

G. J. MULDER

DIE INVLOED VAN INFILTRASIE OP STORMWATERAFLOOP IN DIE OPVANGGEBIED
VAN DIE NTUZERIVIER (ZOELOELANDSE KUSSTROOK)

Verslag aan die

WATERNAVORSINGSKOMMISSIE

deur die

HIDROLOGIESE NAVORSINGSEENHEID
UNIVERSITEIT VAN ZOELOELAND

WNK VERSLAG NO: 66/4/84

SAMEVATTING

Oppervlakaflow vanaf heuwelhange word veroorsaak deur die moontlikheid dat die intensiteit van reënval die grond se infiltrasievermoë oorskrei om sodoende stormvloed aan te vul. Die hoeveelheid word egter deur verskeie fisiese eienskappe van grond en ander faktore soos plantegroei, topografie en geologie beïnvloed. Verskeie navorsers het egter ook die belangrikheid van suboppervlak en grondwatervloei se bydrae tot stormvloed beklemtoon.

Die twee hoof doelwitte van hierdie studie was:

- (i) om die moontlike gebruik van verskillende grondfisiese parameters of grondseries (Binomiese sisteem) en hidrologiese groepe (SCS-afloopmodel) vir die voorspelling van sekere waardes op die afnemende infiltrasiekurve na te gaan; en
- (ii) om die mate waartoe oppervlakaflow, suboppervlak en grondwatersypeling vanaf 'n heuvelhang in die Ntuzi-opvanggebied (valleibodem uitgesluit) bydra tot stormwaterafloop, te bepaal.

Die resultate vir eersgenoemde het op swak tot matige korrelasies (beduidendheidsvlak 99 %) tussen alleenlik die finale gestabiliseerde waarde (f_c) vir infiltrasievermoë en die grondfisiese parameters vir waterinhoud, tekstuur en poreusheid gedui. Die beste onafhanklike veranderlikes wat vir die voorspelling van f_c gebruik kan word is die persentasie porieë in die A-horison < 0,03 millimeter tesame met die klei-inhoud van die ondergrond of die waterinhoud vanaf 0,5 tot 1,0 meter diepte.

Geen beduidende korrelasie (vlak 95 %) is gevind tussen die eksperimenteel bepaalde minimum infiltrasievermoëns en grondseries in hierdie gebied asook die hidrologies gegroepeerde gronde van die SCS afloopmodel nie. Kurwe-nommers aanpassings vir die SCS-model mag dus beter resultate lewer as tekstuur en mate van kompaksie van A-horisonte deur gebruik word vir die verdere differensiasie van series in fases.

Grondwatersypeling was die belangrikste afloopkomponent vanaf die afloopperseel wat 'n bydrae gelewer het tot stormvloed. Die lae afloopreaksie (8 persent) vanaf heuwelhange vergeleke met 'n reaksie van gemiddeld 30 persent, vir opvanggebiede as 'n geheel in hierdie omgewing, dui daarop dat die grootste volume stormvloed vanaf die valleibodems van eerste en tweede orde strome afkomstig is en dus ondersteuning bied vir die varierende brongebied konsep.

DIE INVLOED VAN INFILTRASIE OP STORMWATERAFLOOP

IN DIE OPVANGGEBIED VAN DIE NTUZERIVIER

(ZOELOELANDSE KUSSTROOK)

G J Mulder

Verslag aan die Waternavorsingskommissie
deur die Hidrologiese Navorsingseenheid
Universiteit van Zoeloeland

September 1984

WNK Verslag 66/4/84

ISBN 908356 21 8

ABSTRACT

Stormflow is augmented by hillside surface runoff due to the possibility of the rainfall intensity exceeding the infiltration capacity of soils. The amount however is determined by various physical characteristics of soils as well as other factors like vegetation, topography and geology. Various researchers have however also emphasized the importance of subsurface and groundwater flow contributing to stormflow.

The two main objectives of this study were:

- (i) to investigate the possibility of using various soil physical parameters or soil series (Binomial system) and hydrological groups (SCS runoff-model) for the prediction of certain points on the declining infiltration curve, and
- (ii) to determine the extent to which surface, subsurface and groundwater flow from a hillside (bottomland excluded) contribute to stormflow by making use of a hillside runoff plot.

The results of the first objective indicated poor to moderate correlations (99 % significance level) between only the final stabilized infiltration capacity (f_c) and soil physical parameters for water content, texture and porosity. The best independent variables for predicting f_c were found to be (in order of importance) the percentage pores < 0,03 millimeters in diameter, together with clay content of the subsoil or the soil water content from 0,5 to 1,0 meter in depth.

Correlations between the experimentally determined minimum infiltration rates and soil series as well as hydrological soil groups (SCS-model) of the Zululand catchments were insignificant at the 95 % level. Curve number adjustments for the SCS-model may give better results for this region if texture and degree of compaction of the A-horizon, giving an indirect indication of the micropore content, is to be considered.

Hillside runoff data indicated a large contribution of groundwater flow towards the stormflow hydrograph with hardly any surface flow. A low runoff response (8 percent) compared to an average response of 30 percent for catchments in this area suggest that most stormflow is generated through runoff from the valley floor of first and second order streams giving support to the variable source area concept.

DANKBETUIGINGS

Die volgende persone en instansies word opreg bedank vir hulp en finansiële bystand:

- . Professor H J von M Harmse, departement Bodemkunde. Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys vir advies gedurende die skrywe van hierdie verslag.
- . Die beheerkomitee en personeel van die Hidrologiese Navorsingseenheid, Universiteit van Zoeloeland, vir advies, beskikbaarstelling van apparaat en reënvalafloopdata oor die Ntuze-opvanggebied. Mev T N du Plessis van die eenheid word ook in besonder bedank vir die tik van hierdie verslag.
- . Die personeel van die Rekenaarsentrum, Universiteit van Zoeloeland, vir bystand en beskikbaarstelling van rekenaarfasiliteite.
- . Die personeel van die Oudiovisuele-sentrum, Universiteit van Zoeloeland vir die teken en voorbereiding van diagramme.
- . Die Universiteit van Zoeloeland en die Waternavorsingskommissie vir finansiële bystand.

INHOUD

SAMEVATTING	i
ABSTRACT	ii
DANKBETUIGINGS	iii
LYS VAN TABELLE	vi
LYS VAN FIGURE	vii
LYS VAN ADDENDA	ix
 1. INLEIDING	 1
 2. FAKTORE EN PROSESSE WAT AFLOOP BEINVLOED	 3
2.1 Inleiding	3
2.2 Afloopprosesse	6
2.3 Faktore wat afloop beïnvloed	12
2.3.1 Die totale afloop	13
2.3.2 Die variasie in afloopvolume met tyd	14
 3. FAKTORE WAT INFILTRASIE BEINVLOED	 16
3.1 Inleiding	16
3.2 Reënvalintensiteit en tydsduur	18
3.3 Aanvanklike waterinhoud van grond	19
3.4 Hidrouliese geleibaarheid	20
3.5 Die toestand van grondoppervlak	23
3.6 Gelaagdheid	24
 4. FISIESE KENMERKE VAN DIE NAVORSINGSGBIED	 26
4.1 Die opvanggebied	26
4.2 Klimaat	28
4.3 Geologie en dreinerings	34
4.4 Fisiografie	37
4.5 Grondsoorte en verspreiding	38
4.6 Natuurlike plantegroei	33
4.6.1 Grasveld	43
4.6.2 Inheemse woude	44
4.6.3 Plantegroei geassosieer met valleivloere	44
4.7 Grondgebruik	44
4.7.1 Boomplantasies	44

4.7.2	Dekgewasse	45
4.7.3	Rygewasse	45
4.7.4	Weiding	46
4.7.5	Kwantitatiewe verspreiding	46
5.	DIE INVLOED VAN SEKERE GRONDFISIESE VERANDERLIKES OP DIE INFILTRASIEVERMOË	48
5.1	Inleiding	48
5.2	Doel van die ondersoek	51
5.3	Metode van ondersoek	51
5.3.1	Infiltrasie	52
5.3.2	Faktore wat die infiltrasievermoë van grond beïnvloed	55
5.3.3	Statistiese verwerking	62
5.4	Resultate en bespreking	64
5.4.1	Die veranderlikheid van infiltrasie binne 'n grondserie en tussen grondseries	65
5.4.2	Fisiese faktore wat infiltrasie beïnvloed	66
5.4.3	Die gebruik van nuwe data om die bruikbaarheid van twee infiltrasie vergelykings na te gaan	74
6.	DIE RELATIEWE BYDRAE VAN DIE VERSKILLENDE HELLINGSAFLOOP-KOMPONENTE TOT STORMWATERAFLOOP	77
6.1	Inleiding	78
6.2	Doel van ondersoek	79
6.3	Werksmetodes en beskrywing van afloopperseel	80
7.	GEVOLGTREKKING EN AANBEVELINGS	90
7.1	Infiltrasie	90
7.2	Heuwelhang afloopperseel	90

LYS VAN TABELLE

4.1	Die gemiddelde jaarlikse verdamping by vyf stasies in die Ntuze-opvanggebied	33
4.2	Die indeling van grondseries gebaseer op die Binomiese grondklassifikasiesisteem vir Suid-Afrika	41
4.3	'n Kwantitatiewe voorstelling van die grondgebruikspatroon in die Ntuze-opvanggebied gedurende 1969 en 1979	47
5.1	Progressiewe tydafhanklike veranderlikes in infiltrasietempo en simbole soos gebruik in die meervoudige regressiemodel	54
5.2	Die grondfisiese parameters met simbole soos gebruik is in die meervoudige regressiemodel	56
5.3	'n Vereenvoudigde korrelasiematriks van infiltrasie en fisiese veranderlikes	67
5.4	'n Vereenvoudigde korrelasiematriks van infiltrasie en logaritmes getransformeerde fisiese veranderlikes	68
5.5	'n Vereenvoudigde geroteerde faktormatriks van infiltrasie en grondfisiese veranderlikes (faktorbeladings $\leq 0,64$ en $\geq 0,64$ behou)	69
6.1	Die maandelikse reënval-afloopdata vir die afloopperseel geregistreer gedurende die 1980-81 hidrologiese jaar	84
6.2	Oppervlakafloop vergeleke met daaglikse maksimum intensiteit waardes om 'n geskatte waarde vir oppervlakbydrae tot afloop te gee	87

LYS VAN FIGURE

2.1	h Voorstelling van die verskillende komponente van die afloopproses	3
2.2	Die waterbalans binne h klein opvanggebied wanneer dit in h toestand van ewewig verkeer	5
2.3	h Skematiese voorstelling van die verhouding tussen die verskillende stormwaterafloopprosesse en die belangrikste bydraende faktore	12
4.1	Die posisie van die navorsingsgebied in die Natalse kusstrook	26
4.2	Die posisie en tipes instrumente wat gebruik is vir afloopstudies in die Ntuzerivier opvanggebied	27
4.3	Die jaarlikse reënval (stasie 622, Universiteit van Zoeloeland) deur gebruik te maak van 48-maande lopende gemiddeldes	29
4.4	Die gemiddelde maandelikse reënvalverspreiding by stasie 622 (1962-1982, Universiteit van Zoeloeland)	30
4.5	Die maandelikse variasie in reënval gebaseer op 6-maande lopende gemiddeldes (stasie 622, Universiteit van Zoeloeland)	31
4.6	Die kumulatiewe relatiewe frekwensie van die daaglikse maksimum 30 min intensiteite in mm.h^{-1} . (Outografiese data verkry van stasie 622, Universiteit van Zoeloeland)	32
4.7	Die geologie van die Ntuze-opvanggebied	35
4.8	Die vier fisiografiese gebiede in die Ntuze-opvanggebied	37
4.9	Verspreiding van grondsoorte en profiel posisies in die Ntuze-opvanggebied	39
4.10	Die interne dreinerings en posisie van grondseries in verskillende katenas wat geneties beïnvloed deur die onderliggende moedermateriaal	42
5.1	Die opgestelde dubbelringinfiltrerende met h silinder-vormige watertenk	53

5.2	Die tydafhanklike veranderlikes en simbole op die infiltrasiekurwe	54
5.3	'n Vereenvoudigde voorstelling van 'n opgestelde volumemeter	58
5.4	'n Vereenvoudigde voorstelling van die apparaat waarmee die verspreiding van poriegroottes bepaal word	59
5.5	Die neiging van R^2 , C_p en F indien p veranderlikes ingesluit word (veranderlikes verkry uit korrelasiematriks)	71
5.6	Die neiging van R^2 , C_p en F indien p veranderlikes ingesluit word (veranderlikes verkry deur faktoranalise)	72
5.7	'n Strooidiagram van eksperimenteel bepaalde f_c -waardes in vergelyking met waardes volgens vergelyking 5.13 (veranderlike $P_{,03}$) bereken	75
5.8	'n Strooidiagram van eksperimenteel bepaalde f_c -waardes in vergelyking met waardes volgens vergelyking 5.14 (veranderlikes $P_{,03}$ en kl_A) bereken	76
6.1	Die lokaliteit van die afloopperseel op die universiteits-terrein	79
6.2	Kontoerkaart (0,5 meter intervalle) en deursnee-seksie van die afloopperseel	80
6.3	Deursnee aansig van die dreineersloot	81
6.4	Die kalibrasiekurwe vir 'n 1,5 liter kantelbakafloop-registreeerder	82
6.5	'n Regressielyn wat reënvaldata van 'n skuinsreënmeter met die van 'n standaard reënmeter vergelyk	84
6.6	Die verskil in aanvangstyd vir verhoogde sypeling vergeleke met dié van die reënval	86

LYS VAN ADDENDA

1.	Ingesamelde infiltrasie en grondfisiese data	100
2.	Die persentasie van die volume porieë kleiner of groter as 'n gespesifiseerde grootte	101
3.	Profielbeskrywings van grondseries waarop infiltrasie toetse uitgevoer is	102
4.	Vier verteenwoordigende profielbeskrywings in die afloopperseel	129

Hoofstuk 1

INLEIDING

Verskeie navorsers, soos onder andere Hewlett en Fortson (1969), Betson (1964), en Tischendorf (1969) het daarop gewys dat die produksie van stormwaterafloop van verskillende gebiede in 'n opvanggebied mag varieer. Daar is selfs voorgestel dat sekere gebiede selde, indien ooit, enige meetbare volumes afloop lewer, terwyl ander gedeeltes van die opvanggebied die enigste bron vir stormwaterafloop mag wees.

Afloop word deur Chow (1964) gedefinieer as dié deel van die reënval, asook enige ander water, wat in tydelike of permanente strome aan die aardoppervlak akkumuleer. Dit is dus 'n hoeveelheid wat in 'n opvanggebied in stroompies of mere versamel en saamvloei wat aan die onderpunt of uitgang van so 'n gebied gemeet kan word.

Oppervlakaflow is tradisioneel beskou as 'n belangrike komponent wat bydra tot stormwaterafloop en word veroorsaak deur water wat toegedien word om reën wat val teen 'n hoër tempo as die infiltrasiekapasiteit van die grond. Die infiltrasietempo is onder meer afhanklik van die grondwaterinhoud, die grond se fisiese kenmerke en ander eksterne eienskappe soos helling, topografiese posisie en plantbedekking.

Die landskap kan dus onderverdeel word in 'n aantal "homogene" eenhede wat elk gekenmerk word binne sekere gekose limiete deur dieselfde helling, grondsoort, plantbedekking, onderliggende gesteente, ensovoorts. Teoreties behoort hierdie eenheid min of meer dieselfde infiltrasie-eienskappe te besit wat die afloop vir 'n sekere hoeveelheid met 'n bepaalde intensiteit kan voorspel. Hierdie konsep was dan ook die aanvanklike motivering om die invloed van infiltrasie op stormwaterafloop en ook die invloed van grondfisiese parameters op infiltrasie na te gaan.

Oppervlakaflow is egter nie die enigste komponent wat bydra tot stormwaterafloop nie. Dit verteenwoordig slegs 'n deel van die totale

afloopvolume. Die bydrae van ander komponente soos grondwater- en suboppervlakovloei word deur sommige navorsers soos Hewlett en Hibbert (1967) as uiters belangrik beskou. Die relatiewe bydrae van hierdie komponente sal egter afhanklik wees van faktore soos klimaat, plantegroei, grondgebruik, topografie en die verspreiding van grondsoorte.

In die volgende hoofstukke word die invloed wat verskillende fisiese eienskappe van grond in die Ntuze-opvanggebied op die infiltrasiekapasiteit van verskillende grondsoorte in die Ntuze opvanggebied beskryf en ge-evalueer en die moontlikheid om sekere maklik bepaalbare grondfisiese parameters vir die voorspelling van laasgenoemde word bespreek. Die infiltrasiekapasiteit en die variasie daarvan binne spesifieke grondsoorte en tussen grondsoorte is ook nagegaan.

Aangesien die relatiewe bydrae van oppervlakaflow tot stormwaterafloop heeltemal onseker is, is daar gebruik gemaak van 'n heuwelhang afloopperseel om die prosesse wat plaasvind in die Ntuze-opvanggebied te ondersoek. Inligting oor die belangrikheid van oppervlakaflow en die vasstelling van infiltrasievermoë op verskillende hellingsposisies is op hierdie wyse verkry.

Die inligting is ingesamel om 'n beter konsep te verkry oor die faktore wat die afloopproses beïnvloed. Soortgelyke ondersoeke behoort egter ook elders in Suid-Afrika uitgevoer te word. Van dié navorsing wat op hierdie beperkte perseel in 'n spesifieke omgewing uitgevoer is kan nie verwag word om die probleem in die Republiek van Suid-Afrika op te los nie maar om lig te werp op sekere beginsels. Die tegnieke wat aangewend is behoort by te dra tot die ontwikkeling van metodes om afloop in ander opvanggebiede te evalueer.

Hoofstuk 2

FAKTORE EN PROSESSE WAT AFLOOP BEINVLOED

2.1 Inleiding

Afloop word vir praktiese doeleindes in twee komponente verdeel naamlik, stormwater en basisvloei. Die stormwater, direkte afloop of snelvloei ("quickflow") (Hewlett en Hibbert 1963) is daardie gedeelte wat 'n stroom vinnig bereik na die aanvang van 'n reënbuie. Basisvloei daarenteen word beskou as die meer konstante vloei gedurende reënlose tussenperiodes.

Die hoeveelheid water wat hierdie twee komponente voed gedurende die proses van afloop is hoofsaaklik van vier (Ward, 1982) bronne afkomstig, (Fig 2.1) naamlik, direkte presipitasie op oppervlakwaters, oppervlakafloop, suboppervlak deurvloeiwater en grondwatervloei of sypeling (Figuur 2.1).



Fig 2.1 'n Voorstelling van die verskillende komponente van die afloopproses (Ward, 1982)

Direkte presipitasie in die kanale van strome, dra direk by tot stroomvloei. Hierdie hoeveelheid is egter gewoonlik gering as dit met die ander komponente vergelyk word omdat die gebied waar dit akkumuleer betreklike klein oppervlakte van opvanggebiede beslaan.

Oppervlakaflow is nou gekoppel aan reënvalintensiteit en die infiltrasievermoë van grond (Ward, 1975). Die gevolg is dat water wat oor die oppervlak beweeg as sogenaamde plaatvloei of in die vorm van klein stroompjes vloei en in groter wordende strome akkumuleer om sodoende die permanente natuurlike kanale van strome te bereik.

Deurvloeiwater word beskou as enige bewegende water wat in die normaalweg onversadigde sone vanaf die oppervlak tot by die grondwatervlak aangetref word. Tydelike sub-oppervlakversadigde swewende sones kan egter bokant ondergrond-horisonte ontwikkel indien die permeabiliteit heelwat laer is as dié van die bogrond. Intervloei ("Interflow"; Hewlett en Hibbert 1963) of suboppervlak-stormvloei (Tischendorf 1969) word beskou as die gedeelte van die deurvloeiwater wat strome so vinnig bereik dat dit bydra tot stormwaterafloop.

Grondwaterafloop is dié gedeelte van die afloop wat die gevolg is van perkolasie van geïnfiltreerde water na die grondwatervlak om deur die versadigde sone as grondwatervloei te beweeg en uiteindelik weer as syferwater aan die oppervlak tevoorskyn kom. Aangesien water stadig deur die grond beweeg word die vloei van grondwater of water vanuit die onversadigde sone na 'n reënui sodanig vertraag dat dit eers na 'n aantal dae, weke of selfs jare weer die oppervlak mag bereik (Ward 1975).

Die komponente waartoe reënwater in 'n opvanggebied 'n bydrae mag lewer is 'n integrale deel van die hidrologiese siklus en kan kortliks met behulp van die water-balans vergelyking beskryf word, naamlik

$$P = Q + E + \Delta S$$

waar P = totale hoeveelheid reën binne die opvanggebied vir 'n ongespesifiseerde tydperk

Q = afloop

E = totale verliese aan evapotranspirasie, en

ΔS = wisseling in die hoeveelheid gestoorde water.

Indien die gemiddelde hoeveelheid gestoorde water oor 'n aantal jare bereken word kan dit aanvaar word dat $\Delta S = 0$, en die vergelyking word dus

$$P = Q + E.$$

Met ander woorde S varieer om 'n bepaalde gemiddelde waarde S vanweë wisselinge in jaarlikse reënvalspatrone sodat die totale ΔS -waarde oor 'n lang periode sal uitkanselleer.

In 'n geïdealiseerde opvanggebied (kyk Fig 2.2) beskryf Freeze (1979) 'n oppervlakte van aanvulling en 'n kleiner area van uitvloeiing. Die waterbalans van hierdie twee oppervlaktes kan respektieflik deur middel van twee vergelykings beskryf word, naamlik een vir die aanvulgebied en een vir die uitvloeigebied.

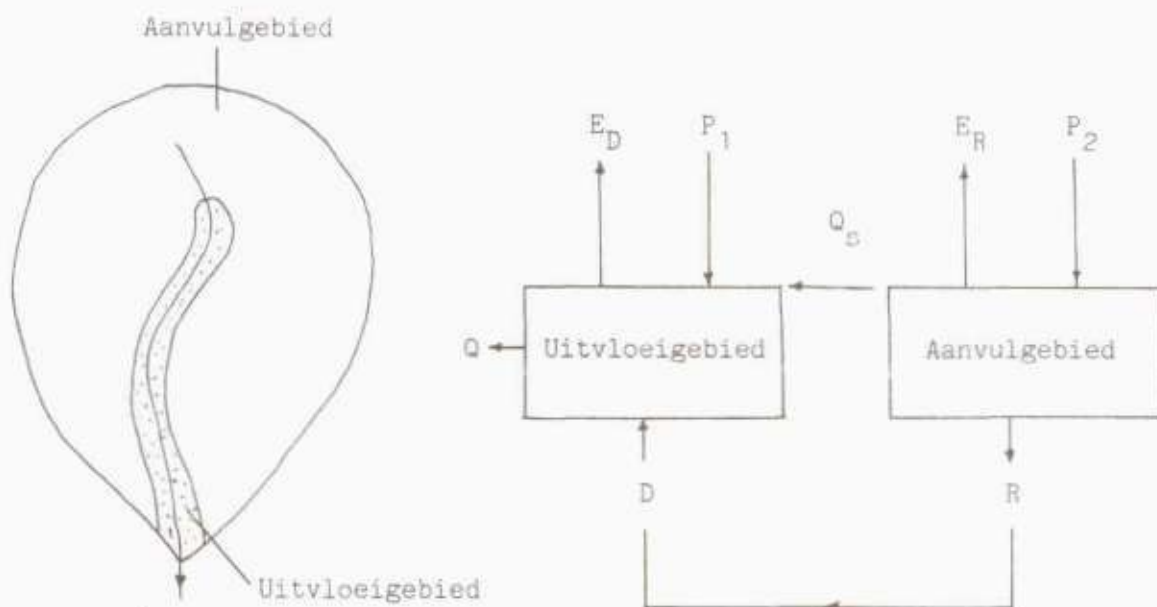


Fig 2.2 Die waterbalans binne 'n klein opvanggebied wanneer dit in 'n toestand van ewewig verkeer (Freeze, 1979)

In die aanvulgebied is $P_2 = Q_s + R + E_p$, waar Q_s die oppervlakaflowkomponent van die gemiddelde jaarlikse afloop verteenwoordig, R die gemiddelde jaarlikse aanvulling van die grondwater en E_p die gemiddelde jaarlikse evapotranspirasie in die aanvulgebied.

In die uitvloeigebied is $Q = Q_s + D + P_1 + E_p$, waar D die gemiddelde jaarlikse afloop van grondwater ($D=R$) en E_p die gemiddelde evapotranspirasie van die uitvloeigebied verteenwoordig.

Die waterbalansvergelyking is egter slegs 'n ongesofistikeerde beskrywing van die werklike hidrologiese regime en neem nie die ruimtelike variasie van die verskillende parameters (P , E , R en D) in ag nie. Die belangrikheid van tyd-afhanklike veranderlikes word ook nie in aanmerking geneem nie.

2.2 Die afloopprosesse

Die hoeveelheid stormwater wat op 'n bepaalde tydstip afloop sal grootliks afhang van die stadium waarin die afloopsiklus verkeer. Die siklus wat in vyf stadia onderverdeel kan word (Chow, 1964), word kortliks as volg beskryf.

- (i) **Reënlose stadium:** Hierdie reënlose stadium is 'n droë periode wat veroorsaak is deur 'n droë seisoen wat 'n aantal weke of selfs maande mag voortduur. Indien daar nog enige stroomvloeï voorkom, is die water afkomstig vanuit grondwaterbronne. Volgens Hillel (1973) vind dreïnering vanuit die onversadigde sone na die grondwatervlak nog steeds plaas gedurende die droë seisoen en is veral kenmerkend vir 'n grond met 'n hoë kleinhoud.

Groot verliese vind plaas as gevolg van verdamping vanaf grond en wateroppervlakke sowel as deur evapotranspirasie.

- (ii) **Stadium wanneer reënval 'n aanvang neem:** Hierdie stadium verteenwoordig die eerste neerslag wat na 'n droë periode voorkom. Gewoonlik vind geen oppervlakaflow plaas nie tensy die intensiteit van die neerslag uitermate hoog is.

- (iii) Voortgesette reën: Dit verteenwoordig die reën wat die aanvangstadium met variërende intensiteite opvolg. Water wat deur plante en holtes aan die oppervlak onderskep word veroorsaak totale versadigingspunte en die hoeveelheid wat na elke neerslag afloop vermeerder progressief.

Die grond raak oor 'n wye gebied versadig en gee aanleiding tot verhoogde oppervlakovloei. Laasgenoemde is moontlik die gevolg van 'n styging van die grondwatervlak, swewende versadigde sones sones (wat die gevolg is van B-horisonte met 'n laer hidrouliese geleibaarheid as die bogrond) of 'n algemene verhoging in die grondwaterinhoud van die onversadigde sone.

'n Verlagings in infiltrasievermoë veroorsaak 'n verhoogde deurvloei in die onversadigde sone. Oppervlakovloei vind makliker op konkawe voethange plaas omdat bogronde wat aanvanklik nog onversadig was versadig raak as gevolg van laterale sub-oppervlak deurvloei vanaf die middelhange en kruingedeeltes.

Indien vlakke van strome vinniger styg as die aangrensende grondwatervlak, sypel water vanuit die rivier deur die oewers na die grond en die situasie mag tydelik verander van 'n uitvloeiende ("effluent") na 'n wegsypelende ("influent") stroom.

- (iv) Versadiging van alle natuurlike stoorruimte: Die infiltrasievermoë is nou gelyk aan die hidrouliese geleibaarheid van water deur die versadigde sone. Hierdie toestand word skynbaar nie dikwels bereik nie, behalwe in gelykliggende swakgedreineerde gebiede na 'n periode van langdurige reën.

- (v) Na die reënseisoen: Hierdie tydperk word gekenmerk deur 'n lang periode van dreinerings waartydens evapotranspirasie ook aktief bydra tot die vermindering van die voorraad oppervlak- en grondwater.

Elke opvanggebied reageer egter verskillend ten opsigte van dieselfde

hoeveelheid reën wat val asook teenoor die intensiteit. Die probleem volgens Tischendorf (1969) is egter dat die verspreiding van reënwater oor en deur die grond in die opvanggebied as 'n geheel nog nie behoorlik begryp word nie en dat insig oor die prosesse van afloop ook nog gebrekkig is. Daar bestaan egter reeds 'n aantal afloopmodelle wat gebaseer is op sekere teorieë en aannames. Die vier vernaamste teorieë is die oppervlakstormwater konsep soos beskryf deur Horton (1933), Hirsch (1944) se teorie oor gekanaliseerde afloop in die ondergrond ("piping flow"), Betson (1964) se oppervlak gedeeltes ("partial areas") en Hewlett (Hewlett en Hibbert, 1963; Hewlett en Troendle, 1975; Hewlett en Fortson, 1977) se idees oor wisselende brongebiede ("variable source areas").

Horton (1933) het voorgestel dat die intensiteit van neerslae gewoonlik die infiltrasievermoë van meeste grondsoorte oorskry. Stormwater is dus hoofsaaklik die gevolg van oortollige reënwater wat vanaf die grondoppervlak afloop. Die volumes afloop kan dus maklik bereken word indien die infiltrasietempos van verskillende grondsoorte binne 'n opvanggebied met die intensiteit van reënval vergelyk word. Volgens Ward (1982) was Horton se model op 'n aantal onbewese aannames gebaseer. Ten eerste is daar aanvaar dat infiltrasievermoë maklik bepaal kan word. Tweedens moet die grondoppervlak as 'n duidelike skeiding beskou word terwyl dit in werklikheid as 'n geleidelike oorgang tussen die onderliggende grondmassa en die atmosfeer gesien moet word waar die hidrouliese geleibaarheid normaalweg met diepte verlaag. Gevolglik bestaan so 'n duidelike skeiding alleenlik wanneer duidelike kompaktering of korsvorming aan die oppervlak plaasgevind het. Ten laaste is daar aanvaar dat water aan die oppervlak akkumuleer om as 'n lagie of plaat oor hierdie hipotetiese oppervlak te vloei.

Betson (1964), Dunne en Black (1970) en Harr (1977) het gevind dat die reënvalintensiteit in Noord Amerika selde die infiltrasievermoë oorskrei. Freeze (1972) het tot die gevolgtrekking gekom dat die oppervlakte vanwaar oppervlakaflow plaasvind gewoonlik nie meer as een tot drie persent (uiterse gevalle van tien persent) van die

totale opvanggebied verteenwoordig nie, en dat alleenlik tien tot dertig persent van alle reënbuie se intensiteite die infiltrasievermoëns van grondoppervlakke binne hierdie sones oorskrei om oppervlakafloop te veroorsaak.

Volgens Harr (1977) en Hewlett en Fortson (1969) is stormwaterafloop hoofsaaklik die gevolg van sypeling deur die ondergrond. Eersgenoemde het gevind dat die sypeling in sekere gevalle gemiddeld 97 persent van die totale stormwaterafloop verteenwoordig. Laasgenoemde persentasie sal egter afhang van gemiddelde reënvalintensiteit en infiltrasievermoë van so 'n gebied.

Sypeling deur die bogrond, selfs wanneer B-horisonte nog droog is, word dikwels in padinsnydings na 'n goeie reënbuie waargeneem. Hierdie sypeling het volgens Hursh (1944) aansienlike volumes stormwater tot gevolg en vandaar sy teorie oor sogenaamde gekanaliseerde suboppervlak- stormwaterafloop. Volgens hom word laterale sypeling veroorsaak omdat die permeabiliteit van die bogrond heelwat hoër is as dié van die ondergrond. Die oppervlakkige beweging word deur Ward (1982) vergelyk met die beweging van water oor 'n dak wat met gras gedek is, omdat dit eers infiltreer en dan langs die grasstingels weer die oppervlak bereik. Versnelde afloop in die ondergrond, wat selfs plaasvind voordat B-horisonte heeltemal versadig is, word ook dikwels veroorsaak deur kanale of gange wat gemaak is deur grawende diere (soos veral kruipmolle, insekte en verrotte wortels). Die voorkoms van molsgate is algemeen op die laer helling van die navorsingsgebied waargeneem en is hier ook een van die moontlike oorsake vir sub-oppervlakvloei.

Freeze (1972) het bevind dat sypeling wat bydra tot stormafloop op steil konvekse heuwelhange slegs plaasvind waar 'n vlak grondbedekking met diep ingekerfde stroomkanale voorkom. Ondergrondstormvloei word hier egter as onbelangrik beskou wanneer die hidrouliese geleibaarheid laer is as $0,01 \text{ mm.s}^{-1}$.

Indien oppervlakstormafloop enigsins vanaf 'n heuwelhang sou plaasvind vind dit makliker plaas op konkawe voethange vanweë die normaalweg hoër oversadigde grondwaterinhoud en dus makliker versadig raak

(Dunne en Black, 1970). Hierdie skrywers het ook tot die gevolgtrekking gekom dat ondergrondstormafloop oor die algemeen te stadig plaasvind om groot volumes stormwater te produseer en die hoeveelheid vanaf 'n heuvelhang word dus hoofsaaklik bepaal deur die vermoë van so 'n gebied om oppervlakafloop te produseer.

'n Belangrike bydrae tot totale stormwaterafloop word veroorsaak deur direkte presipitasie op die laerliggende gebiede wat tot aan die oppervlak versadig is om oppervlakafloop te veroorsaak. Hierdie waarneming het Betson (1964) se teorie oor oppervlakgedeeltes ("partial areas") tot gevolg gehad. Die omvang van hierdie versadigde sones mag wissel gedurende die verloop van die seisoen, afhangende van die hoeveelheid gestoorde grondwater, maar die mening is ook uitgespreek dat die oppervlaktes gewoonlik min of meer konstant bly. In hierdie navorsingsgebied is die meeste sponsgebiede duidelik uitkenbaar en die oppervlaktes is ook redelik konstant behalwe gedurende uitsonderlike periodes van droogte.

In teenstelling met Betson se teorie word stormwaterafloop volgens Hewlett en Hibbert (1963) hoofsaaklik veroorsaak deur versnelde sypeling vanuit die laerliggende versadigde sones en nie deur direkte afloop van reënwater nie. Die oppervlakte van die versadigde gedeeltes van brongebiede varieer dus, afhangende van die hoeveelheid reën, veral langs droë sytakke en gekompakteerde areas (voetpadjies, ens), vandaar Hewlett se teorie oor varierende brongebiede ("variable source areas"). Brongebiede word gevolglik beskryf as pulserende gebiede wat vergroot en verklein in reaksie op die reënval.

Tischendorf (1969) beweer dat daar voldoende bewyse bestaan dat dreinerings nie net plaasvind deur die afwaartse beweging van oortollige water in die versadigde sone deur die makroporieë wat gewoonlik met lug gevul is maar dat water in die onversadigde sone afwaarts beweeg deur die proses van translokasie. Laasgenoemde kan vergelyk word met 'n suieraksie ("piston flow") waar die nuutbygevoegte reënwater die voorafgestoorde water in die grond in

die rigting van vloei uitstoot of verplaas. Volgens Hewlett en Hibbert (1963) word ondergrondse stormwatervloei waarskynlik veroorsaak deur 'n pulserende verdikking van waterfilms om die gronddeeltjies in die rigting van vloei. Die vloeirigting is nie noodwendig vertikaal afwaarts na die grondwatervlak nie maar word beïnvloed deur die hidrouliese gradient, wat afhang van die lokale grondwaterinhoud, hidrouliese geleibaarheid en steilheid van die terrein. Hierdie faktore veroorsaak dat die vloei dikwels min of meer parallel met die oppervlak van 'n helling afwaarts sal beweeg. Volgens Ward (1982) lê die probleem egter daarin dat die toevoer van water gelyk moet wees aan die afvoer en dit kan alleenlik plaasvind wanneer die beskikbare stoorruimte binne die sisteem alreeds versadig of byna versadig is. Gedurende droër toestande sal reënval eerder die waterinhoud van die grond verhoog as om translokasie te bevorder.

Water wat as oppervlakaflow die gebied verlaat kan gewoonlik in verband gebring word met die neerslag van 'n spesifieke storm maar syferwater is nie noodwendig dieselfde water wat gedurende so 'n neerslag geïnfiltreer het nie. Stadige onversadigde vloei vanaf die kruin en die middelhange veroorsaak dat grond aan die voethange 'n hoër waterinhoud het en dus, ongeag van die afstand na versadigde valleisone, noodwendig in die vorm van syferwater sowel as oppervlakaflow 'n veel groter bydrae tot die stormwateraflow lewer.

Die bydrae wat elke afloopproses individueel tot stormwateraflow lewer is dus nog onseker en dit sal ook gekondenseer word deur faktore soos klimaat, plantegroei, geologie, grondtipes, topografie, ensovoorts. Die relatiewe bydraes van die verskillende afloopprosesse en die belangrikste faktore wat dit beïnvloed word deur Freeze (1979) as volg opgesom (Fig 2.3).

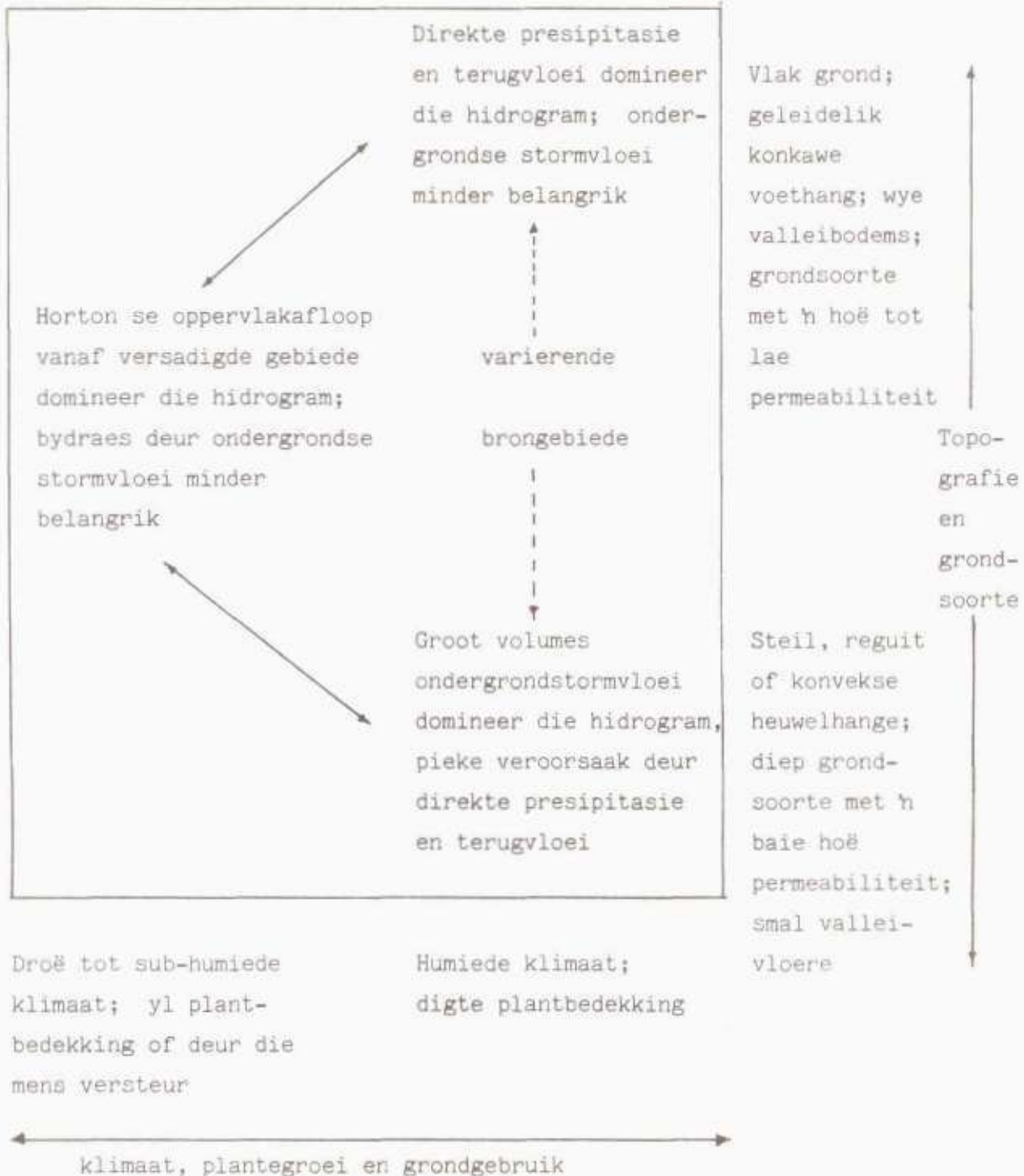


Fig 2.3 'n Skematiese voorstelling van die verhouding tussen die verskillende stormwaterafloopprosesse en die belangrikste bydraende faktore.

2.3 Faktore wat afloop beïnvloed

Ward (1975) onderskei tussen die faktore wat die totale afloop en dié

wat die variasie in volume van afloop oor sekere periodes beïnvloed. Laasgenoemde faktore beïnvloed die afloop direk terwyl dié van eersgenoemde meer indirek is.

2.3.1 Die totale afloop

2.3.1.1 Klimaatsfaktore: Klimaat speel 'n belangrike rol in die balans tussen waterwins in die vorm van reënval en verlies in die vorm van evapotranspirasie. Die evapotranspirasietempo word veral beïnvloed deur die hoeveelheid gestoorde water, samestelling en digtheid van plantbedekking wat weer beïnvloed word deur jaarlikse en seisoensvariasies.

Die daaglikse verandering in weerstoestande wat reënval en verdamping beïnvloed sal nie noodwendig 'n onmiddellike verandering op dieptes van ongeveer 300 mm en dieper in grondwaterinhoud veroorsaak nie. Tischendorf (1969) het gevind dat grondwater op hierdie diepte steeds kan verlaag, en dat grondwaterbeweging selfs tot twee maande na neerslae nog diep onder die oppervlak plaasvind.

Hierdie bron van voorafgestoorde grondwater in die dieper sones van die grondprofiel, veral in die onversadigde sone, oefen 'n belangrike invloed uit op die hoeveelheid stormwaterafloop wat uiteindelik na reënbuie sal afloop (Cordery, 1970). 'n Aansienlike afname in stormwaterafloop word veroorsaak deur selfs 'n beperkte afname in die onversadigde grondwaterinhoud van die ondergrond. Lynch, Corbett en Sopper (1979) het byvoorbeeld gevind dat 89 persent van variasies in stormwaterafloop in 'n bebosde gebied toegeskryf kan word aan die voorafversamelde onversadigde grondwaterinhoud. Verder word die waterinhoud van 'n grond beskou as een van die belangrikste veranderlikes wat die infiltrasietempo beïnvloed (Tisdall, 1951; Turner en Sumner, 1978).

2.3.1.2 Opvanggebiedsfaktore: Die oppervlakte van die opvanggebied is sekerlik die belangrikste faktor wat die totale afloopvolume beïnvloed, veral waar die hoeveelheid reën die evapotranspirasieverliese oorskry (Hewlett en Troendle, 1975).

h Vertraging in beweging van die grondwater het h verhoging in die hoeveelheid evapotranspirasie tot gevolg. Die mate van vertraging word veral beïnvloed deur helling, lengte van hellings, tipe grond en diepte van die regoliet na die onderliggende rots. h Vlak grond raak dus makliker versadig en bevorder oppervlakaflowp terwyl die laer totale grondwaterinhoud as gevolg van verhoogde oppervlakaflowp weer vermindering in verliese deur verdamping tot gevolg het.

2.3.2 Die verandering in afloopvolume met tyd

2.3.2.1 Reënvalfaktor: Die invloed van reënvalintensiteit word gekondisioneer deur die infiltrasievermoë van grond en dit bepaal tot h groot mate wat die relatiewe bydrae van oppervlak-, suboppervlak en grondwaterafloop tot die stormwaterafloop is. Tischendorf (1969) het egter gevind dat reënvalintensiteit nie in bebosde gebiede gebruik kan word as kriteria om stormwaterafloop te voorspel nie. Hy het eksperimenteel vasgestel dat die reënvalintensiteit statisties hier alleenlik vir 4,7 persent van die variasie in piekafloop verantwoordelik was. Hoë intensiteit reënbuie direk op wateroppervlakke binne stroomkanale het egter wel aflooppeke oor kort afstande stroomaf veroorsaak. Die intensiteit is egter wel h dominante faktor wat stormvloeiaflowp veroorsaak vanaf gebuede waar kompaktering plaasgevind het of waar die grond versadig is tot aan die oppervlak.

Volgens Tischendorf (1969) verminder die invloed van onmiddellik voorafgaande reënbuie geleidelik met afstand vanaf die stroomkanaal soos wat die waterinhoud van die grond verminder. Met ander woorde die minimum infiltrasievermoë word eers na h tydperk van langdurige neerslag bereik en begin aanvanklik op laer heuwelhange. Verder word maksimum aflooppotensiaal in h opvanggebied bereik as die gemiddelde tyd van waterbeweging na h stroom minder is as die periode waartydens reënval plaasvind.

Die stormvloekomponent is ook heelwat laer indien h gegewe

hoeveelheid reën eenvormig versprei is oor 'n opvanggebied, as wanneer dieselfde hoeveelheid op 'n gedeelte van die gebied val.

Die rigting waarin 'n reënbus oor 'n gebied beweeg beïnvloed ook die stormwaterafloop. Die maksimum stormwaterafloop word veroorsaak wanneer die wolke wat die reën oor die hele opvanggebied veroorsaak vanaf die verste rand van die gebied na die uitloop toe beweeg.

- 2.3.1.1 Opvanggebiedsfaktore: Die belangrikste faktore wat die stormwaterafloop binne 'n opvanggebied beïnvloed, in volgorde van afnemende belangrikheid, is topografie, plantbedekking en grondtipe (Laurenson en Pilgrim, 1963). Die geologie en struktuur het 'n invloed op topografie terwyl die tipe gesteente en naatsisteme ook die dreineringspatroon beïnvloed.

Aspekte van die topografie wat stormwaterafloop beïnvloed is die vorm van die opvanggebied, gemiddelde helling en lengte, stroomprofielgradient, dreineringspatroon en dreineringsdigtheid. Die teenwoordigheid van mere en moerasse dien as buffers wat piekvloede beheer.

Die plantbedekking het 'n invloed op intersepsie en evapotranspirasie, grondwaterinhoud asook die beweging van grondwater. Grasvelde in vergelyking met beboste gebiede se volumes stormvloeï is gewoonlik hoër omdat die hoër organiese materiaalinhoud in die bogrond en gepaardgaande laer kompaksie en afwesigheid van korsvorming 'n hoër infiltrasievermoë veroorsaak.

Die fisiese eienskappe van grondtipes het 'n direkte invloed op infiltrasievermoë. Bo en behalwe grondtipe speel die toestand van die bogrond, mate van verdigting, organiese materiaalinhoud en struktuur, self nog 'n belangriker rol as grondtipes op die stormaflooppatroon (Laurenson en Pilgrim, 1963).

Hoofstuk 3

FAKTORE WAT INFILTRASIE BEINVLOED

3.1 Inleiding

In die vorige hoofstuk is daarop gewys dat oppervlakaflow nie so gereedelik plaasvind soos aanvanklik gepostuleer deur Horton (1933) nie. 'n Gedeelte van die totale stormwaterafloop word egter tog in 'n mindere of meerdere mate deur oppervlakaflow veroorsaak afhangende van die reënvalintensiteit, topografie, plantbedekking en grond toestande.

Horton (1933) beskryf die term infiltrasie as die proses waardeur water die grondoppervlak binnedring of daardeur geabsorbeer word. Die infiltrasie kenmerke van enige grondsoort kan beskryf word deur middel van 'n kurwe wat die maksimum infiltrasietempo teen tydtoon. Die vermoë neem met tyd af om uiteindelik 'n min of meer konstante tempo, naamlik finale infiltrasievermoë te handhaaf wat dan ook so te sê gelyk is aan die hidrouliese geleidingsvermoë van so 'n grondprofiel. Oppervlakaflow word veroorsaak deur 'n versameling van water aan die oppervlak indien die reënvalintensiteit die infiltrasievermoë oor 'n gegewe tydstip oorskrei.

Wanneer versameling van water aan die oppervlak van 'n homogene grondprofiel plaasvind is die grond aan die oppervlak versadig. Dit word die versadigde sone genoem terwyl die sone daaronder met 'n een-vormige hoë waterinhoud as die transmissiesone beskryf word. Daaronder kom 'n benattingsone waar die waterinhoud met 'n skerp stygende gradient verminder met diepte na die benattingsfront (Hillel, 1973).

Vertikale beweging van water deur die grondprofiel word beïnvloed deur die stoor- en transmissie-vermoë van water en is 'n funksie van die drukgradient en hidrouliese geleibaarheid (Ward, 1975). Volgens Hewlett en Troendle (1975) beweeg die water nie alleenlik vertikaal afwaarts na die grondwatervlak nie, maar reageer as gevolg van 'n reaksie op veranderende hidrouliese gradiente en kan min of meer in dieselfde rigting as die helling lateraal beweeg. Hierdie neiging vind

vind veral plaas wanneer die permeabiliteit van die ondergrond laer is as dié van die bogrond (Zaslavsky en Rogowski, 1969).

Grondwatervloei kan deur middel van Darcy se wet beskryf word (Ward, 1974). In vektornotasie is die versadigde vloeiempo as volg:

$$q = -K \nabla i$$

en vir onversadigde vloei is dit:

$$q = -K \nabla \phi$$

waar

q = grondwatervloeiempo

K = hidrouliese geleibaarheid

∇i = hidrouliese gradient en

$\nabla \phi$ = totale potensiaalgradient.

Die totale drukhoogtepotensiaal is $\phi = \psi - z$, waar ψ = matrikspotensiaal (negatief) en z die vertikale afstand na 'n gekose verwysingsvlak voorstel. Wanneer q aan die oppervlak van 'n grondprofiel bepaal word kan q aan i , die infiltrasietempo gelykgestel word. Die feit dat bogenoemde twee vergelykings negatief is beteken dat vloei in 'n rigting van afnemende hidrouliese hoogte sal plaasvind.

Vir onversadigde vloei word Darcy se wet kompleks aangesien die beweging van water na enige punt 'n verandering in waterinhoud veroorsaak wat op sy beurt weer 'n verandering in hidrouliese geleibaarheid en matrikspotensiaal veroorsaak. Bogenoemde wet geld ook alleenlik wanneer die deursnee van die poreuse medium heelwat groter is as dié van die mikrostrukture. Verder moet die Reynolds getal vir die vloeiempo laer as een wees. Volgens Marshall en Holmes (1979) is laasgenoemde in 'n grond gewoonlik wel die geval.

Swartzendruber (1969) gee 'n opsomming van moontlike verklarings aangebied vir afwykings van Darcy se wet in die geval van versadigde sowel as onversadigde vloei.

Die afname in infiltrasievermoë word volgens Horton (1933) veroorsaak deur faktore wat op of naby die grondoppervlak 'n rol speel. Volgens Hillel (1973) verminder die infiltrasievermoë egter mettertyd as gevolg van 'n onvermydelike verlaging in die hidrouliese hoogte. 'n

Aanvanklike hoë matriksgradiënt word veroorsaak deur die skielike benatting van die oppervlak. Die gradient vanaf die oppervlak verlaag nagelang die benattingsfront afwaarts beweeg en word naderhand onmeetbaar klein. Sodra hierdie faktor na zero neig bereik die afwaartse beweging 'n konstante tempo, en word vir alle praktiese doeleindes gelyk aan die versadigde hidrouliese geleibaarheid gestel. Wanneer die watertoevoeging laer is as die versadigde geleidingsvermoë word dit beskryf as die onversadigde hidrouliese geleibaarheid.

3.2 Reënvalintensiteit en tydsduur

Die infiltrasietempo word deur die infiltrasievermoë of deur die reënvalintensiteit bepaal afhangende van watter van die parameters meer beperkend is (Rubin, 1966). Die mate van versadiging en beweging (I), versadigde hidrouliese geleibaarheid (K_s) en die infiltrasievermoë (f) van grond beïnvloed (Mein en Larson, 1973).

- (i) Indien $I < K_s$ infiltreer al die water en daar ontstaan geen versadigde sone nie;
- (ii) $K_s < I \leq f$ veroorsaak dat alle water ook infiltreer maar die waterinhoud aan die oppervlak vermeerder en 'n verdikking van die transmissiesone vind plaas en
- (iii) $K_s < f < I$ veroorsaak infiltrasie teen volle vermoë en oortollige water loop af.

In geval (ii) word die tempo van versadiging hoofsaaklik bepaal deur die reënvalintensiteit. Indien die reënvalintensiteit in geval (ii) konstant bly sal die infiltrasievermoë geleidelik verminder sodat die finale infiltrasievermoë uiteindelik oorskrei word om oppervlakafloop tot gevolg te hê.

In geval (iii) word die dikte van die versadigde sone verminder deur 'n verhoogde reënvalintensiteit.

Reënbuie wat onderbreek word met droë periodes tussenin veroorsaak dat evapotranspirasie en oppervlakherstel van die grond plaasvind sodat

die infiltrasievermoë weer verhoog. Die infiltrasie word ook verder beïnvloed deur die histerese effek wanneer die profiel dreineer indien die reënvalintensiteit verminder. 'n Verhoging in reënvalintensiteit veroorsaak weer 'n dunner versadigde sone aan die oppervlak wat 'n hoër hidrouliese gradient ("moisture gradient") in die benattingsone tot gevolg het (Hillel 1973). Geïdealiseerde teorie oor infiltrasie word verder gekompliseer indien die grootte van druppels van reënbuie met dieselfde intensiteit mag verskil. Groot druppels veroorsaak 'n gedurige versadiging en herverspreiding van water terwyl fyner druppels meer eweredig versprei is. Veranderlike intensiteite en reëndruppelenergie veroorsaak ook 'n onstabiliteit in sekere grondsoorte (Horton, 1940). Seisoensveranderinge bring mee dat die grondwaterinhoud, plantbedekking, aktiwiteit van makro-organismes en die grondgebruik varieer, gevolglik mag die infiltrasievermoë van 'n grond (Horton, 1933; Laurensen en Pilgrim, 1963) binne die periode van 'n seisoensiklus aansienlik varieer.

3.3. Aanvanklike waterinhoud van grond

Die aanvanklike waterinhoud van grond is seker een van die belangrikste faktore wat die infiltrasievermoë beïnvloed. Volgens Turner (1976) is die infiltreerbaarheid in byna alle gevalle laer wanneer die grond nat is.

Tisdall (1951) het daarop gewys dat die aanvanklike onversadigde waterinhoud 'n baie belangrike rol speel gedurende die vroeë stadia van infiltrasie. Hy het ook statisties bewys dat die waterinhoud in die oppervlaklaag (0 - 150 mm) van bewerkte grond die infiltrasie meer beïnvloed as in die geval van 'n nie-bewerkte grond.

Bewyse word aangehaal deur Turner en Sumner (1978) dat die aanvanklike waterinhoud die finale infiltrasievermoë ook mag beïnvloed.

Die gemiddelde onversadigde waterinhoud in gebiede met 'n droë klimaat is heelwat laer as in humiede gebiede. Die verskillende toestande gee daartoe aanleiding dat infiltrasietempo afhanklik is van

bogenoemde omgewing (Cordery, 1970). Met ander woorde 'n laer waterinhoud vir 'n soortgelyke grond in 'n droër klimaatsongewing sal hoër aanvanklike infiltrasievermoëns tot gevolg hê en ook meer wissel as gevolg van snelle veranderinge in waterinhoud.

3.4 Hidrouliese geleibaarheid

Die hidrouliese geleibaarheid K , soos beskryf in Darcy se wet, word nie alleenlik deur die eienskappe van die poreuse medium beïnvloed nie maar ook deur dié van die vloeistof. Die viskositeit van water word egter weinig deur normale bereike in temperatuursveranderinge beïnvloed. 'n Wisseling in die konsentrasie sout mag egter wel die hidrouliese geleibaarheid beïnvloed.

Eksperimentele data wat deur Duley en Domingo (1953) ingewin is het daarop gedui dat 'n effense verhoging in versadigde hidrouliese geleibaarheid bewerkstellig is deur 'n verhoging in watertemperatuur van 43°C . Die normale kleiner skommeling in temperatuur van reënwater ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) beteken dat die verandering in viskositeit as gevolg van temperatuur die hidrouliese geleibaarheid weinig beïnvloed.

Die hidrouliese geleibaarheid word egter drasties verminder deur 'n verhoging in die uitruilbare natrium inhoud wat korsvorming tot gevolg het (Keren, Shainberg, Frenkel en Kalo, 1983). Die konsentrasie van sout in brakgronde het ook tot gevolg dat die soutkonsentrasie in die transportmedium skielik mag verander met 'n gevolglike herverspreiding van elektroliete. Volgens Swartzendruber (1969) word herverspreiding van elektroliete ook veroorsaak deur die verhoging in soutkonsentrasie met 'n afname in onversadigde grondwaterinhoud wat dan moontlik 'n invloed kan uitoefen op die onversadigde hidrouliese geleibaarheid. Waar geen uitermatig hoë soutkonsentrasie voorkom nie, soos in distrofiëse of mesotrofiëse grondsoorte, sou verwag kan word dat soutkonsentrasie 'n minimale invloed sal hê, veral in die ondergrond waar die waterinhoud in 'n humiede klimaat redelik konstant bly.

Verskeie fisiese, chemiese en pedologiese faktore beïnvloed die permeabiliteit van 'n poreuse medium. Hierdie faktore beïnvloed die grootte van die makro- en mikroporieë sowel as hul vorm en verspreiding.

Volgens die wet van Poiseuille is die vloeitempo deur 'n kapillêre buis direk eweredig aan die vierdemag van die buis se radius (Hillel, 1973). 'n Klein verandering in radius het dus 'n groot verandering in vloeitempo tot gevolg. Die normale wisseling in poriegrootte, verspreiding en grootte van wortelkanale, wurmgange en krake aan die oppervlak kan dus 'n aansienlike invloed op K_h hê. Volgens Turner en Sumner (1978) is dit ook die oorsaak van die aansienlike wisseling in vloeitempo oor kort afstande op grondsoorte met 'n oënskynlike homogene morfologie. Verder kan 'n sisteem van onderling-verbinde gangetjies die vloei na dieperliggende horisonte aansienlik versnel. Volgens Edwards, Van der Ploeg en Ehlers (1979) vind aktiewe vloei in die krake tussen die pedoppervlakke plaas en water beweeg dus vinniger en dieper as wat bereken kan word met enige Darcy-tipe vergelyking.

Struktuur is 'n belangrike faktor wat in ag geneem moet word in die geval van grondsoorte met matig tot goed ontwikkelde horisonte. Die belangrikheid daarvan is eksperimenteel deur O'Neal (1949) vasgestel. Hy het bepaal dat die invloed nie beperk is tot die tipe struktuur maar dat die kenmerke van die peds en hul verhouding tot mekaar. Die aggregaatstabiliteit was in sekere gevalle van belang terwyl dit in ander gevalle die grootte en getal sigbare porië of die natuurlike vlakke van swakheid was.

Tekstuur speel weer 'n belangriker rol in die geval van apedale horisonte. Talsma en Flint (1958) het eksperimenteel vasgestel dat klei en slik-inhoud die dominante faktore is wat hidrouliese geleibaarheid beïnvloed. Hulle het ook bevind dat natuurlike kompaksie in die ondergrond van kleigrond 'n duidelike verlaging in hidrouliese geleibaarheid tot gevolg gehad het terwyl dit minder beduidend vir 'n grond met 'n lae klei-inhoud was. Diebold (1954) het vasgestel dat slik 'n beduidende invloed het op hidrouliese geleibaarheid en dat 40 persent slik as die grens tussen matige en lae geleibaarheid geneem kan word.

Die poriegrootteverspreiding word nie alleen deur tekstuur beïnvloed nie maar ook deur die brutodigtheid. Nie-gekompakteerde kleigronde het gewoonlik 'n laer brutodigtheid as sandgrond wat die gevolg is van

die hoë totale poreusheid. Die versadige hidrouliese geleibaarheid hang egter af van die persentasie makroporië wat gewoonlik heelwat groter is in grond met 'n hoë sandinhoud.

Matige kompaksie veroorsaak 'n verhoging in waterhouvermoë teen 'n konstante suigkrag of matrikspotensiaal terwyl die waterhouvermoë weer verlaag met uitermatige kompaksie (Hill en Sumner, 1966) met 'n gevolglike verlaging in nie-versadigde vloei.

Deur middel van 'n meervoudige regressie analise op 'n aantal onafhanklike faktore wat infiltrasie mag beïnvloed, het Grin (1972) gevind dat die organiese materiaalinhoud en die finale infiltrasietempo goed korreleer. Hierdie korrelasie is waarskynlik 'n indirekte verwantskap aangesien die organiese materiaal 'n verbetering in struktuur en 'n verlaging in brutodigtheid tot gevolg gehad het.

Met infiltrasie is die lugvloei wat ontstaan as gevolg van die opvulling van lugge vulde porië met water 'n verdere beperkende faktor wat die onversadigde hidrouliese geleibaarheid beïnvloed. Eksperimentele werk uitgevoer deur Adrian en Franzini (1966), Wilson en Luthin (1963) en Free en Palmer (1940) is gedoen op lugvloei deur 'n poreuse medium in oop-buise sowel as buise wat aan die een kant toe is. Gewoonlik is die vloeiweerstand van lug minimaal vergeleke met dié van water en ontsnap dus geredelik maklik na onder soos wat die benattingsfront afwaarts beweeg in 'n oopsisteem. Waar die ontsnappingsroete na onder egter geblokkeer word deur 'n ondeurdringbare laag, of 'n laag met 'n heelwat laer versadigde K-waarde, of deur 'n vlak grondwatervlak, vind daar 'n toename in lugdruk plaas met 'n ooreenkomstige verlaging in vloeitempo. Lug kan dus in laasgenoemde geval alleenlik na bo ontsnap en dit gebeur dan langs die groter porië sodat vloei van water progressief tot die kleiner porië beperk word. Wilson en Luthin (1963) vind dat daar dan ook 'n herverspreiding van lug agter die benattingsfront plaasvind.

Laasgenoemde navorsers het drie stadia geïdentifiseer vir die vloei van water en lug in gelaagde oop kolomme:

- (i) 'n periode van verhoging in lugdruk waar die infiltrasietempo hoër is as die tempo van lugvloei;
- (ii) 'n periode van konstante lugdruk waar die lugvloei en watervloei tempo min of meer gelyk is en
- (iii) 'n periode van afname in lugdruk met 'n afname in lugvloei - sowel as watervloei tempo.

3.5 Die toestand van die grondoppervlak

'n Belangrike faktor wat die infiltrasievermoë van 'n grondsoort bepaal is die mate van korsvorming of kompaksie wat aan die oppervlak plaasgevind het.

Korsvorming word onder andere veroorsaak deur die kinetiese energie van reëndruppels. Die mate van korsvorming sal afhang van die grootte en intensiteit van reëndruppels, plantbedekking, grondstabiliteit en bewerkingspraktyke. Volgens McIntyre (1958) sal 'n intense reënbui uiteindelik 'n mate van verdigting vir beide stabiele en onstabiele grondoppervlakke tot gevolg hê. Hy identifiseer twee meganismes van korsvorming, naamlik die inwas van fyner deeltjies en die kompaksie van die oppervlak as gevolg van die kinetiese energie van reëndruppels. Die mate waartoe inwassing plaasvind sal dan ook afhang van die mate van dispersie wat kan plaasvind. Laasgenoemde beïnvloed dan ook die stabiliteit van struktuur. Op hierdie wyse bereik so 'n kors maar 'n dikte van ongeveer 0,1 millimeter en dit word ook gedurig verwyder deur turbulente oppervlakafloup. In teenstelling hiermee het Tackett en Pearson (1965) egter met gesimuleerde reënval gevind dat korste van 1 tot 3 millimeter dik word en dus nie so gereedelik deur turbulente afloup verwyder word nie.

Kompaksie aan die oppervlak wat oor die algemeen 'n dikker verdigte laag tot gevolg het, word veroorsaak deur 'n algemene verswakking van die plantbedekking (droogtes, veldbrande, oorbeweiding, ens) en die beweging van mens en dier oor die oppervlak. In die geval van bewerkte gronde het eksperimentele data (Johnson, Mantiering en Moldenhauer, 1979) getoon dat 'n los kluitagtige oppervlak 'n heelwat hoër infiltrasievermoë besit en meer stabiele oppervlak tot gevolg het as 'n kluitagtige oppervlak wat vooraf effens gekompakteer was.

In die geval van 'n grond wat swellende kleie bevat sal krimpkrake aan die oppervlak veroorsaak dat water direk langs die krake na die ondergrond infiltreer. In die droë onversadigde toestand word die infiltrasietempo aanvanklik deur die grootte en hoeveelheid krake bepaal, terwyl dit nadat die kleie toegeswel het bepaal word deur die intrinsieke poreusheid van die peds (Bouma, Dekker en Wösten, 1978). By die vasstelling van 'n infiltrasiekurwe is dit volgens Turner en Sumner (1978) belangrik om te let op die mate waartoe krake behoue bly terwyl die waterinhoud van die A-horison nog laer is as by veldkapasiteit.

Die tipe plantegroei en digtheid van bedekking asook die mikroreliëf aan die grondoppervlak dra ook by tot die bepaling van die mate van akkumulاسie van oortollige water.

3.6 Gelaagdheid

'n Abrupte verandering in poreusheid in 'n gelaagde profiel bring mee dat die waterinhoud en geleidingsvermoë skielik verander. Vir watervloei om te kan plaasvind moet die drukhoof en negatiewe drukgradient deurgaans behoue bly (Hillel, 1973).

'n Skielike teksturele verandering in 'n grondprofiel (byvoorbeeld growwe sand na fyn sand) sal meebring dat die infiltrasietempo eers deur die bogrond en dan deur die ondergrond bepaal word. 'n Positiewe druk word uiteindelik opgebou in die bogrond wat 'n sogenaamde swewende watervlak tot gevolg sal hê. 'n Grondprofiel reageer dus anisotropies (Zaslavsky en Rogowski, 1969) wanneer die gekombineerde hidrouliese geleidingsvermoë afwaarts deur die profiel laer is as die horisontale geleidingsvermoë van die bogrond. Waar daar egter 'n skielike toename makroporië voorkom (byvoorbeeld fyn sand na growwe sand) vind daar ook 'n afname in grondwaterbeweging plaas as die benattingsfront die oorgang bereik. Volgens Miller en Gardner (1962) moet die water in die bogrond eers akkumuleer sodat die negatiewe druk sodanig kan verlaag dat beweging na die relatief groter porië in die onderliggende horison kan plaasvind.

Die afname in afwaartse vloei sal meebring dat die gemiddelde vloei-
rigting van die vertikaal sal afwyk. Hierdie afwyking sal afhang van
die mate van anisotropie, helling en wisseling van hellings (Zaslavsky
en Rogowski, 1969).

Hoofstuk 4

FISIESE KENMERKE VAN DIE NAVORSINGSGEBIED

4.1 Die Opvanggebied

Die inligting wat oor infiltrasie ingesamel is, en in die opeenvolgende hoofstukke bespreek word is die produk van navorsing wat in die Ntuzerivier-opvanggebied uitgevoer is. Hierdie gebied is geleë in die Zoeloelandse kusstrook net oos van Mtunzini (Fig 4.1) en beslaan 'n oppervlakte van 82 km^2 .

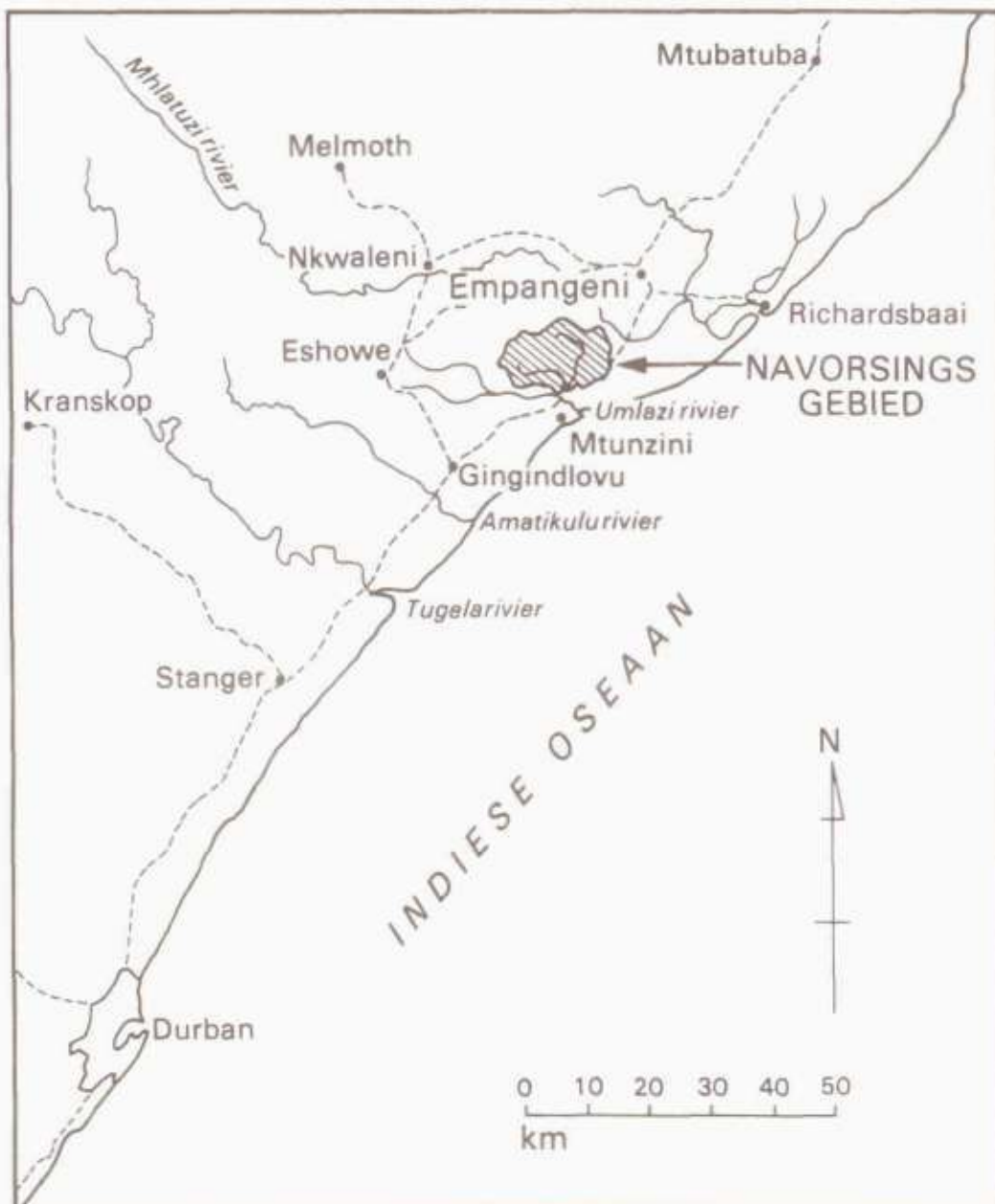


Fig 4.1 Die posisie van die navorsingsgebied in die Natalse kusstrook.

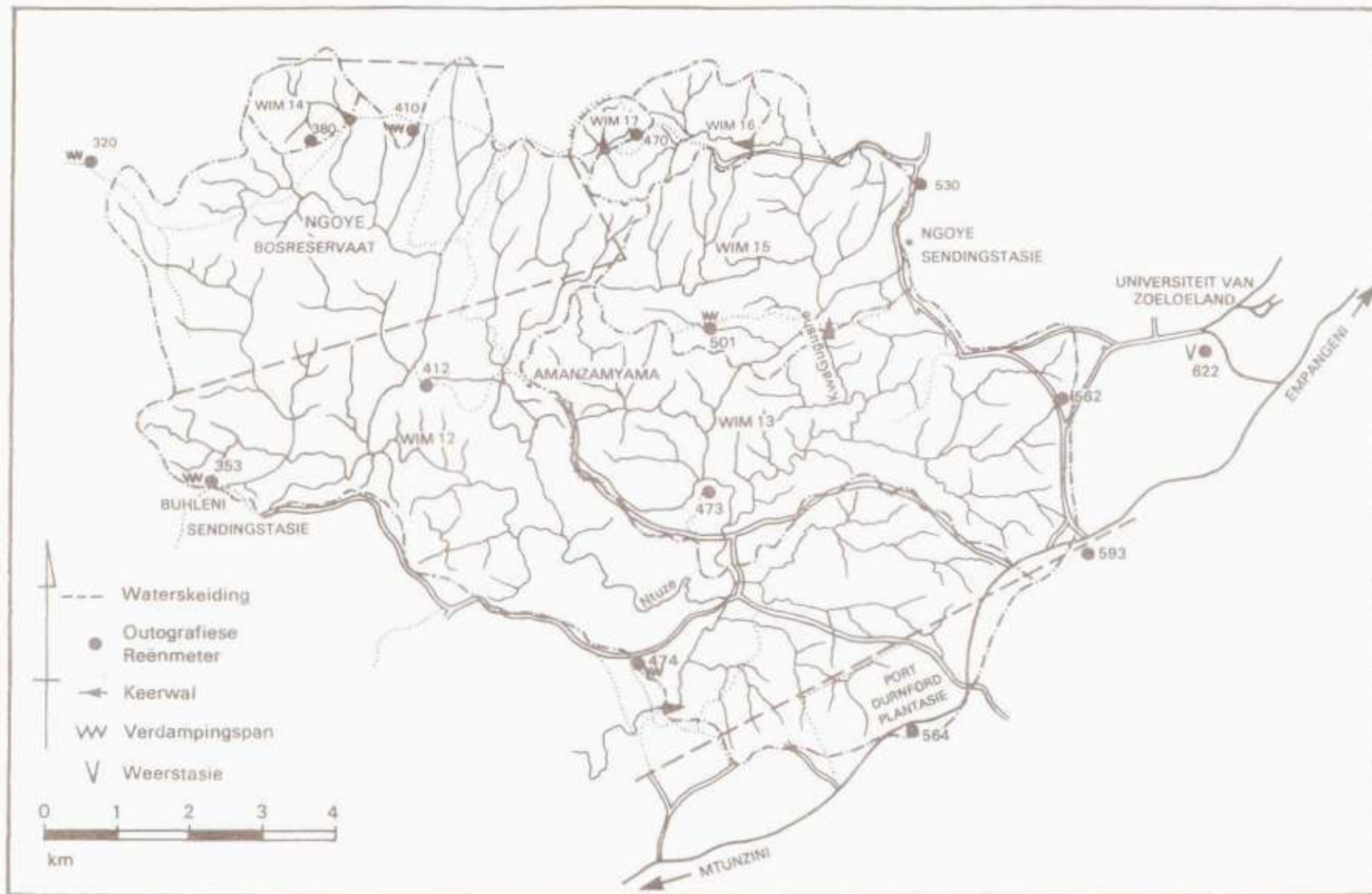


Fig 4.2 Die posisie en tipes instrumente wat gebruik is vir afloopstudies in die Ntuzeriver-opvanggebied

Reënval en afloopdata is sedert 1976 ingesamel en maak hierdie gebied 'n geskikte keuse vir die bestudering van afloopprosesse. Daar is ses afloopmeetstrukture vir watervorsingsdoeleindes gebou, wat die gebied in vyf kleiner opvanggebiede ("nested catchments") (WIM 12, 13, 15, 16 en 17) verdeel met 'n verdere klein opvanggebied (WIM 14) wat later in die Ngoye bos geïnstalleer is. Tesame hiermee is dertien outografiese reënmeteers geïnstalleer (Fig 4.2) om die reënvalverspreiding effektief te kan bepaal. By vier van hierdie reënmeteers is daar ook A-tipe verdampingspanne aangebring. Die instrumentasie en doeltreffendheid daarvan word volledig in 'n verslag deur Hope en Mulder (1979) bespreek.

'n Vollediger toegeruste weerstasie is by die Universiteit van Zoeloeland opgerig en daaglikse data in verband met maksimum en minimum temperature, relatiewe humiditeit, S- en A-pan verdamping, sonskyn, wind en grondtemperatuur is sedert 1975 en daaglikse reënval sedert 1962 ingesamel.

4.2 Klimaat

Die klimaat in hierdie gebied kan in breë trekke beskryf word as 'n subtropiese hoë reënvalgebied. 'n Ondersoek na die maandelikse reënvalspatrone en tendense in die Zoeloelandse opvanggebied (Hope en Mulder, 1979) het op die volgende gedui:

- (i) daar bestaan duidelike bewyse vir die teenwoordigheid van 'n reënshadu in die sentrale gedeelte van die opvanggebied;
- (ii) die patroon van reënvalsverspreiding word deur twee hoof faktore beïnvloed, naamlik die ligging van die gebied ten opsigte van die see en die variasie in hoogte bo seespieël en
- (iii) die orografiese invloed op die reënvalverspreiding is essensiële 'n somer verskynsel terwyl die afstand vanaf die see 'n belangrike rol speel gedurende die winter maande.

Die gemiddelde jaarlikse reënval vir die tydperk 1962 tot 1982 is 1328 millimeter, met 'n maksimum van 1948 millimeter gedurende 1976 en 'n minimum van 800 millimeter gedurende 1980. Die 48 maande lopende gemiddelde reënval (Fig 4.3) dui op 'n lae reënvalperiode gedurende die

sestigerjare terwyl die reënval gedurende die sewentigerjare bo die gemiddelde syfer was. Laasgenoemde grafiek is opgestel deur gebruik te maak van die lopende gemiddelde tegniek (Schultz, 1976), met ander woorde om reënval oor die direk voorafgaande agt en veertig maande te bereken.

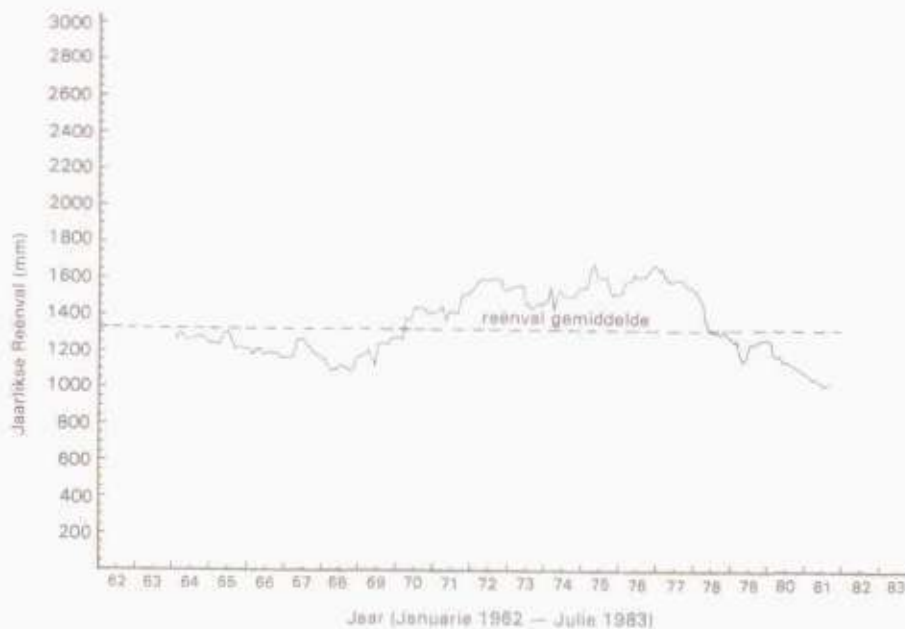


Fig 4.3 Die jaarlikse reënval (stasie 622, Universiteit van Zoeloeland) deur gebruik te maak van 48-maande lopende gemiddeldes.

Die Droë periode wat ingetree het tydens 1979 dui daarop dat afloopdata oor die afloopperseel, wat vanaf 1979 tot einde 1982 ingesamel is nie verteenwoordigend is van die normale wisseling in die aflooppatroon nie. Die hoeveelheid stormwaterafloop wat die afloopperseel opgelewer het was dus teleurstellend laag.

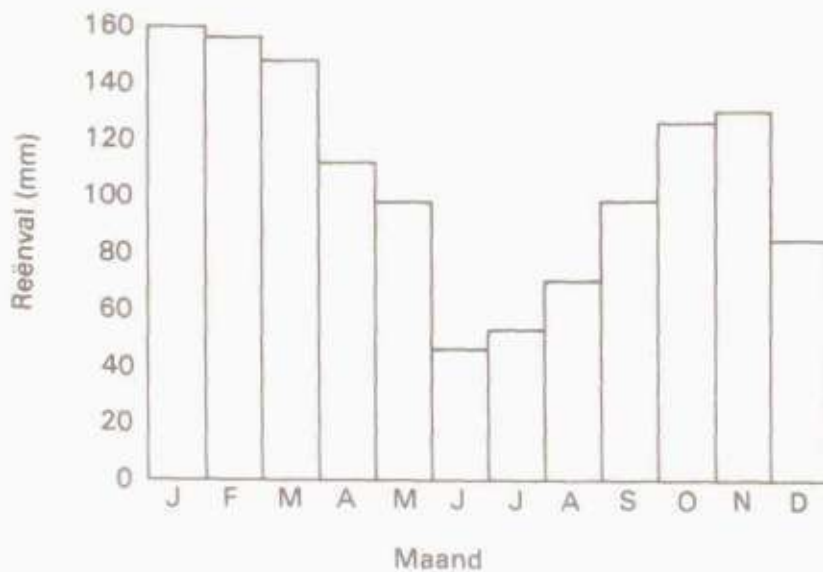


Fig 4.4 Die gemiddelde maandelikse reënvalverspreiding by stasie 622 (1962-1982, Universiteit van Zoeloeland)

Die gemiddelde maandelikse verspreiding van reënval (Fig 4.4) dui daarop dat die hoeveelheid reën gedurende die somermaande gewoonlik heelwat hoër is as gedurende die winter. Daar vind egter 'n effense afname gedurende Desember plaas met 'n skerp styging na 'n maksimum gedurende die eerste kwartaal van die jaar.

Die relatief hoë maandelikse reënvalsyfers, selfs gedurende die wintermaande dui daarop dat die waterinhoud van die grond in hierdie gebied gedurende 'n normale jaar deurlopend hoog is. Hierdie waarneming word ook gestaaf deur die relatief hoë basisvloei wat gedurende die wintermaande gehandhaaf word.

Hoë reënval gedurende die winter is egter nie uitgesluit nie en kom met reëlmaat voor soos wat blyk uit Fig 4.5 waar hoë reënvalsyfers gedurende die winter vir 7 uit die 21 jaar aangeteken is.

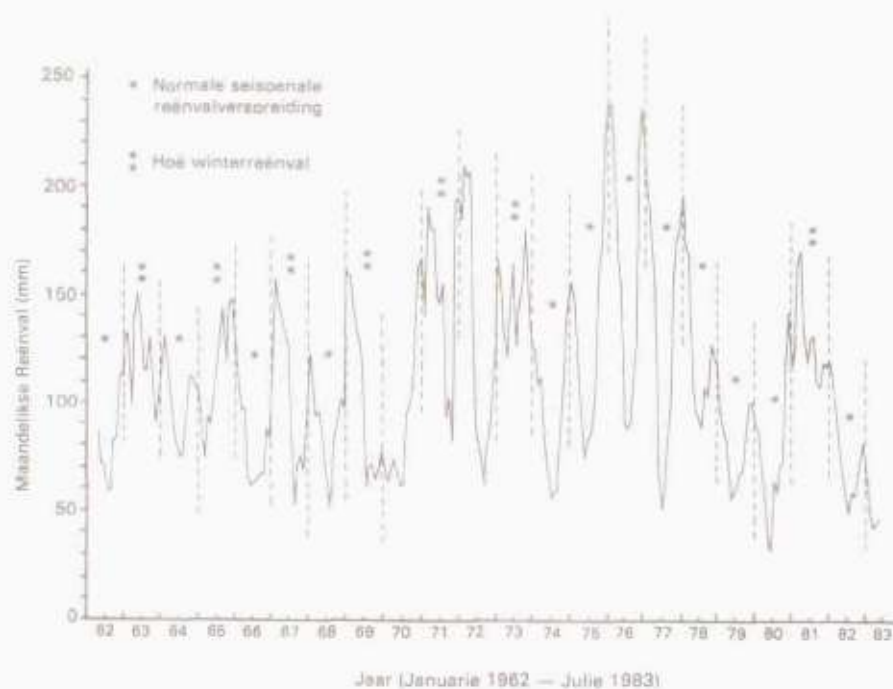


Fig 4.5 Die maandelikse variasie in reënval gebaseer op 6-maande lopende gemiddeldes (Stasie 622 Universiteit van Zoeloeland)

Oppervlakaflow vind plaas wanneer die hoeveelheid water wat toegevoeg word (byvoorbeeld 'n hoër reënvalintensiteit) die infiltrasievermoë oorskrei. Die frekwensieverspreiding van reënvalintensiteite is dus 'n belangrike aspek wat nagegaan moet word.

Die maksimum reënvalintensiteit oor 'n 30 minute periode per dag (I_{30}) is een van die veranderlikes wat bereken word gedurende prosessering van reënvaldata in hierdie gebied (vir beskrywing van prosedures kyk Schulze, 1977). 'n Logaritmiëse transformasie van I_{30} teenoor die kumulatiewe frekwensie (Fig 4.6) dui daarop dat vir 'n totale periode van 30 minute 10 persent van die daaglikse buie 15 mm.h^{-1} , 1 persent 55 mm.h^{-1} , en slegs 0,1 persent 85 mm.h^{-1} oorskrei.

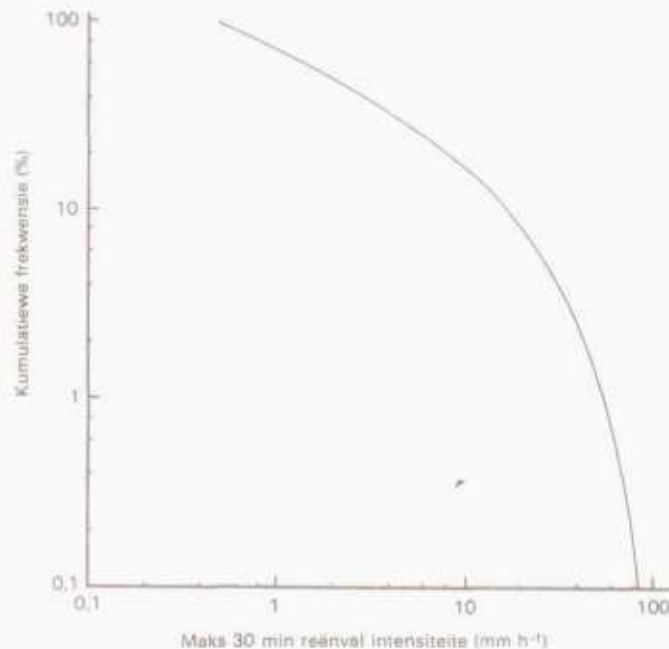


Fig 4.6 Die kumulatiewe relatiewe frekwensie van die daaglikse maksimum 30 min intensiteite in $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$. (Outografiese data verkry van stasie 622, Universiteit van Zoeloeland)

Dit wil dus voorkom asof oppervlakafloop slegs sal plaasvind waar uiters lae infiltrasievermoëns heers. So 'n situasie vind gewoonlik slegs plaas waar kompaksie of waterversadiging van die bgrond plaasgevind het.

Die verspreiding van kinetiese energie wat 'n derivaat is van reënval-intensiteit, is vir hierdie gebied deur Hope en Mulder (1979) geanaliseer. Die bevinding was dat die kinetiese energie per reënvaleenheid ($\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mm}^{-1}$) deur die jaar deurgaans redelik konstant in die omgewing van $10 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mm}^{-1}$ bly met 'n beperkte tendense tot algemene afname vanaf Februarie tot Augustus. Die syfers vir die maande Junie en Julie is egter soortgelyk as dié gedurende die somermaande.

So-en-behalwe presipitasie is evapotranspirasie 'n belangrike faktor wat oppervlakaflow asook die vermindering in grondwaterinhoud beïnvloed. A-pan verdampingsyfers word hier gebruik as indeks om die variasie in evapotranspirasie aan te toon. Hierdeur word alle energiebronne verantwoordelik vir die variasie in verdamping gefintegreer.

Data van vyf A-tipe verdampingspanne het getoon dat die gemiddelde jaarlikse verdamping gewissel het van 1701,5 tot 1938,3 mm. Die verdampingsyfers in Tabel 4.1 dui op 'n toename in verdamping met ooreenkomstige toename in hoogte vanaf 60 tot 180 m bo seespieël. Die lae syfer by stasie 410 is heelwaarskynlik te wyte aan posisie, naamlik die nabyheid van die Ongoye bos en die posisie op die heuwelhang.

Tabel 4.1 Die gemiddelde jaarlikse verdamping by vyf stasies in die Ntuze-opvanggebied

Stasie	Verdamping (mm)	Hoogte bo seespieël (m)
474	1821,7	60
622	1701,5	64
501	1889,0	125
353	1938,3	180
410	1632,1	337

Laasgenoemde twee faktore tesame met hellingsaspek ten opsigte van heersende windrigting oefen 'n wesenlike invloed uit op verdamping en die feit dat alle A-panne behalwe 410 op 'n kruin geleë en omring is deur oop grasveld, kan meebring dat die syfers heelwat hoër is as wat die gemiddelde syfer behoort te wees.

4.3 Geologie en dreinerings

Die dreinerings en stoorvermoë in hierdie gebied word beïnvloed deur rotsstruktuur, topografie, plantegroei, grondtipes en die dikte van die regoliet. Die tipe en struktuur van die onderliggende gesteente tesame met die klimaat het die topografie, grondgenese en verweringsdiepte sterk beïnvloed. Basiese geologiese inligting oor die gebied is nodig om die ondergrondse dreineringspatroon te interpreteer.

Die Ntuze-opvanggebied wat deel uitmaak van die Ngoye gebied is 'n horst wat noord en suid as gevolg van twee na-Karoo'se verskuiwings deur Karoo-sedimente begrens word (Beater en Maude, 1960). Hierdie gebied maak weer deel uit van 'n ooswaartse verlenging van die noordelike rand van die Natalse mobiele gordel in die Empangeni omgewing.

Volgens Charlesworth (1981) word die volgende twee oorverskuiwings-eenhede in hierdie gebied (Fig 4.7) aangetref, naamlik:

- (a) die oorliggende Ngoye oorverskuiwingseenheid (Mfongosi groep) wat hoofsaaklik uit granietgneiss bestaan en
- (b) die steil Matiquulu oorstootgordel (Tugela groep) waarvan vier formasies in hierdie gebied geïdentifiseer is, naamlik die Endloveni-Amfibolietformasie, die Intuze mikagneiss die Buhleni Kwartsveldspatiese en die Thondo Amfibolitiese gneis.

Die gebied word in twee duidelike fisiografiese eenhede deur die twee geologiese groepe verdeel. Naamlik die Ngoye heuwels met tipiese Bornhardt strukture, wat in die noordelike derde van die gebied voorkom en onderlê is deur die Ngoye oorverskuiwingseenheid (Mfongosi groep) terwyl die laer-liggende meer golvende landskap suid van die Ngoye heuwels onderlê is deur die meer verweerbare gesteentes van die Matiquulu oorstootgordel (Tugela groep). Behalwe vir dagsome van kwartsare in die kwartsveldspatiese gneise is blootstellings baie skaars en word gewoonlik net in die belangrikste rivierlope aangetref.

Die Intuze gneis formasie is in die suidooste van die gebied gedurende die middel Pleistoseen bedek met 'n laag aeoliese sand. Volgens Maud (1968) is hierdie materiaal op 'n ou erosieplatform

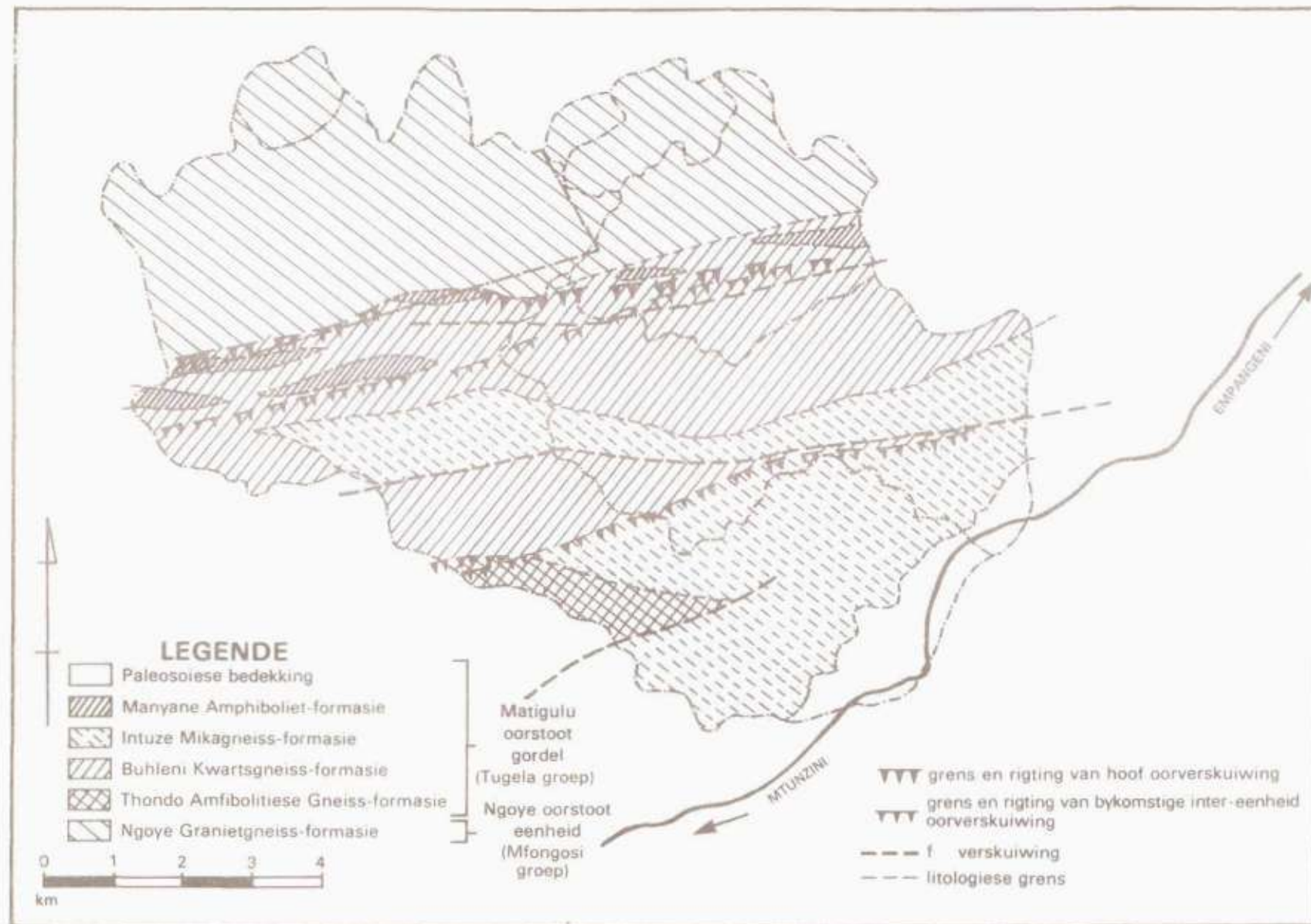


Fig 4.7 Die geologie van die Ntuze-opvanggebied

h hoogte van 115 m bo seespieël aangetref word. h Rolsteen laag, wat egter minder prominent in hierdie gebied voorkom, word op die kontak tussen die rooi sande en verweerde gneis aangetref.

Die dreineerpatroon wat ontwikkel het in die granietgneis, is ruitvormig as gevolg van die kenmerkende parallelle naatsisteem wat in graniete teenwoordig is. Afloopverliese tussen meetstrukture WIM 16 en WIM 17 is bes moontlik as gevolg van dreinerings deur een of meer van hierdie nate na die laer-liggende omgewing noord en suid van hierdie heuwels.

Die dentritiese dreineerpatroon suid van die Ngoye heuwels is die gevolg van die afwesigheid van h duidelike naatsisteem gevolglik vanweë die gesteentes in die Matiquulu gordel meer homogeen.

Die Berea gebied wat onderlê word deur die rooi sande dreineer noordweswaarts na die Gugusherivier wat op sy beurt weer in h weswaartse rigting vloei. Hierdie sande vorm dus h rug tussen die opvanggebied en die see. Die Gugusherivier sluit by die Ntuzerivier aan wat noordwes vloei. Laasgenoemde vloei in die Mhlalazirivier in wat langs die Mhlalaziverskuiwingslyn deur die rooi sande sny om in die see uit te mond.

Die fisiese eienskappe en diepte van die regoliet oefen h groot invloed op die stoorvermoë sodat dieper sones h meer konstante basisvloei verseker. Dieptes van verwerking op die verskillende gesteentes verskil. Die verwerking van gesteentes van die Tugela groep is oor die algemeen redelik diep en is veral opvallend in die mikagneis- en die amfiboliet formasies waar dieptes van tot 30 meter in h gruisgroef waargeneem is. Die regoliet is oor die algemeen vlakker op die kwartsveldspatiese gneise en fonteine of vleiagtige sones in die laer-liggende gebiede kom dikwels aan die stroomop kant van kwartsare voor. Differensiële verwerking langs nate en verskuiwings in die granietgneis van die Mfongosi groep het veroorsaak dat diep verweerde sones ook langs Bernhardvormige blootstellings van gesteentes op die Ngoye heuwels teenwoordig is.

Konstante sypeling van grondwater vanuit die verweerde sone het veroorsaak dat versadigde sponse langs die meeste eerste en tweede orde strome ontwikkel het. Hierdie sponse bly gewoonlik deur die jaar versadig en verseker bykans 'n konstante basisvloei.

4.4 Fisiografie

Die gebied kan in drie fisiografiese eenhede (Fig 4.8) verdeel word, naamlik die Ngoye heuwels, (onderlê deur die Mfongosi groep) die laerliggende golwende landskap (onderlê deur die Tugela groep) en die Berea rooi sande. 'n Uitstaande kenmerk van die eerste twee gebiede is die afwesigheid van konkawe voethange in die groter valleie en selfs ook in eerste orde strome waar permanente sponse in die valleibodems voorkom. 'n Verklaring hiervoor is die relatiewe hoë helling van die middelhange met akkumulasies van alluvium op die valleivloere. Konkawe voethange is weer meer prominent ontwikkel op die Berea rooi sande.

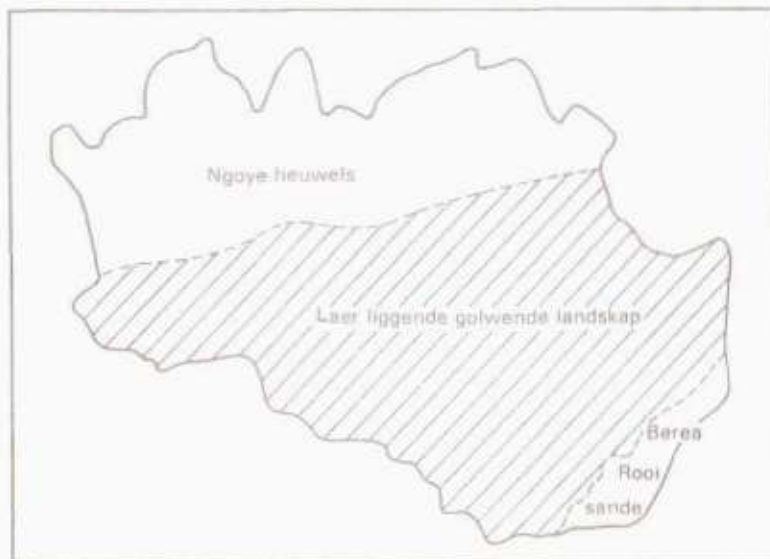


Fig 4.8 Die drie fisiografiese gebiede in die Ntuzi-opvanggebied.

Die Ngoye heuwels beslaan die noordelike derde van die gebied. 'n Ooglopende kenmerk is die voorkoms van 'n breë gedissekteerde plato op 'n hoogte van ongeveer 300 meter, waarin twee valleie in 'n ooswestelike rigting ontwikkel het. Die riviere in hierdie valleie sny deur die suidelike platorand na die laerliggende Matiquulu gebied wat gemiddeld op 'n vlak van 50-100 meter bo seespieël geleë is.

Op die grens tussen die granietgneiss en gesteentes om die Matiquulu gordel is die valleie, veral in die noordwestelike gedeelte diep ingekerf met steil middelhange. In die suidooste en noordwestelike helfte is die terrein van die Matiquulu gebied meer gedissekteer en gebroke waar diep valleie met lang, middelhange en smal kruine voorkom. Die terrein in die suidoostelike helfte is kenmerkend minder gedissekteer.

4.5 Grondsoorte en verspreiding

'n Gedetailleerde bodemopname van die gebied is noodsaaklik om die invloed van die fisiese faktore op infiltrasie en die laterale en vertikale beweging van water te evalueer. Ongelukkig kan geen grondklassifikasie alle fisiese variasies in eienskappe binne die profiel volledig akkomaadeer nie gevolglik is sekere bereike in belangrike grondfisiese parameters gekies waarbinne 'n grondsoort mag varieer. Hierdie parameters en limiete is gewoonlik vir 'n grondserie so gekies dat sekere grondvrugbaarheids-, genetiese- en/of dreineringsseienskappe daarvan afgelei kan word.

In die Binomiese grondklassifikasie wat deur Macvicar et al (1977) voorgestel is word grondsoorte op twee vlakke geklassifiseer, naamlik grondvorm en serie. Elke grondvorm se profiel besit 'n spesifieke opeenvolging van diagnostiese horisonte. Hierdie kombinasies van horisonte is nie toevallig nie maar is unieke geïntegreerde eenhede beïnvloed deur grondvormende faktore. Grondvorms word weer verder onderverdeel in grondseries deur differensiasie op basis van tekstuur, graad van logging, kenmerke van C-materiaal en tot 'n mindere mate kleur.

Gedurende 1978 is 'n gedetailleerde bodemopname van die gebied op 'n skaal van 1:18 000 uitgevoer. Die resultate is saamgevat in 'n verslag deur Hope en Mulder (1979). (Kyk Fig 4.9 vir 'n verkleinde weergawe van die grondkaart).

Dertien grondvorms en 25 series is geïdentifiseer. Posisies van verteenwoordigende grondprofiel en katenas op die grondkaart aangedui.

Tipiese voorbeelde van profielbeskrywings tesame met analitiese inligting is in die addendum ingesluit. In Tabel 4.2 word die grondtipes, hul relatiewe dominansie en kriteria vir serie-identifikasie gegee. Die relatiewe dominansie tesame met die profielnommer van profiele wat gebruik is vir serie differensiasie word ook aangedui. Die oppervlakte beslaan deur elke serie word as volg aangedui:

D - dominant	S - skaars
L - subdominant	T - te klein om apart te karteer

Posisies van verteenwoordigende grondprofile en katenas word op die kaart in Fig 4.9 aangedui. Tipiese voorbeelde van profielbeskrywings tesame met analitiese inligting is in die addendum ingesluit.

Dreineringsring is 'n belangrike faktor in die proses van grondvorming en sekere dreineringskenmerke, wat indirek weer 'n aanduiding gee van infiltrasievermoë, kan vanuit die diagnostiese kriteria en ander kenmerke van 'n spesifieke grondserie afgelei word. Schulze en Arnold (1979) het dan ook op hierdie wyse die dreineringseienskappe gebruik om die Suid-Afrikaanse grondseries in sewe hidrologiese groepe te verdeel. Die vasstelling van die korrekte hidrologiese groep gee 'n aanduiding van 'n grondsoort se infiltrasievermoë en hidrouliese geleibaarheid, wat weer 'n aanduiding gee van die oppervlakaflouppotensiaal. Die sewe klasse waarin die aflouppotensiaal respektiewelik vanaf laag tot hoog varieer is A, A/B, B, B/C, C, C/D en D. In sekere gevalle word 'n serie wat binne een van hierdie hidrologiese klasse val op of af gegradeer deur bykomstige kenmerke soos byvoorbeeld tekstuur, diepte en mate van verdigting van die A-horison, verdigting in die B-horison, topografiese posisie en die teenwoordigheid en diepte van 'n grondwatervlak in ag te neem.

Die graad van dreineringsring en grondwaterinhoud word sterk beïnvloed deur topografiese posisie, hoogte in grondwatervlak, helling en hellingsposisie. Die relatiewe verspreiding en posisie van die

Tabel 4.2 Die indeling van grondseries in die Ntuzelopvanggebied gebaseer op die Binomiese grondklassifikasie vir Suid-Afrika (Macvicar et al 1977)

Vorm	Serie	Profiel en Dominansie	Dominante horison vir Seriedifferensiasie				Algemeen
			Horison	Klei %	Sandgraad	Graad van logging	
Clovelly	Oatsdale	9 ; L	B ₂₁	15-35	ongedifferensieer	Distrofies	
	Cv 16						
	Southwold	8 ; T	B ₂₁	15-35	ongedifferensieer	Mesotrofies	
	Cv26						
Dundee	Dundee Dul0	33; S	C	6-35	medium		
Fernwood	Trafalgar	19,13,30;D	C	0-6	grof	pH < 6	nat sande; suur
	Fw32						
Glenrosa	Robmore	2,4,5,15,21,22,D	A		grof	nie-kalkhoudend	
	Gsl8						
	Saintfaiths	24; D	A		ongedifferensieer	nie-kalkhoudend	nie-kalkhoudend in of direk onder B-horison
Hutton	Clansthal	25,31,32;D	B ₂₁	6-15	medium	mesotrofies	
	Hu24						
	Hutton	10,27,28,29;L	B ₂₁	15-35	ongedifferensieer	distrofies	
	Hu16						
	Msinga	44; S	B ₂₁	15-35	ongedifferensieer	mesotrofies	
Katspruit	Katspruit	11,12,26;T	G			pH < 6,6	
	Ka10						
Kroonstad	Katarra		E	0-6	grof		B-horison > 25 % klei
	Kd22						
Longlands	Vaalsand	18; S	E	6-16	grof		
	Lo31						
	Albany	40;T	E	15-35	medium		
	Lo22						
	Chitisa	49;S	E	15-35	grof		
Mispah	Lo32						
	Mispah	3,17;T	A			nie-kalkhoudend	A-horison direk op rots
Oakleaf	Msl0						
	Jozini	41,43,48; S	B ₂₁	15-35	ongedifferensieer		B-horison dominant nie-rooi
Shortlands	Oa36						
	Bokuil	47,37;S	B ₂₁	15-35	ongedifferensieer	mesotrofies	
	Sd10						
	Argent	20,23;S	B ₂₁	35-56	ongedifferensieer	eutrofies	
	Sd11						
Swartland	Rosehill	14;T	B ₂₁	15-35	ongedifferensieer	nie-kalkhoudend	B-horison dominant nie-rooi
	Sw30						
	Skilderkrans	46,34,16;T	B ₂₁	35-55	ongedifferensieer		B-horison dominant rooi
Westleigh	Sa11						
	Paddock	42;T	B ₂₁	6-15	grof		
	We31						
	Rietvlei	45;T	B ₂₁	15-35	fyn		
	We12						
	Davel	35;L	B ₂₁	15-35	grof		
	We32						
	Sibasa	L	B ₂₁	> 35	ongedifferensieer		

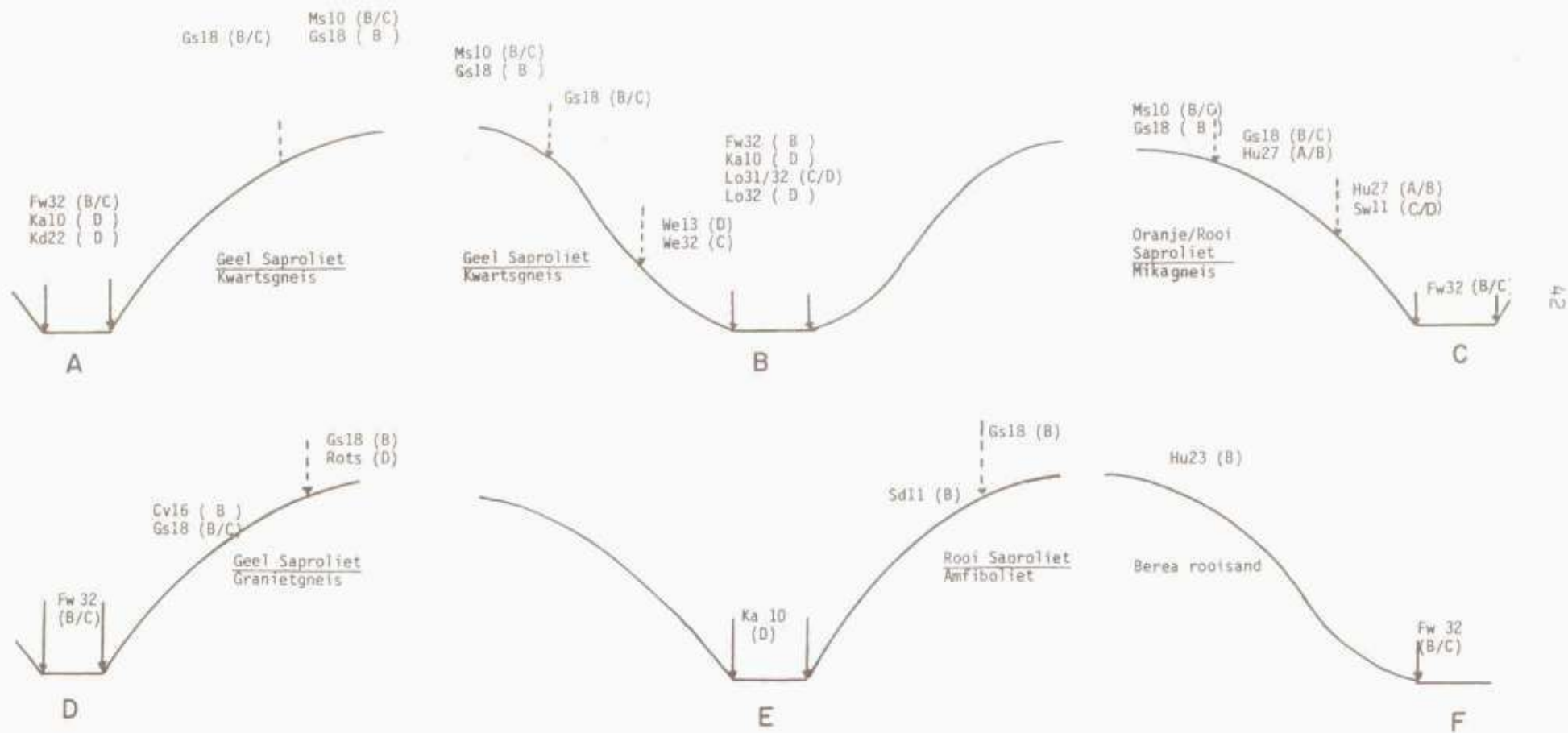


Fig 4.10 Die interne dreinerings en posisies van grondseries in verskillende katenas wat geneties beïnvloed word deur die onderliggende moedermateriaal (Kyk Tabel 4.2 vir verklarings van seriesimbole)

dominante en subdominante grondseries soos beïnvloed deur die onderliggende gesteentes word in Fig 4.10 geïllustreer. Die graad van dreinerings- en aflooppotensiaal deur die verskillende hellingskomponente word geïllustreer deur gebruik te maak van die hidrologiese indeling. Volgens die hidrologiese indeling word series in die valleibodems afgegradeer en series op die middelhange en kruine opgegradeer. Katena B verteenwoordig 'n vereenvoudigde seksie deur eerste orde valleie wat onderlê word deur kwartsgneis, terwyl katena A 'n voorbeeld van seksies deur 2de en hoër orde riviervalleie verteenwoordig. Gewoonlik is die valleivloere versadig en vorm dus sponse wat die basisvloei deurgaans voed. Waar die helling van die stroomkanaal egter te steil is (kyk seksie B) of die alluviale materiaal dik genoeg is soos langs die twee hoofstrome is die grondwatervlakke nie meer aan die oppervlak nie. In laasgenoemde twee gevalle word die oppervlakafloop weer deur die fisiese eienskappe van grondprofile bepaal.

4.6 Natuurlike plantegroei

Die natuurlike plantegroei in hierdie gebied kan in drie kategorieë verdeel word, naamlik:

- (i) Grasveld,
- (ii) inheemse woude, en
- (iii) plantegroei geassosieer met valleivloere.

4.6.1 Grasveld

Die dominante grasspesie in hierdie gebied is Aristida junciformis wat lokaal algemeen bekend staan as Ngongoni. Die rede hiervoor is oorbeweidings met die gevolg dat die smaakliker grastipes byna totaal vernietig is. Waar die grasveld egter meer beskerm is soos binne die Port Durnford plantasie en die Ngoye woud word ander grastipes aangetref. Spesies soos Paspalum commersonii en Hyparrhenia filipendula is deur Venter (1971) as die twee dominante tipes binne die bosreservaat uitgeken. Oorbeweidings binne laasgenoemde gebied het oor die afgelope drie jaar gedurende die droogte egter ontstellende afmetings aangeneem en Aristida junciformis is vinnig besig om as dominante spesie oor te neem.

4.6.2 Inheemse woude

Die Ngoye reservaat bestaan hoofsaaklik uit natuurlike woud met uitlopers wat in die valleie van veral die dieper ingesnyde riviere voorkom. Laer-af op die oewers van die Ntuzerivier kom wortelbome (Barringtonia racemosa en Ficus hipopotami) algemeen voor tot ongeveer 'n kilometer stroomop vanaf die vloeiemeetstruktuur W1M 12 (Fig 4.2). Die wortelbome tesame met ander subtropiese bome en struike laer-af langs die Ntuzi en Gugusheriviere beïnvloed dan ook die stroomsnelheid tydens vloede.

Die Ngoye woud is deur Huntley (1965) beskryf as 'n woud met kenmerke wat neig na dié van 'n tropiese reënwood. So 'n woud bestaan kenmerkend uit vyf strata, naamlik die hoër boomstratum, kleiner bome, swak ontwikkelde struike en veldlae, volop epifiëte en lianes wat kol-kol voorkom. Organiese materiaal vorm 'n digte mat op die oppervlak maar is nie so dik as wat aanvanklik vermoed is nie omdat oksidasie blykbaar betreklik vinnig plaasvind. Die bogrond is egter ook ryk aan humus en poreus wat dus 'n hoër infiltrasievermoë verseker. Oppervlakafloop vanaf heuwelhange is hier waarskynlik beperk.

4.6.3 Plantegroei geassosieer met valleivloere

Afgesien van die inheemse woude en wortelbome op die oewers van die hoofstrome word Aristida junciformis weer op die dikker, beter gedreineerde, sanderige alluvium (Dundee) aangetref.

4.7 Grondgebruik

Vier afsonderlike landbougebruike is in hierdie gebied geïdentifiseer naamlik:

- (i) Boomplantasies;
- (ii) dekgewasse;
- (iii) rygewasse, en
- (iv) weiding

4.7.1 Boomplantasies

Die Port Durnford plantasie beslaan 'n groot gebied in die suid-

oostelike gedeelte van die opvanggebied wat grens aan die teerpad tussen Empangeni en Mtunzini. Die bome wat aangeplant is, is hoofsaaklik Eucalyptus paniculata, Eucalyptus maculata en veral Eucalyptus saligna (Steyn, 1968). Die feit dat die plantasie geheel en al op die Berea sande (Clansthallserie) voorkom bring mee dat oppervlakafloop langs heuwelhange hier ook onwaarskynlik is. 'n Aantal kleiner plantasies wat ongeveer 'n hektaar beslaan kom ook verspreid binne die reservaat voor.

4.7.2 Dekgewasse

Met die uitsondering van 10 hektaar waar koffie eksperimenteel verbou word is suikerriet die enigste kontantgewas wat verbou word.

Hierdie gewas word suid van die Port Durnford plantasie ekstensief verbou op blanke plase, geleë op die Clansthallserie wat op die Berea gevorm het. Binne die trustgebied is groot oppervlaktes in die oostelike helfte onder suikerriet, wat uit talle klein plasies van 10 hektaar of minder bestaan en deur swart boere bewerk word. Die oostelike deel van die gebied wat in die trustgebied val is uiters geskik vir die verbouing van suiker omdat die grond hier dieper is en kliplyne nie so prominent is nie. Die terrein is ook gelyker en die infrastruktuur is beter ontwikkel.

Suikerriet is 'n dekgewas en oppervlakafloop vind waarskynlik alleenlik plaas as die plante nog jonk is. Die brand van volwasse riet voor dit geoes word laat min organiese materiaal agter en dit is gedurende hierdie stadium waartydens die potensiaal vir oppervlakafloop en erosie 'n maksimum bereik.

4.7.3 Rygewasse

Gewasverbouing op klein lappies grond, waarvan die grootte wissel van ongeveer een tot vyf hektaar, kom algemeen binne die trustgebied voor. Hierdie landjies word op 'n onbeplande wyse geroteer en vergroot of verklein afhangend van die reënvalverspreiding, gesinsbehoeftes en beskikbaarheid van arbeid. Die belangrikste gewasse wat verbou word is amadumbe (soort styselgewas), mielies, boontjies, patats en grondboontjies.

Sekere landerye in die natter valleivloere word veral vir amadumbeverbouing aangewend en sponse word dikwels hiervoor gedreineer. Indien hierdie praktyk sou uitbrei kan dit moontlik lei tot die verlaging in die grondwatervlak en 'n groter fluktuasie in basisvloei. Dit wil verder voorkom of die droër landjies teen die heuwelhange geen wesenlike erosiegevaar inhou nie vanweë die oppervlaktes grasveld wat dit omring en waardeur die stroomsnelheid van die oppervlakafloop gekondisioneer word.

4.7.4 Weiding

In 'n verslag deur Steyn (1968) is die dravermoë op ongeveer twee hektaar per grootvee-eenheid gestel terwyl die werklike veebelading toe alreeds op 1,5 hektaar per grootvee-eenheid was. Hierdie syfer behoort vandag alreeds heelwat laer te wees vanweë 'n toename in suikerrietaanplantings en populasie. Die agteruitgang is duidelik waarneembaar binne die bosreservaat waar, ten spyte van 'n poging om die beesgetalle te beheer, die getalle drasties toegeneem het. Die rede hiervoor is moontlik 'n gevolg van die omheining van die reservaat sodat beeste sonder toesig kan wei om sodoende die druk op 'n tekort aan weiveld binne die trustgebied asook die probleem van skoolgaande beeswagters te verlig. Vanweë die lae voedingswaarde van die Aristida junciformis is dit 'n algemene praktyk om dit onder beheer te brand gedurende die wintermaande. Hierdie areas is gewoonlik klein en herstel gewoonlik redelik vinnig sodat die verhoogde aflooppotensiaal wat die gevolg hiervan mag wees tot 'n minimum beperk is.

Die bevolkingsaanwas en verbeterde ekonomiese toestande het veroorsaak dat die gebruik van motorvoertuie toenemend druk op die omgewing plaas. 'n Onbeheerde en onbeplande toename in die netwerk van grondpaaie veroorsaak 'n geweldige toename in erosie as gevolg van die versnelde turbulente oppervlakafloop op die gekompakteerde oppervlakke.

4.7.5 Kwantitatiewe verspreiding

Die relatiewe belangrikheid van grasveld as reënvalopvanggebied word in Tabel 4.3 aangetoon. Inligting oor die huidige grondgebruik is

bekom deur middel van lugfotos (taak 608:1969) en Ortofotokaarte wat saamgestel is uit lugfotos wat gedurende 1979 gevlieg is. Weiding deur beeste is hier nog steeds die belangrikste grondgebruik, terwyl die toename in suikerverbouing oor tien jaar duidelik waarneembaar is.

Tabel 4.3 'n Kwantitatiewe voorstelling van die grondgebruikspatroon in die Nuze-opvanggebied gedurende 1969 en 1979

Grondgebruik	Persentasie	
	1969	1979
Natuurlike woud	20,4	20,4
Plantasie	3,4	3,4
Suikerriet	5,0	6,9
Koffie	0,02	0,02
Ander akkerbougewasse	3,7	2,8
Natuurlike weiding	66,6	65,6
Ontblote rots	1,0	1,0

Hoofstuk 5

DIE INVLOED VAN SEKERE GRONDFISIESE
VERANDERLIKES OP INFILTRASIEVERMOË

5.1 Inleiding

Die invloed van die verskillende grondfisiese faktore op die infiltrasievermoë is in hoofstuk drie beklemtoon. Behalwe vir grondwaterinhoud kom die relatiewe belangrikheid van die verskillende faktore vir die voorspelling van infiltrasievermoë nie duidelik na vore nie. Die relatiewe invloed wissel ook van een grondsoort na 'n ander terwyl ander faktore soos klimaat, topografiese posisie en plantegroei ook nog 'n rol speel.

'n Hele aantal wiskundige vergelykings om infiltrasie te beskryf is in die literatuur voorgestel waarin gepoog is om hierdie probleem te oorbrug. Sommige vergelykings is empiries terwyl ander soos dié van Philip (1957) teoreties is en gebaseer is op grondfisiese eienskappe. Die gebruik van hierdie vergelykings om die gedrag van verskillende grondtipes en toestande te beskryf is egter moeilik vanweë die probleme om betroubare data in die veld te genereer.

Die eerste vergelyking vir die bepaling van infiltrasievermoë ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$) is gedurende 1911 deur Green en Ampt (aangehaal deur Mein en Larson, 1973) en is as volg:

$$f = K \left[1 + (M_d \cdot S_k / F) \right] \quad \dots\dots\dots 5.1$$

waar

- K = versadigde hidrouliese geleibaarheid ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$)
- M = aanvanklike water tekort tot by versadigingspunt (mm^3)
- S_k = kapillêre suiging (mm) in die benattingsfront en
- F = kumulatiewe infiltrasie (mm)

Alle veranderlikes van hierdie empiriese vergelyking is redelik maklik in 'n laboratorium bepaalbaar, behalwe in die geval van S_k wat verskillend vertolk word (Philip, 1957; Mein en Larson, 1973). Die benattingsfront moet in hierdie geval as 'n duidelike skeiding voorkom.

So 'n skeiding is wel duidelik waarneembaar in 'n grond met 'n hoë sandinhoud maar kom voor as 'n diffuse skeiding in 'n grond met 'n hoë kleinhoud.

Die twee bekendste empiriese vergelykings vir infiltrasievermoë is dié van Horton en Kostiaikov soos beskryf deur Swartzendruber en Hillel (1973).

Die Kostiaikov vergelyking is as volg:

$$f = Bt^{-N} \quad \dots\dots\dots 5.2$$

B en N is konstantes, en dié van Horton (1940):

$$f = f_c + (f_o + f_c)e^{-kt} \quad \dots\dots\dots 5.3$$

f_c , f_o en k is konstantes. Volgens Mein en Larson (1973) is die parameters in beide vergelykings moeilik om te bepaal omdat hulle nie direk gekoppel kan word aan meetbare fisiese eienskappe van grond nie.

Swartzendruber en Huberty (1958) het die parameters van die Kostiaikov vergelykings met dié van 'n afgeleide vergelyking van Philip (1954) vergelyk. Die vergelyking is as volg afgelei:

$$\frac{dF}{dt} = \frac{atb}{F} \quad \dots\dots\dots 5.4$$

waar F die kumulatiewe infiltrasie (mm) verteenwoordig. Die konstantes a en b kan verkry word deur die fisiese faktore naamlik grondwaterinhoud drukhoogte gradient, waterviskositeit geleibaarheid van 'n homogene grondprofiel te bepaal. Hierdie ondersoek het getoon dat die vergelyking van Philip (1954) se parameters geensins statisties beter vertoon het as die heelwat eenvoudiger vergelyking van Kostiaikov nie.

Philip (1957) het nog 'n vergelyking afgelei, naamlik:

$$f = \frac{1}{2} St^{-\frac{1}{2}} + f_c \quad \dots\dots\dots 5.5$$

Die absorpsievermoë S ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-\frac{1}{2}}$) het die kapillêre vermoë om water op te neem en is soortgelyk aan die eienskap permeabiliteit.

Eersgenoemde kan met behulp van 'n ringinfiltreerder bepaal kan word en gee die helling van die lyn wanneer F teen t gestip word. Die waarde f_c word as die finale infiltrasievermoë geïnterpreteer wat vir praktiese doeleindes gelyk is aan en neig na die hidrouliese geleibaarheid wanneer t neig na oneindig.

Vir die berekening van oppervlakaflow in die SCS-afloopmodel is die volgende vergelyking deur Aron, Miller en Lakatos (1977) ontwikkel:

$$Q = P_e - F = \frac{P_e^2}{P_e + S} \quad \dots\dots\dots 5.6$$

waar

- P_e = potensiële afloop (mm)
- Q = geakkumuleerde afloop teen tyd (mm)
- S = maksimale terughou vermoë van water (mm)

Die waarde S is vir alle praktiese doeleindes die waterhouvermoë teen veldkapasiteit en word verkry deur die gebruik van kurwe-nommers wat gebaseer is op die groepering van grond wat gebaseer is op hidrologiese eienskappe, grondgebruike en antesedente grondwaterinhoud (Schultze en Arnold, 1979).

Die belangrikheid van die grondwaterinhoud vir die bepaling van veral die aanvanklike infiltrasietempo is statisties deur Tisdall (1951) beklemtoon. Skattings van die hoeveelheid antesedente grondwater, vir gebruik in die SCS model, word indirek gedoen deur die vyf dae-antesedente reënvaltotaal met die seisoen te integreer of verder te verfyn deur gebruik te maak van antesedente afloop en evapotranspirasiesyfers soos voorgestel deur Hawkins (1978). Die gebruik vir die totale reënval vir die voorafgaande vyf dae om die onversadigde grondwaterinhoud te bereken het egter nie altyd as geslaagd voorgekom nie en 'n langer periode is deur Hope (1980) voorgestel.

Uit die voorafgaande bespreking is dit duidelik dat parameters vir die

bepaling van die infiltrasiekurwe op twee maniere verkry kan word, naamlik:

- (i) deur direkte meting van infiltrasie van en in sekere gevalle die bepaling van fisiese parameters, soos vir die empiriese vergelykings van Green en Ampt, Kostiaikov en Horton, of
- (ii) deur die meting van sekere grondfisiese parameters soos in die teoretiese vergelykings van Philip (1957).

Vanweë tyd wat metode (i) in beslag neem, wil dit voorkom of die tweede opsie die meer aantreklike een is. Die fisiese parameters wat in laasgenoemde geval gebruik word kan egter alleenlik met behulp van gesofistikeerde apparaat in 'n laboratorium uitgevoer word en die vergelykings is redelik gekompliseerd. Vanweë die groot variasie in grondtoestande, is die ideaal 'n vergelyking wat bestaan uit grondfisiese parameters wat maklik in die veld of laboratorium bepaal kan word. 'n Kombinasie van die belangrikste parameters kan ook direk gebruik word as infiltrasie indekse vir die voorspelling van oppervlakaflow langs heuwelhange.

5.2 Doel van die ondersoek

Die doel van hierdie gedeelte van die ondersoek kan as volg saamgevat word:

- (i) Om die variasie in infiltreerbaarheid van die grondsoorte wat algemeen in die Ntuze opvanggebied voorkom te bepaal en om dit te vergelyk met die hidrologiese groepe van die SCS-model.
- (ii) Om te bepaal watter grondfisiese faktore in hierdie omgewing op verskillende stadia die verloop van die infiltrasiekurwe beïnvloed. Daar sal hier veral gelet word op die aanvangstadium (f_0) en die finale stadium (f_c) wanneer 'n min of meer konstante tempo bereik is.
- (iii) Die moontlikheid te ondersoek om sekere parameters as indekse te gebruik vir die voorspelling van infiltrasievermoë.

5.3 Metode van ondersoek

5.3.1 Infiltrasie

h Totaal van 31 persele is binne die gebied uitgesoek wat die dominante en subdominante grondseries, met die uitsondering van die series Jozini (Oa 36), Vaalsand (Lo 31) en Rosehill (Sw 30) verteenwoordig. Laasgenoemde drie series beslaan nie groot oppervlaktes nie maar kom dikwels op die oorgang tussen die middelhange en valleivloere voor. Vier persele is ook gekies om die grondsoorte wat in die afloopperseel voorkom, geleë op die universiteitsterrein, te verteenwoordig. Die persele is meestal Toporeeks langs h katena uitgesoek om die veranderende infiltrasievermoë soos beïnvloed deur verandering in grondeienskappe wat gepaardgaan met verandering in grondserie en diepte na te gaan. Die posisies waar die metings gemaak is val ook gewoonlik saam met nabygeleë profielgate, waarvan beskrywings en analitiese data in die addendum verskyn (kyk Fig 4.9 vir posies van profielgate).

Die motivering vir die keuse van persele in die grasveld buite die valleibodems vir die bepaling van infiltrasievermoë is die volgende:

- (i) die infiltrasietempos in die natuurlike woude en suikerrietlande is gewoonlik hoog is en die oppervlakaflow gevolglik laag is,
- (ii) die laagliggende gebiede is gewoonlik versadig, en
- (iii) die grasveld beslaan die grootste oppervlakte (kyk Tabel 4.2) en is dus hoofsaaklik vir afloop verantwoordelik.

Die apparaat wat gekies is vir die bepaling van infiltrasie is die dubbelringinfiltrometer. Die konstruksie en toepassing word volledig deur Bertrand (1965) beskryf. Die apparaat bestaan hoofsaaklik uit twee vleklose staal ringe met h hoogte van 300 millimeter en deursnee van 150 en 300 millimeter respektiewelik, wat tot h diepte van ongeveer 150 millimeter, met behulp van h swaar staalplaat, eweredig in die grond ingedryf word (kyk Fig 5.1).

Met die aanvang van h infiltrasie-eksperiment word water in beide die binne- en buitering so gou as moontlik tot op h vlak van 100 millimeter gebring en die tyd word geregistreer. h Stuk hes

(sakmateriaal) is vooraf in die binning geplaas om versteuring van die grondoppervlak te verhoed. Die watervlak in die binning is deur middel van 'n flotterkamer konstant gehou, waar dit aan die

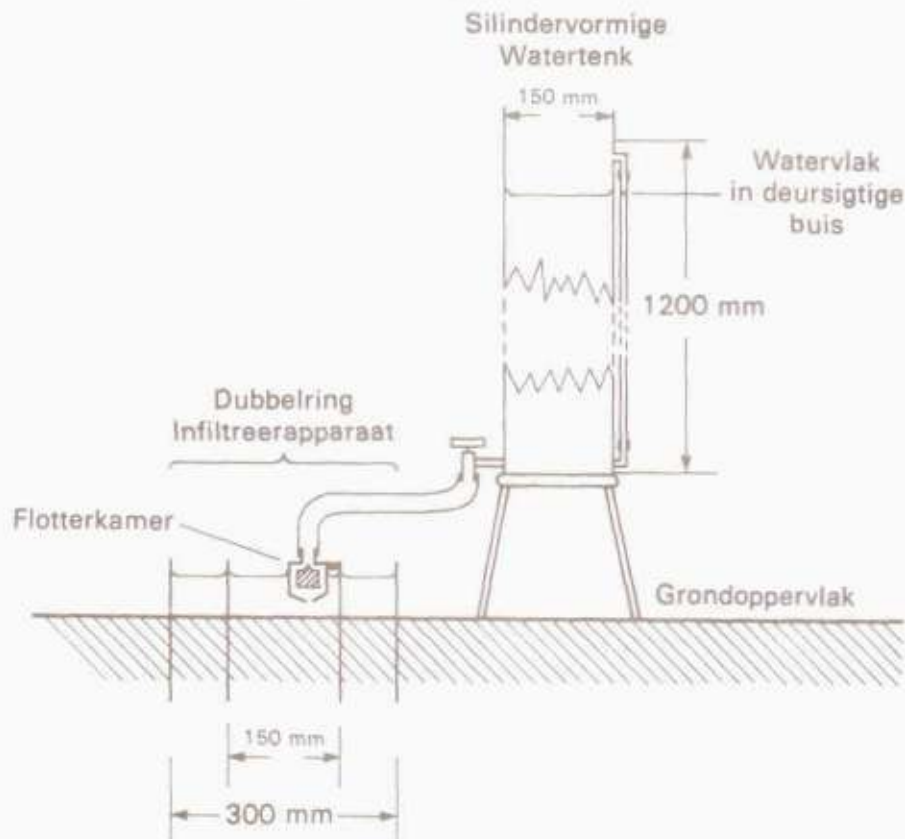


Fig 5.1 Die opgestelde dubbelringinfiltreerder met 'n silindervormige watertenk.

eksterne waterbron in die tenk gekoppel is terwyl die vlak in die buitering met die hand aangevul word.

Die dalende vlak is na 5 en 10 minute en dan met langer wordende tussenposes gelees totdat die tempo min of meer konstant bly. Die verloop van so 'n meting duur gemiddeld 4 uur, afhangende van grondtipe en aanvanklike waterinhoud van die grond.

Spesifieke infiltrasiedata, soos wat in Tabel 5.1 weergegee word, is vanaf die opgestelde infiltrasiekurwe afgelees (kyk Fig 5.2).

Hierdie data tesame met die grondfisiese eienskappe en kenmerke is in 'n dataleër geplaas vir statistiese verwerking.

Tabel 5.1 Progressiewe tydafhanklike veranderlikes in infiltrasietempo en simbole soos gebruik in die meervoudige regressiemodel

Infiltrasie gegewens	Infiltrasie	na 2 minute	f_2
	vermoë	na 5 min	f_5
	$(\text{mm} \cdot \text{h}^{-1})$	na 10 min	f_{10}
		na $\frac{t_c}{2}$ min	$f_{c/2}$
		finale tempo	f_c
	Kumulatiewe infiltrasie totdat f bereik is (mm)		F_c
	Tyd geneem tot by f_c (min)		t_c

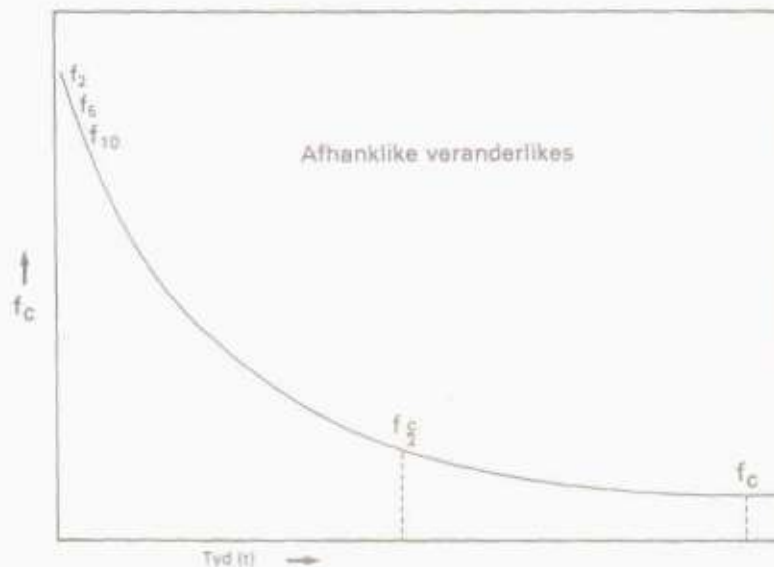


Fig 5.2 Die tydafhanklike veranderlikes en simbole op die infiltrasiekurwe

Die keuse het op hierdie apparaat geval, eerder as op 'n reënvalsimuleerder, as gevolg van die laer koste, vervoerbaarheid asook die relatief kleiner hoeveelhede water benodig wat dikwels oor 'n ruwe terrein gekarwei moes word.

Die fisiese kenmerke van 'n grondserie kan selfs oor 'n kort afstand aansienlik varieer en daar is gevind dat die finale infiltrasievermoë van 30 tot selfs 100 persent mag varieer (Turner en Sumner, 1978). Hierdie probleem is ondersoek deur die finale infiltrasievermoë van 10 punte binne 'n oppervlakte van 10 m^2 te bepaal. Die grondsoort wat gekies is, is die Robmoreserie wat dominant in die opvanggebied voorkom. Hierdie resultate verskaf dus 'n idee van die bereike waartussen infiltrasievermoëns binne 'n sogenaamde homogene karteereenheid varieer.

Merkbare verskille in infiltrasievermoë tussen verskillende grondtipes word egter tenspyte van bogenoemde variasie waargeneem. Die rede hiervoor is dat die grondfisiese eienskappe tussen verskillende grondtipes meer as binne dieselfde tipe verskil. Sodoende is daar besluit om soveel as moontlik metings op verskillende plekke uit te voer as om net op die variasie binne een grondsoort te konsentreer.

5.3.2 Faktore wat die infiltrasievermoë van grond beïnvloed

Om enige fisiese parameter te gebruik vir die voorspelling van infiltrasievermoë of as indeks daarvan, so prakties moontlik te hou moet daar gepoog word om die analitiese tegnieke so eenvoudig moontlik te hou en die hoeveelheid monsters tot 'n minimum te beperk. Daar is dus besluit op 'n reeks eenvoudige metings waar maklik herhaalbare metings die veld en bykomende ontledings in die laboratorium uit te voer om te bepaal watter van die fisiese parameters die grootste invloed op die infiltrasievermoë het.

Sewe metodes is geselekteer om die fisiese eienskappe te bepaal en hieruit kon inligting oor agtien parameters verkry word (kyk Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Die grondfisiese parameters met simbole wat gebruik is in die meervoudige regressiemodel

	Dikte van die A-horison (mm)	A_D	
	Organiese materiaalinhoud van die A-horison (%)	A_{om}	
	Brutodigtheid ($gm.cm^{-1}$)	ρ_b	
Tekstuur (%)	A-horison	Sand	Sa_A
		Slik	Sl_A
		Klei	Kl_A
	Ondergrond (diepte > 400 mm)	Sand	Sa_B
		Slik	Sl_B
		Klei	Kl_B
Waterinhoud (%)	0 - 49,9 mm	θ_{m1}	
	50 - 99,9 mm	θ_{m2}	
	100 - 299,9 mm	θ_{m3}	
	300 - 499,9 mm	θ_{m4}	
	500 - 1 000 mm	θ_{m5}	
Grootte= verspreiding van porieë (%)	porieë < 0,03 mm	$P_{,03}$	
	porieë < 0,05 mm	$P_{,05}$	
	porieë < 0,075mm	$P_{,075}$	
	porieë < 0,15 mm	$P_{,15}$	

Alle verwerkte laboratorium en velddata oor hierdie parameters tesame met die infiltrasie data is in die rekenaar op lêer geplaas. Die data in tabelvorm verskyn ook in die addendum.

Monsters is binne 'n radius van 1 meter vanaf die posisie waar infiltrasievermoëns gemeet is geneem. Afgesien van die dikte van die A-horison is die volgende tegnieke toegepas om inligting te verkry.

- (a) Grondwaterinhoud: Vyf monsters is op verskillende dieptes (kyk Tabel 5.2) met behulp van 'n grondboor verkry en in plastieksakkies verseël. Die persentasie waterinhoud is gravimetries bepaal deur dit nat te weeg en vir ± 24 uur in 'n oond teen 105°C te droog en weer te weeg (Briggs, 1977).
- (b) Organiese materiaalinhoud: Die monster wat vir die bepaling van waterinhoud op 'n diepte van 50-99,9 millimeter diepte verkry is, is vir 'n verdere 12-16 uur teen $400-500^{\circ}\text{C}$ gehou om die organiese materiaal te verbrand en die persentasie organiese materiaal is bereken. Hierdie metode lei egter tot 'n effense oorskatting omdat verliese van koolstofdiksied uit karbonate en water en hidrosiedgroepe vanaf kleie. Ball (aangehaal deur Hesse, 1971) het egter bevind dat die grootste verliese egter eers teen temperature van $450^{\circ}-600^{\circ}\text{C}$ plaasvind. Die verliese in karbonate behoort egter minimaal te wees vanweë die afwesigheid van karbonate in grondseries in hierdie omgewing.
- (c) Brutodigtheid: Hierdie parameter is die verhouding van die droë massa tot volume. 'n Gat is deur middel van 'n grondboor tot op 'n diepte van ongeveer 150 millimeter gemaak en al die grond is sorgvuldig bymekaar gemaak om die droë massa te kan bepaal. Die volume is in situ verkry deur gebruik te maak van 'n volume-meter (kyk Fig 5.3). Water word afwaarts in 'n ballon in die gat geforseer om die ruimte te vul deur die inpomp van lug in die omgekeerde silinder. Die verplaasde volume water vanuit die maatsilinder gee die volume van die holte.

Hierdie tegniek vir die bepaling van volume, is afgesien van die tydsbesparing, meer doeltreffend as die standaard wasverseëlingstegniek wat in 'n laboratorium uitgevoer moet word (British Standards Inst, 1967). Laasgenoemde tegniek gee veral probleme indien die brutodigtheid van sanderige of brokkelrige monsters bepaal word.

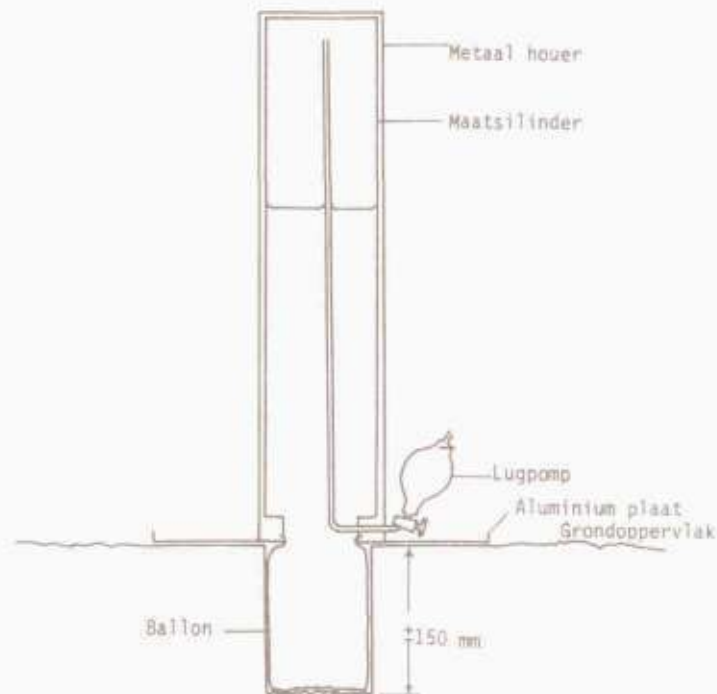


Fig 5.3 'n Vereenvoudigde voorstelling van 'n opgestelde volume-meter

- (d) Tekstuur: Die ontleding het die bepaling van die korrelgrootte verspreiding van die grondmonster, waaruit organiese materiaal verwyder is, behels. Die sandfraksie is deur middel van 'n 0,2 millimeter sif verwyder terwyl die slik en kleifraksies deur middel van die pipetanalise verkry is (Day, 1965).
- (c) Verspreiding van poriegroottes: Vir hierdie doel is 'n onversteurde monster verkry deur 'n geelkoper ring (30 x 100 mm deursnee) in die bogrond in te dryf en dit dan versigtig uit te lig. Die apparaat en laboratorium tegniek is breedvoerig deur Copeland (1978) beskryf. Die apparaat bestaan basies uit 'n sinterglas tregter wat met 'n meter-lange rubberpyp verbind is aan 'n buret (kyk Fig 5.4) en deur middel van twee kolfstaanders orent gehou word.

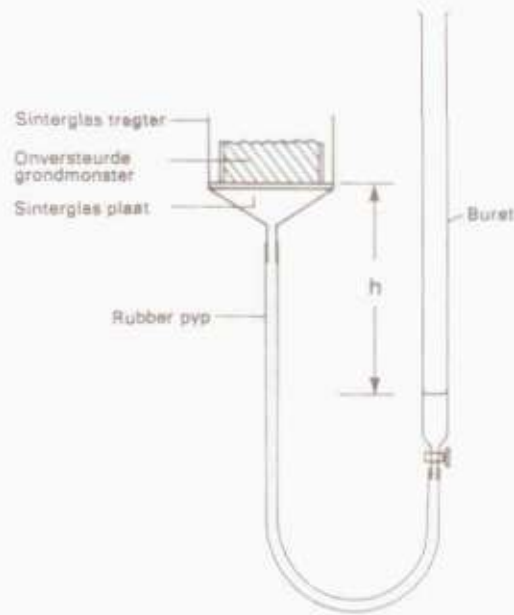


Fig 5.4 'n Vereenvoudigde voorstelling van die apparaat waarmee die verspreiding van poriegroottes bepaal is

Die tipe sinterglas membraan moet sodanig gekies word dat dit alleenlik water deurlaat tot en met 'n suigkrag ekwivalent aan 1 meter.

Teoreties is hierdie tegniek gebaseer op die aanname dat grondwater deur kapillêre aksie teruggehou word, en hoe kleiner die deursnee van die verbindings tussen die porieë hoe groter moet die suigwerking wees om die water verby so 'n vernouing te laat beweë. Die poriegroottebepaling is gebaseer op die volgende vergelyking (Kirkham soos aangehaal deur Copeland, 1977) wat kapillêre styging verteenwoordig:

$$h = \frac{2\delta \cos\alpha}{\rho_w g r} \quad \dots\dots\dots 5.6$$

waar

h = stygingshoogte van water in 'n kapillêre buis met radius r (cm)

δ = oppervlakspanning van water (dynes cm^{-2})

ρ_w = digtheid van water (gm.cm^{-3})

g = gravitasiekonstante ($\text{cm.sek}^{-1}.\text{sek}^{-1}$)

α = kontakhoek tussen water en wand van buis($^\circ$)

Dit word algemeen aanvaar dat in 'n grond-lug-water sisteem gelyk is aan nul. Die oppervlakspanning is ongeveer 73 dynes cm^{-2} , $\rho_w = 1 \text{ gm.cm}^{-3}$ en $g = 980 \text{ cm.sek}^{-1}.\text{sek}^{-1}$. As 'n suiging h van 100 cm sou plaasvind is die ooreenkomstige minimum porieradius waaruit water onttrek sou kon word, as volg:

$$r = \frac{2 \times 73}{100 \times 1 \times 980}$$

$$= 0,0015 \text{ cm}$$

of

$$d = 0,03 \text{ mm}$$

Indien aanvaar word dat alle veranderlikes, behalwe h , onder normale wisselinge in temperatuur konstant blyk, kan vergelyking 5.6 dus as volg afgelei word:

$$r = \frac{0,149}{h} \text{ cm}$$

of

$$d = \frac{3}{h} \quad \dots\dots\dots 5.7$$

waar

h = suigkrag in cm

en

d = diameter in mm.

Die poriesisteem van grond bestaan egter nie uit 'n bundel eenvormige kapillêre buise en die poriegrootte wat bereken word verteenwoordig dus die minimum grootte van die vernouing tussen twee porieë waardeur water moet beweeg gedurende dreinerings.

'n Maksimum suigkrag van 1 meter verteenwoordig slegs -9.81 kPa wat heelwat laer is as die spanning by veldkapasiteit (-33 kPa). Hierdie apparaat is dus alleenlik geskik vir die meet van lae kapillêre spannings deur die groter porieruimtes (Ingram, 1961).

Wanneer 'n finale konstante infiltrasietempo bereik is, vind beweging hoofsaaklik ook deur die groter openinge plaas. Die waarde f is aanvanklik vir 25 monsters gekorreleer met minimum poriegroottes van verskillende spannings vanaf 10 tot 100 cm (kyk Addendum). Die vier beste korrelasies is geselekteer, naamlik spannings, 20, 40, 60 en 100 cm en is gebruik vir verdere analyses. Hierdie data wat in persentasie as 'n gekose poriegrootte uitgedruk is, is op dataleër geplaas.

- (f) Derivaat veranderlikes: Volgens Gumbs en Workentin (1976) bestaan daar duidelike verwantskappe tussen tekstuur en brutodigtheid, met ander woorde hoe fyner die tekstuur hoe laer die brutodigtheid. Die mate van kompaksie beïnvloed egter ook die brutodigtheid en 'n moontlike kompaksieindeks kan verkry word deur sand- of kleiinhoud met die brutodigtheid te kombineer. Die verhoudings $\frac{S_a}{\rho_b}$ en $\frac{K_l}{\rho_b}$ is dus vir hierdie doel tot die dataleër toegevoeg.

Daar is verder besluit om twee bykomstige veranderlikes naamlik die fyn fraksies van die bo- en ondergrond in die dataleër te plaas deur die somering van slied- en klei-fraksies.

- (g) Grondserie en hidrologiese groepe: Hierdie eenhede se infiltrasievermoë is gekorreleer deur die geklassifiseerde eenhede as aparte veranderlikes te beskou. Met ander woorde die korrekte serie of hidrologiese groep wat by die spesifieke monster inas word as 1 voorgestel terwyl nulle vir die res van die klassifikasie-veranderlikes (naamlik grondserie of hidrologiesegroep) voorgestel is (Steyn, 1983). Met behulp van kan bepaal word of daar enige korrelasie is tussen infiltrasievermoë en grondserie of hidrologiese groep.

5.3.3 Statistiese verwerking

Die dataleër wat gegewens oor die veranderlikes vir 35 proefpersele bevat is as basis vir statistiese verwerking gebruik. Vir hierdie doel is die SAS statistiese rekenaarprogrampakket gebruik, soos uiteengecit in 'n handleiding opgestel deur Ray (1982).

Alvorens daar met 'n meervoudige liniêre regressie program vir die verkryging van beduidende onafhanklike veranderlikes in die voorspelling van infiltrasievermoë begin word, moet sorg gedra word dat alle veranderlikes werklik onafhanklik is. Vir hierdie doel is daar dus begin met 'n korrelasiematriks om sodoende die onderling afhanklike veranderlikes uit te wys.

Die korrelasiematrikse gee 'n aanduiding van onderling afhanklike korrelasie tussen veranderlikes en 'n voorlopige keuse van 'n aantal onafhanklike veranderlikes is gedoen wat die beste met die infiltrasie-veranderlikes korreleer. Daar is hier ook gepoog om verbeterde korrelasie teweeg te bring deur gebruik te maak van log-log en log-normaal transformasies.

Die onderling afhanklike korrelasie van 'n groot aantal veranderlikes is ook bestudeer deur hulle te groepeer in trosse van veranderlikes of faktore deur gebruik te maak van 'n faktoranaliese (Seyhan, 1981). Op hierdie wyse is die aantal onafhanklike veranderlikes vir gebruik in die meervoudige regressieprogram tot 'n minimum gereduseer.

Met die gereduseerde aantal veranderlikes is daar nou oorgegaan tot 'n stap-vir-stap regressieprosedure soos gebruik in die SAS program wat deur Draper en Smith (1981) beskryf is. Hierdie prosedure beskryf vyf aparte metodes en elkeen gee 'n aanduiding van die veranderlikes wat behoue moet bly en gebruik word in die uiteindelijke regressiemodel.

Die metode gebruik vir hierdie verwerking is die tegniek om 'n maksimum verbetering in R^2 te gee (R^2 = meervoudige beduidendheidskoeffisient soos beskryf deur Haan, 1977) waarvolgens die "beste"

enkel veranderlike model, "beste" dubbel veranderlike model, ensovoorts uitgesoek word. Sodoende word 'n aantal regressie modelle gegee vanaf een wat net een onafhanklike veranderlike insluit tot 'n model wat al die onafhanklike veranderlikes insluit.

'n Model wat die minimum aantal veranderlikes insluit word gekies deur die Cp- en meervoudige F-waardes na te gaan. Die gekose model gee 'n lae Cp-waarde min of meer gelyk aan die aantal veranderlikes p in die model, met ooreenkomstige F-waarde (Draper en Smith, 1981) wat gewoonlik hoog is.

Volgens Ray (1982) gee die F-waarde die verhouding tussen die gekwadreerde regressiegemiddelde en die gekwadreerde fout vir gemiddeldes wat 'n aanduiding is van die variansie tussen veranderlikes.

Die Cp-waarde is oorspronklik deur Mallows (1973) voorgestel vir die seleksie van regressiemodelle. Cp gee die totale kwadraat fout en is as volg gedefinieer:

$$C_p = \frac{RSS_p}{s^2} - (n-2p) \quad \dots\dots\dots 5.8$$

waar RSS_p die som van die residuele kwadrate vir 'n model met p veranderlikes is, terwyl p die aantal veranderlikes is wat β_0 ook insluit. s^2 is die residuele gemiddelde kwadraat vir die grootste vergelyking wat al die veranderlikes insluit.

Wanneer Cp teenoor p grafies voorgestel word is die gekose model dié een waar Cp die naaste is aan die ooreenkomstige p-waarde. Wanneer die korrekte model gekies word is die parameterskattings soos gereflekteer deur 'n waarde van Cp wat bykans gelyk is aan dié van p.

Die uiteindelijke gekose modelle is getoets met nuwe data wat vanuit die opvanggebied W1M 17 afkomstig is. Berekenende infiltrasiewaardes is teenoor die eksperimentele waarde as 'n stroeidiagram op 'n grafiek gestip om die mate van afwyking vanaf die 1:1 lyn op die grafiek tussen die werklike en berekenende waarde visueel te kan voorstel.

Die mate van sukses behaal deur die toepassing van die regressie modelle is verder getoets deur gebruik te maak van die determinasie - (D) en effektiwiteitskoeffisiënt (E) vir waargenome en berekende stormvloei (Aitken, 1973). Dit word as volg gedefinieer:

$$D = \frac{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2 - \sum(Q - Q_{est})^2}{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2} \quad \dots\dots\dots 5.9$$

en

$$E = \frac{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2 - \sum(Q_o - Q_c)^2}{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2} \quad \dots\dots\dots 5.10$$

waar

Q_o = waargenome vloei

$\bar{Q}_o$ = waargenome gemiddelde vloei

Q_{est} = berekende vloei

Q = geskatte vloei verkry vanaf die regressielyn van Q_o teenoor Q_c .

Die determinasie koeffisiënt (D) gee 'n aanduiding van die mate van ooreenkomst tussen waargenome en berekende waardes, terwyl E 'n absolute effektiwiteitswaarde verteenwoordig, wat met dié van ander modelle vergelyk kan word. 'n Verdere waarde F_1 of foutfunksie kan verkry word deur die verskil tussen D en E in ag te neem.

'n F_1 -waarde wat na zero neig dui op 'n klein sistematiese fout in gesimuleerde vloei (Hope, 1980).

Alhoewel bogenoemde koeffisiënte vir reënvalafloopmodelle bedoel is wil dit voorkom asof dit ook vir die toets van enige regressiemodel gebruik kan word, sodoende is dit ook vir die toets van hierdie infiltrasie modelle gebruik deur Q met f_c in vergelykings 5.9 en 5.10 te vervang.

5.4 Resultate en bespreking

5.4.1 Die veranderlikheid van infiltrasie binne 'n grondserie en tussen grondseries

Die tien infiltrasiemetings op 'n perseel van 10 m^2 , wat op die Robmoreserie uitgevoer is, het gedemonstreer dat die finale bykans konstante infiltrasiekapasiteit (f_c) van $6,8$ tot 17 mm.h^{-1} kan varieer. Die gemiddelde tempo was $10,2 \text{ mm.h}^{-1}$ met 'n standaardafwyking van $6,51 \text{ mm.h}^{-1}$. Wisseling in infiltrasievermoë op sulke kort afstande is ook bevestig deur Laurenson en Pilgrim (1963) waar f_c gevarieer het van $1,8$ tot 12 mm.h^{-1} .

Die variasie in f_c op een grondserie of hidrologiese groep, wat op verskillende posisies in die opvanggebied bepaal is, was egter heelwat hoër, soos byvoorbeeld vir die Robmoreserie (hidrologiese groep B/C) het waardes gewissel van 18 tot 111 mm.h^{-1} . Die totale variasie tussen verskillende grondeenhede het gewissel van 1 vir die Bokuilserie (Sd10) tot 36 mm.h^{-1} vir die Trafalgarserie (Fw 32). Verhoogde variasies met 'n toename in f_c vir 'n spesieke grondeenheid bevestig Slater (1957) se bevindings.

Die groter variasie tussen die verskillende grondseries het gedui op 'n moontlike korrelasie tussen verskillende eenhede en f_c . Die statistiese korrelasietoets het egter gedui op 'n korrelasie wat totaal onbeduidend is. Die aantal monsters vir hierdie tipe toets, wat gewissel het van 'n maksimum van sewe vir die Robmoreserie (Gs 18) tot slegs een vir die Dundeeserie (Du 10) was egter nie voldoende om 'n betroubare statistiese verwerking uit te voer nie (kyk Addendum).

Die wisseling van f_c binne en tussen die hidrologiese groepe dui dus moontlik daarop dat ander fisiese faktore, wat nie as kriteria van klassifisering ingesluit is nie, vir hierdie wisseling verantwoordelik is.

Die tydsverloop (t_c) wat geregistreer is vanaf die aanvangstadium tot dat die infiltrasievermoë min of meer konstant bly (f_c) het gewissel van 7 tot 420 minute met 'n gemiddelde periode van 96 minute. Geen duidelike patroon vir verskillende grondseries ten

opsigte van die tydverloop kan afgelei word nie, behalwe in die geval van die series Trafalgar en Dundee waar f_c deurgaans binne 15 minute bereik is.

Die tydverloop hang egter grootliks af van die aanvanklike grondwaterinhoud en aangesien meeste metings gedurende die droë wintermaande uitgevoer is kan daar verwag word dat die tydperk aansienlik korter sal wees soos wat die waterinhoud hoër word gedurende die somermaande. 'n Syfer van tussen 30 tot 120 minute verkry deur Laurenson en Pilgrim (1963) is dus nie onrealisties vir hierdie omgewing gedurende die maande waartydens die reënval hoog is nie. 'n Periode van slegs 30 minute wat deur Turner en Sumner (1978) gebruik is, is volgens die inligting wat gedurende hierdie navorsing na vore gekom het egter te kort vir die vasstelling van f_c .

5.4.2 Fisiese faktore wat infiltrasie beïnvloed

Twee korrelasie matrikse waar alle veranderlikes teenoor mekaar gekorreleer is, word vir bespreking ingesluit. In Tabel 5.3 is geen transformasie uitgevoer nie terwyl alleenlik die fisiese "onafhanklike" veranderlikes in Tabel 5.4 logaritmes ($\log_{10}$) getransformeer is. Die transformasies het 'n effense verbetering in korrelasies met f_c tot gevolg gehad terwyl daar ook andersins 'n effense verswakking was vir die korrelasies tussen die fisiese veranderlikes.

Die rede vir die verontagsaming van infiltrasieparameters f_5 , f_{10} , f_c en F_c in laasgenoemde tabelle is omdat daar geen beduidende korrelasie tussen hierdie parameters en enige fisiese veranderlike gevind is nie. 'n Aantal beduidende korrelasies is wel met f_c gevind en dit wil dus voorkom of dit een van die redes is waarom daar veel meer in die literatuur op f_c gekonsentreer is. 'n Verdere verklaring kan uitgevoer word dat oppervlakafloop ook selde plaasvind alvorens f_c bereik word behalwe tydens intense reënbuie wat algemeen van korte duur is.

Beduidende negatiewe korrelasies (beduidendheidsvlak 99%) is verkry tussen f_c en grondwaterinhoud, die fyn fraksie van (klei en sliel)

Tabel 5.3 n Vereenvoudigde korrelasiematriks van infiltrasie en fisiese veranderlikes. Beduidendheidsvlak is 99 % uitgesonderd die gevalle gemerk (*) waar dit 95 % is. (Vir verklaring van simbole kyk Tabel 5.1 en 5.2)

	r_c	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	b	Sa_A	St_A	Kt_A	Sa_B	St_B	Kt_B	A_D	A_{om}	$P_{,03}$	$P_{,05}$	$P_{,075}$	$P_{,15}$	$Sa_{\frac{D_h}{D_v}}$	$Kt_{\frac{D_h}{D_v}}$
r_c	1,0							,51			,47									,54	
m_1	-,46	1,0	,95						,37*			,48			,78	,58	,57	,58	,52		,77
m_2	-,37		1,0	,36*					,47*	,61		,44			,80	,57	,55	,57	,53		,77
m_3	-,35			1,0	,96	,89			,37*	,38*			,85			,37*	,47	,45	,39*		,42*
m_4	-,40				1,0	,90			,46	,46			,90			,45	,54	,53	,46		,44
m_5	-,48					1,0			,41*	,39*			,86			,46	,55	,54	,43		,34*
b		-,36	-,38				1,0														
Sa_A		-,58	-,57	-,40*		-,41*		1,0			,53									,73	
St_A	-,48							-,93	1,0	,83		,50	,39*		,58	,67	,61	,62	,60		,75
Kt_A	-,49							-,98		1,0		,68	,34*		,84	,75	,70	,69	,64		,91
Sa_B				-,78	-,81	-,80			-,51	-,51	1,0									,40	
St_B								-,64			-,38	1,0			,59	,50	,42*	,42*		,63	
Kt_B	-,42							-,37*			-,95		1,0			,42*	,50	,48	,40*		
A_D														1,0							
A_{om}	-,47							-,77			-,36*				1,0	,68	,62	,63	,55		,80
$P_{,03}$	-,62							-,75			-,54					1,0	,96	,92	,73		,69
$P_{,05}$	-,59							-,70			-,59						1,0	,98	,82		,66
$P_{,075}$	-,55							-,69			-,57							1,0	,90		,66
$P_{,15}$																			1,0		,61
$Sa_{\frac{D_h}{D_v}}$															-,52	-,58	-,49	-,46	-,37*	1,0	
$Kt_{\frac{D_h}{D_v}}$																				-,40*	1,0

Tabel 5.4 Vereenvoudigde korrelasiematriks van infiltrasie en logaritmes getransformeerde fisiese veranderlikes. Beduidendheidsvlak is 99 % uitgesonderd die gevalle gemerk (*) waar dit 95 % is. (Vir verklaring van simbole kyk Tabel 5.1 en 5.2)

	f_c	θ_{m1}	θ_{m2}	θ_{m3}	θ_{m4}	θ_{m5}	ρ_b	Sa_A	Sl_A	Kl_A	Sa_B	Sl_B	Kl_B	A_D	A_{om}	$P_{,03}$	$P_{,05}$	$P_{,075}$	$P_{,15}$	$\frac{Sa_A}{\rho_b}$	$\frac{Kl_A}{\rho_b}$
f_c	1,0							,47												,50	
θ_{m1}	-,48	1,0	,89	,50	,49					,56			,37*		,70	,54	,55	,56	,51		,64
θ_{m2}	-,35		1,0	,59	,50	,45				,53			,36*		,75	,53	,52	,54	,53		,61
θ_{m3}	-,46			1,0	,89	,72			,58	,65			,70		,58	,64	,66	,64	,55		,68
θ_{m4}	-,49				1,0	,56			,66	,70			,72		,52	,69	,72	,71	,64		,71
θ_{m5}	-,56					1,0			,39*	,44			,55		,56	,56	,55	,55	,41*		,42
ρ_b							1,0														
Sa_A		-,55	-,54	-,52	-,65	-,36*		1,0												,78	
Sl_A	-,55							-,84	1,0	,88		,51	,52		,58	,68	,64	,65	,61		,85
Kl_A	-,58							-,93		1,0			,59		,79	,74	,70	,69	,64		,96
Sa_B				-,71	-,64	-,45					1,0	,35*									
Sl_B								-,57				1,0			,50	,47					,49
Kl_B	-,62							-,53			-,69		1,0		,54	,64	,66	,64	,53		,54
A_D														1,0							
A_{om}	-,59							-,74							1,0	,68	,62	,61	,52		,76
$P_{,03}$	-,68							-,69								1,0	,98	,94	,71		,69
$P_{,05}$	-,64							-,65									1,0	,98	,78		,67
$P_{,075}$	-,60							-,67										1,0	,87		,68
$P_{,15}$																			1,0		,66
$\frac{Sa_A}{\rho_b}$													-,48		-,58	-,58	-,52	-,49	-,42	1,0	
$\frac{Kl_A}{\rho_b}$																				-,53	1,0

A-horisonte, kleinhoud van B-horisonte, organiese materiaalinhoud en poreusheid-indekse. 'n Nie-beduidende korrelasie op 'n vlak van 95 % is met brutodigtheid gevind maar 'n effense verbetering het ingetree wanneer dit gedeel is in die sandinhoud van die A-horison om 'n redelike beduidende korrelasie van 0,54 te gee.

Onderlinge interkorrelering tussen parameters van 'n spesifieke grondfisiese eienskap en tussen verskillende eienskappe is duidelik waarneembaar. Die interkorrelasies word deur faktoranalise in Tabel 5.5 duidelik na vore gebring.

Tabel 5.5 'n Vereenvoudigde geroteerde faktormatriks van infiltrasie en grondfisiese veranderlikes (faktorbeladings $\leq 0,64$ en $\geq 0,64$ behou; kyk Tabel 5.2 vir verklaring van simbole)

Veranderlikes	Faktore					$h^2_i(\%)$
	I	II	III	IV	V	
F_c	0,68					66,02
A_D					0,94	91,26
A_{om}	0,79					72,91
ρ_b				0,93		93,77
Sa_A	0,73					89,69
Sl_A	0,65	0,65				88,14
Kl_A	0,76					94,60
Sa_B			0,83			88,60
Sl_B						68,09
Kl_B	0,64					76,80
Q_{m1}		0,87				85,58
Q_{m2}		0,86				90,93
Q_{m3}			0,88			94,67
Q_{m4}			0,83			76,19
Q_{m5}			0,63			60,30
$P_{,03}$	0,93					90,64
$P_{,05}$	0,92					89,64
$P_{,075}$	0,93					90,40
$P_{,15}$	0,80					72,29
Variansie verklaar (Eigenwaarde)	7,58	3,78	3,30	1,73	1,25	
Kumulatiewe % van variansie verklaar	39,89	59,79	77,16	86,26	92,84	

Die faktorbeladings, onder faktore I tot V teenoor die veranderlikes, is geroteer ("varimax") om die aantal beladings wat na rotasie nie beduidend is nie te maksimeer en die aantal wat wel beduidend is en groot waardes het te minimeer. Die keuse van faktorbeladings wat behou moet word is arbitrêr en word aangedui deurdat rotasie die hoë waardes en lae waardes duidelik van mekaar skei (Seyhan, 1981). Die kommunaliteit (R^2_1) van die veranderlike word bereken as die som van kwadrate van gemeenskaplike faktorbeladings, en toon die variansie van daardie veranderlike in die faktormatriks. Die eigenwaarde of variansie verklaar deur die verskillende faktore gee duidelik 'n maatstaf van die belangrikheid van faktore.

Die kumulatiewe eigenwaarde persentasie gee 'n aanduiding van die relatiewe belangrikheid van elke bykomende faktor in die verklaring van die variansie tussen veranderlikes. Kaiser se kriteria is gebruik waarvolgens die aantal faktore wat behoue bly 'n variansie van groter as een verklaar (Seyhan, 1981). Volgens hierdie kriteria word alleenlik faktore wat bo-gemiddelde variansie verklaar, behou.

Die volgende feite is uit die faktormatriks afgelei:

- (i) Faktor I verduidelik die korrelasie van infiltrasievermoë met grondfisiese veranderlikes, soos organiese materiaalinhoud, tekstuur van die A-horison, kleinhoud van die B-horison en die verspreiding van poriegroottes.
- (ii) Faktor II dui op 'n onderlinge afhanklike korrelasie tussen slik en waterinhoud in die bogrond.
- (iii) Faktor III dui op 'n onderlinge afhanklike korrelasie tussen sand en waterinhoud in die ondergrond.
- (iv) Faktore IV en V dui daarop dat brutodigtheid en dikte van A-horisonte onafhanklike veranderlikes is wat nie beïnvloed word deur enige van die ander veranderlikes nie.

Die keuse van onafhanklike fisiese veranderlikes is aanvanklik gemaak deur alleenlik die korrelasiematrikse as basis te gebruik.

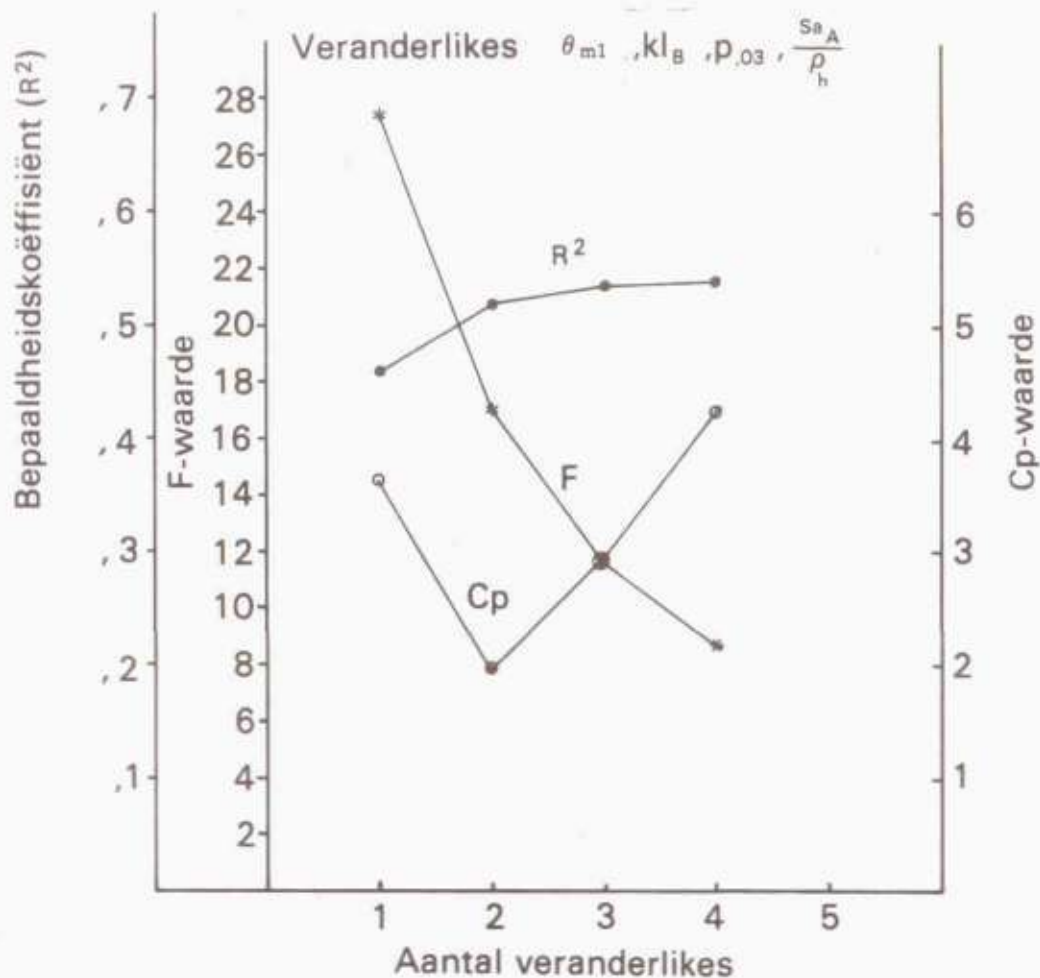


Fig 5.5 Die neiging van R^2 , Cp en F indien p veranderlikes ingesluit word (veranderlikes verkry vanuit korrelasiematriks; simbole verklaar in Tabel 5.2)

Hiervoor moet daar ten eerste 'n goeie korrelasie tussen f_c en die gekose veranderlike wees en ten tweede behoort daar geen beduidende onderlinge korrelasie tussen die verskillende fisiese veranderlikes voor te kom nie. In die geval van laasgenoemde was dit egter nie heeltemal moontlik nie en korrelasies wat gevarieer het tussen -0,65 en 0,65 is behou. Op hierdie wyse is alleenlik vier "onafhanklike" veranderlikes vir meervoudige regressieanalise behou, naamlik persentasie porië met 'n grootte van 0,03 mm ($p_{,03}$), kleinheid van die ondergrond (kl_B), waterinhoud van 0-50mm (θ_{m1}) en die verhouding in die A-horison van sandinhoud tot brutodigtheid

Die Tweede groep onafhanklike veranderlikes is gekies deur een veranderlike uit elk faktor in Tabel 5.5 te kies wat elk die beste met f_c korreleer. Hiervolgens is persentasie porieë met grootte $< 0,03$ mm ($P_{0,03}$), grondwaterinhoud van 0-50 mm (θ_{m1}) en 500-1 000 mm (θ_{m5}), brutodigtheid (ρ_b) en dikte van die A-horison (A_D) as onafhanklike veranderlikes gekies. Korrelasies in die geval van A en ρ_b is laag en nie-beduidend (95 % vlak) maar mag moontlik in kombinasie met die ander onafhanklike veranderlikes wel 'n invloed op f_c uitoefen.

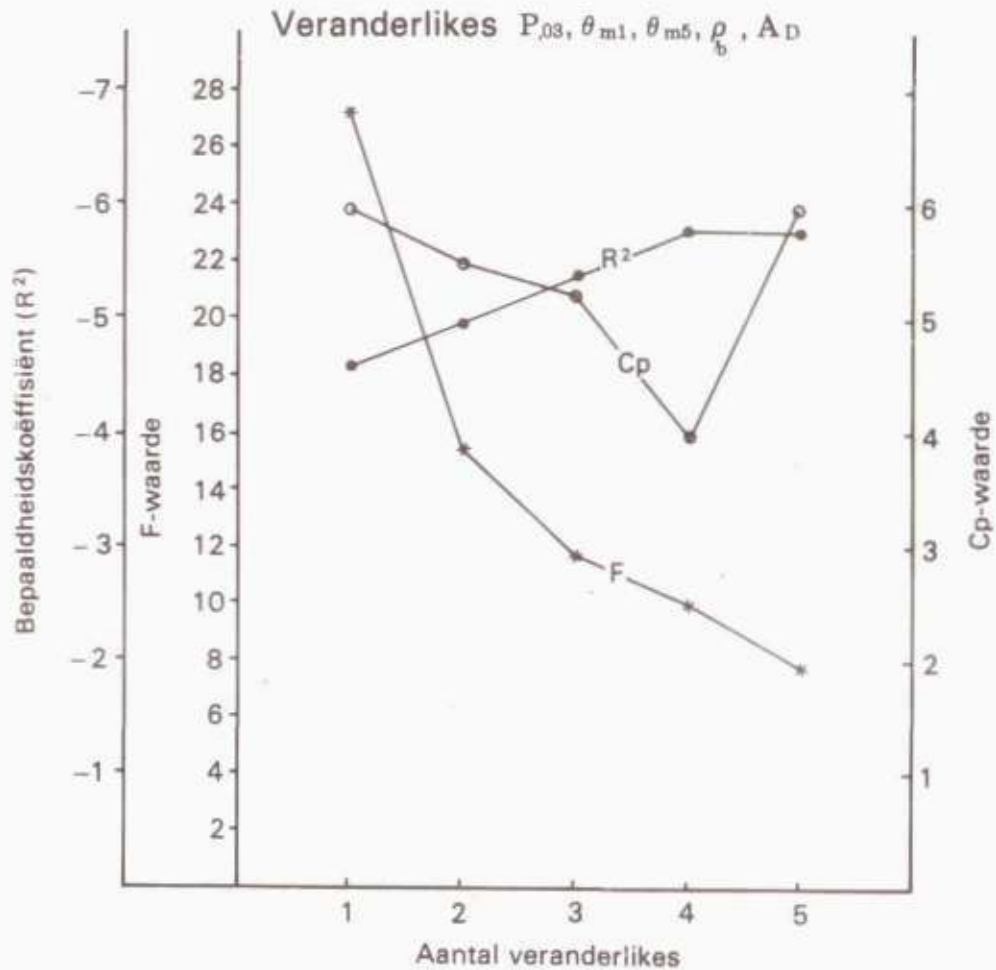


Fig 5.6 Die neiging van R^2 , Cp en F indien p veranderlikes ingesluit word. (Veranderlikes verkry deur faktor analise; kyk Tabel 5.2 vir die verklaring van simbole)

Die resultate van die stap-vir-stap meervoudige regressieanaliese is in Figure 5.5 en 5.6 opgesom. Die keuse van infiltrasiemodelle is gedoen deur die Cp-waardes wat die naaste met dié spesifieke aantal veranderlikes p vergelyk as indikator te gebruik. Met die byvoeging van nog onafhanklike veranderlikes vind geen noemenswaardige verbetering van R^2 in beide Figure 5.5 en 5.6 plaas nie. Die gebruik van die minimum F-waarde as indikator vir die beste model, soos voorgestel deur Haan (1977) het beter vergelykings met n hoër aantal veranderlikes tot gevolg gehad. Daar is hier egter gestrewe na vergelykings met die kleinste aantal onafhanklike veranderlikes en die kleinste Cp-waarde is verkies. Die gekose vergelykings wat die beste verbetering in R^2 gee, is as volg:

Veranderlikes verkry deur faktoranalise.

$$f_c = 873,8 - 196,39 \log \theta_{m1} - 502,9 \log A_D - 460,5 \log P_{,03} \dots\dots\dots 5.11$$

$$(R^2 = 0,54)$$

$$f_c = 805 - 206,8 \log \theta_{m1} - 26, \log \theta_{m5} - 503,1 \log A_D - 301,8 \log P_{,03} \dots\dots\dots 5.12$$

$$(R^2 = 0,58)$$

Veranderlikes verkry deur korrelasiematriks.

$$f_c = 821 - 645,0 \log P_{,03} \dots\dots\dots 5.13$$

$$(R^2 = 0,46)$$

$$f_c = 980,7 - 129,2 \log k_{1A} - 456,1 \log P_{,03} \dots\dots\dots 5.14$$

$$(R^2 = 0,52)$$

Vergelykings 5.12 en 5.14 gee die laagste Cp-waarde, terwyl 5.11 bygevoeg is vanweë die R^2 -waarde wat baie na is aan dié van vergelyking 5.12. Die vergelyking 5.13 met een onafhanklike veranderlike, naamlik porieë $< 0,03$ mm, is ook bygevoeg vanweë die hoë afsonderlike korrelasie van f_c met die logaritme van laasgenoemde ($r = -0,68$).

Die persentasie porieë kleiner as 0,03 mm is deurgaans in al die vergelykings ingesluit en kan beskou word as die betekenisvolste onafhanklike veranderlikes wat f_c beïnvloed.

5.4.3 Die gebruik van nuwe data om die bruikbaarheid van twee infiltrasie vergelykings na te gaan

Vergelykings 5.13 en 5.14 is gebruik om met agtien nuwe eksperimenteel bepaalde f_c -waardes te vergelyk. Die monsters wat geneem is is slegs gebruik vir die bepaling van die persentasie porieë kleiner as 0,03 mm ($P_{,03}$) en kleinhoud van die ondergrond (kl_B). Die infiltrasiepersele is so gekies dat dit 'n goeie spektrum van f_c -waardes binne die navorsingsgebied verteenwoordig. Die grondwaterinhoud vir gebruik in vergelykings 5.11 en 5.12 is nie bepaal nie. Daar is geredeneer dat die grondwaterinhoud meer varieer en seisoensgebonde is en nie so konstant is as porositeit en kleinhoud nie. Grondwaterinhoud kan dus nie direk as 'n indeks in 'n reënvalafloopmodel gebruik word nie.

Strooidiagramme van berekende f_c -waardes, vir vergelykings 5.13 en 5.14, teenoor die eksperimenteel bepaalde waardes is in Figure 5.7 en 5.8 weergegee.

Die bepaaldheids- D en effektiwiteitskoëffisient E sowel as die F_1 -waarde vir beide gevalle is soortgelyk. Die graad van assosiasie gegee deur D is in beide gevalle baie goed alhoewel dit tog effens afgeneem het vir vergelyking 5.14. Die sistematiese fout (F_1) in laasgenoemde vergelyking het egter effens afgeneem.

'n Verdere probleem wat ondervind is met die gebruik van hierdie regressie vergelykings is die verkryging van negatiewe waardes. Hierdie probleem kan moontlik oorbrug word deur 'n beperking op $P_{,03}$ -waardes te stel, naamlik indien die persentasie porieë kleiner as 0,03 mm die syfer 18,5 oorskrei, f_c as $1 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ aanvaar word. Die probleem met negatiewe waardes word dan ook meer gekompliseer wanneer regressie vergelykings met 'n groter getal veranderlikes, soos wat in die geval van vergelykings 5.11 en 5.12 verkry is, gebruik

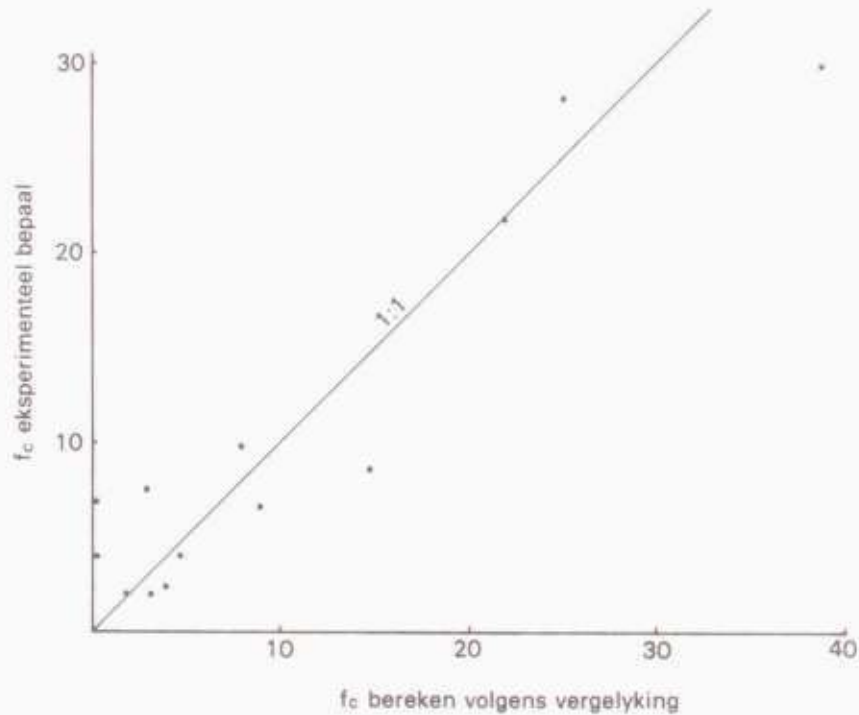


Fig 5.7 'n Strooidiagram van eksperimenteel bepaalde f_c -waardes in vergelyking met waardes volgens vergelyking 5.13 (veranderlike $P_{,03}$) bereken

word. Met ander woorde indien 'n negatiewe waarde verkry sou word is dit moeilik om te bepaal watter veranderlike spesifiek daarvoor verantwoordelik is. Die afbakening van limiete om negatiewe waardes te voorkom word dan ook byna onmoontlik.

Die vergelykings wat hier verkry is, is alleenlik van toepassing op hierdie gebied en 'n soortgelyke proefneming sal heelwaarskynlik data genereer wat verskil van die resultate wat lokaal verkry is. Hierdie opvatting is ook deur Grin (1972) bevestig omdat hy data van verskillende dele van die Verenigde State gebruik het. Hy het slegs een redelike beduidende korrelasie ($r = 0,6$) met organiese materiaal teenoor f_c gevind. Sy mening is dat daar beter verwantskappe gevind sou word indien studies beperk word tot lokale gebiede waar die gronde meer homogeen is.

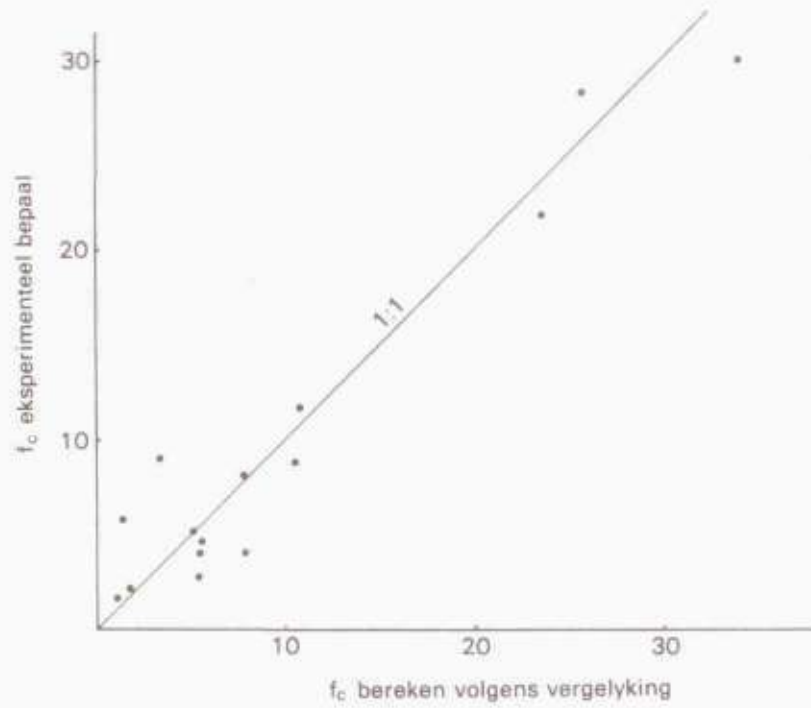


Fig 5.8 h Strooidiagram van eksperimenteel bepaalde f_c -waardes in vergelyking met waardes volgens vergelyking 5.14 (veranderlikes $P_{,03}$ en kl_A) bereken.

Hoofstuk 6

DIE RELATIEWE BYDRAE VAN DIE VERSKILLEND HELLINGSAFLOOPKOMPONENTE TOT STORMWATERAFLOOP

6.1 Inleiding

Die verskillende komponente wat bydra tot stormwaterafloop is breedvoerig in hoofstuk twee bespreek. Teorieë met bygaande eksperimentele gegewens oor die relatiewe bydrae van heuvelhang-oppervlakafloop tot stormwaterafloop is redelik uiteenlopend van aard. Horton (1933) het beweer dat die reënvalintensiteit die infiltrasievermoë gewoonlik oorskrei en stormwater hoofsaaklik die gevolg is van oppervlakafloop. Dunne en Black (1970), Harr (1977), Betson (1964) en andere het egter tot die gevolgtrekking gekom dat reënvalintensiteit die infiltrasievermoë selde oorskrei en dat stormwater vanaf versadigde sones en/of deur sypeling veroorsaak is.

Inligting oor infiltrasie wat verkry is met behulp van ringinfiltrateurs gee egter heelwat hoër f_c -waardes as die werklike waarde wat die gevolg is van natuurlike reënval indien die intensiteit wat die grond se infiltrasievermoë vir 'n geruime tyd oorskrei word. Verhoogde infiltrasiesyfers word veroorsaak deur faktore soos die losmaak van struktuur deur die indryf van die ringe en 'n verhoging in drukhoof veroorsaak deur die opdamming van water. Die dun verdigte laag wat die gevolg is van dinamiese energie geassosieer met vallende reëndruppels is ook afwesig. Sekere tipes reënvalsimuleerders (afhangende van ontwerp en area wat dit dek) sou tot 'n sekere mate van hierdie probleme uitgeskakel het en dus beter infiltrasiewaardes gee wat moontlik beter met ware infiltrasie-waardes vergelyk kan word. Die grootste nadeel van reënvalsimuleerders is egter dat die intensiteit van watertoediening nie maklik gevarieer kan word nie. Slater (1957) het egter eksperimenteel gevind dat waardes wat met simuleerders verkry is baie goed met ringinfiltrasie-waardes korreleer ($r = 0,99$) en die volgende regressievergelyking is verkry:

$$f_{c\text{sim}} = 0,239 f_c \quad \dots\dots\dots 6.1$$

waar

$f_{c\text{sim}}$ die minimum infiltrasievermoë, verkry deur die simuleerder,

verteenwoordig. Die simuleerder-waarde is dus slegs sowat 'n kwart van die waardes wat deur ringinfiltrateerders verkry is.

Gemiddelde minimum ringinfiltrasie-waardes, verkry vir die mees dominante grondtipe (Robmoreserie), is 67 mm.h^{-1} met 'n simuleerder-waarde van 16 mm.h^{-1} . Die mediaan bereken vir minimum infiltrasievermoëns vir die gebied, is 90 mm.h^{-1} en met 'n mediaan waarde vir simuleerders van $21,5 \text{ mm.h}^{-1}$. Die maksimum 30 minute reënval-intensiteite (kyk Fig 4.6) dui daarop dat respektiewelik 7 en 10 persent van die reënbuie 'n maksimum van 20 en 15 mm.h^{-1} per dag kan bereik. Oppervlakafloop vanaf heuvelhange kan dus in hierdie gebied wel plaasvind indien die grond versadiging sou nader of bereik. Die infiltrasievermoë herstel egter baie vinnig na 'n hoër waarde vanaf die minimum infiltrasievermoë gedurende droë tussenperiodes en reënbuie waarvan die intensiteit laer is.

6.2 Doel van ondersoek

Met die data oor infiltrasie wat vir die gebruik ingesamel is, is dit tot dusver nog nie heeltemal duidelik tot watter mate oppervlakafloop vanaf die heuvelhange bydrae tot stormwaterafloop nie. Direkte oppervlakafloop vanaf die versadigde sponsgebiede op die valleibodems word algemeen aanvaar.

Die belangrikste doel van die ondersoek, wat onder hierdie afdeling bespreek word is om die mate waartoe oppervlakafloop, oppervlakkige en grondwatersypeling vanaf 'n heuvelhang bydra tot stormwaterafloop te bepaal. Die data oor minimum infiltrasievermoë (f_c) sal ook met die werklike oppervlakafloop vergelyk kan word.

6.3 Werksmetodes en beskrywing van afloopperseel

Vir die doel van die ondersoek is 'n heuvelhangafloopperseel gekies wat gemiddelde aflooptoestande, vanaf die meer dominante grondtipes, verteenwoordig. 'n Voorvereiste was die afseëling van die dreineringsgoot deur die teenwoordigheid van 'n soliede rotsvloer sodat alle sypelwaterafloop opgevang kan word. Toeganklikheid en afstand vanaf die Universiteit het ook die finale keuse vir die spesifieke lokaliteit van die perseel beïnvloed.

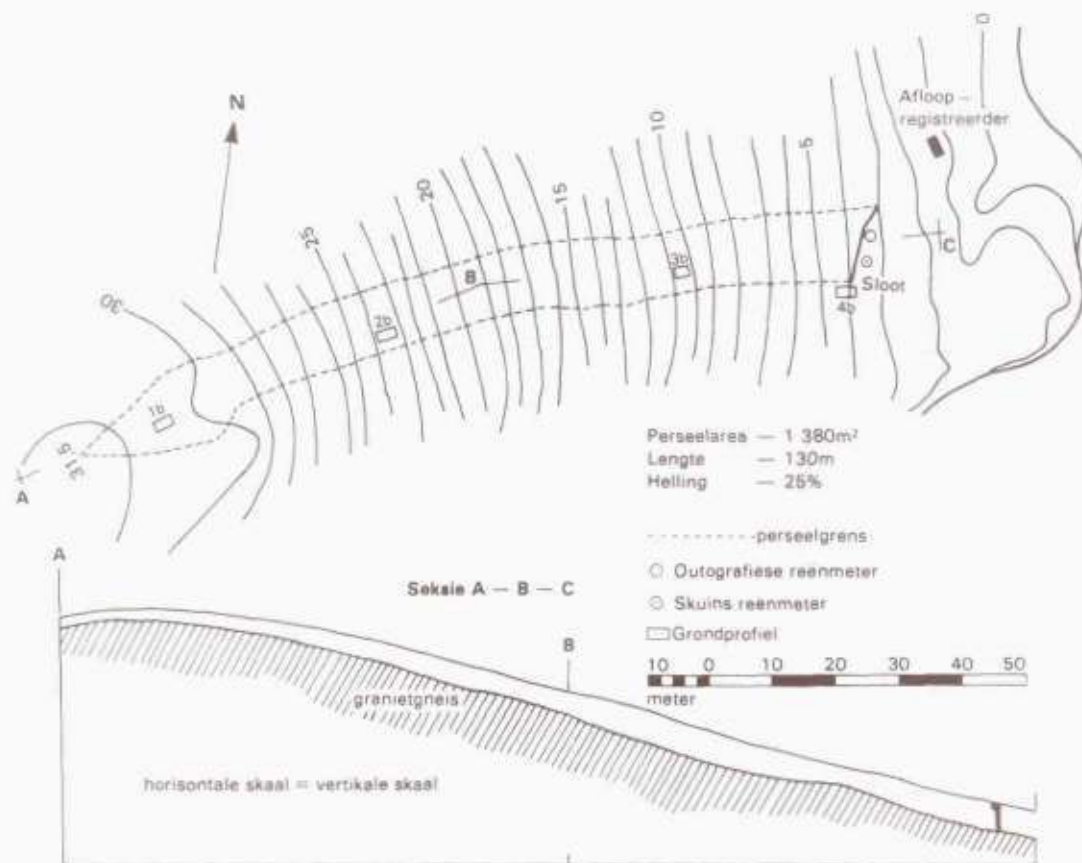


Fig 6.2 Kontoerkaart (0,5 meter intervalle) en deursnee-seksie van die aflooppersseel

Die rotsoppervlak (granietgneis) onder die regoliet gee 'n konkawe helling wat tot gevolg het dat die verwering dieper is op die middelhang, as wat op die kruin en voet van die helling die geval is.

Hierdie verskynsel het eers later aan die lig gekom nadat 'n aantal gate tot op die rots geboor is om die voorkoms en diepte van die grondwatervlak te kontroleer.

Die grondsoorte wat langs die katena geïdentifiseer is en die minimum ringinfiltrasie-waardes wat gemeet is, is as volg:

- (i) Die kruingedeelte - Robmoreserie vlak fase ($f_c = 111 \text{ mm.h}^{-1}$)
- (ii) boonste middelhang - Robmoreserie diep fase ($f_c = 66 \text{ mm.h}^{-1}$)
- (iii) laer middelhang - Sibasaserie ($f_c = 6 \text{ mm.h}^{-1}$) en
- (iv) voet van die helling- Rosehillserie ($f_c = 4 \text{ mm.h}^{-1}$).

Alle oorgange is geleidelik wat 'n ooreenkomstige geleidelike verhoging in die infiltrasievermoë f_c tot gevolg het. Dit is dus uit bogenoemde inligting duidelik dat oppervlakafloop op die laer helling vanaf die voet tot op die laer-middelhang maklik behoort plaas te vind maar nie so gereidelik op die boonste gedeelte sal voorkom nie. Die teorie van varierende brongebiede met 'n toename in reënval, voorgestel deur Hewlett en Hibbert (1967) is dus hier moontlik van toepassing.

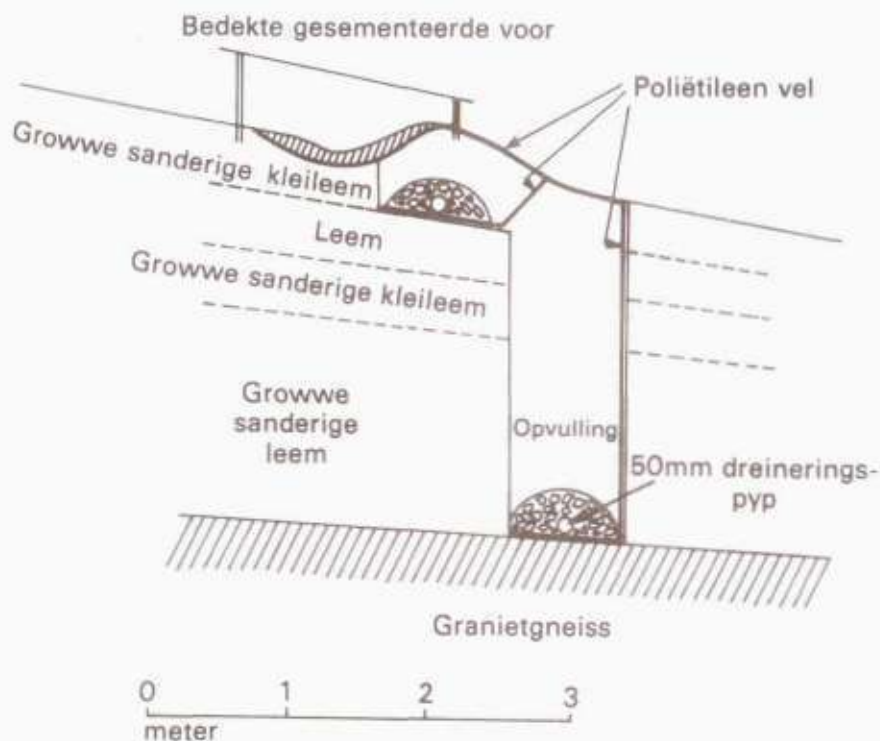


Fig 6.3 Deursnit loodreg op die dreineersloot

'n Dreineersloot (afsony drein) wat 12 meter lank is, is gegrawe om afloop op drie vlakke as volg op te vang en af te voer:

- (i) Oppervlakaflow deur water af te voer deurmiddel van 'n gesementeerde voor. Die voor is voorsien van 'n gegalvaniseerde afdak om direkte presipitasie in die voor te verhoed.
- (ii) Oppervlakkige vloei op 'n diepte van 400 mm, wat moontlik veroorsaak mag word deur die verhoging in kleinhoud van die B-horison, met 'n ooreenkomstige vermindering in permeabiliteit, om sodoende 'n swewende watervlak te veroorsaak.
- (iii) Sypling op die rotsoppervlak op diepte van ongeveer 2 meter.

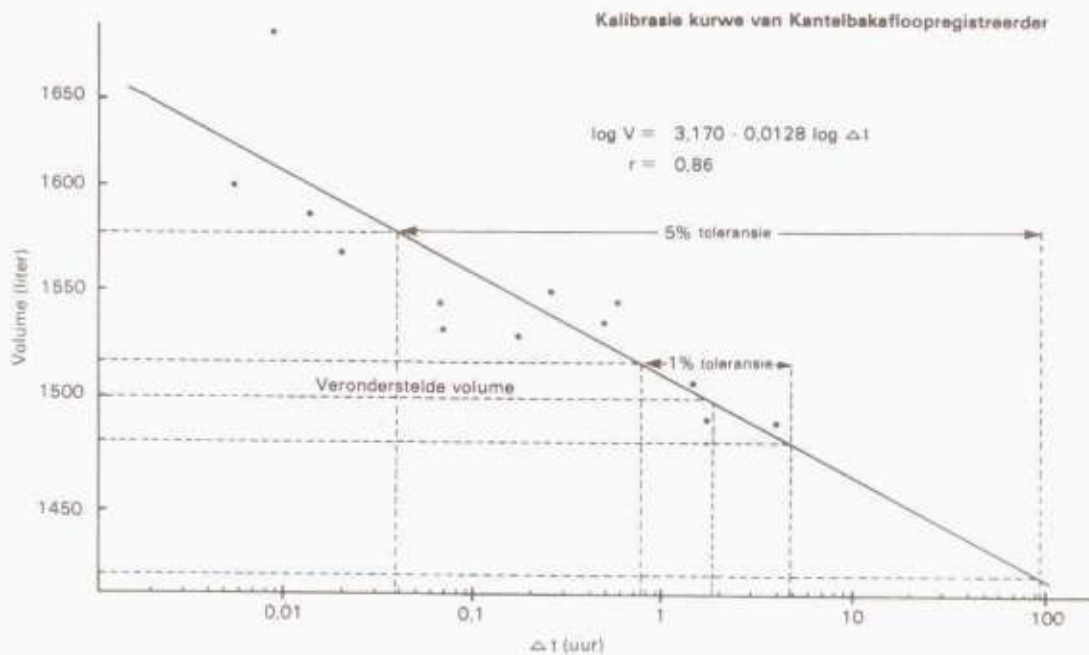


Fig 6.4 Die kalibrasiekurwe vir 'n 1,5 liter kantelbakafloopregistreerder

Die kantelbakregistreerders (gebou volgens spesifikasie soos beskryf deur Chow, 1977), wat $\pm 1,5$ liters per kanteling meet, is in 'n hut naby die ingevulde sloot geïnstalleer om die afloop van elke komponent te bepaal. Afloop is aanvanklik vir 'n anderhalf jaar daaglik gemeet. Hierna is twee magneetbandtellers om die oppervlakaflowp en grondwatersypeling op 'n deurlopende basis te registreer geïnstalleer.

Die kantelbakregistreerders is aanvanklik gekalibreer om die wisseling in afgemete volume per kanteling na te gaan. Die kalibrasiekurve word in Fig 6.4 weergegee.

Die registreerder gee 'n logaritmies toenemende onderskatting met 'n toename in vloei. Hierdie instrument is dus alleenlik geskik vir die meet van grondwatervloei waar een kanteling gewoonlik plaasvind met tussenposes van langer as 0,1 uur, en dus binne 'n gekose 5 persent toleransie val.

Een outografiese reënmeter met 'n standaard reënmeter is by die dreineringsloot geïnstalleer. Data van 'n skuinsreënmeter, geïnstalleer sodat die bokant dieselfde gemiddelde helling as die van die perseel het, is met dié van die standaardreënmeter vergelyk. Die moontlikheid van 'n oor-of onderskatting van reënval, vanweë die invloed wat wind op inkomende reën het, is dus hier ge-evalueer.

Die invloed van 'n skuinsgestelde reënmeter (waaraan die opening se helling dieselfde as dié van die perseel is) op gemete reënval is in Fig 6.5 deur die regressielyn opgesom. Daar is dus 'n effense onderskatting van reënval, byvoorbeeld vir 38,7 mm reën, gemeet deur die outografiese reënmeter, is die ware hoeveelheid 40 mm en die verskille is dus ongeveer 3 persent.

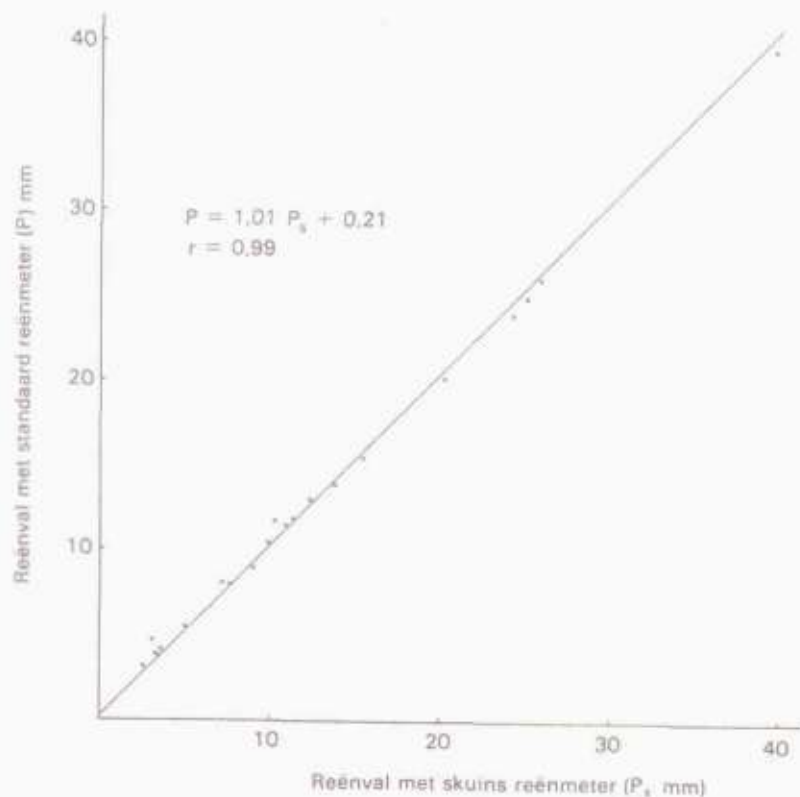


Fig 6.5 'n Regressielyn wat reënvaldata van 'n skuinsreënmeter met die van 'n standaard reënmeter vergelyk

Tabel 6.1 Die maandelikse reënval-afloopdata vir die afloopperseel geregistreer gedurende die 1980-81 hidrologiese jaar

Maand	Reënval (mm)	Afloop* in mm			Afloop re reënval tot (%)
		Oppervlak	Sypelwater	Sypelwater bydrae (%)	
Oktober 1980	38,1	0	0,678	100	1,78
November	69,3	0	0,329	100	0,47
Desember	47,7	0	0,038	100	0,08
Januarie	205	0,209	4,359	95	2,23
Februarie	179,7	0,190	7,564	97,5	4,31
Maart	68,3	0	3,793	100	5,55
April	95,6	0,003	0,467	99,3	0,49
Mei	292,4	0,114	28,331	99,6	9,73
Junie	29,0	0,058	18,083	98,7	62,56
Julie	60,6	0,069	1,930	96,5	3,30
Augustus	102,1	0,387	13,491	97,2	13,59
September 1981	135,3	0,325	25,262	98,7	18,88
TOTAAL	1322,6	1,355	104,325	98,5	7,99

*Oppervlakte bygedra tot sypelwater afloop is as $1\,388\text{ m}^2$ aanvaar.

Sypelwater het die belangrikste bydrae tot totale afloop vanaf die betrokke heuvelhang gelewer. Die totale reaksie van 8 persent is laag in vergelyking met die gemiddelde reaksie van 30 persent soos bereken deur Whitmore (1970) vir hierdie gebied. Met ander woorde alleenlik 8 persent van die totale reënval is uiteindelik as afloop gemeet en die res is deur evapotranspirasie weer in die atmosfeer opgeneem. Hierdie lae reaksie is moontlik die gevolg van die uitsluiting van die sponse op die valleibodem asook die droë grondwatertoestand gedurende dié seisoen met ooreenkomstige hoër waarde vir evapotranspirasie syfers.

Die hoë reaksiewaardes verkry gedurende Mei, Junie, Augustus en September is veroorsaak deur die aansienlik hoër reënvalsyfers met ooreenkomstige hoër grondwaterinhoud en laer verdampingsyfers. Die abnormale hoë syfer van 63 persent gedurende Junie kan toegeskryf word aan 'n hoë reënval wat aan die einde van Mei plaasgevind het (kyk Tabel 6.1). 'n Reaksie gemiddeldes vir Mei en Junie van 36,15 persent vir die gesamentlike afloop $[(9,73 + 62,56)/2]$ gee dus 'n meer verteenwoordigende waarde .

Afgesien van die feit dat sponsgebiede in valleivloere nie in ag geneem is gedurende hierdie eksperiment nie, kan die lae reaksie waardes ook moontlik te wyte wees aan die verskil in rigting van algemene kontoerlyne van die onderliggende rotsoppervlak. Die gebruik van oppervlakkontoere alleen om die gebied af te baken gee dus alleenlik 'n geskatte waarde. Sypelwater kan verlore gaan deur onbekende nate en ook weggedreineer word deur kwartsare wat die gebied deurkruis.

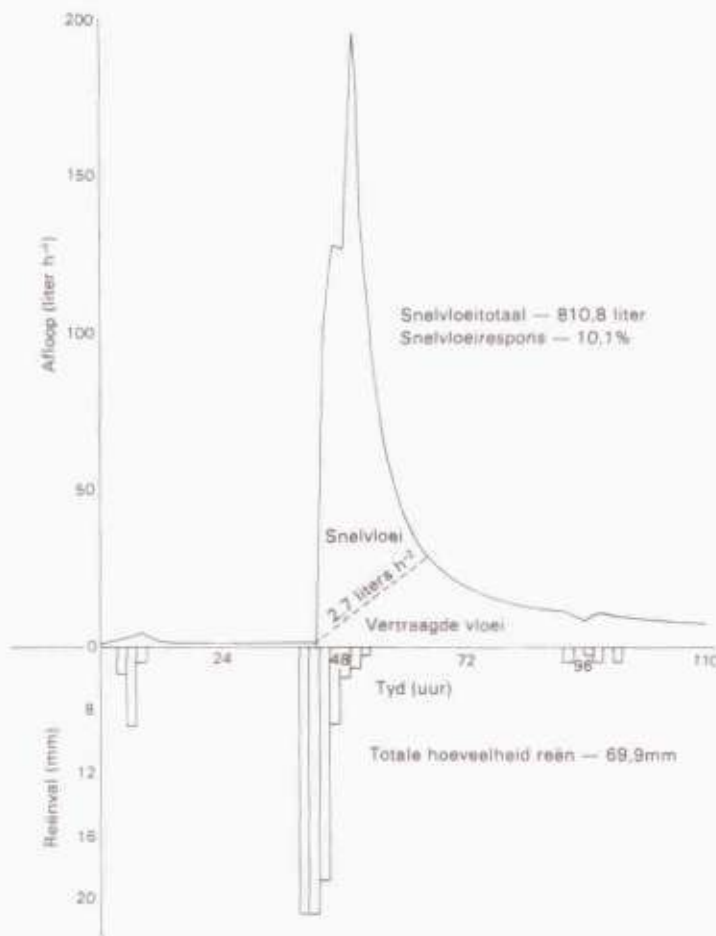


Fig 6.6 Die verskil in aanvangstyd vir verhoogde sypeling vergeleke met dié van die reënval

Die sypelwaterhidrograaf vir 'n storm wat gedurende 15 Februarie 1982 plaasgevind het en wat in Fig 6.6 weergegee word verskaf 'n aanduiding van die snelle reaksie van grondwatervloei tot reënval. Geen oppervlak- of oppervlakkige afloop is gedurende hierdie periode geregistreer nie. Snelvloei word van die basisvloei geskei deur 'n lyn van die aanvang van stormafloop teen 'n helling van $1,13 \text{ mm.dag}^{-1}.\text{dag}^{-1}$ te projekteer. Hierdie metode word algemeen gebruik om stroomvloei in die twee komponente naamlik basisvloei en snelvloei te skei en is voorgestel deur Hewlett en Hibbert, (1967).

Die snelvloei het vinnig, nadat die reën begin het (± 2 uur), gereageer en 'n piek twee uur daarna bereik. Snelvloei het ongeveer 12 uur nadat die reënval begin het, geëindig. Ander snelvloei reaksies het tot 4 uur na 'n intense reënbui plaasgevind.

Die gemiddelde minimum infiltrasievermoë ($f_c = 5 \text{ mm.h}^{-1}$, $f_{c\text{sim}} = 1,2 \text{ mm.h}^{-1}$) van die laer-middelhang en voethang in vergelyking met die maksimum hoeveelheid neerslag oor 'n 30 minuut periode per dag (Schulze, 1977), naamlik I_{30} , gee 'n aanduiding van die oppervlakte, uitgedruk as 'n persentasie van totale perseeloppervlakte, wat bydra tot oppervlakafloop. Hierdie benaderde syfer is as volg bereken:

$$S = \frac{Q_s}{I_{30} - f_c} \times \frac{100}{1} \% \quad \dots\dots\dots 6.1$$

waar

S = Oppervlakte persentasie wat bydra tot oppervlakafloop

Q_s = werklike gemete oppervlakafloop in mm, en

I_{30} = die maksimum hoeveelheid neerslag (mm) oor 'n periode van 30 minute per dag.

Die minimum infiltrasievermoë van die boonste middelhang en kruin is buite berekening gelaat vanweë hul respektiewelike infiltrasievermoëns van 66 en 111 mm.h^{-1} wat heelwat hoër is as die maksimum intensiteite (I_{30}), aangedui in Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Oppervlakafloop in vergelyking met waardes vir daaglikse maksimum intensiteit om 'n geskatte waarde vir oppervlakbydrae tot afloop te gee

Datum	Oppervlakafloop liter	(Q_s) mm	I_{30} (mm)	Presipitasie (P) mm	Oppervlakte % (S) bygedra tot Q_s
08.09.80	3 228	2,326	28,2	114,4	10,01
09.01.81	143	0,103	27,8	58,7	0,5
30.01.81	145	0,105	76,6	95,8	0,15
05.02.81	33	0,024	17,2	19,6	0,19
10.02.81	3	0,002	8,7	19,2	0,05
13.02.81	222	0,160	49	52,7	0,04
27.02.81	1	0,001	13,6	11,2	0,01
17.04.81	3	0,002	7,4	15,3	0,08
24.04.81	1	0,001	24,5	20,4	0,006
05.06.81	81	0,058	8,5	24,6	1,66
29.08.81	382	0,276	29,5	39,2	1,12
30.08.81	151	0,109	5,7	19,6	15,6
10.09.81	448	0,323	18,3	48,2	2,43
03.10.81	239	0,172	48	48,7	0,4
20.11.81	222	0,160	47,6	24,5	0,38
23.11.81	200	0,144	12,5	34,0	1,92
17.12.81	142	0,102	26	19,2	0,49

Aangesien daar algemeen aanvaar word dat oppervlakafloop 'n aanvang neem op die laer hellings dui die relatief lae persentasie bydrae van die totale oppervlakte in Tabel 6.2 daarop dat oppervlakafloop slegs vanaf die voethang en in uiters afsonderlike gevalle vanaf die laer-middelhang afkomstig is. Slegs f_c -waardes wat met behulp van die ringinfiltrateurs bepaal word is vir die berekening van die oppervlakte persentasie S gebruik, terwyl omgerekende simuleerder-waardes ($f_{c\text{sim}}$) op 'n heelwat kleiner persentasie sou dui.

Die lae reaksie tesame met laasgenoemde inligting substansieer die varierende brongebied teorie van Hewlett en Troendle (1975) waarvolgens die hoofbron vir stormvloeiafloop toegeskryf word aan oppervlakafloop, veroorsaak deur 'n lae infiltrasievermoë op 'n versadigde valleivloer. Weyman (1970) skryf die hoë bydrae van sypelwater langs die heuwelhang in vergelyking met stormwaterafloop toe aan die snelle vermeerdering in deurvloeivolume, soos die versadigde sone van onder langs hellings opbeweeg. Hierdie vinnige reaksie word toegeskryf aan die teorie van getranslokeerde vloei (Hewlett en Troendle, 1975). Die mate van versadiging en variasie van die grondwatervlak bo die dreineersloot is egter nog onseker, maar dit wil voorkom of die watervlak selde ^{mm}indien ooit die oppervlak bereik aangesien byna geen vloei op die 400 ^{mm}vlak geregistreer is nie. Na aanleiding van die snelle reaksie van sypeling tot reënval (kyk Fig 6.6) wil dit voorkom of die sypelwater alleenlik vanaf die voethang en laer-middelhang afkomstig is of dat waterverplasing gepostuleer deur Dunne en Black (1970) en Bevon en Kirkby (1979) afhangende van die permeabiliteit van die ondergrond, aansienlik vinniger plaasvind as wat aanvanklik vermoed is.

Oppervlakafloop is ook met reënvalgegewens vergelyk. Laasgenoemde is verkry deur toepassing van die RAINX program (Schulze, 1977) en die volgende faktore word in ag geneem:

- (i) daaglikse reënval (mm)
- (ii) maksimum reënval oor 30 minute (I_{30}) per dag
- (iii) reënval voor I_{30} per dag
- (iv) reënval na I_{30} per dag
- (v) voorafgestoorde reënwater vir die voorafgaande twee, vyf en tien dae.

Die beste korrelasies is verkry met die daaglikse reënval ($r = ,72$) en reënvaltotaal voor I_{30} ($r = ,87$). Korrelasies het geleidelik verswak met die bykomende voorafgaande reënval, naamlik ,70 tot 0,2 respektiewelik vir twee tot tien dae voorafgaande reënval. Die beste regressievergelykings verkry vir stormwaterafloop vanaf die eksperimentele heuwelhang is as volg:

$$Q_s = (0,0095 P + 0,0126 P_v - 0,776) \text{ mm} \quad \dots\dots\dots 6.2$$

$$(R^2 = 0,69)$$

en

$$Q_s = (0,0136 P + 0,2925) \text{ mm} \quad \dots\dots\dots 6.3$$

$$(R^2 = 0,52)$$

waar

Q_s die oppervlakafloop vanaf 'n heuwelhang, P die daaglikse reënval en P_v die reënval voor die 30 minute maksimum intensiteit verteenwoordig. Die meervoudige beduidendheidskoëffisient in geval van vergelyking 6.2 dui daarop dat P en P_v gesamentlik vir 69 persent van die variasie in oppervlakafloop vanaf die afloopperseel verantwoordelik is.

Hoofstuk 7

GEVOLGTREKKING EN AANBEVELINGS

7.1 Infiltrasie

Laag tot matig beduidende korrelasie is gevind tussen die min or meer konstante waarde f_c en die fisiese veranderlikes, soos waterinhoud van grond ($r=-0,48$ tot $-0,56$), tekstuur van die A-horison ($r=0,62$) maksimum kleiinhoud van die ondergrond ($r=0,62$), persentasie porieë kleiner as 0,03 millimeter in deursnee ($r=-0,68$ maksimum) en organiese materiaalinhoud ($r=0,59$).

Geen beduidende korrelasie (95 % vlak) is gevind tussen die fisiese veranderlikes, aanvanklike infiltrasiewaardes en die infiltrasievermoë halfpad tussen die aanvanklike waarde en die begin van die meer konstante waarde f_c . Die meer konstante waarde (f_c) is dus die enigste moontlik voorspelbare en dus prakties bruikbare infiltrasiewaarde wat gebruik kan word om die moontlikhede van oppervlakafloop te ondersoek.

Korrelasies tussen verskillende grondfisiese veranderlikes het 'n aansienlike vermindering in die aantal werklik onafhanklike fisiese veranderlikes, wat in 'n meervoudige regressieanalise gebruik kan word, veroorsaak. Die beste onafhanklike veranderlikes vir die voorspelling van f_c in hierdie omgewing is die persentasie porieë kleiner as 0,03 millimeter in deursnee tesame met kleiinhoud van die A-horison of die grondwaterinhoud van 0,5 tot 1,0 meter diepte.

Die grondseries en hidrologiese grondgroepe binne die Zoeloelandse opvanggebied het geensins met f_c gekorreleer nie. Kurwe-nommer aanpassings vir die SCS-afloopmodel mag egter beter resultate lewer as tekstuur en mate van kompaksie van die A-horisonte deur verdere differensiasie van series in fases plaasvind.

7.2 Heuvelhang afloopperseel

Heuvelhang afloopdata het gedui op 'n groot bydrae van grondwatersypeling tot stormwaterafloop. 'n Lae oppervlakafloop bydrae is

waarskynlik die gevolg van infiltrasievermoëns wat gewoonlik reënval-intensiteite oorskrei het. Die lae afloopreaksie (8 persent) in vergelyking met 'n gemiddelde reaksie van 30 persent, vir opvanggebiede as 'n geheel in hierdie gebied, dui op 'n hoë afloopbydrae vanaf die versadigde valleivoere van eerste en tweede orde strome wat sodoende die varierende brongebied konsep van Hewlett en Hibbert (1967) ondersteun.

Met die vergelyking van oppervlakaflowp teenoor reënvalgegevens is goeie beduidende korrelasies verkry met daaglikse reënval ($r=0,72$) en daaglikse reënvaltotaal voor maksimum 30 minute intensiteit (I_{30}) bereik is ($r=0,87$). Hierdie inligting dui op die belangrikheid van voorafgetoerde grondwaterinhoud en laasgenoemde se verband met daaglikse reënval asook met I_{30} .

Die resultate verkry deur middel van hierdie afloopperseel kan egter alleenlik as voorlopig beskou word aangesien die eksperiment op 'n baie klein skaal aangepak is. Die ingesamelde infiltrasie en afloopdata dui egter wel daarop dat die kartering van hidrologiese respons eenhede volgens homogene helling, infiltrasievermoë, plantegroei en grondsoorte nie geskik is vir modelering doeleindes vir afloop langs die Zoeloelandse kuslyn nie.

Daar moet egter meer inligting ingesamel word deur gebruik te maak van groter aflooppersele sodat algehele afloop meer akkuraat oor 'n langer tydperk bepaal kan word. Die ontwikkeling of verfyning van bestaande afloopmodelle, gebaseer op die varierende brongebied konsep, kan op hierdie wyse op meer konkrete inligting gebaseer word.

VERWYSINGS

Adrian, D D en Franzini, J B (1966):

Impedance to infiltration by pressure build-up of the wetting front. J Geophys Res, 71, 5857-5863.

Aitken, A P (1973):

Systematic errors in rainfall-runoff models. J Hydrol, 20, 121-136.

Archer, J R en Smith, P D (1972):

The relation between bulk density available water capacity and air capacity of soils. J of Soil Sci, 23, 475-480.

Aron, G; Miller, A C en Lakatos, D F (1977):

Infiltration formula based on SCS curve number. J of the Irrig and Drain Div, Proc of the Soc of Civ Engineers. 103, 419-427.

Beater, B E en Maud, R R (1960):

The occurrence of an extensive fault system in S E Zululand and its possible relationship to evaluation of part of the coastline of Southern Africa. Trans Geol Soc S Afr, 63, 51-54.

Bertrand, A R (1965):

Rate of Water intake in the field, 197-209 in Black, C A (red). Methods of soil analysis. Am Soc of Agron, Madison, 770 pp.

Betson, R P (1964):

What is watershed runoff? J Geophys Res, 69, 1542-1552.

Bevon, K J en Kirkby, M J (1979):

A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. Hydrol Sci Bull, Wallingford, 24, 43-69.

Bouma, J; Dekker L W en Wösten J H M (1978):

A case study on infiltration into dry clay soil. II Physical measurements. Geoderma, 20, 41-51.

British Standards Inst (1967):

Methods of testing soils for civil engineering purposes (British Standard 1377), British Standard House, London, 234 pp.

Briggs, D B (1977):

Sources and methods in geography: Soils. Butterworths, London, 192 pp.

Charlesworth, E D (1981):

Tectonics and metamorphism of the northern margin of the Namaqua-

- Natal mobile belt, near Eshowe, Natal. PhD-verhandeling (ongepubliseer), Universiteit van Natal, Durban, 421 pp.
- Chow, T L (1977):
A low cost tipping bucket flow meter for overland and subsurface stormflow studies. Can J Soil Sci, 56, 197-202.
- Chow, V T (1964):
Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill, 1320 pp.
- Copeland, M J (1978):
The effects of high water application rate on the subsurface structure of low intake soils. MSc-verhandeling (ongepubliseer). Cronfield Institute of Technology, 107 pp.
- Cordery, I (1970):
Antecedent wetness for design flood estimation. Civil Eng Trans, 12, 181-184.
- Day, P R (1965):
Particle fractionation and particle size analysis, 588-591, in Black, C A (red). Methods of soil analysis. Am Soc of Agron, Madison, 770 pp.
- Diebold, C H (1954):
Permeability and intake rates of medium textured soils in relation to silt content and degree of compaction. Soil Sci Soc Amer Proc, 18, 339-343.
- Draper, N R en Smith, H (1981):
Applied regression analysis. (2de uitg). Wiley and Sons, New York, 709 pp.
- Duley, F L en Domingo, C E (1953):
Effect of water temperature on rate of infiltration. Proc Soil Sci Soc Amer, 80, 129-131.
- Dunne, T en Black, R D (1970):
An experimental investigation of runoff production in permeable soils. Water Resour Res, 6, 478-490.
- Edwards, W M; Van der Ploeg, R R en Ehlers, W (1979):
A numerical study of the effects of non-capillary-sized pores upon infiltration. Soil Soc of Amer J, 43, 851-856.
- Engman, E T en Rogowski, A S (1974):
A partial area model for stormflow synthesis. Water Resour Res, 10, 464-472.

Free, J R en Palmer, V J (1940):

Relationships of infiltration, air movement and pore size in graded silica sand. Soil Sc Soc Amer Proc, 5, 390-398.

Freeze, R A (1972):

Role of sub-surface flow in generating surface runoff. 2 Upstream source areas. Water Resour Res, 8, 1272-1283.

Freeze, R A (1979):

Groundwater. Prentice Hall, Englewood, 604 pp.

Grin, A M (1972):

Infiltration capacity as a function of physical and chemical soil properties. Soil Physics. Soil Sci, 4, 453-460.

Gumbs, F A en Warkentin, B P (1976):

Bulk density saturation water content and rate of wetting of soil aggregates. Soil Sci Soc Am J, 40, 28-33.

Haan, C T (1977):

Statistical methods in hydrology. The Iowa State Univ Press, Ames, 378 pp.

Harr, R D (1977):

Water flux in soil and subsoil on a steep forested slope. J of Hydrol, 33 37-58.

Hawkins, R H (1978):

Runoff curve numbers with varying site moisture. J Irrig Drain Div, 104, 389-398.

Hewlett, J D en Fortson, J C (1977):

The effect of rainfall intensity on stormflow and peak discharge from forest land. Water Resour Res, 13, 259-266.

Hewlett, J D en Hibbert, A R (1963):

Moisture and energy conditions within a sloping soil mass during drainage. J of Geoph Res, 68, 1081-1087.

Hewlett, J D en Hibbert, A R (1967):

Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas, 275-290 in Sopper, W E and Lull, H W (eds). Forest Hydrology, Pergamon, Oxford.

Hewlett, D en Troendle, C A (1975):

Non-point and diffused water sources: a variable source area problem, 21-45. Symposium, Utah State University, Logan, Utah. (11-13 Aug (1975), American Soc of Civil Engineers.

Hesse, P R (1971):

A textbook of soil chemical analysis. Clowes and Sons Ltd,
London, 520 pp.

Hill, J S N en Sumner, M E (1966):

Effect of bulk density on moisture characteristics of soils.
Soil Sci, 103, 234-238.

Hillel, D (1973):

Soil and water, physical principles and processes. Academic press,
New York, 287 pp.

Hope, A S en Mulder, G J (1979):

Hydrological investigations of small catchments in the Natal coastal
belt and the role of physiography and landuse in the rainfall-runoff
process. Hydrol Res Unit, Univ Zululand, KwaDlangezwa, Rep No 1,
Series B, 283 pp.

Hope, A S (1980):

Estimation of catchment moisture status for the SCS stormflow model.
MSc-verhandeling (ongepubliseer), Dept Landb Ing, Univ Natal, Pieter-
maritzburg.

Horton, R E (1933):

The role of infiltration in the hydrologic cycle. Trans Am Geophys
Union, 14, 446-460.

Horton, R E (1940):

An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity.
Proc of the Soil Sc Soc Amer, 5, 399-417.

Huntley, B J (1965):

A preliminary account of the Ngoye Forest Reserve, Zululand.
J S Afr Bot, 31, 177-205.

Hirsch, C R (1944):

Report of the sub-committee on subsurface flow. Trans Amer Geophys
Union, 25, 743-746.

Ingram, J (1961):

Soil Moisture. Water Resour Res, 14, 63-70.

Johnson, C B; Mannering, J V en Moldenhauer, W C (1979):

Influence of surface roughness and clod size and stability on soil and
water losses. Soil Sci Soc of Am J, 43 772-777.

Kent, L E (red) (1980):

Stratigraphy of South Africa. Handbook 8. Government Printer,
Pretoria, 690 pp.

Keren, R; Shainberg, I; Frenkel, H en Kalo, Y (1983):

The effect of exchangeable sodium and gypsum on surface runoff from loess soil. Soil Sci Soc of Am J, 47, 1001-1004.

Laurenson, E M en Pilgrim, D H (1963):

Loss rates for Australian catchments and their significance. Inst of Eng, Australia J, 35, 9-24

Lynch, J A; Corbett, E S en Sopper, W E (1979):

Effects of antecedent soil moisture on stormflow volumes and timing, in Morel-Seytoux, HJ; Solas, J D; Sanders, T G en Smith, R E (reds), 89-99. Proc of the Fort Collins third international hydrology symposium on theoretical and applied hydrology, Fort Collins, Colorado. Water Resear Publ, 818 pp.

Macvicar, C W; De Villiers, J M; Loxton, R F; Verster, E; Lambrechts, J J N; Merryweather, F R; Le Roux; Van Rooyen, T H en Harmse, H J von M (1977): Grondklassifikasie. In Binomiese sisteem vir Suid-Grondklassifikasie. In Binomiese sisteem vir Suid-Afrika. Dept Landbou-Tegn Dienste, Pretoria, 152 pp.

Mallows, C I (1973):

Some comments on Cp. Technometrics, 15, 661-675.

Marshall, T J en Holmes, J W (1979):

Soil Physics. Cambridge University Press, London, 345 pp.

Maud, R R (1968):

Quaternary geomorphology and soil formation in Coastal Natal. Zeitschrift für Geomorphologie, 7, 155-159.

McIntyre D S (1958):

Soil splash and the formation of surface crusts by raindrop impact. Soil Sci, 85, 261-266.

Mein, R G en Larson, C L (1973):

Modelling infiltration during a steady rain. Water Resour Res, 9, 384-394.

Miller, D E en Gardner, W H (1962):

Water infiltration into stratified soil. Soil Sci Soc Amer Proc, 26, 115-118.

O'Neal, A M (1949):

Soil characteristics significant in evaluating permeability. Soil Sci, 67, 403-409.

Philip, J R (1954):

An infiltration equation with physical significance. Soil Sci, 77, 153-157

Philip, J R (1957):

The theory of infiltration: 4. Sorbtivity and algebraic infiltration equations. Soil Sci, 84, 257-284.

Ray, A A (red) (1982):

SAS users guide to statistics (1982 uitgawe). SAS institute Inc, Cary, USA, 584 pp.

Rubin, J (1966):

Theory of rainfall uptake by soils initially drier than their field capacity and its applications. Water Resour Res, 2, 739-749.

Sarma, K S S en Nagarajara, Y (1976):

Field infiltration indices in the evaluation of tillage practices. Agric Water Management (Amsterdam), 1, 79-88.

Schultz, E F (1976):

Problems in applied hydrology (Hersiene uitg). Water Resour-publ, Fort Collins, 501 pp.

Schulze, R E (1977):

Processed hydrological records from selected catchments in Natal. Dept Agric Eng, Univ Natal, ACRU Report, 3, Pietermaritzburg, 79 pp.

Schulze, R E en Arnold, H (1979):

Estimation of volume and rate of runoff in small catchments in South Africa, based on the SCS technique. Dept Agric Eng, Univ of Natal, Pietermaritzburg, ACRU Report, 8, 114 pp.

Seyhan, E (1981):

Introduction to multivariate statistical analysis in hydrology. Vrije Universiteit, Amsterdam 193 pp.

Slater, C S (1957):

Cylinder infiltration for determining rates of irrigation. Soil Sci Soc Amer Proc, 21, 457-460.

Steyn, H S (1983):

Persoonlike kommunikasie. Dept Statistiek, Potchefstroomse Univ vir CHO, Potchefstroom.

Steyn, J N (1968):

n Grondgebruikstudie van die Mtunzini-distrik. MA-verhandeling (ongepubliseer). Dept Geografie, Univ Stellenbosch, pp

Swartzendruber, D (1969):

The flow of water in unsaturated soils, 215-292 in De Wiest, R J M.
Flow through porous media. Academic Press, New York, 530 pp.

Swartzendruber, D en Hillel, D (1973):

The physics of infiltration, 1.15 in Hadas, A; Swartzendruber, D;
Rijtema, P E; Fuchs, M en Yaron, B. Physical aspects of soil water
and salts in Ecosystems. Springer-verlag, Berlyn, 460 pp.

Swartzendruber, D en Huberty, M R (1958):

Use of infiltration equation parameters to evaluate infiltration
differences in the field. Trans Amer Geoph Union, 39, 84-93.

Tacket, J L en Pearson, R W (1965):

Some characteristics of soil crusts formed by simulated rainfall.
Soil Sci, 99, 407-413.

Talsma, T en Flint, S E (1958):

Some factors determining the hydraulic conductivity of subsoils. Soil
Sci, 85, 198-206.

Tischendorf, W G (1969):

Tracing stormflow to varying source areas in a small, forested
watershed in the south-eastern Piedmont. PhD-verhandeling, (onge-
publiseer). Univ of Georgia, 150 pp.

Tisdall, A L (1951):

Antecedent soil moisture and its relation to infiltration. Aust J of
Agric Res, 2, 242-248.

Turner, D P (1976):

A study of water infiltration into soils M Sc-verhandeling (ongepub-
liseer), Universiteit van Natal, Pietermaritzburg, 200 pp.

Turner, D P en Sumner, M E (1978):

The influence of initial soil moisture content on field measured
infiltration rates. Water SA, 4, 18-24.

Venter, H J T (1971):

An ecological survey of the grasslands of the Ngoye forest reserve,
Zululand. S Afr Bot, 37, 213-218.

Ward, R C (1975):

Principles of hydrology; (2de uitg). McGraw-Hill, London, 367 pp.

Ward, R C (1982):

The fountains of the deep and the windows of Heaven: Perplexity and

progress in explaining the response of rivers to precipitation.
Inaugurele rede, Hall Universiteit, 30 pp.

Weyman, D R (1970):

Throughflow on hillslopes and its relation to the stream hydrograph.
Bull Int Assoc Sci Hydrol, 15, 25-33.

Whitmore, J S (1970):

The hydrology of Natal. Symp Water Natal, Paper 1, Durban.

Wilson, L G en Luthin, J N (1963):

Effect of air flow ahead of the wetting front on infiltration. So Sci, 96, 136-143.

Zaslavsky, D en Rogowski, A S (1969):

Hydrologic and morphologic implications of anistropy and infiltration in soil profile development. Soil Sci Sci Am Proc, 33, 594-599.

Monster No	f_c mm.h ⁻¹	% Soliede Deeltjies	Poriegrootteverspreiding (%)											
			>.03mm	>.037mm	>0.05mm	>0.075mm	>0.15mm	>0.3mm	<.03mm	<.037mm	<0.05mm	<0.075mm	<0.15mm	<0.3mm
8	3 0	81.1	10.3	9.89	9.43	8.19	5.5	3.73	8.4	8.81	9.27	10.51	13.2	14.97
9	9 0	73.97	16.85	16.33	15.12	12.24	7.03	4.57	9.18	9.7	10.91	13.79	19.0	21.46
10	23 5	82.8	10.1	9.24	8.92	8.15	5.53	3.87	7.1	7.96	8.88	9.05	11.67	13.33
11	10 9	78.6	8.2	7.8	7.29	6.24	4.26	2.92	13.2	13.6	14.11	15.16	17.14	18.46
12	1	75.7	6.9	6.9	6.87	6.55	5.56	2.90	17.5	17.5	17.53	17.85	18.84	21.5
13	5 0	75.7	6.9	6.9	6.87	6.55	5.56	2.90	17.5	17.5	17.53	17.85	18.84	21.5
14	9	76.69	8.94	8.85	8.81	8.53	7.27	5.28	14.38	14.47	14.51	14.79	16.05	18.04
15	1 9	73.3	10.4	10.14	10.07	9.81	8.25	4.19	16.3	16.56	16.63	16.89	18.45	22.51
16	3 2	74.8	8.4	8.31	8.16	7.84	6.68	4.73	16.7	16.79	16.94	17.26	18.42	20.37
17	2 6	67.2	18.9	18.81	18.63	17.62	16.5	9.68	13.9	13.99	14.17	15.18	16.27	23.12
18	26 7	79.0	9.8	8.95	6.67	4.93	3.6	2.86	11.2	12.05	14.33	16.07	17.4	18.14
20	9	76.1	12.1	11.6	10.89	10.03	8.48	6.87	11.8	12.3	13.01	13.87	15.42	17.03
21	19 0	70.4	8.1	8.1	7.91	7.66	6.75	4.91	21.5	21.5	21.69	21.94	22.85	24.69
23	1 5	75.3	6.9	6.44	6.14	5.53	3.77	2.51	17.8	18.26	18.56	19.17	20.93	22.19
24	9 1	77.24	8.89	8.46	8.25	7.68	6.43	4.25	13.87	14.29	14.51	15.08	16.33	18.51
25	1 1	79.85	8.49	8.21	7.95	7.33	5.56	3.75	11.91	12.19	12.45	13.07	14.84	16.65
30	46 8	81.0	12.1	10.8	9.95	8.58	5.34	3.67	6.9	8.2	9.05	10.15	13.66	15.33
31	22 3	78.8	14.6	14.09	12.99	9.91	5.4	3.1	6.6	7.11	8.21	11.29	15.8	18.1
32	73 6	78.8	15.3	14.65	14.03	12.14	4.39	2.05	5.9	6.55	7.17	9.06	16.81	19.15
33	12 6	74.8	3.8	3.65	3.59	3.33	2.89	2.36	21.4	21.55	21.61	21.87	22.31	22.84
34	4 6	81.2	4.8	4.52	4.25	3.95	3.3	2.48	14.0	14.28	14.55	14.85	15.5	16.32
35	9 6	82.4	4.60	4.33	4.31	4.19	3.83	3.30	12.94	13.21	13.23	13.35	13.71	14.24
36	9	76.4	6.37	6.23	5.99	5.63	4.91	4.01	17.26	17.40	17.78	18.00	18.72	19.62
37	1 2	76.7	7.12	6.23	5.95	5.63	4.60	3.40	16.21	17.10	17.38	17.70	18.73	19.93
39	13 6	81.4	13.03	12.56	11.76	9.76	4.04	1.96	5.59	6.06	6.86	8.86	14.58	10.66

Addendum 2: Die persentasie van die volume porieë kleiner of groter as h gespesifiseerde grootte
(vir verklaring van simbole kyk tabelle 5.1 en 6.2)

Addendum 3: Profielbeskrywing van grondseries waarop infiltrasie toetse uitgevoer is (kyk Fig 4.9 vir die posisie van profiele)

Simbole gebruik vir tekstuur:

kl = klei	sa = sand	lm = leem
g = grof	m = medium	f = fyn

PROFIEL: 1 SIBASASERIE We13 WESTLEIGHVORM
 LIGGING: 28° 52' 46" S 31° 51' 30" O
 OPVANGGEBIED: Gugusheerivier (bo W1M 13)
 TOPOGRAFIE: Kruingedeelte van 'n matig gedissekteerde 1,3,5,-tipe
 landskap
 MOEDERMATERIAAL: Kolluviale mengsel van rooi aeoliese sand en mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
All (Orties)	0-970	Klam-donkerbruin (7.5YR3/2); lemerige medium sand; apedaal; baie brokkelrig; volop fyn wortels; skerp oorgang na -
II A12	970-1100	Nat; donkerbruin (7.5YR3/2); medium sand= leem; nie-klewerig, nie-plasties; apedaal; volop fyn wortels; duidelike tongende oorgang na -
II B21	1100-1330 +	Nat; bruin (7.5YR3/2); medium sandklei; klewerig, effens plasties; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; grootte duidelike donker rooibruin vlekke sterk ontwikkel; dun donkerbruin vertikaal aaneenlopende kutans matig ontwikkel wat laer-af in die profiel verswak; yster- verrykte kwartsiet klipies en gruis frekwent; fyn wortels frekwent.

Analitiese Data

Horison	A11	II A12	II B21
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand (2-0,5 mm)	3	2	2
m. sand (0,5-0,2 mm)	46	33	25
f. sand (0,2-0,02 mm)	41	48	33
Totaal	89	83	60
slik (0,02-0,002 mm)	2	2	4
klei (0,002 mm)	9	15	86
teksturele klas	1mmsa	msalm	msakl
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>			
Na	0,28	0,20	0,27
K	0,04	0,02	0,02
Ca	0,51	0,10	0,02
Mg	0,26	0,18	0,22
S-waarde	1,10	0,508	0,51
P (mg.kg ⁻¹)	7	2	2
Al (mg.kg ⁻¹)	19	72	57
pH (H ₂ O)	5,5	5,3	5,3

PROFIEL: 13 TRAFALGARSERIE Fw32 FERNWOODVORM
 LIGGING: 28° 53' 08" S 31° 46' 31" O
 OPVANGGEBIED: Gugusheerivier (naby WIM 13)
 TOPOGRAFIE: n Breë alluviale vloedvlakte in matig gedissekteerde
 1,3,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Alluvium

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-550	Klam; donkerbruin (7.5YR3/3); growwe sand; los; struktuurloos; fyn wortels volop; duidelike oorgang na -
C (regiese sand)	550-1400	Klam; dofbruin (7.5YR6/3); growwe sand; los; struktuurloos; fyn wortels frekvent

Analitiese Data

Horison	A1	C
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>		
g. sand (2-0,5 mm)	9	8
m. sand (0,5-0,2 mm)	31	46
f. sand (0,2-0,02 mm)	52	27
Totaal	93	91
slik (0,02-0,002)	2	2
klei (0,002 mm)	5	7
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>		
Na	0,33	0,43
K	0,05	0,09
Ca	0,71	1,18
Mg	1,51	2,52
P (mg.kg ⁻¹)	2	1
A1 (mg.kg ⁻¹)		
pH (H ₂ O)	6,2	6,7

PROFIEL: 14 ROSEHILLSERIE Sw30 SWARTLANDVORM
 LIGGING: 28° 53' 48" S 31° 45' 34" O
 OPVANGGEBIED: Hoog op in die middelhang in 'n goed gedissekteerde
 1,3,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0,150	Droog; swart (7.5YR2/1); struktuurloos; growwe sandleem; hard; fyn wortels volop; hoekige kwartsgruis frekwent, skerp oorgang na -
AB (Kliplyn)	150-260	Droog; bruin (7.5YE2/1); struktuurloos; effens hard; hoekige kwarts dominant; die fyner fraksie is 'n growwe sandkleileem; fyn wortels volop; duidelike oorgang na -
II B2	260-800	Droog; dominant bruin (7.5YR4/6) wat (Pedokutanie) oorgaan na donker rooibruin binne die struktureenhede; matig ontwikkelde growwe hoekige blokstruktuur; uitsers hard; growwe sandleem; fyn wortels volop tussen die peds; wortels afwesig binne die peds; bruinswart dik aaneenlopende klei-organiese kutans kom voor op pedoppervlak; geleidelike tongende oorgang na -
II C	800-1200	Klam; donkerbruin (7.5YR3/4); growwe sandleem; brokkelrig; swak ontwikkelde growwe plaatstruktuur met 'n helling van + 60°
OPMERKING:	Algemene kwarts are sny deur die C en die B horisone en het bygedra tot die vorming van die kliplyn. In die C-horison kon die oorspronklike naatsisteem van die moeder-gesteente nog duidelike gesien word (growwe plaatstruktuur).	

Analitiese Data

Horison	A1	AB	II B2	II C
Deeltjiegrootteverspreiding (%)				
g. sand (2-0,5 mm)	38	14	21	4
m. sand (0,5-0,2 mm)	19	18	26	4
f. sand	19	31	31	38
Totaal	76	63	78	47
slik (0,02-0,002 mm)	7	13	8	21
klei (0,002 mm)	17	24	14	33
teksturele klas	g salm	g sakilm	g salm	kilm
Uitruilbare katione (me/100 g)				
Na	0,23	0,50	0,40	0,27
K	0,14	0,10	0,13	0,02
Ca	1,20	1,14	1,24	0,16
Mg	1,22	1,81	1,81	0,98
S-waarde	2,78	3,55	3,59	1,43
p (mg.kg ⁻¹)	5	1	1	1
Al (mg.kg ⁻¹)				49
pH (H ₂ O)	5,8	6,3	6,3	5,5

Analitiese Data

Horison	A1	B2	CR
	<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>		
g. sand (2-0,5 mm)	28	30	
m. sand (0,5-0,2 mm)	13	9	
f. sand (0,2-0,02 mm)	22	20	
Totaal	63	60	
slik (0,02-0,002 mm)	15	15	
klei (0,002 mm)	20	24	
teksturele klas	g sakllm	1 m	
	<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>		
Na	0,27	0,35	
K	0,27	1,28	
Ca	1,87	2,44	
Mg	1,80	1,81	
S-waarde	4,20	4,87	
P (mg.kg ⁻¹)	2	5	
A1 (mg.kg ⁻¹)			
pH (H ₂ O)	6,0	6,2	

PROFIEL: 16 KATENA: III SKILDERKRANS Sw11 SHORTLANDS
 LIGGING: 28° 54' 5" 31° 46' 16" O
 OPVANGGEBIED: Ntuzerivier (net bokant W1M 12)
 TOPOGRAFIE: Laer-af op 'n steil middelhang in 'n 1,3,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0,300	Klam; bruinswart (5YR3/1); growwe sandleem; baie brokkelrig; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; hoekige fyn kwartsgruis volop; fyn tot medium wortels volop; duidelike oorgang na 'n kliplyn + 5 cm dik wat bestaan uit 'n mengsel van hoekige gruis en klein kwartsklippies; geleidelike oorgang na -
B1	300-510	Klam; baie donker rooierig-bruin (10R2/2); klei; stewig; matig ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; hoekige gruis frekwent; fyn tot medium wortels volop (effens platgedruk) duidelike tongende oorgang na -
B2 (Rooi pedokutannies)	510-1000	Droog; donker rooi (10R3/4); baie hard; growwe sandkleileem; goed ontwikkelde fyn hoekige blokstruktuur; hoekige kwartsgruis frekwent; dun aan- eenlopende donker rooibruin (5YR3/4) kutans word langs seldsame vertikale nate aangetref; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
B3	1000-1300 +	Klam; donker rooi (10R3/4); klei; brokkelrig, goed ontwikkelde fyn hoekige blokstruktuur; geel-oranje verweerde gruis frekwent (waarskynlik veldspate); struktuureenhede met blink drukvlakke ontwikkel; wortels frekwent

Analitiese Data

Horison	A1	B1	B2	B3
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>				
g. sand (2-0,5 mm)	39	15	28	11
m. sand (0,5-0,2 mm)	11	6	12	5
f. sand (0,2-0,02 mm)	16	16	10	24
Totaal	66	37	50	40
slik (0,02-0,002 mm)	15	12	10	24
klei (0,002 mm)	19	51	40	37
teksturele klas	gsalm	k1	k1	k1
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>				
Na	0,26	0,14	0,34	0,47
K	0,23	1,81	1,11	0,12
Ca	2,3	0,14	1,81	1,86
Mg	1,74		1,81	1,81
S-waarde	4,52	3,63	4,07	4,26
P (mg.kg ⁻¹)	1	5	1	
pH (H ₂ O)	6,3	5,7	6,5	6,6

PROFIEL: 17 KATENA: IV MISPAH SERIES Ms10 MISPAHVORM
 LIGGING: 28° 52' 40" S 31° 46' 24" O
 OPVANGGEBIED: Gugushe rivier (bokant WIM 13)
 TOPOGRAFIE: Op die kruingedeelte van 'n goed gedissekteerde 1,3,5-
 tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Kwartsgneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (orties)	0-150	Klam; bruinerig swart (10YR2/2); medium sandleem; apedaal; baie brokkelrig; fyn wortels volop; hoekige kwarts klippe frekwent; abrupte oorgang na
R	150	Gebroke rots; sterk genaai met die nate se helling van ongeveer 45°; kwartsaar dominant

Analitiese Data

Horison	A1	R
	<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>	
g. sand (210,5 mm)	15	
m. sand (0,5-0,2 mm)	24	
f. sand (0,2-0,02 mm)	39	
Totaal	77	
slik (0,002 mm)	6	
klei (0,002 mm)	16	
teksturele klas	m salm	
	<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>	
Na	0,30	
K	0,36	
Ca	1,23	
Mg	0,78	
S-waarde	1,66	
P (mg.kg ⁻¹)	5	
pH (H ₂ O) 2	6	

PROFIEL: 18 KATENA: IV VAALSANDSERIE Lc 31 LONGLANDSVORM
 LIGGING: 28° 52' 35" S 31° 46' 26" O
 OPVANGGEBIED: Amanzamarivier
 TOPOGRAFIE: Op die dalwegposisie in 'n 1,3,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Alluvium afkomstig vanaf mika, kwarts- en granietgneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-450	Droog; bruinerig swart (10YR2/2); lemerige growwe sand; apedaal; effens hard; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
E	450-900	Klam; dof geeloranje (10YR7/2) wanneer droog; bruin (10YR4/3) wanneer nat; lemerige growwe sand; apedaal; baie brokkelrig; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
B21 (Sagte plintiet)	900-1200	Klam; gelerig bruin (10YR5/8); growwe sandklei=leem; apedaal, brokkelrig; rooierig bruin matig ontwikkelde diffuse medium vlekke; fyn wortels frekwent

Analitiese Data

Horison	A1	E	B21
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand (2-0,5 mm)	23	19	19
m. sand (0,5-0,2 mm)	29	29	24
f. sand (0,2-0,02 mm)	30	35	29
Totaal	83	84	72
slik (0,02-0,002 mm)	6	7	7
klei (0,002 mm)	11	8	21
teksturele klas	1msa	1msa	g sakllm
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>			
Na	0,29	0,23	0,17
K	0,13	0,05	0,15
Ca	0,70	0,39	0,59
Mg	0,60	0,33	0,98
S-waarde	1,73	0,90	2,16
<u>P (mg.kg⁻¹)</u>			
pH (H ₂ O)	6,1	6,3	6,25
C (%) ²	0,87	0,15	0,15
OM (%)	1,50	0,26	0,26

PROFIEL: 21 KATENA: V ROEMORESERIE Gs18 GLENROSAVORM
 LIGGING: 31° 45' 37" S 28° 52' 18" O
 OPVANGGEBIED: Ntuzerivier
 TOPOGRAFIE: Laag-af op die middelhang van n 1,3,4,5-tipe katena
 MOEDERMATERIAAL: Mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (orties)	0-40	Klam; swart (7.5YR1/1); growwe sandkleileem; brokkelrig; swak ontwikkelde fyn subhoekige blok-struktuur; fyn wortels volop; + 50-100 mm dik kliplyn bestaande uit gruis en fyn kwarts klipies op 100 mm diepte; duidelike tongende oorgang na -
B2 (litokutanies)	400-650	Klam; oranje (7.5YR6/6); growwe sandleem; struktuurloos; brokkelrig; wortels frekwent; donker bruin kutaniese kleiafsettings langs naatsisteem van oorspronklike gesteente; geleidelike oorgang na -
C	650-900 +	Klam; bruin (10YR4/4); medium sandleem; apedaal; baie brokkelrig; wortels afwesig

Analitiese Data

Horison	A1	B2	C
Deeltjiegrootteverspreiding (%)			
g. sand (2-0,5 mm)	27	20	14
m. sand (0,5-0,2 mm)	14	19	25
f. sand (0,2-0,02 mm)	18	40	42
Totaal	59	79	81
slik (0,02-0,002 mm)	16	11	9
klei (0,002 mm)	25	10	10
Teksturele klas	g sakilm	g saalm	m saalm
Uitruilbare katione (me100 g)			
Na	0,31	0,30	0,30
K	0,27	0,07	0,07
Ca	0,74	0,21	0,17
Mg	1,05	1,12	1,24
S-waarde	2,37	1,70	1,77
P (mg.kg ⁻¹)	2	1	1
A1 (mg.kg ⁻¹)	32	78	76
pH (H ₂ O)	5,4	5,5	5,5

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-250	Klam; donker rooibruin (5YR3/2) leem; fyn sub- hoekige blokstruktuur matig ontwikkel; brokkelrig; fyn wortels volop; skerp oorgang na -
Kliplyn	250-330	Fyn tot growwe hoekige kwartsgruis met enkele hoekige middelslag kwarts klippe
II AB	330-610	Klam; donker rooibruin (10YR3/3); slikkleileem; matig ontwikkelde fyn hoekige blokstruktuur; stewig; dun donker rooibruin aaneenlopend kutans word algemeen langs ou wurm- en wortelgange aange- tref; donkerbruin sones tong vanaf die kliplyn in tot op 'n diepte van ongeveer 50 cm; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na-
II B2 (Rooi pedokutanes)	610-1100 +	Klam; donker rooi (10R3/4); slikkleileem; goed ontwikkelde fyn hoekige blokstruktuur; baie stewig; fyn wortels frekwent; kleur effens donker- der op pedoppervlakke; donkerbruin wurmgietse seldsaam

Horison	A1	kliplyn	II AB	II B2
	<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand (2-0,5 mm)	20		2	1
m. sand (0,5-0,2 mm)	9		3	2
f. sand (0,2-0,02 mm)	20		22	20
Totaal	49		26	24
slik (0,02-0,002 mm)	15		37	39
klei (0,002 mm)	36		36	37
teksturele klas	1 m		slklm	slklm
	<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>			
Na	0,24		0,32	0,46
K	0,12		0,04	0,04
Ca	1,70		0,95	1,20
Mg	1,81		1,81	1,81
S-waarde	3,86		3,12	3,51
	<u>Plantegrootheid</u>			
P (mg.kg ⁻¹)	4		1	1
A1 (mg.kg ⁻¹)	10		2	2
pH (H ₂ O)	5,3		5,3	5,5

PROFIEL: 24 SAINTFAITHS-SERIE Gs19 GLENROSAVORM
 LIGGING: 31° 47' 36" S 28° 50' 59" O
 OPVANGGEBIED: Gugusherivier (bokant WIM 15)
 TOPOGRAFIE: Op die kruingedeelte van 'n matig gedissekteerde 1,3,5-
 tipe katena
 MOEDERMATERIAAL: Amfiboliet

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-390	Droog; bruinerig swart (7.5YR3/2); klei; baie hard; goed ontwikkelde fyn hoekige blokstruktuur; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
B2 (litokutannies)	390-640	Klam; bruinerig swart (7.5YR3/2); klei; stewig; goed ontwikkelde fyn hoekige blokstruktuur; fyn wortels volop; duidelike tongende oorgang na -
C	640-110 +	Klam; rooierig bruin (5YR3/4); fyn sandleem; brokkelrig; oorspronklike plaatstruktuur van die Granietskis met 'n helling van ongeveer 60° suid is duidelik sigbaar; swak ontwikkelde growwe blokstruktuur; bruinerig swart dun aaneenlopende klei-kutans algemeen langs nate; oranje minder verweerde fyn gruis sones vermeerder na onder toe; fyn wortels frekwent.

Analitiese Data

Horison	A	B2	C
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand (2-0,5 mm)	5	3	8
m. sand (0,5-0,2 mm)	7	4	12
f. sand (0,2-0,02 mm)	30	25	49
Totaal	42	33	69
slik (0,02-0,002 mm)	14	22	16
klei (0,002 mm)	44	45	15
teksturele klas	kl	kl	f salm
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>			
Na	0,44	0,68	0,89
K	0,08	0,06	0,08
Ca	2,84	2,86	4,82
Mg	1,81	1,81	1,81
S-waarde	3,42	5,41	7,59
P (mg.kg ⁻¹)	2	1	2
pH (H ₂ O)	5,7	5,9	6,25
C (%)	1,86	1,08	

PROFIEL: 25 CLANSTHALSERIE Hu24 HUTTONVORM
 LIGGING: 31° 49' 32" SBr 28° 52' 52" OL
 OPVANGGEBIED: Op die kruin van 'n matig gedissekteerde 1,3,5-tipe
 landskap
 MOEDERMATERIAAL: Aeoliese sand

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-540	Klam; donker rooierig bruin (5 Yr3/3); medium sand; apedaal; los; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
II B21 (Rooi apedaal)	540-1040	Klam; donker rooierig bruin (2.5YR3/3); medium sand; apedaal; los; fyn wortels volop; skerp oorgang na -
II B22	1040-1300	Klam; donker rooierig bruin (2.5YR3/4); medium sandleem; apedaal; brokkelrig; fyn wortels volop

Analitiese Data

Horison	A1	II B21	II B22
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand (2-0,5 mm)	4	8	4
m. sand (0,5-0,2 mm)	54	57	45
f. sand (0,2-0,02 mm)	35	27	34
Totaal	93	92	83
slik (0,02-0,002 mm)	1	1	2
klei (0,002 mm)	6	7	15
teksturele klas	msa	msa	msalm
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>			
Na	0,10	0,16	0,21
K	0,26	0,01	0,51
Ca	0,30	0,21	0,28
Mg	0,05	0,29	0,03
S-waarde	0,71	0,67	1,03
P (mg.kg ⁻¹)	2	2	2
Al (mg.kg ⁻¹)		12	14
pH (H ₂ O)	5,7	5,2	5,2

PROFIEL: 26 KATENA: VI KATSPRUITSERIE Ka10 KATSPRUITVORM
 LIGGING: 31° 47' 42" S 28° 51' 01" O
 TOPOGRAFIE: Vleiagtige valleivloer van 'n diep-ingesnyde 1,3,5-tipe
 landskap
 MOEDERMATERIAAL: Amfiboliet

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-300	Nat; bruinerig swart (10YR2/2); fyn sanderige leem; swak ontwikkelde fyn blokstruktuur; effens klewerig; effens plasties; fyn diffuse rooibruin vlekke uiters swak ontwikkel langs wortelgange; fyn tot growwe wortels volop; duidelike oorgang na -
G	300-1300	Nat; dof gelerig bruin (10YR5/3); growwe sandklei; baie klewerig; baie plasties; struktuurloos massief; diffuse geelbruin vlekke matig ontwikkel; hoekige kwartsgruis frekwent; fyn wortels seldsaam
OPMERKING:	Die grondwatervlak is op 'n diepte van 160 mm aangetref	

Analitiese Data

Horison	A1	G
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>		
g. sand (2-0,5 mm)	7	24
m. sand (0,5-0,2 mm)	14	9
f. sand (0,2-0,02 mm)	40	20
Totaal	61	54
slik (0,02-0,002 mm)	16	8
klei (0,002 mm)	23	38
teksturele klas	f sakllm	gsakl
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>		
Na	0,55	0,63
K	0,06	0,13
Ca	2,53	6,20
Mg	1,81	1,81
S-waarde	4,95	7,77
P (mg.kg ⁻¹)	4	1
Al (mg.kg ⁻¹)	2	
pH (H ₂ O)	5,4	6,4

PROFIEL: 30 KATENA: VIII TRAFALGARSERIE Fw32 FERNWOODVORM
 LIGGING: 28° 53' 53" S 31° 48' 30" O
 OPVANGGEBIED: Ntuzerivier (naby Sensiwawinkel)
 TOPOGRAFIE: Op 'n kort voethang van 'n matig gedissekteerde 2,3,4,5-
 tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Aeoliese sand

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A11 (Orties)	0-350	Klam; swart (7.5YR2/1); medium sand; baie brokkel- rig; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur medium tot fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
II A12	350-840	Klam; swart (7.5YR2/1); lemerige growwe sand; baie brokkelrig; struktuurloos apedaal; fyn tot medium wortels frekwent; geleidelike oorgang na -
III C	840-1200+	Klam; bruinerig grys (10YR5/1); medium sand; los; apedaal; wortels seldsaam
OPMERKING:	Waterspieël word op 120 mm aangetref	

Horison	A11	A12	C
Deeltjiegrootteverspreiding (%)			
g. sand (2-0,5 mm)	10	24	8
m. sand (0,5-0,2 mm)	52	25	52
f. sand (0,2-0,002 mm)	30	39	35
Totaal	91	88	95
slik (0,002 mm)	2	6	1
klei (0,002 mm)	8	6	4
teksturele klas	mca	lmgca	mca

Uitruilbare katione (me/100 g)			
Na	0,03	0,10	0,09
K	0,05	0,01	0,04
Ca	0,14	0,06	0,05
Mg	0,07	0,11	0,01
S-waarde	0,39	0,28	0,18
P (mg.kg ⁻¹)			
A1 (mg.kg ⁻¹)	5	3	0
pH (H ₂ O)	4,9	5,0	5,3

PROFIEL: 31 KATENA: VIII CLANSTHALSERIE Hu24 HUTTONVORM
 LIGGING: 28° 52' 53" S 31° 48' 31" O
 OPVANGGEBIED: Ntuzerivier (naby Senziwawinkel)
 TOPOGRAFIE: Op die middelhang van 'n matig gedissekteerde 1,3,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Aeoliese sand op mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-160	Klam; donker rooibruin (5YR3/1); medium sand; apedaal; los; grof tot fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
B2 (Rooi apedaal)	160-1200	Klam; donker rooierig bruin (5YR3/3); medium sand; apedaal; los; medium tot fyn wortels frekvent; swak ontwikkelde rotsteenlaag bestaande uit enkele plat uiters verweerde rolstene aan die onderkant; skerp oorgang na -
IIC	1200-1500 +	Klam; donker rooierig bruin (25YR3/4); medium sandklei; ferm; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; fyn wortels seldsaam
OPMERKING:	Die rolsteen laag is baie onduidelik as gevolg van verwerking maar mag op anisotropisme in moedermateriaal aandui	

Analitiese Data

Horison	A1	B2	IIC
Deeltjiegrootteverspreiding (%)			
g. sand (2-0,5 mm)	7	7	4
m. sand (0,5-0,2 mm)	47	46	24
f. sand (0,2-0,02 mm)	38	37	24
Totaal	92	91	53
slik (0,02-0,002 mm)	1	2	8
klei (0,002 mm)	7	7	39
teksturele klas	msa	msa	msakl
Uitruilbare katione (mg/100 g)			
Na	0,07	0,11	0,27
K	0,07	0,01	0,03
Ca	0,52	0,11	1,56
Mg	0,31	0,14	0,27
S-waarde	0,90	0,37	1,92
P (mg.kg ⁻¹)	2	1	0
A1 (mg.kg ⁻¹)	5	13	21
Ph (H ₂ O)	5,3	5,4	5,0

PROFIEL: 32 KATENA: VIII CLANSTHALSERIE Hu24 HUTTONVORM
 LIGGING: 28° 53' 55" S 31° 48' 36" O
 OPVANGGEBIED: Ntuzerivier (naby Senziwawinkel)
 TOPOGRAFIE: Hoog-op op die middelhang van 'n matig gedissekteerde
 1,3,4,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Aeoliese sand of mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1	0-300	Klam; donker rooibruin (YR3/4); medium sand; apedaal; los; grof tot fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
B2	300-600	Klam; donker rooierig bruin (2.5YR3/3); medium sand; los; apedaal; grof tot fyn wortels volop; skerp oorgang na -
IIC	600-1200	Klam; donker rooierig bruin (2.5YR3/4); medium sandkleileem; baie brokkelrig; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; fyn wortels frekwent
OPMERKING:	Die diskontinuiteit tussen B2 en IIC is gefundeer op bewyse in profiel 31	

Analitiese Data

Horison	A1	A2	IIC
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand (2-0,5 mm)	15	1	1
m. sand (0,5-0,2 mm)	40	46	37
f. sand (0,02-0,02 mm)	35	43	35
Totaal	90	91	73
slik (0,02-0,002 mm)	5	3	2
klei (0,002 mm)	5	6	24
teksturele klas	msa	msa	msakllm
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>			
Na	0,11	0,13	0,09
K	0,53	0,01	0,03
Ca	0,91	0,49	0,93
Mg	0,03	0,33	1,08
S-waarde	1,58	0,97	2,12
P (mg.kg ⁻¹)	1	2	0
pH (H ₂ O)	5,9	5,7	5,6

PROFIEL: 33 DOMINANT MEDIUM SAND Du10 DUNDEEVORM
 LIGGING: 28° 52' 52" S 31° 49' 27" O
 OPVANGGEBIED: Kort sytak van die Gugusherivier
 MOEDERMATERIAAL: Kolluvium vanaf rooi aeoliese sand afkomstig

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A11 (Orties)	0-300	Klam; bruinerig swart (7.5YR3/2); medium sand; baie brokkelrig; apedaal; fyn tot medium wortels volop; geleidelike oorgang na -
A12	300-130	Klam; donker bruin (7.5YR3/3); lemerige medium sand; apedaal; baie brokkelrig; fyn tot medium wortels volop; geleidelike oorgang na -
C (alluvium)	1300 +	Klam; bruin (7.5YR4/3); growwe sandleem; apedaal; los; wortels seldsaam
OPMERKING:	Stratifikasie is afwesig vanweë die homogeniteit van die moedermateriaal.	

Analitiese Data

Horison	A11	A12	C
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand (2-0,5 mm)	2	2	28
m. sand (0,5-0,2 mm)	48	48	20
f. sand (0,2-0,02 mm)	44	39	33
Totaal	95	89	81
slik (0,02-0,002 mm)	1	3	8
klei (0,002 mm)	4	8	11
teksturele klas	msa	1mmsa	gsalm
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>			
Na	0,05	0,13	0,06
K	0,03	0,03	0,01
Ca	0,19	0,85	0,04
Mg	0,21	0,39	0,03
S-waarde	0,88	1,28	0,13
<u>P (mg.kg⁻¹)</u>			
A1 (mg.kg ⁻¹)	3	1	1
A1 (mg.kg ⁻¹)	52	29	8
pH (H ₂ O)	4,7	5,0	5,2

PROFIEL: 34 SKILDERKRANSERIE Sw11 SWARTLANDVORM
 LIGGING: 28° 52' 59" S 31° 49' 23" O
 OPVANGGEBIED: Bo-loop van Macandlarivier
 TOPOGRAFIE: Op die kruingedeelte van 'n matig gedissekteerde 1,3,4, 5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Aeoliese sand op mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A11 (Orties)	0-300	Klam; donker rooibruin (5YR/2); medium sand; apedaal; los; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
A12	300-880	Klam; donker rooibruin (5YR3/2); medium sandleem; apedaal; baie brokkelrig; fyn wortels frekvent; abrupte oorgang na -
IIB2	880-1250	Klam; donker rooi (10R3/4); kleileem; ferm; medium subboekige blokstruktuur matig ontwikkel; die matriks kleur wissel van donker rooi na 'n effens ligte (10R/6) rooi en word meer homogeen na ondertoe; kutaniese kenmerke uitgedruk as effens donkerder kleur op struktuureenhede; donker bruin wurmgietels volop aan die bokant wat na ondertoe verminder; fyn wortels seldsaam

Analitiese Data

Horison	A11	A12	IIB2
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand (2-0,5 mm)	1	2	1
m. sand (0,5-0,2 mm)	46	41	21
f. sand (0,2-0,02 mm)	45	41	24
Totaal	92	83	45
slik (0,02-0,002 mm)	2	3	15
klei (0,002 mm)	7	13	40
teksturele klas	msa	msalm	kllm
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>			
Na	0,16	0,07	0,19
K	0,07	0,04	0,04
Ca	0,58	0,29	0,90
Mg	0,32	0,31	1,56
S-waarde	1,14	0,72	2,69
P (mg.kg ⁻¹)	7	2	1
A1 (mg.kg ⁻¹)	5	27	3
pH (H ₂ O)	5,3	5,0	5,5

PROFIEL: 35 KATENA: IX DAVELSERIE We32 WESTLEIGHVORM
 LIGGING: 28° 52' 28" S 31° 47' 38" O
 OPVANGGEBIED: Gugushevivier (bokant WIM 13)
 TOPOGRAFIE: Op die dalweg in 'n goed gedissekteerde 1,3,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Alluvium afkomstig vanaf mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A11ob	0-110	Klam; bruinerig swart (7.5YR3/2); medium sandleem; apedaal; baie brokkelrig; fyn wortels volop; duidelike oorgang na -
II A12 (Orties)	110-480	Nat; bruinerig swart (7.5YR3/1); medium sandklei-leem; fyn subhoekige blikstruktuur swak ontwikkel; effens kleurig; nie plasties; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
II B2 (Sagte plintiet)	480-770	Nat; bruinerig swart (7.5YR3/1); medium sandklei-leem; matig ontwikkelde medium subhoekige blokstruktuur; effens ferm; plasties; geelbruin medium duidelike vlekke sterk ontwikkel; geleidelike oorgang na -
II B3	770-1100	Nat; swart (7.5YR7/1); growwe sandleem; nie klewerig; nie plasties; matig ontwikkelde growwe vertikale plaatstruktuur (breek in vertikale plate van $\pm$ 5 cm dik); wortels frekwent

Analitiese Data

Horison	A11ob	II A12	II B2	II B3
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>				
g. sand (2-0,5 mm)	15	7	11	17
m. sand (0,5-0,2 mm)	32	16	25	33
f. sand (0,2-0,02 mm)	34	38	33	28
Totaal	81	62	70	78
slik (0,02-0,002 mm)	12	22	20	15
klei (0,002 mm)	12	22	20	15
teksturele klas	msalm	msaklm	msaklm	gsalm
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>				
Na	0,31	0,46	0,30	0,16
K	0,09	0,05	0,03	0,05
Ca	1,42	1,81	1,22	1,12
Mg	1,80	1,81	1,81	1,85
S-waarde	3,63	4,13	3,36	3,07
P (mg.kg ⁻¹)	2	2	2	1
Al (mg.kg ⁻¹)	3			
pH (H ₂ O)	5,4	5,9	6,25	6,1

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-550	Klam; bruinerig swart (7.5YR2/2); kleileem, brokkelrig; goed ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; fyn wortels volop; duidelike oorgang na
Kliplyn	550-580	Growwe kwarts gruis met enkele hoekige kwarts klippe
II A3	580-650	Klam; bruinerig swart (5YR2/4); klei; matig ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; effens ferm; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
II B2	650-1150	Klam; rooierig bruin (2,5YR4/6); kleileem; baie ferm; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; growwe goed verweerde skis fragment algemeen donkerbruin wurmgietelsels volop; wissel na seldsaam met diepte; wortels seldsaam maar meer algemeen binne wurmgange

Horison	A1	Kliplyn	II A3	II B2
---------	----	---------	-------	-------

	Uitruilbare kationen (me/100 g)		
Na	0,36	0,19	0,28
K	0,08	0,05	0,02
Ca	1,25	0,69	0,51
Mg	1,45	1,17	2,48
S-waarde	3,15	2,09	2,48

P (mg.kg ⁻¹)	1	1	1
Al (mg.kg ⁻¹)	15	14	1
pH (H ₂ O)	5,3	5,4	5,5

PROFIEL: 37 KATENA: X BOKULSERIE Sd10 SHORTLANDSVORM
 LIGGING: 28° 53' 05" S 31° 48' 25" O
 OPVANGGEBIED: Sytak van die Gogoberivier (niet onderkant WIM 13 naby
 siaghuil)
 TOPOGRAFIE: Kruingedeelte van 'n matig gedrukkeerde 1,3,5-tipe
 landskap
 MOEDERMATERIAAL: Mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beekrywing
A11 (Orties)	0-150	Droog; bruinerig swart (7.5YR3/1); growwe sandkleileem; hard; goed ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; fyn wortels volop; duidelike oorgang na -
Kliplyn	150-250	Hoekige kwartsiet klippe en enkele rotablokke (+ 20 x 20 mm) wat sterk genaas voorkom; dikte varieer van + 5 cm na 30 cm wat in die A12 intong
II A12	250-400	Droog; bruinerig swart (7.5YR3/2); klei; baie hard; goed ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; volop kwartsgruis en enkele hoekige kwarts klippe; wortels frekwent; skerp tongende oorgang na -
II B2 (Rooi gestruktureerd)	400-810	Klam; rooi (10R4/8); kleileem; effens stewig; matig ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; brokkelig; growwe bruin waaigietels frekwent; hoekige kwartsfragment frekwent; geleidelike oorgang na -
II B3	810-1300	Klam; rooi (10R4/8); growwe sandkleileem; brokkelig; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; growwe ligrooi sones van minder verweerde saproliet seldsaam
OPMERKING: 'n Kwartsaar sny deur alle horisone tot by die A11 horison		

Analitiese Data

Horison	A11	Kliplyn	II A12	II B2	II B3
Deeltjiegrootteverspreiding (%)					
g. sand (2-0,5 mm)	17	15	20	31	
m. sand (0,5-0,2 mm)	17	11	8	10	
f. sand 80,2-0,02 mm)	19	17	18	16	
Totaal	53	43	46	57	
slik (0,02-0,002 mm)	14	17	21	17	
klei (0,002 mm)	33	32	26	17	
teksturele klas)	gsaklim	kl	klim	gsaklim	
Uitruilbare katione (me/100 g)					
Na	0,18	0,17	0,13	0,13	
K	0,18	0,09	0,05	0,07	
Ca	2,06	1,05	0,54	0,53	
Mg	1,81	1,24	1,37	1,46	
Σ-waarde	4,23	2,64	2,08	2,19	
P (mg.kg ⁻¹)	2	2	1	1	
A1 (mg.kg ⁻¹)	2		2	1	
pH (H ₂ O)	5,5	5,6	5,2	5,4	

PROFIEL: 38 KATENA: X DOVETONSERIE Hu27 HUTTONVORM
 LIGGING: 28° 53' 05" S 31° 48' 32" O
 OPVANGGEBIED: Sytak van die Gugusherivier (net onderkant WIM 13)
 TOPOGRAFIE: Hoog op 'n kort middelhang van 'n 1,3,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-300	Klam; bruinerig swart (10YR3/2); growwe sandklei-leem apedaal; baie brokkelrig; fyn wortels volop; duidelike oorgang na -
Kliplyn	300-330	Kwartsgruis tot hoekige klein kwartsfragmente
II B21 (Rooi apedaal)	330-370	Klam; rooierig bruin (5YR4/8); kleileem; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; brokkelrig; fyn wortels frekwent; geleidelike oorgang na -
II B22	730-1200	Klam; rooierig bruin (2.5YR4/6); medium sandklei-leem; brokkelrig; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; fyn wortels seldsaam

Analitiese Data

Horison	A1	Kliplyn	II B21	II B22
Deeltjiegrootteverspreiding (%)				
g. sand (2-0,5 mm)	17	8	11	
m. sand (0,5-0,2 mm)	30	13	20	
f. sand (0,2-0,02 mm)	25	22	27	
Totaal	72	44	58	
slik (0,02-0,002 mm)	6	19	14	
klei (0,002 mm)	21	37	28	
teksturele klas	gsakllm	kllm	msakllm	
Uitruilbare katione (me/100 g)				
Na	0,09	0,17	0,11	
K	0,08	0,04	0,06	
Ca	0,68	0,43	0,20	
Mg	0,82	1,81	1,81	
S-waarde	1,66	2,45	2,18	
Uitruilbare katione (me/100 g)				
Na	0,09	0,17	0,11	
K	0,08	0,04	0,06	
Ca	0,68	0,43	0,20	
Mg	0,82	1,81	1,81	
S-waarde	1,66	2,45	2,18	
P (mg.kg ⁻¹)	2	1	1	
A1 (mg.kg ⁻¹)	13	1	6	
pH (H ₂ O)	5,3	5,5	5,3	

PROFIEL: 39 KATENA: X ROBMOERESERIE Gs18 GLENROSAVORM
 LIGGING: 28° 49' 08" S 31° 48' 41" O
 OPVANGGEBIED: Ntuzerivier (net onderkant W1M 13)
 TOPOGRAFIE: Laag-af op die middelhang van 'n 1,3,5-tipe katena
 MOEDERMATERIAAL: Mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-320	Klam; bruinerig swart (10YR3/2); growwe sandleem; struktuurloos; brokkelrig; fyn wortels volop; duidelike oorgang na -
Kliplyn	320-400	Hoekige kwarts gruis en kwarts fragmente gemeng -
II B2 (Litokutanes) (Maks)	400-800	Klam; donker rooierig bruin (5YR3/4); kleure wissel van donker rooi na bruin; klei; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; brokkelrig; fyn hoekige gruis seldsaam; bruin sones tong in die rooi sones in; bruin wurmgietels volop; wortels volop; skerp tongende oorgang na -
II C	800-1300+	Klam; helder rooierig bruin (5YR5/8); growwe sandleem; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur brokkelrig; groot goedverweerde granietgneis klippe kom aan die basis voor; wortels afwesig

Analitiese Data

Horison	A1	Kliplyn	II B2
Deeltjiegrootteverspreiding (%)			
g. sand (2-0,5 mm)	18	8	35
m. sand (0,5-0,2 mm)	26	8	3
f. sand (0,2-0,02 mm)	28	25	40
Totaal	71	41	78
slik (0,02-0,002 mm)	9	18	9
klei (0,002 mm)	19	42	14
teksturele klas	gsalm	kl	gsalm
Uitruilbare katione (me/100 g)			
Na	0,10	0,16	0,40
K	0,09	0,06	0,07
Ca	0,55	0,26	0,14
Mg	0,65	1,51	0,96
S-waarde	1,40	1,99	1,57
P (mg.kg ⁻¹)	2	1	1
Al (mg.kg ⁻¹)	18	7	
pH (H ₂ O)	5,2	5,2	5,9

PROFIEL: 41 KATENA: XI JOZINISERIE 0a36 OAKLEAFVORM
 LIGGING: 28° 53' 44" S 31° 45' 51" O
 OPVANGGEBIED: Ntuzerivier
 TOPOGRAFIE: Op 'n droë loop van 'n matig gedissekteerde 1,3,5-tipe
 landskap
 MOEDERMATERIAAL: Alluvium afkomstig vanaf amfibolitiese gneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-400	Klam; swart (7.5YR2/1); growwe sandkleileem; struktuurloos; brokkelrig; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
II B2	400-900	Klam; donker bruin (7.5R3/3); growwe sandkleileem; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; baie brokkelrig; fyn wortels volop; swak ontwikkelde bruinerig swart kutaniese ontwikkeling op individuele tekstuureenhede; bruinerig swart wurmgietels volop

Analitiese Data

Horison	A1	II B2
	<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>	
g. sand (2-0,4 mm)	22	29
m. sand (0,5-0,2 mm)	23	30
f. sand (0,2-0,02 mm)	25	6
Totaal	70	65
slik (0,02-0,002 mm)	10	10
klei (0,002 mm)	20	25
teksturele klas:	gsakllm	gsakllm
	<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>	
Na	0,11	0,21
K	0,08	0,04
Ca	1,10	0,97
Mg	1,13	1,58
S-waarde	2,41	2,81
P (mg.kg ⁻¹)	2	2
A1 (mg.kg ⁻¹)	9	
pH (H ₂ O)	5,5	5,6

PROFIEL: 42 KATENA: XI PADDOCKSERIE We 32 WESTLEIGHVORM
 LIGGING: 28° 53' 44" S 31° 45' 51" O
 OPVANGGEBIED: Ntuzerivier
 TOPOGRAFIE: Laag-af in 'n droë loop in 'n matig gedissekteerde 1,3,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Alluvium afkomstig vanaf amfibolitiese gneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-400	Klam; swart (10YR17/1); growwe sandleem; baie brokkelrig; swak ontwikkelde fyn subhoekige blok-struktuur; fyn diffuse vlekke swak ontwikkel; fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
II B21 (Sagte plintiet)	400-600	Klam; swart (7.5YR2/1); growwe sandleem; baie brokkelrig; struktuurloos apedaal; growwe duidelike helder bruin vlekke sterk ontwikkel
II B22	600-900	Nat; bruinerig swart (10YR2/2) sones tong in gryserige geelbruin (10YR4/2) sones in; lemerige growwe sand; effens ferm; effens plasties; growwe duidelike bruin vlekke matig ontwikkel; dun swart aaneenlopende kutaniese afsettings word langs wortelkanale aangetref

Analitiese Data

Horison	A	II B21	II B22
<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand (2-0,5 mm)	23	25	27
m. sand (0,5-0,2 mm)	24	23	30
f. sand (0,2-0,02 mm)	23	26	28
Totaal	71	74	85
slik (0,02-0,002 mm)	11	10	6
klei (0,002 mm)	19	15	9
teksturele klas	gsalm	gsalm	lmgsa
<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>			
Na	0,28	0,30	0,28
K	0,13	0,05	0,04
Ca	1,92	1,17	0,92
Mg	1,74	1,42	1,70
S-waarde	4,06	2,94	2,94
P (mg.kg ⁻¹)	3	2	3
A1 (mg.kg ⁻¹)	2		
pH (H ₂ O)	5,5	6,0	6,3

PROFIEL: 43 KATENA: XI JOZINISERIE Oa36 OAKLEAFVORM
 LIGGING: 28° 53' 45" S 31° 45' 27" O
 OPVANGGEBIED: Ntuzerivier
 TOPOGRAFIE: Hoog-op in 'n droë loop van 'n matig gedissekteerde 1,3,5-
 tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Mikagneis

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
A1 (Orties)	0-450	Droog; swart (10YR2/1); growwe sandleem; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; hard, fyn wortels volop; geleidelike oorgang na -
II B21 (Neokutanies)	450-720	Klam; bruinerig swart (7.5YR3/2); growwe sandkleileem; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; brokkelrig; ligter donkerbruin sones maak ongeveer 30 % van die horison uit; dun kutaniese seskwioksied en keli afsettings word om individuele tekstuuereenhede aangetref; fyn wortels frekwent; geleidelike oorgang na -
II B22	720-1000+	Klam; donker rooierig bruin (5YR3/3); struktuurloos apedaal; growwe sandkleileem; baie brokkelrig medium duidelike helder rooi vlekke matig ontwikkel; fyn wortels seldsaam

Analitiese Data

Horison	A1	II B21	II B22
	<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>		
g. sand (2-0,5 mm)	22	19	17
m. sand (0,5-0,2 mm)	31	22	17
f. sand (0,2-0,02 mm)	29	26	26
Totaal	81	66	60
slik (0,02-0,002 mm)	6	10	9
klei (0,002 mm)	13	25	32
teksturele klas	gsalm	gsaklim	gsaklim
	<u>Uitruilbare katione (me/100 g)</u>		
Na	0,20	0,47	0,16
K	0,16	0,06	0,11
Ca	1,36	0,86	0,70
Mg	1,42	1,55	1,81
S-waarde	3,14	2,94	2,78
P (mg.kg ⁻¹)	2	1	1
Al (mg.kg ⁻¹)	6		
pH (H ₂ O)	5,4	5,7	5,5

Addendum 4: Vier verteenwoordigende profielbeskrywings in die afloop-perseel (Kyk Fig 6.2 vir posisie van profiele)

PROFIEL: 1b ROBMORESERIE Gs18 GLENROSAVORM
 HELLINGSPOSISIE: Op die kruin van 'n steil 1,3,5-tipe landskap
 MOEDERMATERIAAL: Granietgneis
 DIEPTE VAN VERWERING: 1220 mm

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
Ortiese A1	0-280	Droog; swart (10YR2/1); growwe sanderige kleileem; matig ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; baie hard; volop fyn wortels; duidelike oorgang na -
Kliplyn	280-410	Gruiserig; hoekige kwarts en granietgneiss fragmente; skerp oorgang na -
Litokutaniëse II B2	410-790	Klam; bruinerig swart (5YR2/1) sones tong afwaarts tussen volop growwe subhoekige geelbruin saprolitiese granietgneiss rotsfragmente; leem; baie ferm; fyn wortels frekwent, geleidelike golwende oorgang na -
II C	790-1220	Klam; helder geelbruin (10YR7/6); growwe sanderige leem; brokkelig; apedaal; volop saprolitiese rotsfragmente in veranderende stadia van verwerking; hoekige kwarts klippies volop

Analitiese Data

Horison	A1	Kliplyn	II B2	II C
	<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand	13	20	9	20
m. sand	13	10	14	29
f. sand	29	28	37	17
slik	16	9	27	29
klei	29	33	13	5

PROFIEL: 2b ROBMORESERIE Gs18 GLENROSAVORM
 HELLINGSPOSISIE: Hoog-op op die middelhang van 'n steil 1,3,5-tipe helling
 MOEDERMATERIAAL: Granietgneis
 DIEPTE VAN VERWERING: 1440 mm

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
Ortiese A1	0-200	Klam; bruinerig swart (10YR/2); growwe sanderige kleileem; baie brokkelrig; swak ontwikkelde subhoekige blokstruktuur; volop fyn wortels; duidelike oorgang na -
kliplyn	200-410	Klam; volop hoekige kwarts klippies van variërende grootte; grondmatriks bruinerig swart (5YR2/2); growwe sanderige kleileem; apedaal; los; wortels volop; duidelike oorgang na -
Litokutaniese II B2	410-640	Klam; donker rooierig bruin (5YR3/2); leem; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; brokkelrig; fyn wortels frekwent; medium diffuse geelbruin vlekke in matriks; geelbruin verweerde granietgneiss fragmente dominant; bruinerig swart A-horison materiaal tong afwaarts na die C-horison; duidelike golwende oorgang na -
II C	640-1830+	Klam; dof geeloranje (10YR6/4); growwe sanderige leem; apedaal; baie brokkelrig; volop granietgneiss fragmente in variërende stadia van verwerking; bruin (10YR4/4) sones aanwesig in die boonste gedeeltes van C; wortels frekwent.

OPMERKING: Watertafel teenwoordig op 183 mm

Analitiese Data

Horison	A1	kliplyn	II B2	II C
	<u>Deeltjiegrootteverspreiding (%)</u>			
g. sand	14	22	11	22
f. sand	15	15	15	32
m. sand	32	20	29	19
slik	15	13	19	14
klei	24	30	26	13

PROFIEL: 4b ROSEHILLSERIE Sw30 SWARTLANDVORM
 HELLINGSPOSISIE: Op die oorgang vanaf die middelhang na die valleivloer
 van 'n steil 1,3,5-tipe helling
 MOEDERMATERIAAL: Granietgneis
 DIEPTE VAN VERWERING: 1830 mm

Horison	Diepte (mm)	Beskrywing
Ortiese A1	0-530	Klam; swart (7.5YR2/1); growwe sanderige kleileem; brokkelrig; swak ontwikkelde fyn subhoekige blokstruktuur; volop fyn tot medium wortels; duidelike oorgang na -
Pedokutaniëse B21	530-880	Klam; helder bruin (7.5YR3/3); leem; goed ontwikkelde medium subhoekige blokstruktuur; ferm; matig ontwikkelde medium diffuse vlekke binne peds; dun swart kutans matig ontwikkel op pedoppervlakke; min fyn Fe-Mn konkresies laer-af; wortels volop tussen peds; geleidelike gelwende oorgang na -
B22	880-1090	Klam; helder bruin (7.5YR5/6); growwe sanderige kleileem; baie ferm; swak ontwikkelde growwe hoekige blokstruktuur; volop fyn Fe-Mn konkresies; wortels skaars; volop duidelike growwe geelbruin vlekke; fyn hoekige gruis frekvent; vertikale kutaniese afsettings op pedoppervlakke goed ontwikkel; geleidelike oorgang na -
C1	1090-1420	Klam; helder geelbruin (10YR6/6) growwe sanderige leem; brokkelrig; apedaal; growwe hoekige verweerde granietgneis fragmente volop; growwe diffuse geelbruin vlekke skaars; geleidelike oorgang na -
C2g	1420-1830	Nat; dof geelbruin (10YR6/4); leemige growwe sand; apedaal; effens klewerig, nie-plasties; volop zones met 'n hoër kleiinhoud en met 'n klewerige konsistensie; skerp oorgang na vaste rots

Analytiese Data

Horison	A1	B21	B22	C1	C2g
	DeeltjegrOOTTEVERSPREIDING (%)				
g. sand	12	9	24	25	44
m. sand	18	11	6	19	23
f. sand	31	34	25	35	23
slik	17	23	12	6	8
klei	21	22	32	15	2