik het (paragraaf 4.3.6).

Die kleiner VK van Hutton teenoor Swartland by Rooihoogte (paragraaf 4.3.2.1), asook die kleiner waterstoringsvermoë van die 60 cm teenoor die 90 cm proefieldiepte, kan ook duidelik in Figuur 6.4 gesien word. Dreinerings was die hoogste en vroegste voorspel in Hutton's met 'n bewortellingsdiepte van 60 cm.

6.3.2. Berekening van soutbalans

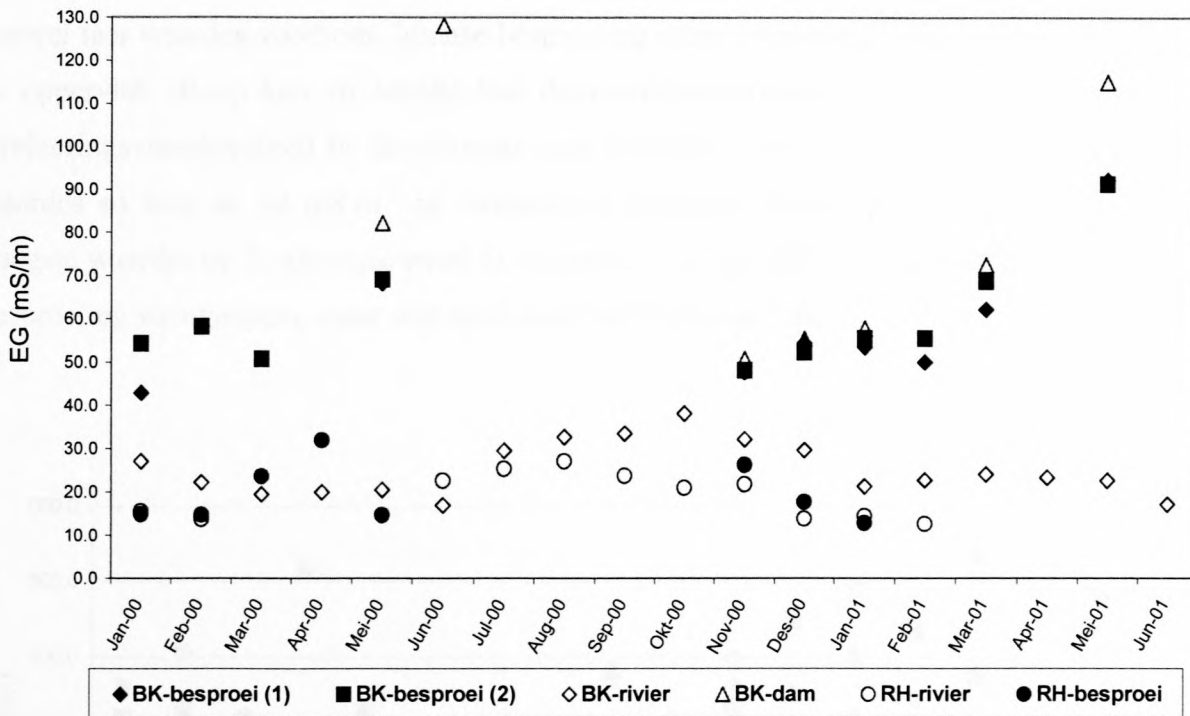
6.3.2.1. Kwaliteit van besproeiingswater

Figuur 6.5 toon die gemiddelde soutinhoud (EG) per maand van die Bergrivier, besproeiingsmeetpunte en besproeiingsdam vir Broodkraal en Rooihoogte oor die studietydperk. Die Bergrivier waterkwaliteit was reg deur die studietydperk gemoniteer, maar die besproeiingsdam by Broodkraal was slegs met besproeiings oor die besproeiingseisoen gemoniteer.

Waardes vir die Bergrivier waterkwaliteit by Rooihoogte was nie beskikbaar vir Maart 2000 tot Mei 2000 nie. Die Bergrivier toon deurgans 'n laer EG by Rooihoogte as by Broodkraal, met die uitsondering in Junie 2000. Die Bergrivier EG by Rooihoogte was nooit hoër as $30 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ nie, met die laagste waardes in Desember tot Februarie, terwyl dit by Broodkraal nooit bo $40 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ gestyg het nie met die laagste waardes vanaf Januarie tot Junie.

As daar na EG van die twee meetpunte en besproeiingsdam by Broodkraal gekyk word, was daar aansienlike verskille t.o.v. die rivier. EG_w toon waardes bo $40 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$, tot so hoog as $70 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ in Mei. Dit stem ooreen met die kwaliteit van die besproeiingsdam se waterkwaliteit soos vanaf November 2000 tot Maart 2001 gemeet. Die hoë EG van die besproeiingsdam by Broodkraal in Junie 2000 het aanleiding gegee tot die leegmaak van die dam en gevolglike hervulling met laer EG water uit die Bergrivier. Dit verklaar die laer EG waardes in November 2000 gemeet. Die metings

in Maart en Mei 2001 toon egter dat die waterkwaliteit van die besproeiingsdam weer begin verswak het en tot waardes bo $100 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ gestyg het. Daar moet dus versouting van die water in die besproeiingsdam plaasvind. Verklarings kan direk gesoek word by besproeiingsterugvloei en droëland landbou stroomop in die vallei waarin die Broodkraaldam geleë is, asook met die voorafverweerde gesteente waarin die dam geleë is.

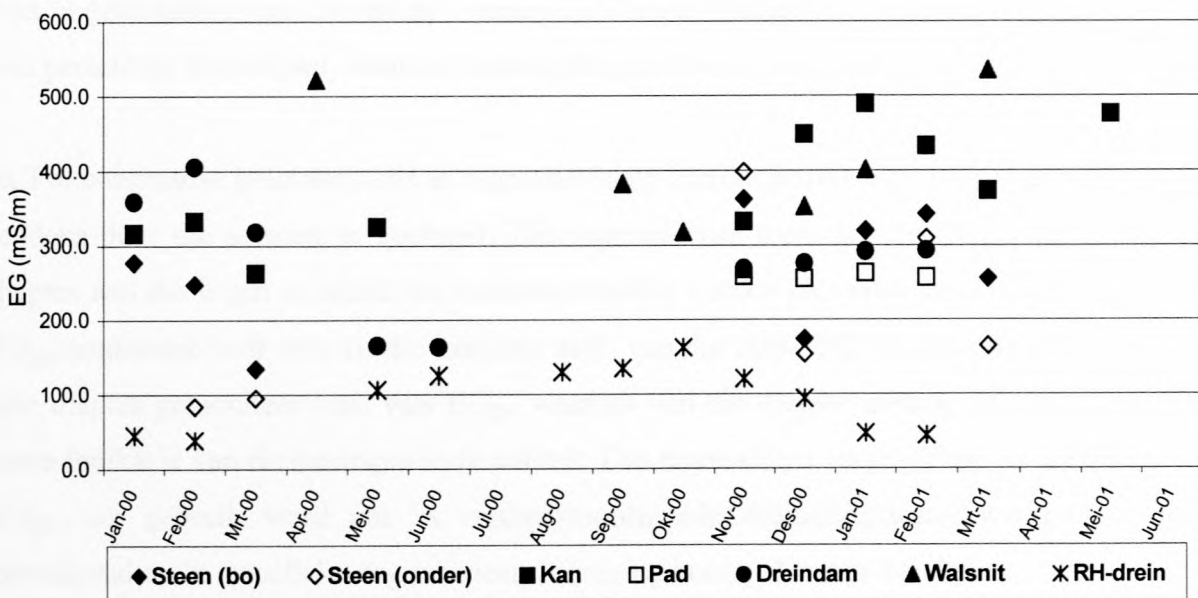


Figuur 6.5. Gemiddelde maandelikse waterkwaliteit gemeet in EG van die Bergrivier (rivier), besproeiingspunte (besproei) en dam by Broodkraal (BK) en Rooihogte (RH).

6.3.2.2. Kwaliteit van dreineringswater

Maandelikse gemiddelde soutkonsentrasies van dreineringsmeetpunte (EG_{dw}) was bepaal waar beskikbaar en word in Figuur 6.6 gegee. Die beskikbaarheid van watermonsters om dreineringswaterkwaliteit te bepaal het van dreinerings frekwensie (a.g.v. besproeiing of reënval), asook die reëlmaat van besoeke aan lokaliteite afgehang. Dit verklaar die ontbreking van waardes tydens sekere maande.

Daar was groot wisseling in EG_{dw} oor bestek van die studie, asook tussen verskeie meetpunte. Variërende besproeiingshoeveelhede deur die seisoen en verskillende grondvorme in die opvanggebied dra tot hierdie wisseling in EG_{dw} by. Uitsonderlike hoë waardes by twee meetpunte (Walsnit en Kan) waargeneem ($>400 \text{ mS.m}^{-1}$), kan die gevolg van 'n konsentrasie effek deur verdamping wees. Meetpunte by Broodkraal toon waardes wat wissel tussen $200\text{-}400 \text{ mS.m}^{-1}$, hoewel laer waardes voorkom. Intense besproeiing saam met vinnige dreinerings vanuit landskappe en oppervlak afloop kon vir hierdie laer dreineringswaterkwaliteite verantwoordelik gewees het. Dreineringswaterkwaliteit by Rooihogte toon aansienlik laer EG waardes as by Broodkraal, met waardes so laag as 50 mS.m^{-1} in Januarie en Februarie tydens piek besproeiingsperiodes. Die hoogste waardes by Rooihogte word in Augustus-Oktober 2000 tydens winterreënval en begin van besproeiing waargeneem, maar was nooit hoër as 200 mS.m^{-1} nie.



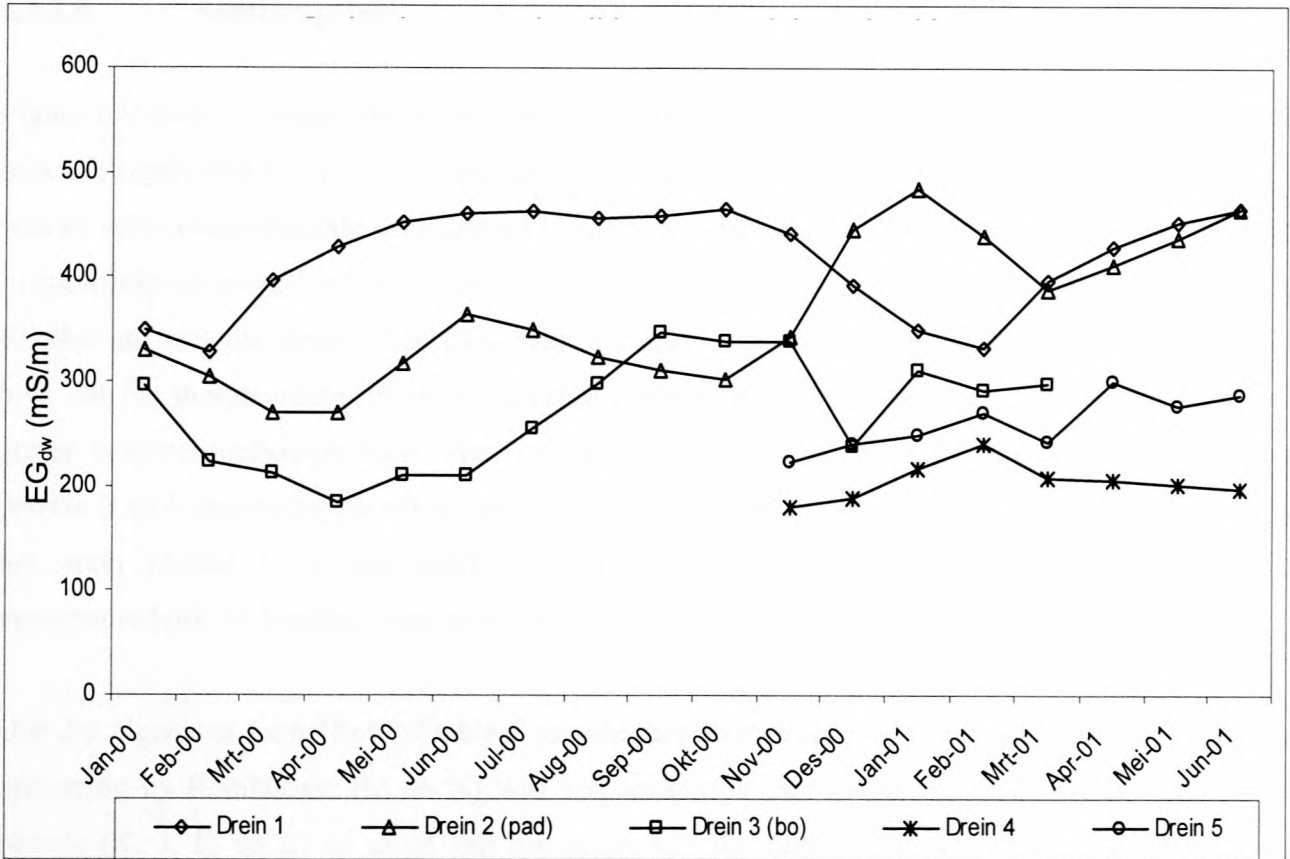
Figuur 6.6. Gemiddelde maandelikse dreineringswaterkwaliteit (EG_{dw}) van verskeie dreineringsuitlope by Broodkraal en Rooihogte soos gemeet oor die studietydperk.

Die vyf dreineringsuitlope en –aflope wat by Broodkraal gekies was om dreineringswaterkwaliteit van geselekteerde persele te verteenwoordig, het ook groot variasie in soutinhoud op die dae waarop dreineringsmonsters versamel was getoon. Om ‘n verteenwoordigende EG van dreineringswater vir elke dag te bereken was ‘n bewegende gemiddelde gebruik. Die maandelikse gemiddelde van elke drein word in Figuur 6.7 getoon. Die nut was om ‘n goeie indikatie van werklike dreineringswaterkwaliteit tydens die 2000/2001 besproeiingseisoen, waartydens die meerderheid van dreinerings plaasgevind het, te verkry.

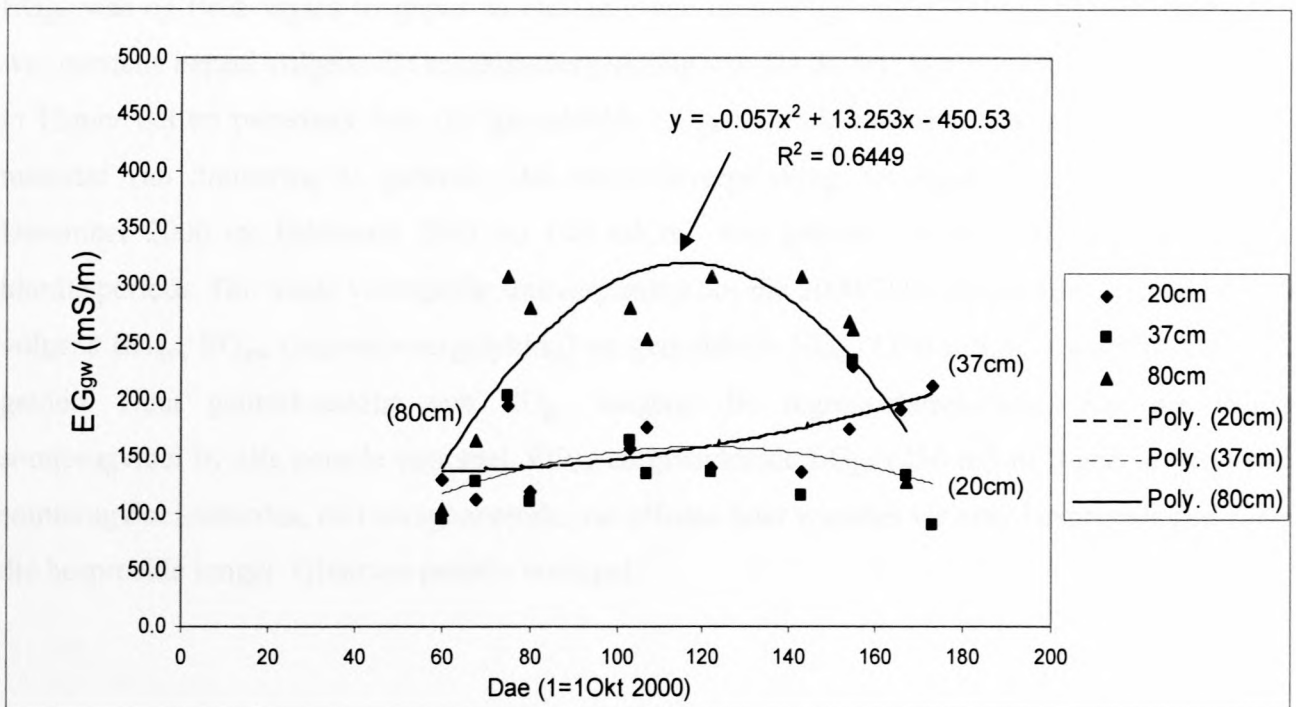
As EG metings van die 2000/2001 besproeiingseisoen met mekaar vergelyk word, toon die twee meetpunte waar dreineringsafloop akkumuleer laer waardes as direkte pyp dreineringsuitlope, met die uitsondering van Drein 1 wat ook hoë waardes toon. Dit was waarskynlik oppervlakafloop wat ook in die dreineringsaflope akkumuleer en die soutkonsentrasie daarvan verlaag. Oor die studietydperk was daar enkele oppervlakafloop metings gedoen met EG waardes van tussen 70-100 mS.m^{-1} .

‘n Verdere indikatie van dreineringswaterkwaliteit wat die wortelsone verlaat, was grondwatermonsters (EG_{gw}), wat m.b.v. mikro-lisimeters versamel was. Weens beperkte instrumentasie en afstande na plase kon slegs ‘n klein hoeveelheid grondwatermonsters deur die 2000/2001 besproeiingseisoen verkry word. Om ‘n indikatie te kry van EG_{gw} by Broodkraal was alle metings op ‘n spesifieke dag geneem, volgens diepte saamgegroeper en ‘n gemiddelde per diepte bereken (Figuur 6.8). Deur alle metings tydens die studie vir die 80 cm diepte saam te voeg was ‘n gemiddelde van 256 mS.m^{-1} verkry. Dit kan as verteenwoordigende EG_{gw} gebruik word van alle persele by Broodkraal, waar oorversadigde grondwater toestand geheers het na besproeiing.

‘n Tweedegraadse polinoom was as regressielyn op hierdie gemiddelde EG_{gw} waardes gepas om die tendens deur die seisoen te voorspel. Die regressielyne toon dat die EG_{gw} van die verskillende dieptes aan die begin en einde nie noemenswaardig verskil nie, maar wel dat die 80 cm diepte se EG_{gw} aansienlik hoër was vir die grootste deel van die 2000/2001 besproeiingseisoen. Hoewel op drie dieptes gemoniteer was, was EG_{gw} waardes van die diepste meting (80 cm) waarskynlik die beste indikatie van dreineringswaterkwaliteit. Die regressielyn vergelyking vir die 80 cm diepte se EG_{gw} kan gebruik word om ‘n verteenwoordigende dreineringswaterkwaliteit vir persele by Broodkraal op ‘n spesifieke dag wanneer dreinerings voorspel was te bereken.



Figuur 6.7. Maandelikse gemiddelde dreineringswaterkwaliteit van die geselekteerde dreineringspunte te Broodkraal, bereken deur 'n bewegende gemiddelde te gebruik.



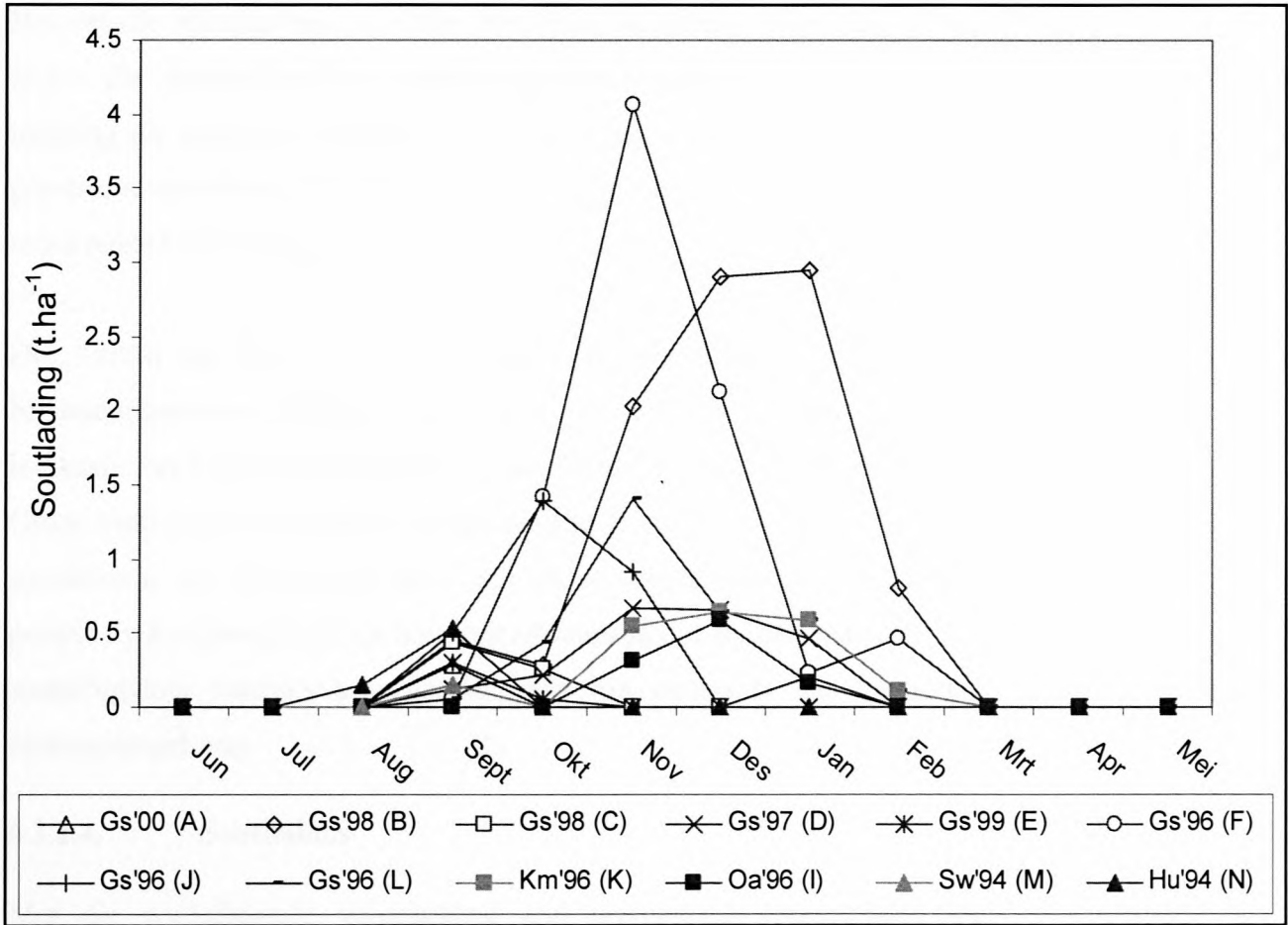
Figuur 6.8. Saamgevoegde EG_{gw} van alle metings by geselekteerde persele op Broodkraal gedurende die 2000/2001 besproeiingseisoen. EG_{gw} waardes van dieptes waarop gemoniteer was, word apart weergegee en tweedegraadse polinoom regressielyne daarop gepas.

6.3.2.3. Soutterugvloei

Figuur 6.9 toon die maandelikse sout verplasing ($t \cdot ha^{-1}$) vanuit gemodelleerde dreinerings, bereken m.b.v. Vergelyking 6.3 vir sekere persele. Die bewegende gemiddelde EG_{dw} vanuit pypdreinerings was as verteenwoordigende dreineringskwaliteit by Broodkraal gebruik. Dreine was gekoppel aan 'n spesifieke opvanggebied en spesifieke persele (Tabel 3.3 en Figuur 3.6). Vir die twee persele by Rooihogte was die gemiddelde EG_{dw} van die enkele dreineringsuitloop gebruik. Uit Figuur 6.9 blyk dat die meeste soute uit twee Glenrosa persele (B en F) geloog het, wat waarskynlik deur groter besproeiingshoeveelhede, vlak gronde en steil hellings verklaar sou kon word. Hoewel persele B en F naastenby dieselfde dreineringshoeveelhede vir November 2000 (Figuur 6.1) getoon het, toon perseel B 'n aansienlik hoër soutterugvloei. Die hoër EG_{dw} by perseel B was verantwoordelik vir hierdie groter voorspelde soutterugvloei.

Oor die algemeen toon Hutton/Oakleaf gronde laer soutverliese as Glenrosa. Die soutlading van dreinerings by Rooihogte (M en N) was ook aansienlik laer as die by vergelykende Broodkraal persele (K, J, F, en L) en slegs aan die begin van die besproeiingsseisoen voorspel. Die klein soutterugvloei wat by Gs'00 (A) en Gs'99 (E) waargeneem was, kan verklaar word deur die relatiewe lae besproeiings hoeveelhede wat hierdie jong persele ontvang het.

EG_{gw} was op twee wyses toegepas as indikasie van dreineringswaterkwaliteit by Broodkraal. Dit was eerstens bepaal volgens die regressievergelyking van die diepste horison (80cm) soos aangedui in Figuur 6.8 en tweedens deur die gemiddelde EG_{gw} van alle meetings, naamlik $256 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ as maatstaf van dreinerings te gebruik. Die regressievergelyking het egter net EG_{dw} voorspel vir Desember 2000 tot Februarie 2001 en $100 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ was gebruik vir dreineringskwaliteite buite hierdie periode. Die totale voorspelde soutverplasing oor die 2000/2001 besproeiingseisoen bereken volgens EG_{dw} , EG_{gw} (regressievergelyking) en gemiddelde EG_{gw} ($256 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$) word in Tabel 6.2 getoon. Deur gebruikmaking van EG_{gw} volgens die regressieberekening, was die laagste soutterugvloei by alle persele voorspel. EG_{dw} en gemiddelde EG_{gw} ($256 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$) gee vergelykende soutterugvloei-waardes, met eersgenoemde wat effense hoer waardes vir ouer besproeide persele en die besproeide jonger Glenrosa persele voorspel.



Figuur 6.9. Maandelikse soutlading (t.ha⁻¹) wat vanaf persele dreineer, soos bereken m.b.v. die voorspelde dreineringshoeveelhede en gemete dreineringswaterkwaliteite

Tabel 6.2. Totale soutterugvloei (t.ha⁻¹) van dreinerings soos voorspel m.b.v. drie maatstawwe van dreineringswaterkwaliteit. Verskille in diepte geweegde gemiddelde soutinhoud (EG_e) van persele oor 'n jaar en oor die besproeiingsseisoen (mS.m⁻¹) word ook getoon.*

	Persele											
	Gs'00 A	Gs'99 E	Gs'98 B	Gs'98 C	Gs'97 D	Gs'96 J	Gs'96 F	Gs'96 L	Km'96 K	Sw'94 M	Oa'96 I	Hu'94 N
EG_{dw}	0.28	0.36	9.42	0.89	2.13	2.83	8.37	3.25	1.91	0.15	1.08	0.68
EG_{gw}	0.13	0.20	8.65	0.58	1.57	0.90	3.06	1.95	1.56	-	0.80	-
256 mS.m⁻¹	0.32	0.51	10.1	1.0	2.33	2.29	5.09	2.72	1.70	-	1.02	-
ΔEG_e jaar	-80	44	-94	-18	-53	-27	-114	99	94	-80	114	-53
ΔEG_e seisoen	15	141	-170	-19	-25	34	-36	154	89	-165	74	-51

*Afkortings gebruik

EG_{dw} = Bewegende gemiddelde soutinhoud van dreineringsuitlope / syferwater

EG_{gw} = Voorspelde grondwater soutinhoud by oorsadigde toestand op 80 cm

256 mS.m⁻¹ = Gemiddelde grondwater EG van alle mikro-lisimeter lesings

Hoewel die akkuraatheid van die spesifieke waardes van soutterugvloei bevraagteken kan word (a.g.v. die akkuraatheid van dreineringshoeveelhede voorspel), gee hierdie waardes waardevolle inligting om persele se soutterugvloei onderling te vergelyk. Die ouer Glenrosa persele toon die grootste soutverliese a.g.v. dreinerings met die hoogste waardes by persele B en F waarvoor die redes reeds hierbo bespreek was.

Die verskil in EG_e van persele oor een jaar (Maart 2000 tot Maart 2001) en oor die besproeiingseisoen (Oktober 2000 tot Maart 2001) word ook in Tabel 6.2 getoon. Dit gee 'n indikatie van hoe die soutinhoud in die spesifieke persele oor die onderskeie periodes verander het. Groot soutterugvloei waardes vanuit persele B en F voorspel word bevestig deur afnames in die soutinhoud van die grondprofiel oor die studietydperk. Die feit dat die grondprofiel van beide persele by Rooihogte (M en N) groot afnames in hul soutinhoud toon maar slegs klein voorspelde soutterugvloei waardes toon, onderstreep die vermoede dat dreinerings veral by Rooihogte, ondervoorspel was.

6.3.2.4. Soutbalans

Met die voorafgaande voorspelling van dreinerings-soutterugvloei, kan 'n eenvoudige soutmassabalans vir persele opgestel word. Hoeveelhede sout wat die sisteem inkom, verandering van soutinhoud in die sisteem self, asook verliese aan sout kan in 'n eenvoudige massabalans saamgevat word. Toevoegings tot die sisteem was van besproeiing, reënval en bemesting afkomstig. Die verandering in die sisteem self (grondprofiel) dui op 'n verlies (loging) aan sout of aansameling van sout (onvoldoende dreinerings). Verwering kan egter ook 'n bydrae lewer tot die generering van oplosbare sout in die sisteem self. Die verlies aan sout word bepaal deur dreinerings, afloop, plantopname en diep perkolasie.

Met die toepassing van hierdie studie oor een seisoen, was die soutbydrae deur reën buite rekening gelaat. Die wins aan sout deur besproeiing was volgens die hoeveelheid besproei deur die seisoen en die gemiddelde maandelikse kwaliteit daarvan bepaal. Bemesting was in die vorm van gips gewees en waar toegedien was 'n maksimum bydrae van $1.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ sout as standaard geneem (Moolman, 1985). Die verliese a.g.v. dreinerings soos voorspel in Tabel 6.2 was as die gesamentlike verlies a.g.v. dreinerings en diep perkolasie geneem, terwyl die verliese a.g.v. afloop buite rekening gelaat was.

In Tabel 6.3 word die soutbalans van geselekteerde persele weergegee en kan 'n indikatie van verandering in soutinhoud binne persele oor die loop van een besproeiingseisoen verkry word. Deur

slegs na die verskil van soute toegevoeg deur besproeiing en die verwyder deur dreinerings te kyk, toon slegs die ouer Glenrosa en Rooihooft persele 'n verlies aan soute. Persele B en F wys die noemenswaardigste soutverliese a.g.v. groot soutterugvloei volgens dreinerings voorspel. Meeste jong Glenrosa, asook Oakleaf en Klappmuts persele toon toenames a.g.v. voorspelde dreinerings wat onvoldoende was om southoeveelhede deur besproeiing toegevoeg te verwyder. Deur southydra tot die sisteem a.g.v. gipstoediening by sekere persele in ag te neem word afnames in soutinhoud slegs by twee Glenrosa en die Swartland perseel voorspel.

As waardes verkry in Tabel 6.3 met werklike veranderinge in soutinhoud van persele, soos in Hoofstuk 5 (paragraaf 5.3.1.3) bereken vergelyk word, was wisselende ooreenkomste waargeneem. Dit is belangrik om te noem dat soutverliese a.g.v. afloop, presipitasie en plantopname nie in ag geneem was met die berekening van die soutbalans nie. Hierdie faktore het wel bygedra tot die verandering van die soutinhoud in die grondprofiel. Die verlies aan soute in B, F en M stem egter ooreen met afnames in profiel soutinhoud (EG_e) oor die studietydperk bepaal.

Tabel 6.3. Vergelykende balansstate, met in agname van gips toegedien, tussen vyf grondvorme en verskillende aanplantingsjare.

Perseel	Besproeiing	- Dreinerings	= Soutopbou/verlies	+ Gips	=Δ Soutinhoud
	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
Gs'00 (A)	1.01	0.28	0.73	0	0.73
Gs'98 (B)	4.48	9.42	-4.94	0	-4.94
Gs'98 (C)	2.69	0.89	1.80	0	1.80
Gs'97 (D)	2.86	2.13	0.73	1.2	1.93
Gs'99 (E)	2.30	0.36	1.94	0	1.94
Gs'96 (F)	3.42	8.37	-4.95	1.2	-3.75
Gs'96 (J)	1.94	2.83	-0.89	1.2	0.41
Gs'96 (L)	3.05	3.25	-0.20	1.2	1.00
Oa'00 (G)	1.96	0	1.96	0	1.96
Oa'98 (H)	2.26	0	2.26	0	2.26
Oa'96 (I)	2.77	1.08	1.69	1.2	2.89
Km'96 (K)	3.05	1.91	1.14	1.2	2.34
Sw'94 (M)	0.39	0.15	0.24	1.2	1.44
Hu'94 (N)	0.39	0.68	-0.29	1.2	0.91

6.4. Gevolgtrekking

Die belangrikheid om die regte profieldiepte te kies tydens die modellering van dreineringssterugvloei het duidelik na vore gekom. Deur 90 cm as profieldiepte te kies was voorspelde dreinerings aansienlik minder as die 60 cm wat vir beproeiingskedulerings by Broodkraal gebruik was. Geen dreinerings was vir die wintermaande by Broodkraal voorspel terwyl dreinerings slegs a.g.v. winterreën by Rooihooft voorspel was. Dit was in teenstelling met waarnemings van dreinerings waar deurgaans dreineringsuitvloei voorgekom het as water (reën en/of besproeiing) by beide plase toegedien was. Dit beklemtoon die vermoede dat die waterbalans waarskynlik dreinerings ondervoorspel a.g.v. die oorheersing van voorkeurvloei binne hierdie klipryke gronde. Die verskille tussen die twee plase kan aan hoër reënval by Rooihooft en verskillende skeduleringspraktyke toegeskryf word. Voorspelde dreineringshoeveelhede het wel duidelike verskille tussen grondvorme a.g.v. verskillende grondwaterstoringse kapasiteite van verteenwoordigende grondprofile.

Die kwaliteit van besproeiingswater by beide lokaliteite was binne aanvaarbare norme vir 'n matig tot sensitiewe gewas soos tafeldruiwe en behoort nie met goeie besproeiingsbestuur by te dra tot braktoestande nie. By Broodkraal veroorsaak die praktyk om water eers in 'n besproeiingsdam te pomp egter dat die soutlading daarvan twee tot drie maal toeneem. Dreineringswaterkwaliteit het gefluktueer tussen 200-400 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ by Broodkraal, met hoër waardes waarskynlik die gevolg van verdamping en laer waardes a.g.v. verdunning deur afloopwater. Die gemiddelde van die EG_{gw} soos gemeet op 80 cm naamlik, 256 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ het as goeie indikasie van die onderste vlak van dreineringswaterkwaliteit gedien as dit met dreineringsuitloep vergelyk word.

Voorspelde soutterugvloei vir die geselekteerde persele, word oorheersend deur die voorspelde dreineringshoeveelhede bepaal. Dit word weer op sy beurt deur die waterhouvermoë van die grondvorm en die besproeiingshoeveelhede toegedien bepaal. Die dreineringswaterkwaliteit het 'n kleiner invloed op die soutlading van terugvloei gehad met EG_{dw} en gemiddelde EG_{gw} op 80 cm wat vergelykende waardes voorspel het. Die grootste soutterugvloei was vanuit oer besproeide Glenrosa persele voorspel.

Slegs twee persele (B en F), beide Glenrosa, toon soutverliese volgens die berekende soutbalans wat met die afnames in soutinhoud (EG_e) van die grondprofile ooreenstem. Die grootste toenames was waargeneem in die ouer Oakleaf en Klapmuts gronde wat ook weerspieël word in die toenames in EG_e . Daar was egter ook verskeie teenstellings wanneer die soutbalans met die

verandering in EG_e binne die profiele vergelyk was. Redes hiervoor kan waarskynlik in die ondervoorspelling van dreinering (paragraaf 6.3.1.2), afloop wat buite berekening gelaat was, asook die verwerking binne gronde, gevind word. Nogtans lewer hierdie resultate waardevolle inligting met betrekking tot die dominante grondvorme en hul water- en soutbalanse onder die spesifieke toestande. Hierdie studie skep 'n platform vir die toepassing van ondermeer DISA- en ACURU-modelle (Schulze, 1984; Görgens *et al.*, 2000) op die benede Bergivier opvanggebied en toekomstige besproeiingsontwikkeling en -bestuur se volhoubaarheid.

HOOFSTUK 7: SAMEVATTING

Uitbreiding van besproeiingsboerdery (tafeldruiwe) op die oewers van die benede Bergrivier opvanggebied plaas al hoe groter druk om die waterkwaliteit van die Bergrivier, asook die volhoubaarheid van hierdie ontwikkelings. Groter areas wat besproei word tesame met die benutting van marginale souttryke gronde (Malmesbury-skalie moedermateriale) dra by tot verhoogde soutterugvloei a.g.v. afloop en dreinerings. Soutterugvloei uit meeste grondtipes is aanvanklik groot maar plat af na 'n paar jaar na waardes geassosieer met die kwaliteit van die besproeiingswater. Die pad wat besproeiingssterugvloei volg is egter van groot belang.

Die bestudering van dominante grondvorme se grondwaterstoringskapasiteite het die groot rol wat growwe fragment fraksies en voorkeurvloei daarin speel uitgelig. Daar was groot variasie in growwe fragment inhoud en verspreiding binne en tussen grondvorme waargeneem. Dit oorheers die grondwaterhuishouding binne grondprofiel wat lei tot groot variasie in beskikbare water vir plante. Dreinerings vind baie vinnig na aanvang van besproeiing plaas wat die oorheersing van voorkeurvloei binne veral Glenrosa/Swartland gronde bevestig. Die oneweredige verspreiding van growwe fragment fraksies tesame met voorkeurvloei bemoeilik die effektiewe grondwaterbestuur binne die dominante grondvorme. Dieselfde besproeiingshoeveelheid kan in een area tot oormatige dreinerings en vermorsing van water lei terwyl geen dreinerings weer in 'n ander area kan voorkom, beide binne dieselfde grondvorm. Besproeiingskedulering moet so aangepas word om beide hierdie uiterstes te beperk sodat genoegsame plantbeskikbare water in die grondprofiel gestoor word, genoegsame dreinerings plaasvind en terselfdertyd oormatige terugvloei beperk word. Skeduleerders word dus aanbeveel om die hoeveelheid water benodig te bepaal aan die hand van die waterhouvermoë van die sones met laagste growwe fragment fraksies en die frekwensie van besproeiing word vasgepen op die sones met hoogste growwe fragment fraksies.

Groot variasie in soutverspreiding en totale soutinhoud kom tussen en in die dominante grondvorme voor. Dit word toegeskryf aan die natuurlike variasie, asook die versteuring a.g.v. grondvoorbereiding en daaropvolgende besproeiing. Glenrosa/Swartland toon hoë soutkonsentrasies in die koringlande en in pas besproeide gronde met konsentrasies wat afneem met diepte. Oakleaf/Hutton toon oor die algemeen laer soutkonsentrasies en 'n meer uniforme verspreiding oor diepte. Na vier tot vyf jaar se besproeiing het daar 'n gelykmakende effek i.t.v. die totale soutinhoud van die twee dominante grondvorme ontstaan. Dit is teweeg gebring deur of die groter loging van soute vanuit Glenrosa/Swartland en/of die moontlikheid van souteansameling in Oakleaf/Hutton a.g.v. onvoldoende loging. Duidelike verskille in soutkonsentrasies was ook in en

tussen wingerdrye waargeneem. Meer logging vind in die wingerdrye plaas met gepaardgaande gelokaliseerde soutaansameling tussen die wingerdrye wat toeneem oor die termyn van besproeiing.

NAV-waardes toon afnames met diepte wat op voldoende logging van Na vanuit die bogrond dui. In terme van korsvorming en dispersie gevare behoort daar nie groot gevare te ontstaan as die huidige besproeiingswaterkwaliteit gehandhaaf word nie. As die grense van matig tot sensitiewe gewasse, waarvan tafeldruiwe een is, se EG_e in ag geneem word, toon veral die jong besproeide Glenrosa/Swartland gronde 'n soutgevaar. Die risiko is kleiner in die Oakleaf/Hutton en Glenrosa/Swartland gronde wat al vir vier tot vyf jaar besproei word. Deur in ag te neem dat toksiese soutkonsentrasies oor jare in tafeldruiwe kan opbou en die produksie en leeftyd kan verkort, is dit noodsaaklik om maksimum grondwaterpeile te handhaaf om soutgevaar te beperk.

Voorspelde dreineringsrugvloei het duidelike verskille tussen grondvorme en aanplantingsjare a.g.v. verskillende grondwaterstoringskapasiteite en waterbehoefte getoon. Waargenome dreinerings skep egter die vermoede dat dreineringsvolumes waarskynlik baie ondervoorspel was. Dit was die gevolg van die moeilike bepaling van grondwaterstoringskapasiteite binne hierdie klipryke gronde en die groot invloed van voorkeurvloei. Voorspelde souterugvloei was oorheersend deur die voorspelde dreineringshoeveelhede bepaal. Vergelykbare soutladings is by meeste persele deur die besproeiingseisoen voorspel deur dreineringskwaliteit soos by dreineringsuitlope gemeet en ook deur gebruikmaking van 'n gemiddelde EG_{gw} op 'n 80 cm gronddiepte. Die grootste souterugvloei was uit die Glenrosa's voorspel a.g.v. groter voorspelde dreineringsvolumes, wat afgehang het van hul ligging (helling) en aanplantingsjaar (waterbehoefte van gewas). Wissellende resultate was verkry waar souterugvloei vergelyk was met werklik gemete EG_e veranderinge binne persele oor die studietydperk.

In terme van die volhoubaarheid van hierdie besproeiingsontwikkelings in die benede Bergrivier opvanggebied toon die Glenrosa/Swartland gronde die grootste soutgevaar. Dit is hoofsaaklik a.g.v. die hoër natuurlike soutkonsentrasies afkomstig vanaf die moedermateriaal, asook vermoedelike versnelde verwerking na grondversteuring en daaropvolgende besproeiing. Met goeie en effektiewe grondwaterbestuur kan hierdie gronde egter bestuur word om die negatiewe effek van hoë soutkonsentrasies en die aansameling daarvan te beperk. Verdere studies om die grondwaterhuishouding binne hierdie klipryke gronde beter te verstaan en te beskryf sal tot meer akkurate souterugvloei voorspellings kan lei. Tans toon die souterugvloei vanuit hierdie ontwikkelings nie 'n dramatiese effek op die Bergrivier waterkwaliteit nie. Volgehoute besproeiing en verdere uitbreidings vereis egter dat dit gereeld gemoniteer moet word, aangesien besproeiing en

daaropvolgende souterugvloei juis plaasvind in die somermaande wanneer die Bergrivier se watervlak die laagste is.

Abu-Shareh, I.M., Richards, R.T. & Almaraz, J.M., 1997. The relationship between soil salinity and the relation to clay dispersion and design of a drainage system. *Water Resour. Res.* 33, 117-124.

Adcroft, T.M. & Wegera, J.R., 1983. A numerical model for the simulation of water flow in a drainage system. *J. Hydr. Div. ASCE* 109, 1011-1024.

Agnes, M., Nienberg, J. & Morn, J., 1991. The effect of soil salinity on infiltration rate and crop growth. *Soil Sci. Soc. Am.* 55, 101-106.

Anglen, R.G., Pereira, L.S., Rao, D. & Sarin, M., 1987. A computerized computing crop water requirements. *J. Agr. Eng.* 28, 21-25.

Angles, K., 1990. Conceptual irrigation water flow balance and agricultural salinity assessment and management. *AWR* 1, 1-10.

Arnold, J.G., Allan, P.M. & Bembana, G., 1975. A water balance model. *J. Hydr. Div. ASCE* 101, 47.

Balbert, G. & Kovda, V.A., 1973. Soils in relation to salinity. In: Kovda (ed.), *Irrigation/Drainage and Salinity*. FAO/UNEP, London, UK.

Avary, J.E. & Meek, D.W., 1994. Drainage: land flow relationships. *J. Hydr. Div. ASCE* 120, 421-437.

Avary, R.S. & Weir, D.W., 1989. Water quality for agriculture. *FAO Paper No 79*, Rome, I.FAO, Rome.

Bernstein, L., Bligh, C.F. & Clark, R.A., 1965. Effect of grape water stress on salinity in leaves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 94, 584-590.

Bester, J.A., 1966. *Grasde van die Pletberg-Pruisling*. MBO, Agric. Univ. Stellenbosch, Stellenbosch, R.S.A.

Bausler, J., Gergens, A.H.M. & Gueffing, V.J., 1996. *Breda River System - daily hydro-salinity model (DRSA)*. Nippon Shand Inc. - NSI, Report H000/000/790.

Bowman, R.S. & Nakayama, F.S., 1986. Salt distribution. In: F.S. Nakayama & G.A. Howell (eds), *Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management*. Developments in Agricultural Engineering 9, Chapter 2, p. 113-141. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Bresler, E., 1981. Transport of salts in soils and subsoils. *Agric. Water Manage.* 4, 31-37.

Bresler, E., McNeal, B.L. & Carter, D.L., 1982. *Saline and sodic soils*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

LITERATUURVERWYSINGS

- Abu-Sharar, T.M., Bingham, F.T. & Rhoades, J.D., 1987. Reduction in hydraulic conductivity in relation to clay dispersion and disaggregation. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 51, 342-346.
- Addiscott, T.M. & Wagenet, J.R., 1985. Concepts of solute leaching in soils: A review of modelling approaches. *J. Soil. Sci.* 36, 411-424.
- Aggassi, M., Shainberg, I. & Morin, J., 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. America Jour.* 45, 848-851.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Chapter 2, 17-27.
- Aragües, R., 1990. Conceptual irrigation return flow hydrosalinity model. In: K.K. Tanji (ed.). Agricultural salinity assessment and management. ASCE report 71, 504-530.
- Arnold, J.G., Allen, P.M. & Bernhardt, G., 1993. A comprehensive surface-groundwater flow model. *J. Hydrol.* 142, 47.
- Aubert, G. & Kovda, V.A., 1973. Soils in relation to salinity, irrigation and drainage. In: V.A. Kovda (ed.). Irrigation/drainage and salinity. FAO/UNESCO. p. 55-79. The Camelot press Ltd. London. UK.
- Ayars, J.E. & Meek, D.W., 1994. Drainage load-flow relationships in arid irrigated areas. *Am. Soc. Agric. Eng.* 37(2), 431-437.
- Ayers, R.S. & Westcott, D.W., 1989. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No 29, Rev. 1. FAO, Rome.
- Bernstein, L., Ehlig, C.F. & Clark, R.A., 1969. Effect of grape rootstocks on chloride accumulation in leaves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 94, 584-590.
- Bester, J.A., 1966. Gronde van die Piketberg-Potervillegebied. M.Sc.Agric. tesis, Universiteit van Stellenbosch. Stellenbosch. R.S.A.
- Beuster, J., Görgens, A.H.M. & Greyling, A.J., 1990. Breede River System: Development of a daily hydrosalinity model (DISA). Ninham Shand Inc. NSI Report 1674/4747, DWA Report H/000/00/0790.
- Bowman, R.S. & Nakayama, F.S., 1986. Salt distribution. In: F.S. Nakayama & D.A. Bucks (eds.). Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management. Developments in Agricultural Engineering 9. Chapter 2. p. 117-141. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Bresler, E., 1981. Transport of salts in soils and subsoils. *Agric. Water Management* 4, 35-62.
- Bresler, E., McNeal, B.L. & Carter, D.L., 1982. Saline and sodic soils. Springer-Verlag. Berlin. Germany.

- Chang, A.C., 1985. Designing subsurface drainage systems for irrigated cropland to minimize salinity effects. p. 112-117. Soil and plant interactions with salinity. Special Publication 3315, Agricultural Experiment station, University of California.
- De Clercq, W.P., Fey, M.V., Moolman, J.H., Wessels, W.P.J., Eigenhuis, B. & Hoffman, J.E., 2001. Experimental irrigation of vineyards with saline water. WRC Report 522: 695/1/01.
- Department of Water Affairs., 1986. Management of the water resources of the Republic of South Africa. Department of Water Affairs, Pretoria. R.S.A.
- De Smet, G., 2001. Kartering van bodemverzilting in een geïrrigeerde wijngaard in Zuid-Afrika. Scriptie tot Bio-ingenieur, Land- en Bosbeheer, Universiteit Gent. België.
- Du Plessis, H.M. & Ellis, F., 1984. The effects of farming activities in the Upper Berg River on water quality lower down. Department of Agriculture. Soil and Irrigation Research Institute. SIRI Report No. 1036/7/83. Pretoria.
- Du Toit, S.F., 1995. Tyd- en ruimtelike veranderinge in die grondchemiese samestelling van 'n wingerd wat met soutryke water besproei word. M.Sc.Agric. tesis, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch. R.S.A.
- Ellis, F., 2002. Contribution of termites to the formation of hardpans in soils of arid and semi-arid regions of South Africa. Paper delivered at the 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand, August 2002.
- Ellis, F., de Clercq, W.P. & Engelbrecht, H.N., 2001. Soils associated with microrelief features ("heuweltjies") occurring on an ancient land surface in the lower Berg River Valley. Paper delivered at the Soil Sci. Soc. South Africa Congress. Pretoria.
- Flügel, W.-A., 1986. Dryland salinity research in the Western Cape Province. Hydrological Sciences Symposium, 6-9 September 1987, Grahamstown. Volume 1: 113-131.
- Flügel, W.-A., 1991. River salination due to dryland agriculture in the Western Cape Province, Republic of South Africa. Proceedings of the Vienna Symposium, August 1991. IAHS publ. no.203 p. 191-200.
- Flügel, W.-A., 1993. River salination due to non-point contribution of irrigation return flow in the Breede river, Western Cape Province, South Africa. *Wat. Sci. Tech.* 28: 193-197.
- Fourie, J.M., 1976. Mineralization of Western Cape rivers: An investigation into deteriorating water quality related to drainage from cultivated lands along selected catchments, with special reference to the Great Berg River. Ph.D.Agric thesis, University of Stellenbosch, Stellenbosch. R.S.A.
- Fourie, J.M. & Steer, A.G., 1971. A survey of water quality of the Great Berg River (1963-1970). National Institute for Water Research report. 80p. Provincial Administration of the Cape of Good Hope. Cape Town.
- Görgens, A.H.M., 1985. Report on a situation study of irrigation return flow quantity and quality in river basins with extensive irrigation development in South Africa. Ninham Shand Inc. NSI Report 943/4061.
- Görgens, A.H.M., Jonker, V. & Beuster, H., 2000. The DISA hydrosalinity model. WRC Report No: 369/1/01

- Görgens, A.H.M. & de Clercq, W.P., 2002. Water quality information systems for integrated water resource management: The Riviersonderend-Berg River system. WRC Report. Handed in for publication 11/2002.
- Grondklassifikasie Werksgroep., 1991. Grondklassifikasie – 'n Taksonomiese sisteem vir Suid-Afrika. Navorsingsinstituut vir Grond en Besproeiing, Departement van Landbou-ontwikkeling, Pretoria.
- Grossmann, J. & Udluft, P., 1991. The extraction of soil water by the suction-cup method: A review. *J. Soil Sci.* 42, 83-93.
- Hillel, D., 1980. Fundamentals of soil physics. Academic press, New York, USA.
- Hoffman, G.J., Catlin, P.B., Mead, R.M., Johnson, R.S., Francois, L.E. & Goldhamer, D., 1989. Yield and foliar injury responses of mature plum trees to salinity. *Irrig. Sci.* 10, 215-229.
- James, D.W., Hanks, R.J. & Jurinak, J.J., 1982. Modern irrigated soils. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Jonker, V., 1995. Improvements to the DISA hydrosalinity model and its application to the Vaalharts Irrigation Scheme, M.Sc.Eng. thesis, University of Stellenbosch.
- Keren, R., 2000. Salinity. In: M. E. Sumner (ed.). Handbook of Soil Science. p. G3-G25.
- Kishore, D.K., Pandey, R.M. & Singh, R., 1985. Effect of salt stress on growth characteristics of Perlette grapevines. *Prog. Hort.* 17, 289-297.
- Klute, A., 1986. Methods of soil analysis, Part 1: Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- Koumanov, K.S., Hopmans, J.W., Schwankl, L.J., Andreu, L. & Tuli, A., 1997. Application efficiency of micro-sprinkler irrigation of almond trees. *Agric. Water Man.* 34, 247-263.
- Knight, F.H., 1991. Die beweging en bestuur van water in klipryke besproeiingsgronde. M.Sc.Agric. tesis, Universiteit van Stellenbosch.
- Levy, G.J., 2000. Sodicity. In: M. E. Sumner (ed.). Handbook of Soil Science. p. G27-G51.
- Maas, E.V., 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agric. Res.* 1(1), 20-21.
- Maas, E.V., 1990. Crop salt tolerance. In: K.K. Tanji (ed.). Agricultural salinity assessment and management. ASCE report 71, 262-304.
- Maas, E.V. & Hoffman, G.J., 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig. Drain Div.* ASCE 103, 115-134.
- Maraux, F., Lafolie, F. & Bruckler, L., 1998. Comparison between mechanistic and functional models for estimating soil water balance: Deterministic and stochastic approaches. *Agric. Water. Man.* 38, 1-20.

- Meiri, A., 1984. Plant response to salinity: Experimental methodology and application to the field. In: I. Shainberg, and J. Shalhevet (eds.). Soil salinity under irrigation: Processes and management. Ecological studies, 51, 284-297. Springer-Verlag, Berlin.
- Merryweather, F.R., 1965. The soils of the Wellington-Malmesbury area. M.Sc.Agric. thesis, University of Stellenbosch. Stellenbosch. South Africa.
- Montas, H.J., Eigel, J.D., Engel, B.A. & Haghghi, K., 1997. Deterministic modelling of solute transport in soils with preferential flow pathways – Part 1. Model development. *Am. Soc. Agric. Eng.* 40(5), 1245-1256.
- Moolman, J.H., 1982. The implementation of a deterministic conceptual computer model to characterise the relationship between irrigation return flow and the process of river mineralization. Ph.D. Agric. thesis, University of Stellenbosch.
- Moolman, J.H., 1983. The effect of irrigation practices in the Breede River valley on the salt content of a small river. *Irr. Sci.* 4, 103-116.
- Moolman, J.H., 1985. The effect of a change in irrigation water quality on the salt load of the deep percolate of a saline sodic soil – A computer simulation study. *Irrig. Sci.* 6, 19-28.
- Moolman, J.H., 1989. Effect of spatial variability on the estimation of the soluble salt content in a drip-irrigated saline loam soil. *Agr. Water Man.* 15, 361-376.
- Moolman, J.H., de Clercq, W.P., Wessels, W.P.J., Meiri, A. & Moolman, C.G., 1999. The use of saline water for irrigation of grapevines and the development of crop salt tolerance indices. WRC Report No: 303/1/99.
- Oster, J.D. & Rhoades, J.D., 1975. Calculated drainage water compositions and salt burdens resulting from irrigation with waters in the Western United States. *J. Environ. Qual.* 4, 73-79.
- Prior, L.D., Grieve, A.M. & Cullis, B.R., 1992a. Sodium chloride and soil texture interactions in irrigated field grown sultana grapevines. I. Yield and fruit quality. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 1051-1066.
- Prior, L.D., Grieve, A.M. & Cullis, B.R., 1992b. Sodium chloride and soil texture interactions in irrigated field grown sultana grapevines. II. Plant mineral content, growth and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 1067-1083.
- Prior, L.D., Grieve, A.M. & Cullis, B.R., 1992c. Sodium chloride and soil texture interactions in irrigated field grown sultana grapevines. III. Soil and root-system effects. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 1085-1100.
- Rawls, W.J., Gimenez, D. & Grossman, R., 1998. Use of soil texture, bulk density, and slope of the water retention curve to predict saturated hydraulic conductivity. *Am. Soc. Agric. Eng.* 41(4), 983-988.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agricultural Handbook No. 60, USDA, Washington, DC.

- Rhoades, J.D., 1974. Drainage for salinity control. In: J. Van Schilfgaarde (ed.), Drainage for Agriculture. Publication 17, Agronomy Monographs, Am. So. Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Roa, N.H., 1998. Grouping water storage properties of Indian soils for soil water balance model applications. *Agric. Water Man.* 36, 99-109.
- Rowell, D.L., 1994. Soil science: Methods and applications. Chapter 14. Salinity and sodicity p. 277-302. Longman Group. UK.
- Russo, D., 1983. Leaching characteristics of a stony desert soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 431-438.
- Russo, D. & Dagan, G., 1993. Water flow and solute transport in soils. Springer-Verlag. Berlin. Germany.
- SA Waterbulletin., 2001. A look at changes in the salinity of South Africa's water resources. SA Waterbulletin, July/August 2001. p. 17-19. From: The economic cost effects of salinity-Integrated Report – Volume 1 (WRC report TT 123/00).
- Schulze, R.E., 1984. Hydrological models for application to small rural catchments in Southern Africa: Refinements and development. Water Research Commission, Report 63/2/84.
- Shaffer, M.J., Ribbens, R.W. & Huntley, C.W., 1977. Prediction of mineral quality of irrigation return flow. Volume V: Detailed return flow salinity and nutrient simulation model. EPA Technology series No. 600/2-77-179e, Washington, USA.
- Shainberg, I. & Oster, J.D., 1978. Quality of irrigation water. International Irrigation Information Center. Publication No. 2. Bet Dagan, Israel.
- Shainberg, I., Rhoades, J.D. & Prather, R.J., 1981. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soil. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 45, 273-277.
- Shalhevet, J., 1994. Using water of marginal quality for crop production: Major issues. *Agric. Water Man.* 25, 233-269.
- Spruill, C.A., Workman, S.R. & Taraba, J.L., 2000. Simulation of daily and monthly stream discharge from small watersheds using the SWAT model. *Am. Soc. Agric. Eng.* 43(6), 1431-1439.
- Stofberg, J.A., Verster, E. & Ferreira, S.G., 1977. Die besproeiingspotensiaal van die Bo-Bergriviervallei (Franschoek tot Riebeeck-Wes). Navorsingsinstituut vir Grond en Besproeiing. Departement van Landbou-tegniese dienste. Pretoria, Verslag nr.860/28/77.
- Stofberg, J.A. & Ferreira, S.G., 1978. Die besproeiingspotensiaal van die Paardeberguitbreiding van die Bo-Bergriviervallei. Navorsingsinstituut vir Grond en Besproeiing. Departement van Landbou-tegniese dienste. Pretoria, Verslag nr. 874/29/78.
- Tanji, K.K., 1990. Agricultural salinity assessment and management. American Society of Civil Engineers. Report 71. New York, USA.
- Van Scilfgaarde, J., 1990. Irrigated agriculture: is it sustainable? In: K.K. Tanji (ed.). Agricultural salinity assessment and management. ASCE report 71. p. 584-594.

Van Scilfgaarde, J., 1994. Irrigation – a blessing or a curse? *Agric. Water Man.* 25, 203-219.

Verklarende Woordeboek vir Grondkunde, 1995. H.v.H. van der Watt & T.H. van Rooyen (red.).
Die grondkundevereniging van Suid-Afrika, Pretoria.

Warrick, A.W., 1986. Soil water distribution. In: F.S. Nakayama & D.A. Bucks (ed.). Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management. *Developments in Agricultural Engineering* 9. Chapter 2. p. 93-116. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

Bylaag 1.1 Deeltjiegrootte-ontleding (2,3 en 4) van de bodem van de provincie van Antwerpen en de provincie van Drenthe

Grondsoort (Lokettype)	No. en Diepte	Sand%	Klei%	Silt%	Falk	G-silt	Tekstuurklasse	G-sand	M-sand	F-sand	Sand graadkies
Gleuwa (Boudoir)	0-15	76,6	1,6	21,8	6,5	4,6		18,6	18,6	2,9	
	15-30	69,4	6,8	23,8	6,8	10,1		18,0	18,0	11,0	
	GEMID-15	68,0	6,0	23,5	5,0	16,3	Sandsteen	17,0	15,2	14,6	G-sand
	15-30	75,1	3,5	21,4	4,4	13,1		17,6	17,0	2,6	
Versteensand A en B	0-15	76,8	1,2	21,5	6,2	12,8		17,0	17,0	2,7	
	15-30	71,0	0,0	23,0	11,0	15,3	Sandsteen	17,6	15,4	15,3	M-sand
	0-15	71,0	1,1	24,0	10,6	10,4		17,6	17,6	15,0	
	15-30	70,1	1,7	24,1	10,2	10,4		17,6	17,6	15,0	
Gedrukt A en B	0-15	69,4	6,0	21,1	17,1	15,1	Sandsteen	17,0	15,2	15,1	G-sand
	15-30	74,8	4,5	21,1	17,1	15,1		17,0	17,0	15,1	
	0-15	74,0	6,0	21,1	17,1	15,1		17,0	17,0	15,1	
	15-30	75,3	4,5	22,1	17,1	15,1	Sandsteen	17,0	15,0	15,1	G-sand
Drukt (Boudoir)	0-15	66,7	23,0	9,3	1,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	15-30	47,8	18,0	34,2	1,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	GEMID-15	47,0	18,0	34,0	1,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	15-30	47,8	18,0	34,2	1,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
Versteensand C en D	0-15	67,8	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	15-30	64,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	GEMID-15	64,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	15-30	64,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
Versteensand E en F	0-15	65,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	15-30	65,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	GEMID-15	65,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	15-30	65,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
Versteensand G en H	0-15	65,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	15-30	65,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	GEMID-15	65,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	
	15-30	65,0	1,0	29,2	2,0	1,0		10,0	10,0	1,0	

Bylaag 1

Deeltjiegrootte-ontledings

Bylaag 1.1 Deeltjiegrootte-ontleding (< 2 mm fraksie) van profielgate wat persele A en B; C en D verteenwoordig.

Grondvorm (Lokaliteit)	No. en Diepte	Sand%	Klei%	Slik%	F-slik	G-slik	Tekstuurklas	G-sand	M-sand	F-sand	Sand graad klas
Glenrosa (Broodkraal)	B1-15	70.59	6.04	23.36	9.26	14.10		49.64	18.15	32.20	
	B2-15	69.34	6.75	23.91	9.98	13.93		44.40	18.90	36.70	
Verteenwoordig: A en B	GEMID-15	69.97	6.40	23.64	9.62	14.02	Sandleem	47.02	18.52	34.45	G-sand
	B1-30	71.11	6.02	22.87	9.54	13.33		51.61	17.51	30.89	
	B2-30	70.95	5.22	23.83	10.65	13.18		52.19	17.98	29.83	
	GEMID-30	71.03	5.62	23.35	10.09	13.25	Sandleem	51.90	17.74	30.36	G-sand
	B1-60	69.57	6.33	24.10	10.95	13.14		52.04	17.98	29.97	
	B2-60	70.11	5.73	24.16	12.66	11.50		50.56	18.85	30.60	
	GEMID-60	69.84	6.03	24.13	11.81	12.32	Sandleem	51.30	18.42	30.29	G-sand
	B1-90	73.55	4.52	21.93	10.74	11.19		54.83	18.22	26.95	
	B2-90	73.10	4.60	22.30	11.40	10.90		55.27	18.67	26.06	
	GEMID-90	73.33	4.56	22.12	11.07	11.05	Sandleem	55.05	18.45	26.51	G-sand
Glenrosa (Broodkraal)	D1-15	48.17	22.45	29.38	17.33	12.05		40.50	14.78	44.71	
	D2-15	47.66	26.95	25.39	11.16	14.23		41.61	15.70	42.69	
Verteenwoordig: C en D	GEMID-15	47.92	24.70	27.38	14.24	13.14	Sandkleileem	41.06	15.24	43.70	G-sand
	D1-30	46.79	27.06	26.14	12.50	13.64		42.15	16.03	41.82	
	D2-30	44.96	29.58	25.46	12.72	12.74		39.65	16.14	44.21	
	GEMID-30	45.88	28.32	25.80	12.61	13.19	Sandkleileem	40.90	16.08	43.02	G-sand
	D1-60	50.84	26.31	22.85	11.98	10.87		48.25	17.29	34.46	
	D2-60	47.73	27.11	25.15	12.97	12.19		49.68	17.51	32.80	
	GEMID-60	49.29	26.71	24.00	12.47	11.53	Sandkleileem	48.97	17.40	33.63	G-sand
	D1-90	53.28	21.84	24.88	12.44	12.45		50.39	17.64	31.97	
	D2-90	56.27	20.62	23.11	12.17	10.94		50.97	16.62	32.41	
	GEMID-90	54.78	21.23	24.00	12.30	11.69	Sandkleileem	50.68	17.13	32.19	G-sand
	D1-120	56.47	15.06	28.47	15.06	13.41		52.52	16.51	30.98	
	D2-120	56.27	12.64	31.09	13.93	17.16		57.29	17.52	25.19	
	GEMID-120	56.37	13.85	29.78	14.49	15.28	Sandleem	54.91	17.01	28.08	G-sand

G-sand = Growwe sand

F-slik = Fyn slijk

G-slik = Growwe slijk

M-sand = Medium sand

F-sand = Fyn sand

Bylaag 1.2 Deeltjiegrootte-ontleding (< 2 mm fraksie) van profielgate wat persele F; J; Q en T verteenwoordig.

Grondvorm	No. en Diepte	Sand%	Klei%	Slik%	F-slik	G-slik	Tekstuurklas	G-sand	M-sand	F-sand	Sand gr.
Glenrosa	F1-15	56.69	8.11	35.20	15.813	19.386		45.55	17.11	37.34	
(Broodkraal)	F2-15	58.61	8.49	32.91	14.179	18.727		46.86	16.23	36.90	
Verteenwoordig:	GEMID-15	57.65	8.30	34.05	15.00	19.06	Sandleem	46.21	16.67	37.12	G-sand
F	F1-30	57.84	9.71	32.44	15.066	17.378		46.63	16.99	36.38	
	F2-30	57.10	8.32	34.58	15.549	19.03		46.41	16.60	37.00	
Verteenwoordig:	GEMID-30	57.47	9.02	33.51	15.31	18.20	Sandleem	46.52	16.79	36.69	G-sand
	F1-60	58.81	9.10	32.09	15.436	16.651		50.35	16.92	32.73	
	F2-60	58.51	9.49	32.00	14.821	17.183		51.82	16.29	31.89	
Verteenwoordig:	GEMID-60	58.66	9.29	32.05	15.13	16.92	Sandleem	51.09	16.60	32.31	G-sand
	F1-90	63.48	7.74	28.77	14.293	14.481		54.42	16.73	28.85	
	F2-90	62.29	7.96	29.75	13.765	15.982		55.29	16.41	28.30	
Verteenwoordig:	GEMID-90	62.89	7.85	29.26	14.03	15.23	Sandleem	54.86	16.57	28.57	G-sand
Glenrosa	J1-15	66.80	7.02	26.18	14.23	11.95		49.57	18.20	32.23	
(Broodkraal)	J2-15	63.52	6.35	30.13	14.13	16.01		49.35	18.46	32.19	
Verteenwoordig:	GEMID-15	65.16	6.68	28.16	14.18	13.98	Sandleem	49.46	18.33	32.21	G-sand
J	J1-30	68.10	8.09	23.81	14.00	9.81		49.56	19.10	31.34	
	J2-30	65.45	6.41	28.14	14.60	13.54		49.35	18.27	32.38	
Verteenwoordig:	GEMID-30	66.78	7.25	25.98	14.30	11.67	Sandleem	49.45	18.69	31.86	G-sand
	J1-60	66.34	6.24	27.41	15.36	12.05		50.13	18.95	30.92	
	J2-60	66.33	6.48	27.19	15.39	11.80		51.15	19.55	29.30	
Verteenwoordig:	GEMID-60	66.33	6.36	27.30	15.38	11.93	Sandleem	50.64	19.25	30.11	G-sand
Glenrosa	Q1-15	54.28	15.44	30.29	12.52	17.76		31.90	18.70	49.40	
(Rooihoogte)	Q2-15	54.06	16.45	29.49	12.73	16.75		29.23	18.52	52.25	
Verteenwoordig:	GEMID-15	54.17	15.94	29.89	12.63	17.26	Sandleem	30.57	18.61	50.82	G-sand
Q en T	Q1-30	41.30	28.16	30.54	14.32	16.22		30.10	17.17	52.73	
	Q2-30	40.28	29.36	30.36	13.20	17.16		33.77	16.83	49.40	
Verteenwoordig:	GEMID-30	40.79	28.76	30.45	13.76	16.69	Kleileem	31.94	17.00	51.06	G-sand
	Q1-60	38.73	34.58	26.69	12.14	14.55		31.88	17.10	51.01	
	Q2-60	40.84	32.65	26.51	13.10	13.41		32.57	16.64	50.79	
Verteenwoordig:	GEMID-60	39.79	33.61	26.60	12.62	13.98	Kleileem	32.23	16.87	50.90	G-sand
	Q1-90	34.71	40.57	24.73	13.71	11.01		29.83	20.79	49.38	
	Q2-90	37.80	37.72	24.48	13.62	10.86		30.50	21.46	48.05	
Verteenwoordig:	GEMID-90	36.25	39.14	24.60	13.67	10.94	Kleileem	30.16	21.12	48.71	G-sand

Bylaag 1.3 Deeltjiegrootte-ontleding (< 2 mm fraksie) van profielgate wat persele G en H; I verteenwoordig.

Grondvorm (Lokalisiteit)	No. en Diepte	Sand%	Klei%	Slik%	F-slik	G-slik	Tekstuurklas	G-sand	M-sand	F-sand	Sand graad klas
Oakleaf (Broodkraal)	H1-15	36.94	41.62	21.45	9.34	12.10		30.43	20.21	49.36	
	H2-15	36.67	44.54	18.78	8.63	10.15		33.51	19.36	47.12	
Verteenwoordig: G en H	GEMID-15	36.81	43.08	20.11	8.99	11.13	Klei	31.97	19.79	48.24	G-sand
	H1-30	34.18	46.32	19.50	8.69	10.82		31.12	20.90	47.98	
	H2-30	35.42	45.11	19.47	9.51	9.97		29.36	19.47	51.16	
	GEMID-30	34.80	45.71	19.49	9.10	10.39	Klei	30.24	20.18	49.57	G-sand
	H1-60	29.72	53.43	16.85	9.41	7.44		34.67	21.09	44.24	
	H2-60	28.77	52.24	18.99	10.92	8.07		34.11	21.14	44.75	
	GEMID-60	29.24	52.83	17.92	10.16	7.76	Klei	34.39	21.11	44.50	G-sand
	H1-90	35.78	40.16	24.05	15.53	8.52		42.23	21.38	36.39	
	H2-90	32.43	47.52	20.06	12.37	7.68		39.64	21.91	38.45	
	GEMID-90	34.11	43.84	22.06	13.95	8.10	Klei	40.94	21.65	37.42	G-sand
Oakleaf (Broodkraal)	H1-120	51.36	19.83	28.82	20.41	8.41		39.65	26.82	33.53	
	H2-120	52.94	16.71	30.36	20.88	9.47		41.06	25.26	33.68	
	GEMID-120	52.15	18.27	29.59	20.64	8.94	Sandleem	40.35	26.04	33.60	G-sand
	I1-15	62.23	16.08	21.70	6.85	14.85		37.77	12.63	49.60	
	I2-15	62.23	15.11	22.66	6.81	15.85		36.77	12.86	50.37	
	GEMID-15	62.23	15.59	22.18	6.83	15.35	Sandleem	37.27	12.74	49.99	G-sand
	I1-30	58.22	19.51	22.27	6.60	15.67		39.22	12.73	48.05	
	I2-30	59.22	21.56	19.22	6.23	12.99		38.02	12.80	49.18	
	GEMID-30	58.72	20.54	20.75	6.42	14.33	Sandkleileem	38.62	12.76	48.62	G-sand
	I1-60	57.63	24.00	18.37	6.71	11.65		39.33	15.74	44.92	
I2-60	56.69	24.94	18.36	6.83	11.53		40.07	15.10	44.83		
GEMID-60	57.16	24.47	18.37	6.77	11.59	Sandkleileem	39.70	15.42	44.88	G-sand	
I1-90	52.08	32.77	15.15	6.71	8.44		47.14	16.12	36.74		
I2-90	53.87	30.32	15.81	7.31	8.50		45.82	17.03	37.15		
GEMID-90	52.98	31.54	15.48	7.01	8.47	Sandkleileem	46.48	16.57	36.95	G-sand	

G-sand = Growwe sand

F-slik = Fyn slijk

G-slik = Growwe slijk

M-sand = Medium sand

F-sand = Fyn sand

Bylaag 1.4 Deeltjiegrootte-ontleding (< 2 mm fraksie) van profielgate wat persele N,P en S; K verteenwoordig.

Grondvorm	No. en Diepte	Sand%	Klei%	Slik%	F-slik	G-slik	Tekstuurklas	G-sand	M-sand	F-sand	Sand gr.
Hutton (Rooihoogte)	P1-15	61.76	8.96	29.28	10.88	18.40		34.73	16.35	48.92	
	P2-15	61.67	8.99	29.34	11.21	18.13		33.99	16.63	49.39	
Verteenwoordig:	GEMID-15	61.71	8.98	29.31	11.04	18.27	Sandleem	34.36	16.49	49.15	G-sand
	P1-30	57.34	15.00	27.66	11.07	16.59		36.30	16.64	47.06	
N, P en S	P2-30	56.20	14.52	29.28	11.79	17.49		35.34	17.22	47.44	
	GEMID-30	56.77	14.76	28.47	11.43	17.04	Sandleem	35.82	16.93	47.25	G-sand
	P1-60	42.82	33.59	23.59	10.35	13.24		38.21	17.42	44.37	
	P2-60	41.86	34.65	23.50	10.97	12.52		42.05	17.35	40.59	
Verteenwoordig:	GEMID-60	42.34	34.12	23.54	10.66	12.88	Kleileem	40.13	17.39	42.48	G-sand
	P1-90	12.64	75.10	12.26	5.31	6.95		38.59	15.35	46.06	
K	P2-90	12.84	76.37	10.79	6.15	4.64		39.92	14.97	45.11	
	GEMID-90	12.74	75.73	11.52	5.73	5.79	Klei	39.25	15.16	45.59	G-sand
Klapmuts (Broodkraal)	K1-15	22.86	54.22	22.92	13.15	9.77		32.84	13.17	53.99	
	K2-15	22.59	54.05	23.36	14.74	8.62		33.65	13.70	52.64	
Verteenwoordig:	GEMID-15	22.73	54.13	23.14	13.94	9.20	Klei	33.25	13.44	53.32	G-sand
	K1-30	14.77	62.80	22.43	9.29	13.14		34.82	14.83	50.35	
K	K2-30	16.21	64.16	19.63	13.36	6.27		35.43	14.23	50.33	
	GEMID-30	15.49	63.48	21.03	11.33	9.70	Klei	35.13	14.53	50.34	G-sand
	K1-60	/	/	/	/	/		/	/	/	
	K2-60	23.09	52.17	24.74	13.70	11.04		39.92	17.51	42.58	
Verteenwoordig:	GEMID-60	23.09	52.17	24.74	13.70	11.04	Klei	39.92	17.51	42.58	G-sand
	K1-90	40.83	29.79	29.38	5.10	24.28		39.28	20.21	40.51	
K	K2-90	41.07	-	-	-	-		31.99	20.67	47.34	
	GEMID-90	40.95	29.79	29.38	5.10	24.28	Kleileem	35.63	20.44	43.93	G-sand
	K1-120	51.90	15.78	32.32	29.41	2.91		31.42	22.15	46.43	
	K2-120	51.17	15.34	33.49	18.72	14.77		28.28	20.89	50.83	
Verteenwoordig:	GEMID-120	51.53	15.56	32.91	24.06	8.84	Sandleem-leem	29.85	21.52	48.63	G-sand

G-sand = Growwe sand

F-slik = Fyn silik

G-slik = Growwe silik

M-sand = Medium sand

F-sand = Fyn sand

Bylaag 1.5 Deeltjiegrootte-ontleding van profielgate wat persele M, O en R verteenwoordig.

Grondvorm (Lokalisiteit)	No. en Diepte	Sand%	Klei%	Slik%	F-slik	G-slik	Tekstuurklas	G-sand	M-sand	F-sand	Sand graad klas
Swartland (Rooihoogte)	M1-15	45.75	25.21	29.04	13.15	15.89		28.36	19.84	51.80	
	M2-15	45.77	24.23	30.00	14.52	15.48		27.88	20.35	51.77	
Verteenwoordig: M, O en R	GEMID-15	45.76	24.72	29.52	13.83	15.68	Leem	28.12	20.09	51.79	G-sand
	M1-30	43.78	26.57	29.65	14.62	15.03		30.63	20.40	48.96	
	M2-30	43.82	26.57	29.61	15.49	14.12		32.00	20.26	47.74	
	GEMID-30	43.80	26.57	29.63	15.05	14.57	Leem	31.32	20.33	48.35	G-sand
	M1-60	46.58	23.58	29.84	16.01	13.84		37.40	19.57	43.02	
	M2-60	47.09	23.48	29.43	15.62	13.81		36.44	20.23	43.33	
	GEMID-60	46.83	23.53	29.64	15.82	13.82	Leem	36.92	19.90	43.18	G-sand
	M1-90	52.38	21.94	24.42	17.83	6.59		40.66	21.46	37.88	
	M2-90	49.37	21.48	25.45	17.59	7.86		40.70	22.29	37.01	
	GEMID-90	50.87	21.71	24.93	17.71	7.22	Sandkleileem	40.68	21.88	37.45	G-sand
	M1-120	53.64	17.36	33.28	18.35	14.93		40.06	23.82	36.12	
	M2-120	53.07	18.53	28.40	18.53	9.87		41.23	23.76	35.01	
	GEMID-120	53.36	17.94	30.84	18.44	12.40	Sandleem	40.65	23.79	35.56	G-sand

G-sand = Growwe sand

F-slik = Fyn sikk

G-sikk = Growwe sikk

M-sand = Medium sand

F-sand = Fyn sand

Rijtuig 2.1. Chemische ontledings van alle genen die genen bij Eindhoven en Groningen in 1990-2010 gemiddeld

Proefpunt	Diepte (m)	Nij (%)	Versuurt (%)	EO (mg/l)	pH	Versuurdheidsindex (VSI)				Versuurdheidsindex (VSI)			
						Ca	Na	Mg	K	Ca	Na	Mg	K
G-A	15	47,5	23,7	372,0	5,8	380,1	340,1	100,5	54,4	4,3	554,1	154,8	130,6
A	55	45,5	25,8	563,3	5,9	275,3	448,6	126,2	97,2	4,3	382,8	152,7	127,0
A	60	42,8	23,1	251,5	6,0	46,8	343,9	83,4	0,5	7,5	168,1	89,7	455,0
A	80	39,2	25,7	162,3	5,2	26,1	256,9	25,3	8,3	1,1	370,3	42,5	374,3
A	120	37,5	29,4	124,5	5,1	13,5	98,0	17,5	4,1	3,5	751,8	34,2	462,8
G-B	15	45,0	23,5	316,4	6,5	257,1	322,0	75,8	12,9	4,8	644,0	56,8	753,1
B	30	40,5	28,4	307,5	4,0	143,5	404,0	14,5	13,4	0,4	644,0	56,8	475,0
B	30	35,9	27,9	193,2	4,1	20,7	370,1	40,8	9,8	0,7	468,1	22,5	475,0
B	60	38,2	26,1	148,7	4,2	7,5	25,1	25,1	6	0,4	286,7	18,1	396,5
G-C	15	41,4	31,6	301,1	6,0	250	32,5	12,5	16,3	4,3	701,7	23,0	1122,5
C	30	41,0	35,2	207,1	6,1	227	41,8	41,8	17,1	3,1	329,4	24,0	1595,7
C	60	35,4	41,8	258,2	6,2	137	137	82,0	4,8	1	222,8	1,5	113,4
C	90	32,7	44,5	358,4	7,3	6,2	50,7	0,0	0,0	1,4	9	1	232,3
C	120	26,7	41,3	179,3	6,7	2,1	34,5	7,4	2,4	1,1	74	1	124,3
G-D	15	40,4	33,8	113,8	4,2	49	27,3	27,3	17,7	1	375	1	375
D	30	40,8	35,7	174,3	3,7	18	23,1	17,8	1,8	1	1	1	177,1
D	60	41,0	38,8	148,8	3,7	2,1	15,4	1,8	1,8	1	1	1	177,1
D	90	37,1	26,5	198,7	3,8	2,1	12,2	10,7	10,7	1	1	1	177,1
D	120	34,8	24,5	222,5	4,7	3,1	12,8	12,8	12,8	1	1	1	177,1
G-E	15	47,1	30,2	302,5	6,3	229	45,7	45,7	25,8	1	375	1	375
E	70	46,0	28,3	225,1	6,3	2,1	2,1	2,1	2,1	1	1	1	177,1
F	60	44,0	37,4	174,8	6,3	2,1	2,1	2,1	2,1	1	1	1	177,1
F	90	39,9	34,1	121,1	6,3	2,1	2,1	2,1	2,1	1	1	1	177,1
L	120	37,9	34,7	121,1	6,3	2,1	2,1	2,1	2,1	1	1	1	177,1

Bylaag 2

Chemiese ontledings

Bylaag 2.1 Chemiese ontledings van alle persele by Broodkraal op grondmonsters in Maart 2000 geneem.

Grondvorm- Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katione				Versadigingskstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)
Gs-A	15	47.5	28.7	372.0	6.5	360.1	349.1	106.5	14.4	4.5	799.1	154.8	1326.9
A	30	46.3	28.6	394.3	5.9	275.0	449.8	126.2	10.2	6.3	947.5	103.1	1277.0
A	60	42.5	28.1	251.5	5.5	60.6	342.9	63.4	8.8	7.5	558.1	69.7	450.0
A	90	39.0	29.7	166.3	5.2	20.1	275.6	23.7	5.6	9.9	270.1	42.5	376.3
A	120	37.2	27.8	124.9	5.1	13.5	199.6	17.5	4.1	8.5			
Gs-B	15	45.0	29.3	318.4	6.5	257.1	368.6	71.6	12.9	4.8	742.8	52.2	809.8
B	30	40.5	28.4	302.5	4.9	140.3	404.0	74.6	12.9	6.4	894.0	38.8	783.1
B	60	38.9	27.9	185.3	4.4	50.7	276.9	40.6	9.8	6.8	452.1	22.2	405.9
B	90	38.2	28.1	145.7	4.8	25.7	224.2	25.9	9.1	6.9	295.7	19.1	294.5
Gs-C	15	41.4	34.6	301.1	6.8	290.9	295.5	52.5	26.6	4.3	781.7	65.0	1056.9
C	30	40.6	36.7	357.1	6.1	327.1	364.8	91.6	11.1	5.1	920.3	28.3	1085.7
C	60	35.4	41.9	299.8	6.3	137.4	381.3	85.0	8.6	7.1	602.8	11.5	713.9
C	90	32.7	44.9	258.4	7.3	62.3	409.1	50.3	9.5	10.5	384.4	9.0	695.9
C	120	35.7	41.3	175.1	7.7	27.4	303.4	21.6	7.4	11.9	358.0	16.0	504.8
Gs-D	15	46.4	33.8	118.8	6.2	49.7	138.4	22.5	16.2	4.1	354.9	17.0	273.7
D	30	45.0	36.7	154.3	5.7	45.4	202.7	23.6	7.1	6.1	336.6	4.4	187.0
D	60	41.8	38.9	148.6	6.1	35.0	188.6	35.8	7.6	5.3	214.1	16.1	439.9
D	90	37.4	39.5	198.7	6.4	39.9	229.0	53.9	10.2	5.6	373.6	9.1	334.3
D	120	46.6	34.8	200.5	6.8	33.3	277.3	57.9	18.3	7.0	518.2	17.1	198.4
Gs-E	15	47.1	30.1	392.0	6.8	426.3	265.7	70.9	25.6	2.9	656.9	229.3	1663.3
E	30	46.8	28.3	335.7	6.8	260.5	356.4	73.8	13.7	4.8	452.7	100.2	1898.6
E	60	44.8	30.1	314.9	6.8	125.2	466.2	57.1	11.2	9.5	583.6	89.6	1165.1
E	90	39.9	34.1	254.6	7.1	462.5	261.1	87.2	31.1	2.2	467.9	77.3	978.4
E	120	57.9	34.1	208.0	7.3	605.9	180.7	110.0	25.2	1.8	314.5	23.1	554.6

Bylaag 2.1 (vervolg)

Grondvorm- Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katnion						Versadigingskstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)		
Gs-F	15	50.0	32.7	237.7	6.6	219.4	225.3	55.3	13.3	4.1	444.8	24.9	688.8		
F	30	50.4	31.6	282.6	6.4	317.3	269.1	56.9	7.9	4.4	582.7	16.5	971.8		
F	60	48.8	30.3	325.7	6.2	269.9	318.4	126.6	7.5	4.9	711.1	11.0	1523.6		
F	90	48.7	30.7	189.0	6.0	54.9	211.0	59.9	5.6	4.7	449.3	12.2	282.6		
Oa-G	15	41.4	37.4	285.2	5.9	209.2	244.0	89.5	20.5	3.6	308.4	37.3	1255.0		
G	30	39.4	38.9	182.7	6.0	54.2	149.9	31.9	9.3	4.6	177.8	4.4	680.5		
G	60	31.3	43.0	109.6	5.9	15.3	165.2	12.2	5.7	7.6	94.3	7.5	704.8		
G	90	21.6	47.0	93.4	6.1	11.9	154.7	32.9	5.9	6.2	99.1	13.3	542.4		
G	120	25.1	41.1	106.7	5.2	153.7	429.1	59.1	18.4	8.3	72.4	11.6	755.5		
Oa-H	15	37.6	42.0	170.7	6.3	52.7	213.2	30.8	25.5	5.9	365.9	7.9	293.6		
H	30	34.0	44.2	195.3	6.0	61.4	250.2	40.7	5.0	6.2	481.3	7.1	293.8		
H	60	26.4	50.9	127.1	6.2	17.5	185.7	21.0	4.3	7.1	280.3	8.2	226.4		
H	90	20.3	52.9	100.3	6.2	9.5	155.5	10.2	3.4	8.8	166.4	8.9	375.9		
H	120	17.6	50.2	91.3	6.1	5.4	146.5	5.4	3.9	10.5	142.5	12.1	334.9		
Oa-I	15	52.7	26.4	111.0	7.2	67.3	123.4	20.2	23.3	3.4	159.6	37.6	190.8		
I	30	52.4	28.4	114.2	6.0	53.9	131.9	15.2	9.5	4.1	199.4	37.7	287.0		
I	60	49.7	32.4	144.0	5.6	101.0	136.7	16.3	7.5	3.6	359.3	17.0	184.9		
I	90	51.1	38.1	79.5	5.0	39.9	81.5	5.0	9.1	3.2	180.1	13.0	138.8		
Gs-J	15	51.7	36.3	193.4	6.5	206.5	173.6	33.4	10.2	3.1	276.4	9.3	661.0		
J	30	51.4	32.9	125.2	6.1	101.4	125.0	15.4	7.4	3.1	174.0	7.8	736.2		
J	60	53.1	31.3	214.0	7.5	298.7	143.3	60.0	10.3	2.0	194.0				
Km-K	15	37.6	50.7	144.6	7.3	54.0	172.2	28.5	16.0	4.7	220.0	112.4	307.3		
K	30	34.4	55.1	115.1	7.4	28.6	151.7	18.7	11.4	5.4	190.0	25.9	429.6		
K	60	27.7	56.0	111.5	7.6	17.7	160.1	16.9	10.5	6.6	172.5	10.3	406.5		
K	90	25.1	49.7	181.5	7.9	28.5	285.7	28.9	13.5	8.9	329.2	9.5	422.8		
K	120	27.3	43.1	148.3	8.2	15.6	242.1	15.7	11.9	10.6	247.2	2.7	475.5		

Bylaag 2.1 (vervolg)

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katione				Versadigingskstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)
Gs-L	15	30.3	40.4	152.6	6.1	79.5	163.2	29.8	17.1	3.9	176.7	30.7	161.2
L	30	27.2	38.2	166.5	6.2	87.5	189.0	37.0	6.2	4.3	193.0	16.3	552.5
L	60	21.3	41.4	217.9	7.0	80.1	265.5	57.6	7.4	5.6	455.6	1.8	395.6
L	90	24.9	41.2	162.7	7.7	40.4	209.4	39.5	11.3	5.7	309.6	8.7	489.7
L	120	18.5	41.6	153.5	7.8	28.4	218.8	34.0	11.7	6.6	238.2	10.4	440.9

Bylaag 2.2 Chemiese ontledings van alle persele by Rooihoogte op grondmonsters in Maart 2000 geneem.

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingsstrak opgeloste katione						Versadigingsstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)		
Sw-M	15	40.3	32.9	276.6	6.5	146.1	293.2	89.7	16.4	4.8	220.3	607.6	1356.7		
M	30	39.8	33.6	225.2	6.5	62.1	339.0	39.2	5.6	9.9	327.6	145.7	962.4		
M	60	42.7	34.8	235.8	6.9	34.0	421.9	28.9	3.7	14.0	395.3	103.0	1116.0		
M	90	44.0	39.8	152.4	7.0	11.4	295.1	8.7	3.1	16.0	204.0	91.1	318.0		
M	120	41.1	42.9	138.4	7.1	7.9	274.3	5.7	3.6	18.1	116.9	70.0	386.5		
Hu-N	15	37.3	42.0	230.0	5.4	193.1	91.3	92.6	29.7	1.4	154.4	615.7	837.4		
N	30	37.6	47.2	101.2	5.9	43.3	109.1	26.8	2.8	3.4	166.3	87.7	286.3		
N	60	31.8	49.0	101.6	6.1	30.8	132.4	24.6	3.8	4.6	213.4	63.9	473.4		
N	90	24.5	55.4	125.2	6.3	20.1	204.6	17.6	4.4	8.2	162.7	52.9	556.5		
Sw-O	15	38.6	25.6	203.1	5.5	194.6	110.2	68.2	30.5	1.7	160.7	188.5	1509.7		
O	30	46.7	28.5	139.4	5.8	76.6	130.1	35.7	13.0	3.1	274.3	75.5	429.1		
O	60	50.8	35.5	116.7	6.1	42.4	102.7	27.2	4.6	3.0	211.6	25.3	373.8		
O	90	43.2	42.1	173.2	6.0	40.1	236.1	42.2	3.0	6.8	305.6	50.5	656.1		
Hu-P	15	56.5	26.8	91.3	4.7	69.8	44.0	22.2	21.3	1.2	49.5	237.4	114.1		
P	30	58.0	29.3	82.4	5.1	35.2	57.4	12.8	15.6	2.3	109.5	157.5	144.2		
P	60	50.3	42.2	81.8	5.4	27.2	91.6	14.2	8.6	3.7	142.4	67.7	168.1		
P	90	41.4	54.0	94.2	5.5	9.6	148.2	8.4	1.3	8.5	196.7	21.5	180.9		
Gs-Q	15	44.6	29.8	310.3	7.2	446.3	88.5	62.6	48.3	1.0	192.7	578.3	1261.4		
Q	30	48.0	30.5	133.4	7.2	141.0	79.7	26.7	9.9	1.6	177.4	103.8	808.7		
Q	60	46.6	38.1	102.6	7.2	82.7	88.8	23.4	4.4	2.2	127.7	96.8	506.4		
Q	90	43.7	41.6	116.1	7.1	41.4	157.8	25.0	3.3	4.8	152.6	54.8	478.2		

Bylaag 2.2 (vervolg)

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katione					Versadigingskstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV (mg.L ⁻¹)	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)	
Sw-R	15	52.4	29.4	270.7	6.4	345.7	85.2	80.9	61.5	1.1	263.7	176.5	1311.7	
R	30	54.6	26.7	70.5	6.3	50.8	46.7	16.1	9.0	1.4	80.4	24.4	362.3	
R	60	49.9	33.9	92.4	6.3	25.8	81.0	19.6	5.8	2.9	126.0	168.7	742.8	
R	90	42.2	40.6	73.1	6.0	20.7	81.5	20.5	2.4	3.1	123.4	8.5	248.4	
Hu-S	15	33.2	23.8	118.9	6.6	89.7	69.1	25.5	15.3	1.7	187.0	162.7	817.2	
S	30	34.1	28.2	133.6	5.0	21.6	113.7	30.5	11.8	3.7	249.9	188.3	308.6	
S	60	34.0	29.0	86.8	3.8	30.2	93.9	9.9	11.9	3.8	193.4	0.0	170.7	
S	90	38.0	30.8	118.9	4.1	49.6	108.2	20.1	12.8	3.3	145.3	2.8	219.7	
S	120	36.5	31.8	77.9	4.2	24.8	79.6	10.0	7.2	3.4	262.5	71.6	162.9	
Gs-T	15	55.3	33.2	126.0	6.0	165.7	64.8	42.7	20.8	1.2	87.9	176.9	784.8	
T	30	54.0	35.5	68.1	6.3	57.9	79.5	17.5	6.6	3.0	71.2	105.0	174.1	
T	60	34.4	43.9	80.1	6.2	65.4	52.6	23.9	6.8	1.5	76.6	110.6	344.4	
T	90	33.6	50.3	83.2	5.3	24.0	69.0	31.5	1.0	2.2	115.2	110.4	195.2	
T	120	33.0	52.8	112.7	5.4	33.5	92.9	23.6	3.9	3.0	132.9	144.8	461.0	

Bylaag 2.3 Chemiese ontledings van alle persele by Broodkraal op grondmonsters in Oktober 2000 geneem.

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katione					Versadigingskstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)	
Gs-A	15	47.5	28.7	114.2	6.8	84.0	104.2	22.9	7.5	2.7	148.2	141.1	210.0	
A	30	46.3	28.6	156.2	6.1	78.8	170.8	39.5	8.4	4.0	205.0	59.6	481.0	
A	60	42.5	28.1	210.9	5.3	119.7	226.6	67.0	9.8	4.9	387.9	34.8	670.5	
A	90	39.0	29.7	171.2	5.0	85.8	179.1	44.7	9.5	4.2	262.7	102.2	369.8	
A	120	37.2	27.8	142.5	5.0	29.1	189.9	23.6	11.2	6.3	299.6	41.8	219.3	
Gs-B	15	45.0	29.3	428.8		326.8	494.0	100.3	14.7	5.2	1486.5	448.2	677.4	
B	30	40.5	28.4	299.0		150.3	385.2	76.1	8.2	6.2	786.3	145.1	530.0	
B	60	38.9	27.9	303.5		106.8	401.9	83.9	10.9	6.8	868.8	88.7	440.3	
B	90	38.2	28.1	204.7		48.2	278.9	45.3	7.8	6.5	592.9	90.1	246.8	
Gs-C	15	41.4	34.6	310.6		234.7	297.8	92.0	25.0	4.2	750.0	187.2	657.3	
C	30	40.6	36.7	321.4		189.9	364.9	103.6	8.9	5.4	877.7	80.9	673.0	
C	60	35.4	41.9	325.3		109.7	431.2	96.5	7.8	7.4	834.8	161.7	616.8	
C	90	32.7	44.9	248.9		36.4	396.2	40.8	8.4	11.5	554.4	43.4	372.4	
C	120	35.7	41.3	264.6		147.3	366.7	41.1	14.6	11.4	541.2	40.1	673.1	
Gs-D	15	46.4	33.8	125.9	5.9	74.4	91.9	27.6	28.5	2.3	106.2	332.9	153.2	
D	30	45.0	36.7	122.9	5.8	58.6	128.6	21.8	17.3	3.6	146.8	200.9	233.7	
D	60	41.8	38.9	118.9	6.1	33.1	154.4	23.7	6.9	5.0	232.3	38.7	217.7	
D	90	37.4	39.5	186.6	6.5	44.5	234.0	60.8	8.5	5.4	423.2	24.9	386.3	
D	120	46.6	34.8	187.8	6.6	39.1	225.7	63.5	10.5	5.1	472.8	33.6	375.7	
Gs-E	15	47.1	30.1	212.1	7.8	265.1	129.7	39.7	28.7	1.9	185.4	327.0	652.8	
E	30	46.8	28.3	146.1	8.1	165.1	105.0	25.6	10.4	2.1	110.0	112.1	523.3	
E	60	44.8	30.1	224.3	7.7	229.0	218.1	49.8	12.3	3.2	205.4	125.1	986.0	
E	90	39.9	34.1	242.6	7.8	117.6	348.8	52.8	13.2	5.3	353.4	27.5	883.9	
E	120	57.9	34.1	246.0	8.1	109.5	338.4	59.1	14.8	6.5	266.1	62.3	926.4	

Bylaag 2.3 (vervolg)

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingsstrak opgeloste kationen					Versadigingsstrak opgeloste anione				
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)		
Gs-F	15	50.0	32.7	187.5	7.2	136.6	160.6	59.6	10.9	2.9	161.1	463.2	432.3		
F	30	50.4	31.6	138.2	7.0	59.9	172.4	29.6	5.9	4.7	135.4	189.4	324.7		
F	60	48.8	30.3	189.9	6.6	94.2	232.2	43.8	5.2	5.3	301.9	72.2	505.6		
F	90	48.7	30.7	185.6	6.6	85.9	217.2	55.0	4.7	5.7	426.0	0.0	443.6		
Oa-G	15	41.4	37.4	228.5	6.8	359.0	91.4	46.1	25.6	1.3	106.9	171.2	1192.4		
G	30	39.4	38.9	195.3	6.6	197.1	113.6	62.9	12.8	1.8	101.6	58.8	968.3		
G	60	31.3	43.0	153.6	6.6	96.0	127.8	53.7	9.1	2.8	144.9	25.6	636.2		
G	90	21.6	47.0	117.7	6.9	25.0	163.5	27.5	5.2	6.0	108.0	20.4	438.0		
G	120	25.1	41.1	116.3	7.1	13.2	172.0	15.9	4.4	8.1	124.1	22.9	360.4		
Oa-H	15	37.6	42.0	113.9	6.4	32.7	129.0	21.4	15.1	4.3	143.9	328.5	38.2		
H	30	34.0	44.2	74.2	6.6	25.1	103.5	9.4	4.5	4.6	111.9	90.8	69.9		
H	60	26.4	50.9	93.5	6.2	13.5	137.4	12.7	3.7	6.2	180.7	25.0	144.3		
H	90	20.3	52.9	142.3	6.0	14.0	222.8	23.4	4.6	8.4	256.0	180.0	194.0		
H	120	17.6	50.2	144.7	5.9	10.1	232.6	18.1	4.4	10.1	311.3	14.9	226.0		
Oa-I	15	52.7	26.4	216.3	6.6	160.1	120.3	54.0	56.8	2.2	97.1	67.7	72.5		
I	30	52.4	28.4	162.3	6.6	137.0	137.3	25.5	27.2	2.8	63.8	83.2	103.6		
I	60	49.7	32.4	136.4	6.1	96.4	151.9	14.8	11.3	3.8	79.2	72.1	125.8		
I	90	51.1	38.1	131.7	5.9	89.0	144.2	20.4	6.7	3.8	151.9	52.6	276.4		
Gs-J	15	51.7	36.3	204.1	5.7	160.9	192.9	39.9	10.3	3.5	356.7	123.8	501.3		
J	30	51.4	32.9	128.8	5.1	105.9	118.1	11.6	10.1	3.2	156.2	98.6	353.8		
J	60	53.1	31.3	84.4	4.8	87.5	55.7	5.1	5.0	1.6	57.1	32.6	307.4		
Km-K	15	37.6	50.7	115.7	7.4	51.1	122.5	26.0	19.3	3.6	120.5	205.9	140.2		
K	30	34.4	55.1	112.4	7.4	30.1	158.7	18.4	10.9	5.6	188.0	80.9	173.4		
K	60	27.7	56.0	117.5	7.4	18.4	168.1	17.4	10.5	6.8	251.0	30.7	225.4		
K	90	25.1	49.7	207.5	7.6	36.1	330.9	35.9	12.8	9.6	442.7	3.0	415.9		
K	120	27.3	43.1	270.7	8.0	47.4	444.8	54.6	15.2	12.0	633.5	3.7	616.9		

Bylaag 2.3 (vervolg)

Grondvorm- Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katnione				Versadigingskstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)
Gs-L	15	30.3	40.4	150.1	9.5	85.0	145.7	35.1	17.4	3.3	157.1	370.3	165.9
L	30	27.2	38.2	97.7	6.6	42.2	121.4	15.9	8.7	4.0	185.7	124.9	163.9
L	60	21.3	41.4	104.7	6.8	37.6	138.2	17.1	4.0	4.7	174.3	66.0	118.1
L	90	24.9	41.2	145.9	7.8	48.6	206.8	31.7	5.7	5.7	297.6	3.5	317.2
L	120	18.5	41.6	250.5	7.7	73.6	359.3	58.8	11.4	7.6	646.8	0.0	615.7

Bylaag 2.4 Chemiese ontledings van alle persele by Rooihoogte op grondmonsters in Oktober 2000 geneem.

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingsstrak opgeloste katione				Versadigingsstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)
Sw-M	15	40.3	32.9	216.4	6.8	201.7	185.4	71.9	16.4	4.0	81.5	473.2	860.4
M	30	39.8	33.6	307.6	6.8	180.5	467.1	96.6	6.0	6.3	124.4	157.5	2034.4
M	60	42.7	34.8	347.9	7.1	175.6	574.8	86.5	5.0	9.8	219.9	342.4	1672.0
M	90	44.0	39.8	287.1	7.3	84.2	500.1	56.0	4.2	13.0	294.6	62.3	870.1
M	120	41.1	42.9	304.9	4.4	64.9	550.9	57.8	4.4	15.1	386.3	66.2	1249.9
Hu-N	15	37.3	42.0	165.6	6.3	179.9	51.2	47.3	35.7	0.9	47.2	308.2	624.6
N	30	37.6	47.2	110.7	6.0	75.9	83.2	35.0	9.3	2.1	61.2	117.3	386.0
N	60	31.8	49.0	118.5	6.2	84.4	85.1	34.5	7.6	2.3	110.1	169.4	274.1
N	90	24.5	55.4	129.8	6.2	30.1	166.9	25.8	4.6	5.5	215.3	134.6	232.5
N	120	28.2	60.1	174.0	6.2	32.9	243.4	33.1	6.2	7.3	271.2	58.9	361.9
Sw-O	15	38.6	25.6	235.4	5.8	288.5	79.8	63.6	73.0	1.1	139.0	552.5	879.0
O	30	46.7	28.5	115.9	5.6	77.6	71.1	36.3	27.5	1.7	72.3	106.5	389.6
O	60	50.8	35.5	106.0	5.8	58.9	93.1	28.8	16.4	2.5	114.2	78.1	336.6
O	90	43.2	42.1	101.0	6.1	36.1	114.5	25.1	5.8	3.8	106.7	29.3	244.6
O	120	39.9	41.5	98.8	6.1	16.5	163.6	14.0	1.7	7.2	105.6	16.8	286.8
Hu-P	15	56.5	26.8	168.1	5.1	174.0	39.8	38.9	62.8	0.7	52.3	459.2	575.0
P	30	58.0	29.3	146.7	5.3	94.5	89.0	49.7	20.2	2.1	152.3	243.1	364.6
P	60	50.3	42.2	75.7	6.2	14.1	106.3	10.1	2.3	5.4	105.8	64.8	140.0
P	90	41.4	54.0	103.6	6.8	11.9	175.6	9.0	1.4	9.5	206.6	50.3	133.3
P	120	40.1	50.9	141.8	7.2	12.5	245.6	10.6	1.5	12.3	317.1	40.7	170.5
Gs-Q	15	44.6	29.8	125.3	7.4	121.8	55.7	20.8	31.4	1.2	89.8	333.5	132.1
Q	30	48.0	30.5	117.3	7.3	94.6	87.9	23.0	10.2	2.0	206.9	209.0	143.3
Q	60	46.6	38.1	114.7	7.2	69.4	103.3	24.8	7.3	2.7	164.0	143.4	168.9
Sw-R	15	52.4	29.4	166.7	7.0	229.1	33.9	35.5	26.2	0.6	53.1	314.7	598.7
R	30	54.6	26.7	76.3	6.7	81.2	31.1	21.9	12.4	0.8	36.4	105.8	374.0
R	60	49.9	33.9	74.0	6.5	59.4	54.1	15.3	6.3	1.6	35.8	23.9	297.0
R	90	42.2	40.6	65.0	6.4	27.1	68.3	12.9	3.6	2.7	83.1	18.9	170.0

Bylaag 2.4 (vervolg)

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katnion				Versadigingskstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)
Hu-S	15	33.2	23.8	89.1	6.9	67.3	27.6	19.2	55.4	0.7	38.0	296.7	39.4
S	30	34.1	28.2	27.9	6.3	20.7	15.8	5.8	40.5	0.8	21.8	1.8	44.1
S	60	34.0	29.0	37.6	6.0	22.5	24.2	7.3	10.9	1.1	35.0	19.2	64.4
S	90	38.0	30.8	51.0	5.0	26.5	46.5	7.3	7.0	2.0	80.9	19.6	104.2
S	120	36.5	31.8	79.5	5.5	20.6	107.0	9.7	7.6	4.7	184.1	3.5	114.7
Gs-T	15	55.3	33.2	729.0	6.0	684.3	73.1	122.2	596.7	0.7	2729.6	771.6	234.9
T	30	54.0	35.5	647.0	5.8	497.1	90.6	139.5	543.2	0.9	2350.7	259.4	129.8
T	60	34.4	43.9	471.5	5.6	313.3	143.3	176.7	230.8	1.7	1848.2	208.3	95.1
T	90	33.6	50.3	458.3	5.5	160.0	176.3	204.2	259.3	2.2	1970.2	179.7	57.0
T	120	33.0	52.8	423.7	5.4	87.2	265.9	217.2	163.3	3.5	1835.6	155.1	48.8

Bylaag 2.5 Chemiese ontledings van alle persele by Broodkraal op grondmonsters in Maart 2001 geneem.

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katione						Versadigingskstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)		
Gs-A	15	47.5	28.7	254.5	6.6	159.5	268.1	50.5	18.9	4.7	584.8	125.2	190.8		
A	30	46.3	28.6	202.7	6.3	131.9	189.1	38.8	8.0	4.1	418.1	44.5	270.8		
A	60	42.5	28.1	182.9	5.3	97.2	179.9	42.6	7.7	4.2	331.9	29.8	374.2		
A	90	39.0	29.7	148.8	5.0	60.8	150.6	36.4	11.9	4.4	249.4	24.8	315.0		
A	120	37.2	27.8	110.5	5.1	23.9	121.7	17.0	13.7	4.7	225.2	23.3	114.8		
Gs-B	15	45.0	29.3	118.2	6.8	46.6	127.0	16.9	10.6	4.7	200.6	73.9	74.3		
B	30	40.5	28.4	122.4	5.7	37.5	152.1	11.4	6.4	6.5	244.7	38.2	83.0		
B	60	38.9	27.9	116.0	4.8	25.4	144.4	10.6	7.4	4.2	230.5	15.5	111.3		
B	90	38.2	28.1	123.4	4.5	26.1	149.9	14.8	10.2	3.7	239.0	14.1	155.9		
Gs-C	15	41.4	34.6	322.3	7.0	257.0	305.6	57.9	21.2	4.6	681.2	241.4	519.5		
C	30	40.6	36.7	370.1	6.4	260.3	394.4	81.5	9.8	5.6	977.9	48.6	657.7		
C	60	35.4	41.9	257.5	6.1	63.3	349.5	55.9	8.0	7.2	640.0	8.0	371.8		
C	90	32.7	44.9	229.5	6.3	30.6	333.8	36.9	8.8	9.7	625.6	3.7	318.0		
C	120	35.7	41.3	188.5	7.3	11.1	286.3	14.9	8.5	16.6	402.1	0.0	223.9		
Gs-D	15	46.4	33.8	120.4	6.4	43.7	100.1	20.1	23.6	3.3	168.9	185.6	81.6		
D	30	45.0	36.7	109.9	6.0	34.3	107.4	17.8	12.6	3.9	198.5	85.4	83.3		
D	60	41.8	38.9	126.9	6.0	39.9	159.1	21.5	9.4	4.7	348.8	21.5	72.7		
D	90	37.4	39.5	112.7	6.1	28.6	119.0	19.7	6.7	4.2	259.1	11.9	72.2		
D	120	46.6	34.8	116.1	6.7	10.6	148.1	21.2	7.3	6.1	213.8	7.3	141.1		
Gs-E	15	47.1	30.1	375.8	7.9	385.1	331.6	73.2	39.2	3.7	699.9	159.8	1069.7		
E	30	46.8	28.3	371.0	7.9	353.7	368.6	78.4	14.6	4.1	746.8	80.9	1105.4		
E	60	44.8	30.1	385.0	7.8	304.2	439.8	98.2	11.2	4.9	739.3	54.8	1218.1		
E	90	39.9	34.1	308.1	7.9	131.7	431.3	65.2	11.0	7.2	566.7	28.4	809.9		
E	120	57.9	34.1	335.0	8.2	78.0	499.3	57.2	13.6	10.5	496.1	30.3	776.7		

Bylaag 2.5 (vervolg)

Grondvorm- Perseel	Diepte (cm)	Versadigingsstrak opgeloste katione						Versadigingsstrak opgeloste anione					
		Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)
Gs-F	15	50.0	32.7	186.9	7.1	115.7	168.6	29.6	23.0	3.7	318.1	179.7	182.2
F	30	50.4	31.6	167.4	6.7	86.9	156.1	27.5	13.5	4.2	364.6	27.4	187.3
F	60	48.8	30.3	131.5	6.6	47.3	136.8	25.9	7.5	4.4	287.7	0.0	128.7
F	90	48.7	30.7	121.5	6.5	37.7	134.5	22.3	7.9	4.5	243.1	11.2	139.9
Oa-G	15	41.4	37.4	272.9	6.8	290.2	206.9	52.1	29.6	3.3	442.4	55.0	873.1
G	30	39.4	38.9	215.0	6.7	217.5	158.9	48.5	11.0	2.8	288.9	26.4	726.0
G	60	31.3	43.0	159.6	6.4	94.3	134.9	46.6	7.8	3.1	227.6	8.0	448.6
G	90	21.6	47.0	48.1	6.2	11.2	43.3	10.0	4.1	2.3	92.4	4.3	31.9
G	120	25.1	41.1	43.8	5.6	7.1	36.2	9.8	5.4	2.1		0.0	0.0
Oa-H	15	37.6	42.0	163.6	6.3	44.4	178.1	29.5	16.4	5.2	342.6	81.2	106.3
H	30	34.0	44.2	158.7	6.1	43.1	198.6	23.4	6.2	6.0	380.4	10.2	111.4
H	60	26.4	50.9	141.6	6.3	38.0	157.1	23.5	10.0	5.1	319.3	46.9	85.7
H	90	20.3	52.9	103.6	6.0	11.6	126.4	17.1	5.0	5.6	220.7	8.6	76.5
H	120	17.6	50.2	121.5	6.0	9.6	155.7	18.1	5.3	6.9	239.4	6.3	130.9
Oa-I	15	52.7	26.4	239.5	7.2	129.1	228.4	36.9	43.2	4.6	514.1	143.2	134.7
I	30	52.4	28.4	242.1	6.7	137.5	232.7	36.2	27.1	4.7	591.1	64.0	162.5
I	60	49.7	32.4	244.5	6.5	136.9	244.3	30.4	16.8	5.0	637.0	25.4	137.4
I	90	51.1	38.1	195.8	6.4	83.0	203.9	29.3	19.2	5.0	460.0	6.2	156.1
Gs-J	15	51.7	36.3	247.3	5.2	272.0	181.9	34.1	12.5	3.4	371.3	38.6	716.4
J	30	51.4	32.9	149.6	4.8	118.4	126.4	15.6	8.5	3.3	238.9	7.0	315.2
J	60	53.1	31.3	152.8	4.6	148.5	102.7	16.7	10.4	2.1	180.9	9.5	474.2
J	90	29.4	33.3	130.1	4.4	116.1	80.7	12.7	11.4	1.9	129.6	6.2	425.4

Bylaag 2.5 (vervolg)

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katnion					Versadigingskstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)	
Km-K	15	37.6	50.7	305.4	7.1	398.7	211.8	134.4	28.2	2.7	260.1	131.5	1192.2	
K	30	34.4	55.1	219.1	7.2	100.1	223.3	54.8	14.8	4.6	316.5	17.9	517.1	
K	60	27.7	56.0	212.7	7.4	64.4	249.2	44.3	15.3	5.9	393.6	7.7	336.8	
K	90	25.1	49.7	231.6	7.6	47.4	305.5	44.3	13.8	7.7	556.8	0.0	475.9	
K	120	27.3	43.1	219.6	7.8	40.9	298.7	40.9	15.1	8.0	354.8	9.0	426.1	
Gs-L	15	30.3	40.4	255.5	6.5	192.6	220.5	65.1	14.6	3.6	350.8	29.3	756.2	
L	30	27.2	38.2	232.3	6.4	166.9	301.0	68.1	9.9	5.0	746.8	9.0	469.5	
L	60	21.3	41.4	301.6	6.4	140.0	317.9	73.3	7.6	5.4	697.9	2.2	442.3	
L	90	24.9	41.2	293.0	7.7	127.5	330.1	70.5	9.2	5.9	620.9	0.0	450.8	
L	120	18.5	41.6	281.0	7.9	89.8	353.8	62.0	10.5	7.0	551.9	0.0	481.0	

Bylaag 2.6 Chemiese ontledings van alle persele by Rooihoogte op grondmonsters in Maart 2001 geneem.

Grondvorm- Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingsstrak opgeloste katione						Versadigingsstrak opgeloste anione			
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)		
Sw-M	15	40.3	32.9	129.6	7.4	103.1	77.7	28.0	13.4	1.7	110.7	92.8	308.5		
M	30	39.8	33.6	154.4	7.0	113.5	110.4	51.9	6.1	2.0	183.4	43.7	435.2		
M	60	42.7	34.8	116.3	7.3	69.6	91.4	33.6	5.2	2.1	167.5	14.5	191.6		
M	90	44.0	39.8	140.1	7.5	76.4	114.2	41.1	4.7	2.5	229.8	20.9	214.1		
M	120	41.1	42.9	130.4	7.7	67.5	108.9	36.9	5.6	2.6	227.9	3.9	162.0		
Hu-N	15	37.3	42.0	86.8	6.1	80.3	33.6	16.8	18.0	0.9	45.3	73.9	246.1		
N	30	37.6	47.2	76.3	5.6	58.1	37.5	21.0	6.9	1.1	66.8	49.9	277.6		
N	60	31.8	49.0	74.6	6.1	45.8	46.5	21.9	2.9	1.5	80.0	56.5	214.2		
N	90	24.5	55.4	77.5	6.4	21.1	67.4	22.6	2.1	2.5	146.1	30.7	126.9		
N	120	28.2	60.1	115.6	6.5	15.8	132.5	27.2	2.9	4.8	218.4	24.4	147.0		
Sw-O	15	38.6	25.6	125.7	5.8	121.1	62.4	24.2	17.3	1.4	83.2	74.8	403.9		
O	30	46.7	28.5	186.1	5.9	136.0	139.5	52.2	16.4	2.4	185.0	47.6	583.7		
O	60	50.8	35.5	175.9	5.8	97.7	166.7	40.0	6.5	3.9	246.4	24.7	432.2		
O	90	43.2	42.1	171.7	6.1	59.8	192.7	37.2	4.9	5.5	294.4	16.0	318.8		
O	120	39.9	41.5	112.5	6.5	7.7	169.3	8.5	3.0	10.0	168.3	12.6	195.8		
Hu-P	15	56.5	26.8	68.4	5.6	41.7	40.7	13.3	15.9	1.4	47.6	130.3	90.6		
P	30	58.0	29.3	52.9	6.0	20.2	40.9	10.7	9.9	1.8	51.8	1041.9	93.3		
P	60	50.3	42.2	77.5	6.2	17.5	92.2	11.9	4.7	4.1	92.3	21.7	152.5		
P	90	41.4	54.0	101.5	6.8	9.5	151.6	7.6	3.0	9.1	173.1	6.2	148.2		
P	120	40.1	50.9	150.5	7.6	9.6	249.2	8.7	1.3	14.0	325.7	5.3	172.9		
Gs-Q	15	44.6	29.8	101.1	7.6	90.5	56.4	15.4	19.8	1.5	88.7	141.1	125.0		
Q	30	48.0	30.5	114.2	7.1	67.5	97.8	21.2	8.9	2.5	161.3	50.9	189.7		
Q	60	46.6	38.1	119.6	7.5	60.1	111.8	21.8	7.7	3.2	201.8	35.8	158.9		
Sw-R	15	52.4	29.4	57.7	6.9	51.4	25.9	7.4	14.3	0.9	26.3	63.2	92.8		
R	30	54.6	26.7	64.4	6.4	43.0	36.8	12.6	10.8	1.2	47.5	14.6	160.3		
R	60	49.9	33.9	123.0	6.6	95.3	92.1	23.1	6.8	2.0	154.2	13.6	327.7		
R	90	42.2	40.6	145.1	6.1	62.1	145.5	34.5	5.3	3.6	246.3	6.3	304.5		

Bylaag 2.6 (vervolg)

Perseel	Diepte (cm)	Klip %	Versadig %	EG (mS.m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Versadigingskstrak opgeloste katione					Versadigingskstrak opgeloste anione				
						Ca (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	K (mg.L ⁻¹)	NAV	Cl (mg.L ⁻¹)	NO ₃ (mg.L ⁻¹)	SO ₄ (mg.L ⁻¹)		
Hu-S	15	33.2	23.8	56.9	6.8	37.6	39.9	7.6	17.9	1.6	43.3	21.7	67.5		
S	30	34.1	28.2	109.8	6.6	10.4	26.0	6.8	18.5	1.2	85.5	17.5	43.4		
S	60	34.0	29.0	55.0	6.3	31.2	40.4	9.3	6.4	1.6	132.7	0.0	80.2		
S	90	38.0	30.8	51.7	4.7	18.4	48.8	6.9	2.9	2.6	104.7	10.0	79.8		
S	120	36.5	31.8	77.0	4.4	23.3	86.2	14.8	5.9	3.6	143.8	5.7	98.9		
Gs-T	15	55.3	33.2	161.5	6.1	182.0	42.0	42.5	27.7	0.7	75.2	465.9	249.2		
T	30	54.0	35.5	127.3	5.7	117.5	43.0	30.9	14.5	0.9	66.7	329.0	207.7		
T	60	34.4	43.9	135.5	5.8	91.5	61.4	41.9	11.7	1.4	107.4	368.4	133.7		
T	90	33.6	50.3	98.3	5.9	38.3	63.5	32.4	7.2	1.9	79.3	161.5	87.3		
T	120	33.0	52.8	63.9	5.9	7.8	67.3	15.6	2.2	3.3	62.2	103.6	76.9		

Bylaag 3.1. Profielbeskrywing van profiel B by Broadfontein (17280281) beslag.

Profielnommer:	B	Aspelt	Chis
Koördinaat:	Broadfontein	Waterdak	Chis
Rechts- of Linksprofiel:	52° 56' 35" O 18° 39' 57"	Boorgat	97%
Etaspeursel:	Elkonas	Opvulsel (koppingspelsel)	Yolop (40-64%)
Grondprofiel:	Chisberg (2,11)	Gewas:	Erfsidderwe
Toningsval:	Kleinfontein (Lung)	Grasveld (Lung)	1978
Leëling:	5%	Overdekkingsvlak (Lung)	Yverende (Lung) (1964)
Stellingvoers:	Korrels		

Bylaag 3

Profielbeskrywings

Profielnommer	Profiel	Profiel	Profiel
1	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
2	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
3	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
4	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
5	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
6	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
7	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
8	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
9	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
10	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
11	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
12	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
13	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
14	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
15	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
16	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
17	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
18	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
19	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
20	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
21	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
22	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
23	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
24	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
25	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
26	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
27	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
28	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
29	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
30	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
31	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
32	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
33	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
34	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
35	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
36	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
37	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
38	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
39	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
40	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
41	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
42	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
43	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
44	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
45	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
46	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
47	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
48	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
49	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
50	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
51	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
52	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
53	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
54	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
55	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
56	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
57	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
58	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
59	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
60	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
61	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
62	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
63	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
64	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
65	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
66	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
67	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
68	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
69	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
70	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
71	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
72	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
73	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
74	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
75	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
76	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
77	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
78	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
79	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
80	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
81	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
82	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
83	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
84	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
85	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
86	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
87	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
88	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
89	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
90	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
91	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
92	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
93	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
94	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
95	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
96	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
97	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
98	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
99	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)
100	100	Kleinfontein (7,5 x 10) Chis	Chis (Lung)

Bylaag 3.1. Profielbeskrywing van profiel B by Broodkraal op 17/08/2001 beskryf.

Profielnummer:	B	Aspek:	Oos
Kaartnummer:	Broodkraal	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S32°56'35"/O18°39'97"	Hoogte:	97m
Grondvorm:	Glenrosa	Oppervlakt klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Overberg (2111)	Gewas:	Tafeldruive
Terreineenheid:	Kruin (middelhang)	Gewas ouderdom:	1998
Helling:	6%	Onderliggende materiaal:	Verwerende skalie tot filliet
Hellingsvorm:	Konveks		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-150	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 6% geskatte klei; Baie en groot skalie klippe; Wortels algemeen; Versteurde duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	150-800	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 6% geskatte klei; Min kleikutane (10 YR 4/4 en 2.5 YR 4/6); Swak fyn blok struktuur; Baie en groot skalie klippe (verwerend) wat deur meganiese aksie vermeng is; Wortels algemeen; Geleidelike golwend/tongende oorgang	Litokutanies
C	>800	Skalie, gedeeltelik tot goed verweer	Saproliet

Nota: Verteenwoordigend van persele A en B wat binne 'n radius van 50m van mekaar lê. Perseel A is in 2000 geplant en lê binne dieselfde ekotoop as perseel B wat uit die Glenrosa grondvorm bestaan.

Bylaag 3.2. Profielbeskrywing van profiel F by Broodkraal op 17/08/2001 beskryf

Profielnommer:	F	Aspek:	Noordoos
Kaartnommer:	Broodkraal	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S32°56'95"/O18°40'45"	Hoogte:	50m
Grondvorm:	Glenrosa	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Overberg (2111)	Gewas:	Tafeldruive (Sunred)
Terreineenheid:	Middelhang	Plantjaar (Ouderdom):	1996 (5)
Helling:	15%	Onderliggende materiaal:	Verwerende skalie tot filliet
Hellingsvorm:	Reguit		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-100	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 8% geskatte klei; Baie en groot skalie klippe; Baie wortels; Versteurde duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	100-800	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 10% geskatte klei; Min kleikutane (10 YR 4/4 en 2.5 YR 4/6); Swak fyn blok struktuur; Baie en groot skalie klippe (verwerend) wat deur meganiese aksie vermeng is; Wortels algemeen; Geleidelike golwend/tongende oorgang	Litokutanies B
C	>800	Skalie, gedeeltelik tot goed verweer	

Nota: Verteenwoordigend van perseel F

Bylaag 3.3. Profielbeskrywing van profiel G by Broodkraal op 17/08/2001 beskryf

Profielnummer:	G	Noordoos
Kaartnummer:	Broodkraal	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S32056'67"/O18039'92"	88m
Grondvorm:	Oakleaf	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Rooihoogte (2220)	Tafeldruive
Terreineenheid:	Voethang	2000 (1)
Helling:	3%	Vervoerde materiaal (pedi-
Hellingsvorm:	Reguit	sediment)
Aspek:		
Watervlak:		
Hoogte:		
Oppervlak klipperigheid:		
Gewas:		
Plantjaar (Ouderdom):		
Onderliggende materiaal:		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-150	Klam: donker rooibruin (2.5 YR 3/4); Growwe sandfraksie; Klei met 20% geskatte klei; Swak-matige subhoekige/fyn blok struktuur; Volop kwarts gruis (30%); Wortels algemeen; Versteurde geleidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	150-900	Klam: donker rooi (2.5 YR 3/6); Growwe klei met 45% klei; rison; Swak-matige subhoekige/fyn blok struktuur; Geelrooi dele kom verspreid voor met matige blok struktuur; Volop kwarts gruis (30%); Wortels algemeen; Wisselinde duidelike oorgang	Neokutannies B
C	>900	Klam: donker rooi (2.5 YR 3/6) met geelbruin (10 YR 5/6) vlekke; Growwe sandleem met 18% klei; Volop kwartsgruis; Vervoerde pedisediment materiaal	Ongespesifiseer

Nota: Verteenwoordigend van perseel G en H wat binne 'n radius van 50m van mekaar lê. Perseel H was in 1998 geplant en lê binne dieselfde ekotoop as perseel G wat uit die Oakleaf grondvorm bestaan. Die vlekke in die ongespesifiseerde horison mag dui op periodieke natheid a.g.v. besproeiing wat sal lei tot die klassifisering van die profiel as 'n Tukulu (Zandvliet (2220)).

Bylaag 3.4. Profielbeskrywing van profiel I by Broodkraal op 17/08/2001 beskryf

Profielnummer:	I	Aspek:	Suid-Suidwes
Kaartnummer:	Broodkraal	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S32°57'22"/O18°40'25"	Hoogte:	60m
Grondvorm:	Oakleaf	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Rooihoogte (2220)	Gewas:	Tafeldruive (Waltham Cross)
Terreineenheid:	Voethang	Plantjaar (Ouderdom):	1996 (5)
Helling:	4%	Onderliggende materiaal:	Vervoerde materiaal (pedi-sediment)
Hellingsvorm:	Reguit		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-400/500	Klam: bruin (7.5 YR 4/4); Growwe sandfraksie; Sandleem met 16% geskatte klei; Growwe sandleem; Volop kwartsgruis (30%); Min wortels; Golwend/tongende duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	>400/500-900	Klam: geelrooi (5 YR 4/6) en rooi (10 R 4/8); kleikutane swak-matig ontwikkel; Growwe sandfraksie; Sandkleileem; swak fyn blok struktuur; relieke rooi konkresies kom voor wat verbrokkel; Volop kwartsgruis (30-40%); Wortels algemeen; Wissellende geleidelike oorgang	Neokutanies B

Nota: Verteenwoordigend van perseel I

Bylaag 3.5. Profielbeskrywing van profiel J1 by Broodkraal op 17/08/2001 beskryf

Profielnummer:	J1	Aspek:	Oos-Noordoos
Kaartnummer:	Broodkraal	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S32°56'82"/O18°40'95"	Hoogte:	22m
Grondvorm:	Glenrosa	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Overberg (2111)	Gewas:	Tafeldruive (Sultana)
Terreineenheid:	Middelhang	Plantjaar (Ouderdom):	1997 (4)
Helling:	15%	Onderliggende materiaal:	Verwerende skalie tot filliet
Hellingsvorm:	Konveks		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-100	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 6% geskatte klei; Baie en groot skalie klippe; Wortels algemeen; Versteurde duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	100-700	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 10% geskatte klei; Min kleikutane (10 YR 4/4 en 2.5 YR 4/6); Swak fyn blok struktuur; Baie en groot skalie klippe (verwerend) wat deur meganiese aksie vermeng is; Wortels algemeen; Geleidelike golwend/tongende oorgang	Litokutanes B
C	>700	Skalie, gedeeltelik tot goed verweer	

Nota: Verteenwoordigend van perseel J

Bylaag 3.6. Profielbeskrywing van profiel J2 by Broodkraal op 17/08/2001 beskryf

Profielnummer:	J2	Aspek:	Oos-Noordoos
Kaartnummer:	Broodkraal	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S32°56'87"/O18°40'97"	Hoogte:	24m
Grondvorm:	Glenrosa	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Overberg (2111)	Gewas:	Tafeldruive (Sultana)
Terreineenheid:	Middelhang	Plantjaar (Ouderdom):	1997 (4)
Helling:	15%	Onderliggende materiaal:	Verwerende skalie tot filliet
Hellingsvorm:	Konveks		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-150	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 6% geskatte klei; Baie en groot skalie klippe; Baie wortels; Versteurde duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	150-900	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 10% geskatte klei; Min kleikutane (10 YR 4/4 en 2.5 YR 4/6); Swak fyn blok struktuur; Baie en groot skalie klippe (verwerend) wat deur meganiese aksie vermeng is; Wortels algemeen; Geleidelike golwend/tongende oorgang	Litokutanies B
C	>900	Skalie, gedeeltelik tot goed verweer	

Nota: In selfde ekotoop as perseel J wat uit Glenrosa grondvorms bestaan. Was nader aan die hoofdam geneem binne die ekotoop om te toets vir variasie. Was dieselfde jaar as perseel J geplant met dieselfde gewastipe.

Bylaag 3.7. Profielbeskrywing van profiel K by Broodkraal op 17/08/2001 beskryf

Profielnommer:	K	Aspek:	Noord-Noordoos
Kaartnommer:	Broodkraal	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S32°57'35"/O18°40'34"	Hoogte:	48m
Grondvorm:	Swartland	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Adelaide (2110)	Gewas:	Tafeldruive (Waltham Cross)
Terreineenheid:	Voethang	Plantjaar (Ouderdom):	1996 (5)
Helling:	9%	Onderliggende materiaal:	Verwerende skalie tot filliet
Hellingsvorm:	Konkaaf		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-100	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Klei met 54% geskatte klei; Matig subhoekige/fyn blok struktuur; Donker bruin klei kutane; Min wortels; Versteurde geleidelike oorgang	Orties A (vermeng met E en B-horison)
E	100-200	Toon dieselfde eienskappe as A-horison en moeilik om te onderskei a.g.v. die vermenging.	E-Horison (vermeng)
B	200-600	Klam: bruin (7.5 YR 4/4); Growwe sandfraksie; Klei met 55% geskatte klei; Matig/sterk subhoekige/fyn blok struktuur; Geel, rooi en bruin kleikutane; Wortels is algemeen; Volop kwarts en skalie (verwerende) klippe; Wisselende duidelike oorgang	Pedokutabies B
C	>600	Skalie, gedeeltelik tot goed verweer	Saproliet

Nota: Verteenwoordigend van perseel K

Bylaag 3.8. Profielbeskrywing van profiel RH4.1 by Rooihoogte op 17/08/2001 beskryf

Profielnummer:	RH4.1	Aspek:	Noordwes
Kaartnummer:	Rooihoogte	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S33°04'15"/O18°50'48"	Hoogte:	70m
Grondvorm:	Swartland	Oppervlak klipperigheid:	Algemeen (20-40%)
Grondfamilie:	Bonnievale (2221)	Gewas:	Tafeldruiwe
Terreineenheid:	Voethang	Plantjaar (Ouderdom):	1994 (7)
Helling:	6%	Onderliggende materiaal:	Verwerende skalie tot filliet
Hellingsvorm:	Konkaaf		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-200	Klam: donker geelbruin (10 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 8% geskatte klei; Swak blok struktuur; Wortels algemeen; Kwarts en skalie klippe algemeen; Versteurde duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	200-400/500	Klam: rooi (2.5 YR 4/6); Helderder rooi kleikutane (2.5 YR 4/8); Growwe sandleem met 25% klei; Medium/grof hoekige matige blok struktuur; Wortels goed versprei; Kwarts en skalie klippe algemeen; Golwend/tongende duidelike oorgang	Pedokutanies B
C	>400/500	Skalie, gedeeltelik tot goed verweer	Saproliet

Nota: Verteenwoordigend van perseel M en binne 'n 20m radius van waar grondmonsters vir perseel M geneem was.

Bylaag 3.9 Profielbeskrywing van profiel RH4.2 op Rooihoogte op 17/08/2001 beskryf.

Profielnummer:	RH4.2	Aspek:	Noordwes
Kaartnummer:	Rooihoogte	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S33°04'12/O18°50'54"	Hoogte:	75m
Grondvorm:	Swartland	Oppervlak klipperigheid:	Algemeen (20-40%)
Grondfamilie:	Riebeeck (2121)	Gewas:	Tafeldruive
Terreineenheid:	Voethang	Plantjaar (Ouderdom):	1994 (7)
Helling:	5%	Onderliggende materiaal:	Verwerende skalie tot filliet
Hellingsvorm:	Reguit		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-200	Klam: bruin (7.5 YR 4/4); Growwe sandfraksie; Sandleem met 15% geskatte klei; Swak medium blok struktuur; Skalie klippe algemeen, Wortels algemeen; Versteurde duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	200-500/600	Klam: sterk bruin (10 YR 5/8); Growwe sanderige leem met 30% klei; bruin en geel kleikutane; Medium/grof hoekige matige blok struktuur; Skalie klippe vermeng deur meganiese aksie; Golwend/tongende duidelike oorgang	Pedokutanies B
C	>500/600	Skalie, gedeeltelik tot goed verweer	Saproliet

Nota: Verteenwoordigend van ekotoop waarbinne persele M, O en R was en uit die Swartland grondvorm bestaan. Geneem tussen persele M en O om vir variasie te toets.

Bylaag 3.10. Profielbeskrywing van profiel RH4.3 by Rooihoogte op 17/08/2001 beskryf

Profielnommer:	RH4.3	Aspek:	Noordwes
Kaartnommer:	Rooihoogte	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S33°04'09"/O18°50'59"	Hoogte:	78m
Grondvorm:	Swartland	Oppervlak klipperigheid:	Algemeen (20-40%)
Grondfamilie:	Bonnievale (2221)	Gewas:	Tafeldruive
Terreineenheid:	Voethang	Plantjaar (Ouderdom):	1994 (7)
Helling:	4%	Onderliggende materiaal:	Verwerende skalie tot filliet
Hellingsvorm:	Reguit		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-300	Klam: bruin (7.5 YR 4/4); Growwe sandfraksie; Sandleem met 15% geskatte klei; Swak medium blok struktuur; Kwartsgruis algemeen (30-40%); Min wortels; Versteurde duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	300-800	Klam: rooibruin (2.5YR 4/4); rooi kleikutane (2.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandkleileem met 35% geskatte klei; Medium/grofhoekige matige blok struktuur; Kwartsgruis algemeen (30%); Wortels algemeen; Golwende duidelike oorgang	Pedokutanies
C	>800	Skalie, gedeeltelik tot goed verweer	Saproliet

Nota: Verteenwoordigend van perseel O en binne 'n 20m radius van waar grondmonsters vir perseel O geneem was.

Bylaag 3.11. Profielbeskrywing van profiel RH7.1 by Rooihoogte op 17/08/2001 beskryf

Profielnommer:	RH7.1	Aspek:	Noordwes
Kaartnommer:	Rooihoogte	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S33°04'21"/O18°50'55"	Hoogte:	79m
Grondvorm:	Hutton	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Ventersdorp (3200)	Gewas:	Tafeldruive
Terreineenheid:	Voethang	Plantjaar (Ouderdom):	1994 (7)
Helling:	6%	Onderliggende materiaal:	Vervoerde materiaal (pedi-
Hellingsvorm:	Konveks		sediment)

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-200/300	Klam: bruin (7.5 YR 4/4); Growwe sandfraksie; Sandleem met 9% geskatte klei; Swak blok struktuur; Wortels goed versprei; Baie kwartsgruis 45%; Versteurde duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	200/300-700/800	Klam: rooi (10R 4/8); rooi kleikutane kom voor (2.5 YR 4/8); Growwe sandfraksie; Sandleem met 30% geskatte klei; Massiewe struktuur (apedaal); Wortels goed versprei; Baie kwartsgruis (45%); Golwende geleidelike oorgang	Rooi Apedale B
C	>700/800	Klam: rooi (10R 4/8); Geelbruin vlekke (10 YR 5/6); Growwe sandrige klei; Baie kwartsgruis (45%); Vervoerde materiaal (pedisediment)	Ongespesifiseerde materiaal

Nota: Verteenwoordigend van perseel N en binne 'n 20m radius van waar grondmonsters vir perseel N geneem was. Alhoewel dit in 'n ekotoop val met Swartland grondvormss was dit geklassifiseer as 'n Hutton en hoort by die ekotoop waarin persele P en S val.

Bylaag 3.1.2. Profielbeskrywing van profiel RH7.2 by Rooihoogte op 17/08/2001 beskryf

Profielnummer:	RH7.2	Aspek:	Noordwes
Kaartnummer:	Rooihoogte	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S33°04'20"/O18°50'58"	Hoogte:	81m
Grondvorm:	Hutton	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Stella (3100)	Gewas:	Tafeldruiwe
Terreineenheid:	Voethang	Plantjaar (Ouderdom):	1994 (7)
Helling:	6%	Onderliggende materiaal:	Vervoerde materiaal (pedi- sediment)
Hellingsvorm:	Reguit		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-200	Klam: sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 5% geskatte klei; Swak blok struktuur; Baie wortels; Baie kwartsgruis (50%); Versteurde duidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	200-1000	Klam: rooi (2.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sand met 6%geskatte klei; Massiewe struktuur (apedaal); Verspreide relieke ysteroksied medium peds wat verbrokkel; Baie wortels; Baie kwartsgruis (50%)	Rooi Apedale B

Nota: Verteenwoordigend van ekotoop waarbinne persele P en S was en uit Hutton grondvorm bestaan. Geneem tussen persele N en P om vir variasie te toets.

Bylaag 3.13. Profielbeskrywing van profiel RH7.3 by Rooihoogte op 17/08/2001 beskryf

Profielnommer:	RH7.3	Aspek:	Noordwes
Kaartnommer:	Rooihoogte	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S33°04'18"/O18°50'63"	Hoogte:	83m
Grondvorm:	Hutton	Oppervlak klipperigheid:	Algemeen (40-60%)
Grondfamilie:	Ventersdorp (3200)	Gewas:	Tafeldruive
Terreineenheid:	Voethang	Plantjaar (Ouderdom):	1994 (7)
Helling:	5%	Onderliggende materiaal:	Verwerende skalie tot filliet
Hellingsvorm:	Reguit		

Horison	Diepte (mm)	Kort beskrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0-150	Klam: bruin (7.5 YR 4/4) Growwe sandfraksie; Sandleem met 6% geskatte klei; Swak blok struktuur; Baie wortels; Kwartsgruis algemeen (30%); Versteurde geleidelike oorgang	Orties A (vermeng met B-horison)
B	150-700	Klam: Sterk bruin (7.5 YR 4/6); Growwe sandfraksie; Sandleem met 15% geskatte klei; Massiewe struktuur (apedaal); Baie wortels; Kwartsgruis algemeen (40%); Golwende duidelike oorgang	Rooi Apedale B
C	>700	Skalie, gedeeltelik tot goed verweer	Ongespesifiseerde materiaal

Nota: Verteenwoordigend van perseel P en binne 'n 20m radius van waar grondmonsters vir perseel P geneem was.