

Die invloed van druppelgrootte, valhoogte en toedienings-tempo op die generasie van afloopwater onder gesimuleerde oorhoofse besproeiing

AA Bloem^{1*} en MC Laker²

¹Departement Plant- en Bodemwetenskappe, Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys, Potchefstroom 2520, Suid-Afrika

²Departement Grondkunde en Plantvoeding, Universiteit van Pretoria, Pretoria 0001, Suid-Afrika

Abstract

A chemically dispersive and a chemically stable soil were subjected to laboratory-scale irrigation simulation. The effect of 3 levels each of droplet size, droplet falling height and application rate on cumulative infiltration was measured. The energy flux of the droplets described the combined effect of droplet size, fall height and application rate on cumulative infiltration well. Logarithmic relationships between energy flux and cumulative infiltration were found in all cases. Although the cumulative infiltration of the chemically dispersive soil was lower than that of the chemically stable soil, the effect of the falling drops was the same on both soils.

Uittreksel

'n Chemies dispersiewe en chemies stabiele grond is aan laboratoriumskaal besproeiingsimulering onderwerp. Die invloed van 3 vlakke van elk van druppelgrootte, valhoogte en toedieningstempo op kumulatiewe infiltrasie en finale infiltreerbaarheid is bepaal. Die gekombineerde invloed van druppelgrootte, valhoogte en toedieningstempo op die kumulatiewe infiltrasie is goed deur die energievloed van die druppels beskryf. Daar was in alle gevalle 'n logaritmiese verwantskap tussen energievloed en kumulatiewe infiltrasie. Alhoewel die kumulatiewe infiltrasie van die chemies dispersiewe grond laer was, was die invloed van die vallende druppels op beide gronde dieselfde.

Inleiding

In die RSA is tans ongeveer 1,2 miljoen ha onder besproeiing (Bruwer en Van Heerden, 1991). As gevolg van die drastiese toename in energiekostes en toenemende kompetisie vir waterbronne deur die stygende getal stedelike gebruikers is dit nodig om 'n hoë watertoedieningsdoeltreffendheid by besproeiingsisteme te verseker. Die voorkoms van geweldige hoeveelhede afloopwater onder oorhoofse besproeiing is een van die belangrikste faktore wat tot lae watertoedieningsdoeltreffendhede aanleiding gee (Stern, 1990). Om maksimum watertoedieningsdoeltreffendheid te verseker moet besproeiingstelsels sodanig ontwerp en bestuur word dat die toedieningstempo nie hoër as die infiltreerbaarheid van die grond is nie. Die infiltreerbaarheid van grond onder oorhoofse besproeiing word egter oorheers deur die mate waartoe die vallende druppels die grondoppervlak verseël (Stern, 1990; Moore en Larson, 1979).

Bruwer en Van Heerden (1991) is van mening dat aandag aan die opgradering van bestaande besproeiingstelsels gegee moet word. Die voorkoms van groot hoeveelhede afloopwater onder bestaande besproeiingstelsels noodsaak aanpassings in die ontwerp daarvan. Aangesien die druppelgrootte, valhoogte en toedieningstempo van besproeiingstelsels verander kan word, is dit belangrik om die invloed van sodanige veranderinge op watertoedieningsdoeltreffendheid te kwantifiseer. Stelsels wat by laer werksdrukke funksioneer, het gewoonlik hoër toedieningstempo's en druppelgroottes (Von Bernuth en Gilley, 1985). Volgens hulle veroorsaak dit 'n toename in afloop, maar 'n aansienlike besparing in energie. By spilpuntbesproeiingstelsels kan die toedieningstempo

verlaag word deur die bandwydte of benattingsdeursnit te verhoog. Dit behels die plasing van sproeiers op balke verder weg van die toevoerpyp. Die druppelenergie kan ook verlaag word deur die sproeiers te laat sak sodat hulle onder die toevoerpyp geleë is. Hierdie veranderinge verg egter 'n groot kapitale inset. Om sodanige aanpassings te regverdig, is dit noodsaaklik om die invloed van druppelgrootte, valhoogte en toedieningstempo op infiltrasie te kwantifiseer.

Die model van Von Bernuth en Gilley (1985) kan gebruik word om die invloed van die vallende druppels op verseëling te kwantifiseer. Die druppelinskepe wat in ag geneem word, is die deursnee en snelheid daarvan. Aangesien Agassi et al. (1981) 2 meganismes vir verseëling nl. meganiese en chemiese dispersie onderskei het, ontstaan die vraag of bogenoemde model vir albei meganismes geld.

Aangesien verseëling van Suid-Afrikaanse gronde in die verlede uitsluitlik onder natuurlike of gesimuleerde reënvaltoestande, as deel van navorsing oor gronderosie, bestudeer is, is hierdie ondersoek na verseëling onder besproeiingstoestande gedoen weens die toenemende verseëlingsprobleme onder oorhoofse besproeiing. Die invloed van druppelgrootte, druppelsnelheid en toedieningstempo op infiltrasie en afloop van 'n chemies stabiele en chemies dispersiewe grond is bepaal. Hiermee is beoog om die gebruikers of ontwerpers van besproeiingstelsels in staat te stel om die effektiwiteit van 'n stelsel ten opsigte van watertoedieningsdoeltreffendheid te verbeter deur dit by die grond aan te pas.

Materiaal en metodes

'n Laboratoriumskaal besproeiingsimuleerder is gebruik. Dit is 'n druptipe simuleerder waarvan die valhoogte, deursnee en toedieningstempo van druppels variëer kan word. Dit is soortgelyk aan die simuleerder wat deur Bubenzer en Jones (1971) beskryf is en wat ook deur die "Institute of Soil and Water" in Israel gebruik word. 'n Volledige beskrywing van die simuleerder is deur Eloffen

* To whom all correspondence should be addressed.

Present address: Soil Science Section, Highveld Region, Private Bag X804, Potchefstroom 2520, South Africa.

Received 24 November 1992, accepted in revised form 30 March 1993.

TABEL 1 BELANGRIKE FISIES-CHEMIESE EIENSKAPPE VAN DIE GRONDE							
Monster no	Grondvorm	Klei-inhoud %	Slikinhoud %	KUK* cmol.kg ⁻¹	UNP	pH H ₂ O	
1	Swartland	32,1	28,5	22,8	7,4	8,2	
2	Oakleaf	22,1	28,5	26,8	1,7	6,4	
* Katioonuitruilkapasiteit van die kleifraaksie							
TABEL 2 DIE FINALE INFILTREERBAARHEID (FIT) EN KUMULATIEWE INFILTRASIE (KI) NA 'N 90 mm TOEDIENING							
Druppel deursnee mm	Valhoogte m	Kinetiese energie J·mm ⁻¹ ·m ⁻²	Toedienings tempo mm·h ⁻¹	Monster no 1		Monster no 2	
				FIT mm·h ⁻¹	KI mm	FIT mm·h ⁻¹	KI mm
2,25	0,4	3,01	30	21	72	21	73
			60	26	54	33	65
			90	42	54	38	68
	1,0	7,83	30	14	63	14	66
			60	19	44	25	52
			90	27	44	34	53
	2,0	13,13	30	10	47	14	64
			60	17	43	21	54
			90	22	31	22	37
3,00	0,4	3,49	30	17	75	30	90
			60	26	63	38	72
			90	32	51	61	69
	1,0	8,07	30	12	57	15	70
			60	16	40	35	73
			90	22	44	35	57
	2,0	14,7	30	8	36	12	51
			60	14	32	19	43
			90	15	25	19	37
3,65	0,4	5,90	30	22	76	25	83
			60	24	55	29	61
			90	44	48	46	65
	1,0	8,19	30	12	58	19	77
			60	20	41	22	48
			90	29	41	28	44
	2,0	15,42	30	9	46	10	50
			60	15	35	18	42
			90	12	19	21	32

Smit (1989) en Bloem et al. (1992) gedoen.

Twee gronde, nl. 'n Swartland (No. 1) en 'n Oakleaf (No. 2) is in hierdie ondersoek gebruik. Hierdie 2 gronde is uit 8 gronde geselekteer wat in 'n studie deur Bloem (1992) gebruik was om verseëling in die Somerset-Oos omgewing te ondersoek. Met die bou van die kanaal vanaf die HF Verwoerddam na die Visrivier en bolope van die Sondagsrivier, bestaan die moontlikheid vir besproeiingsontwikkeling in die gebied waar die monsters geneem is. Sekere fisies-chemiese eienskappe van hierdie gronde word in Tabel 1 gegee. Aangesien die UNP-waarde van grond No. 1 relatief hoog (7,4%) is, kan verwag word dat die verseëlingsproses deur chemiese dispersie gedomineer sal word, terwyl dit nie die geval met grond No. 2 (UNP = 1,7) sal wees nie. Die seleksie is dus sodanig gedoen om die invloed van druppel-eienskappe te bepaal waar chemiese dispersie domineer en ook waar meganiese dispersie domineer. Die kleimineralogie van die gronde is nie bepaal nie.

Monsters van die boonste 200 mm van die gronde is in die veld versamel waarna dit by kamertemperatuur gedroog is. Al die aggregate is opgebreek totdat dit kleiner as 4 mm was en die materiaal groter as 4 mm is verwyder. 'n Laag grond van 20 mm dik is bo-op 'n laag growwe sand (30 mm dik) in die grondhouers geplaas, kapillêr van onder benat en in die simuleerder teen 'n helling van 9% geplaas.

Drie druppelgroottes, nl. 2,25 mm; 3,00 mm en 3,65 mm in deursnee is gebruik. Toedieningstempo's van 30, 60 en 90 mm·h⁻¹ is gesimuleer en 'n totale toediening van 90 mm is telkens gemaak. Die valhoogtes van die druppels was 0,4; 1,0 en 2,0 m. Om praktiese redes is kraanwater, waarvan die elektriese geleiding (EG) 70 mS·m⁻¹ en die NAV 1,14 is, gebruik. Drie herhalings van elke behandeling is uitgevoer. Die infiltreerbaarheid is elke 5 min bepaal, waaruit die kumulatiewe infiltreerbaarheid vir verskeie stadia bereken is. As gevolg van die relatief gelyk oppervlak (aggregate is kleiner as 4 mm) en steil helling is aanvaar dat geen oppervlakstoring van water plaasvind nie en dat water wat nie infiltreer nie onmiddellik afloop. Volgens Dillon et al. (1972) bepaal die bewerkingsmetode en helling die oppervlakstoorvermoë van die grondoppervlak en kan dit soveel as 12,5 mm wees. Die kumulatiewe toediening wat gemaak kan word voordat afloop plaasvind (KTVA) vir oppervlakstoorvermoëns van 1,0; 2,5; 7,5 en 12,5 mm is grafies bepaal. Aangesien daar aangeneem is dat geen oppervlakstoring in die grondbakke plaasvind nie, is die KTVA van bv. 12,5 mm oppervlakstoring bepaal as die kumulatiewe infiltreerbaarheid nadat 12,5 mm water as afloop voorgekom het. Die infiltreerbaarheid na 'n 90 mm toediening word as die finale infiltreerbaarheid (FIT) aanvaar, alhoewel daar in sommige toestande steeds 'n dalende tendens na 90 mm toediening was.

TABEL 3
DIE KUMULATIEWE INFILTRASIE (mm) VOORDAT AFLOOP PLAASVIND (KTVA) BY VERSKEIE GRONDOPPERVLAKSTOORVERMOËNS

Druppel deursnee mm	Valhoogte m	Kinetiese energie J-mm ³ m ⁻²	Toedienings tempo mm·h ⁻¹	Monster no 1 Oppervlakstoorvermoë mm				Monster no 2 Oppervlakstoorvermoë mm			
				1,0	2,5	7,5	12,5	1,0	2,5	7,5	12,5
2,25	0,4	3,01	30	24	34	54	75	24	34	54	75
			60	3	10	35	45	4	15	45	60
			90	5	14	30	45	12	27	47	60
	1,0	7,83	30	28	35	49	61	35	41	55	68
			60	3	10	30	38	4	15	33	45
			90	3	15	27	38	6	23	38	48
	2,0	13,13	30	6	15	29	40	25	34	50	63
			60	10	18	30	38	10	20	38	50
			90	2	6	15	24	3	12	26	33
3,00	0,4	3,49	30	34	50	70	81	90	90	90	90
			60	15	30	51	60	15	30	60	74
			90	5	15	38	45	5	15	45	62
	1,0	8,07	30	18	26	44	55	34	45	63	75
			60	4	12	25	35	15	40	65	80
			90	8	18	38	45	8	23	45	54
	2,0	14,7	30	5	9	21	31	15	20	23	45
			60	3	10	22	30	4	12	28	35
			90	3	8	12	26	3	12	26	32
3,65	0,4	5,90	30	43	55	70	80	53	63	90	90
			60	8	20	40	44	8	20	45	57
			90	3	5	15	23	3	30	48	62
	1,0	8,19	30	20	28	43	55	50	58	75	90
			60	3	9	25	31	10	18	32	40
			90	2	8	23	33	2	12	30	38
	2,0	15,42	30	18	21	33	57	19	24	38	48
			60	3	12	24	30	10	18	28	35
			90	2	3	15	23	2	5	18	30

Resultate en bespreking

Die FIT en kumulatiewe infiltrasie na 90 mm vir die onderskeie druppelkarakteristieke word in Tabel 2 gegee. Die KTVA by verskeie oppervlakstoorvermoëns vir die onderskeie druppelkarakteristieke word in Tabel 3 gegee.

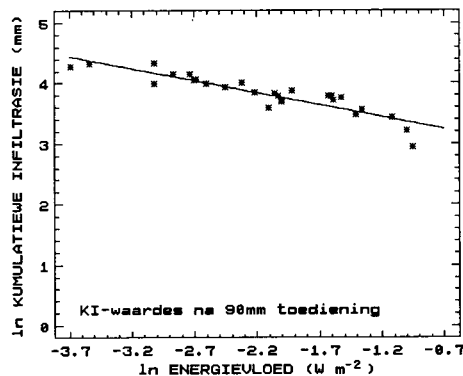
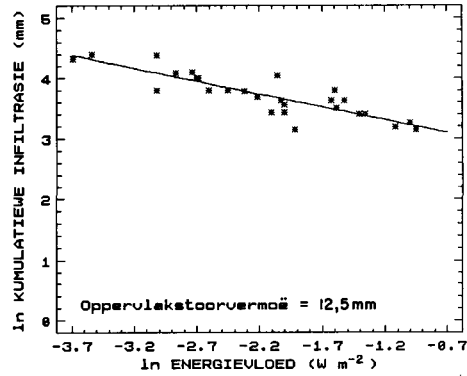
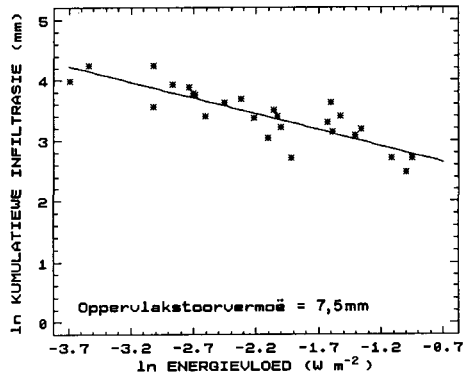
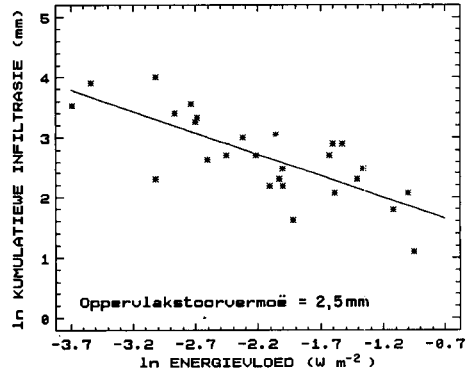
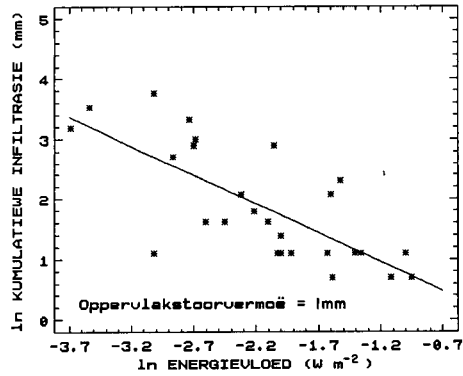
Die invloed van druppelgrootte

In Tabelle 2 en 3 kan gesien word dat daar geen duidelike tendense t.o.v. die verseëlingsveranderlikes en druppelgrootte voorkom nie. In sekere gevalle is daar geen sinvolle verskille nie en in ander gevalle wel, maar geen herhalende tendense nie. Dit is waarskynlik a.g.v. die komplekse invloed van druppelgrootte en ook die feit dat die dikte van die waterlagie op die grondoppervlak die invloed van druppelgrootte verder kompliseer. Die kompleksiteit van die invloed van druppelgrootte kom na vore in die navorsingsresultate van verskeie navorsers wat die invloed van druppelgrootte op aggregaatstabiliteit en afloopgenerasie bepaal het. Farres (1980) en Wustamidin et al. (1983) kom albei tot die gevolgtrekking dat 'n groot aantal klein druppels en 'n klein aantal groot druppels dieselfde aggregaatafbraak veroorsaak indien dieselfde hoeveelheid water die aggregaat met dieselfde druptempo tref. Farres (1980) bevind egter m.b.v. 'n faktor-analise dat 'n toename in druptempo 'n toename in aggregaatafbraak veroorsaak en dat die druptempo 50% van die variasie in aggregaatafbraak verklaar. Dit word toegeskryf aan die min tyd wat die aggregaat het om aan te pas by interne spannings (wat deur 'n vorige druppel veroorsaak is) voordat 'n volgende druppel tref (Farres, 1980). Om 'n toediening van 90 mm water te maak, sal beteken dat baie meer kleiner druppels per tydseenheid toegedien moet word as wat die geval is met groter druppels. Die kleiner druppels het dus 'n hoër druptempo.

In die lig van die bevindings van Farres, (1980) kan dus meer aggregaatafbraak van die kleiner druppels verwag word. Daar is egter ook deur Moss en Green (1983) en Gilley en Finkner (1985) bevind dat 'n toename in druppelgrootte 'n toename in deeltjies wat losgeslaan word en in suspensie gaan, veroorsaak. Aangesien deeltjies wat gesuspendeer is horisontaal oriënteer en die oppervlak verseël, kan dus verwag word dat 'n toename in druppelgrootte 'n toename in verseëling sal veroorsaak. Die dikte van die waterlagie op die grondoppervlak kompliseer die invloed van druppelgrootte verder. Moss en Green (1983) het bevind dat die materiaal wat in suspensie gaan a.g.v. druppelimpak toeneem soos die dikte van hierdie lagie toeneem. Indien die waterlagie egter 'n dikte van 2-3 keer die druppelgrootte bereik, begin die materiaal in suspensie afneem omdat die waterlagie deel van die energie van die druppels absorbeer (Moss en Green, 1983). Die mening is ook al uitgespreek dat die groter druppels genoeg energie besit om die vormende seël telkens op te breek en so veroorsaak dat die infiltreerbaarheid nie te laag daal nie (Du Plessis, 1990; Laker, 1990).

Die invloed van toedieningstempo en valhoogte

In Tabel 2 kan gesien word dat daar oor die algemeen 'n toename in FIT voorkom met 'n toename in toedieningstempo. Hierdie tendens is in teenstelling met die gevolgtrekking van Farres (1980) dat 'n toename in druptempo 'n toename in aggregaatafbraak veroorsaak. Dit moet egter in gedagte gehou word dat aggregaatafbraak nie die enigste meganisme van verseëling is nie. Stern (1990) het byvoorbeeld bevind dat 'n toename in helling, 'n toename in FIT veroorsaak het en skryf dit toe aan die erodering van die vormende seël deur die groot volume afloopwater. 'n Moontlike verklaring vir die toename in FIT met toename in toedieningstempo kan dus gevind word in die erodering van die



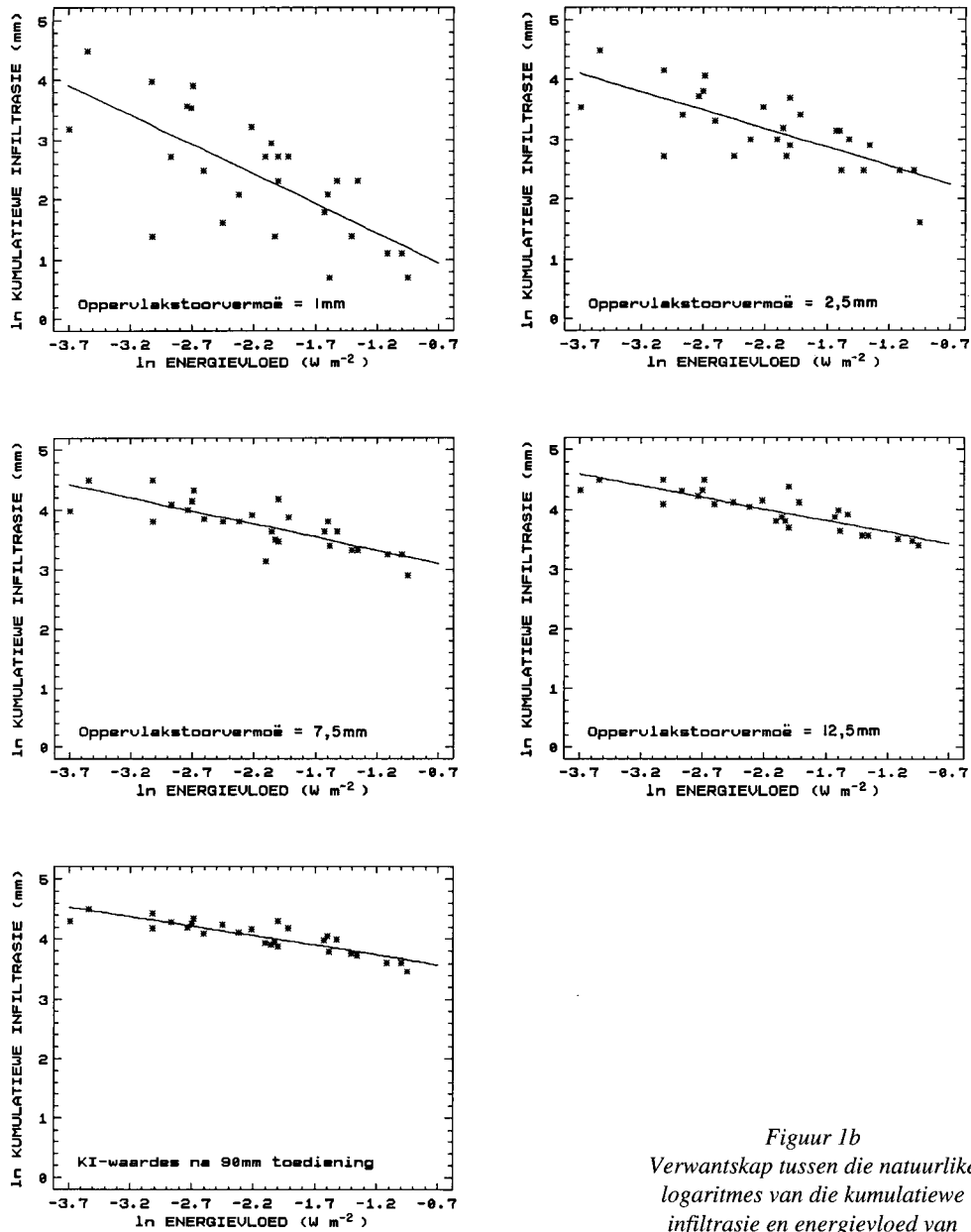
Figuur 1a
Verwantskap tussen die natuurlike
logarimes van die kumulatiewe
infiltrasie en energievloed van
monster No. 1

TABEL 4
STATISTIESE GEGEWENS VAN DIE KORRELASIES TUSSEN DIE NATUURLIKE LOGARIMES VAN KUMULATIEWE
INFILTRASIE EN ENERGIEVLOED ONDERSKEIDELIK

Oppervlak- stoorvermoë mm	Helling** %	Monster no 1		Monster no 2	
		Vergelyking	R ² -Waarde	Vergelyking	R ² -Waarde
1,0		$y = -0,96x + 0,20$	0,545	$y = -0,99x + 0,24$	0,508
2,5	3-5	$y = -0,71x + 1,15$	0,569	$y = -0,62x + 1,81$	0,535
7,5	1-3	$y = -0,53x + 2,27$	0,719	$y = -0,44x + 2,79$	0,627
12,5	0-1	$y = -0,43x + 2,79$	0,744	$y = -0,39x + 3,15$	0,723
Totale KI*		$y = -0,40x + 2,96$	0,820	$y = -0,31x + 3,37$	0,762

* Totale kumulatiewe infiltrasie nadat 90 mm water toegedien in

** Helling wat gepaardgaande oppervlakstoorvermoëns tot gevolg het (Dillon et al., 1972)



Figuur 1b
Verwantskap tussen die natuurlike
logaritmes van die kumulatiewe
infiltrasie en energievloed van
monster No. 2

vormende seël deur die groot volume afloopwater. Volgens Bradford et al. (1987) bereik die afloopwater tydens laboratoriumsimulering nie snelhede wat voldoende is om deeltjies in suspensie te bring nie, maar vervoer net die deeltjies wat in suspensie gegaan het a.g.v. die impak van die vallende druppels. In die lig van hierdie bevinding is die rede vir die toename in FIT met toedieningstempo waarskynlik die verwydering van materiaal wat in suspensie is deur die groot volume afloopwater. Studies oor sediment-konsentrasies in afloopwater het hierdie vermoede bevestig (Bloem, 1992). Hierdie materiaal word dus verwyder voordat dit aktief aan die verseëlingsproses kan deelneem wat 'n afname in FIT sou veroorsaak het.

Daar is oor die algemeen 'n afname in kumulatiewe infiltrasie met 'n toename in die toedieningstempo (Tabelle 2 en 3). Dit word toegeskryf aan die groter verskil tussen infiltreerbaarheid en toedieningstempo met 'n toename in toedieningstempo. Daar vind meer afloop en minder infiltrasie plaas a.g.v. die groter verskil

tussen infiltreerbaarheid en toedieningstempo en nie a.g.v. 'n toename in verseëling nie. Daar is intendeel tot die gevolgtrekking gekom dat 'n toename in toedieningstempo minder verseëling tot gevolg het a.g.v. die verwydering van verseëlingsmateriaal deur die afloopwater.

Daar het oor die algemeen 'n afname in FIT en kumulatiewe infiltrasie voorgekom met 'n toename in valhoogte (Tabelle 2 en 3). 'n Toename in valhoogte veroorsaak 'n toename in druppelsnelheid, wat weer 'n toename in kinetiese energie beteken. Met 'n toename in kinetiese energie vind meer aggregeerafbraak en kompaksie plaas en dus neem verseëling toe en die infiltreerbaarheid verlaag. Verskeie navorsers het ook 'n afname in kumulatiewe infiltrasie met toename in druppelenergie en toedieningstempo gerapporteer (Thomson en James, 1985; Ragab, 1983; Mohammed en Kohl, 1987). Thomson en James (1985) het bevind dat die tyd wat verloop het totdat afloop begin plaasvind het, goed gekorreleer het met die tempo van energietoediening, nl. die energievloed. Die

waarde vir die energievloed ($W \cdot m^{-2}$) is verkry deur die druppelenergie ($J \cdot mm^{-1} \cdot m^{-2}$) met die toedieningstempo ($mm \cdot s^{-1}$) te vermenigvuldig (Thomson en James, 1985). In hierdie studie is die kumulatiewe infiltrasie totdat afloop begin plaasvind, (KTVA-waardes in Tabel 3) met die berekende energievloed gekorreleer en daar is telkens 'n logaritmiëse verwantskap waargeneem. Deur die natuurlike logaritmes van bogenoemde veranderlikes met mekaar te korreleer is dus 'n negatiewe lineêre korrelasie verkry. Hierdie verwantskappe word in Fig. 1 en Tabel 4 weergegee. Mohammed en Kohl (1987) het ook onder veldtoestande goeie korrelasies tussen kumulatiewe infiltrasie en energievloed bevind.

In Tabel 4 kan gesien word dat die korrelasiekoëffisiënte (R^2 -waardes) toeneem met die toenemende oppervlakstoormeë. Die rede hiervoor is waarskynlik omdat die grondoppervlak by die hoër oppervlakstoormeëns vir langer tye met water versadig is. Die aantrekkingskragte tussen gronddeeltjies neem af met 'n toename in waterinhoud en bereik 'n minimum wanneer die grond met water versadig is en wanneer afloop of opdamming begin plaasvind. Wanneer die kragte tussen die gronddeeltjies met versadiging verlaag neem die effek van die vallende druppels op grondoppervlakverseëling toe. Die kumulatiewe infiltrasie, wat die mate van verseëling weerspieël, korreleer dus beter met die energievloed van die vallende druppels indien die druppels vir 'n langer tydperk op die versadigde grondoppervlak val. Ten spyte van die laer korrelasiekoëffisiënte (R^2 -waardes) by die lae oppervlakstoormeëns, is al die korrelasies hoogs betekenisvol (P -waardes $< 0,001$). Uit Fig.1 en Tabel 4 is dit duidelik dat genoemde tendense vir albei gronde, geld. Aangesien hierdie gronde verteenwoordigend is van chemies dispersiewe en chemies stabiele gronde onderskeidelik kan aanvaar word dat bogenoemde tendense vir die meeste grondtipes kan geld. In die praktyk beteken dit dat 'n afname in toedieningstempo en/of druppelvalhoogte 'n toename in die hoeveelheid water wat in die grond sal infiltreer, voordat afloop plaasvind, teweë sal bring. Die toename kan deur die volgende verwantskap bepaal word:

$$\ln(KTVA) = a \ln(E \cdot I) + b \quad (1)$$

Waar:

- KTVA = Kumulatiewe toediening (mm) wat op 'n nat grond gemaak kan word voor afloop plaasvind *
 E = Kinetiese druppelenergie ($J \cdot mm^{-1} \cdot m^{-2}$)
 I = Toedieningstempo ($mm \cdot s^{-1}$)
 a en b = Konstantes wat deur die fisies-chemiese grondeienskappe en oppervlakstoormeë bepaal word.

(*Hierdie waarde is identies aan die kumulatiewe infiltrasie (KI) voordat afloop plaasvind (Bloem, 1992)).

Gevolgtrekking

Druppelgrootte het nie 'n groot invloed op die infiltreerbaarheid van die gronde gehad nie. Die druppelenergie en toedieningstempo is die dominante, eksterne faktore wat die hoeveelheid afloop vanaf die grondoppervlak bepaal. Daar bestaan goeie logaritmiëse verwantskappe tussen die kumulatiewe toediening wat gemaak kan word voordat afloop van 'n reeds benatte grond plaasvind en die tempo van energietoediening (energievloed) vir beide chemies dispersiewe en chemies stabiele gronde. Alhoewel die infiltrasie van die chemies dispersiewe grond laer as dié van die stabiele grond was, het albei gronde dieselfde reaksie, t.o.v. die effek van

die vallende druppels, getoon. Vergelyking 1 is dus vir chemies dispersiewe en stabiele gronde geldig. Indien die konstantes a en b in hierdie vergelyking aan grondeienskappe en oppervlakstoormeë gekoppel kan word, kan die effek van 'n ontwerp-aanpassing op die hoeveelheid waterbesparing gekwantifiseer word.

Erkenning

Die finansiële bystand vir hierdie navorsing deur die Waternavorsingskommissie (WVK) word met dank erken.

Verwysings

- AGASSI, M, SHAINBERG, I and MORIN, J (1981) Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45** 848-851.
- BLOEM, AA (1992) Kriteria vir die Aanpassing van die Ontwerp en Bestuur van Oorhoofse Besproeiingstelsels by die Infiltreerbaarheid van Gronde. M.Sc. verhandeling, Univ. van Pretoria.
- BLOEM, AA, LAKER, MC, LAGRANGE, LF en SMIT, CJ (1992) Kriteria vir die Aanpassing van die Ontwerp en Bestuur van Oorhoofse Besproeiingstelsels by die Infiltreerbaarheid van Gronde. WVK-verslag 208/1/91.
- BRADFORD, JM, FERRIS, JE and REMLEY, PA (1987) Interrill soil erosion processes: I. Effect of surface sealing on infiltration, runoff and soil splash detachment. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **51** 1566-1571.
- BRUWER, JJ and VAN HEERDEN, PS (1991) Spotlight on irrigation development in the RSA: The past, present and future. *Proc. South. Afr. Irrigation Symp.*, Durban (In press).
- BUBENZER, GD and JONES, BA Jr. (1971) Drop size and impact velocity effects on the detachment of soils under simulated rainfall. *Trans. of the ASAE* **14** 625-628.
- DILLON, RC, HILER, A and VITTELOE, G (1972) Center-pivot sprinkler design based on intake characteristics. *Trans. of the ASAE* **15** 996-1001.
- DU PLESSIS, HM (1990) Persoonlike mededeling. Waternavorsingskommissie, Pretoria.
- ELOFF, WSM en SMIT, CJ (1989) Ontwikkeling van 'n besproeiingsimuleerder vir laboratoriumgebruik. *Handelinge van die 21ste Nasionale SAILI Simposium* 89-96.
- FARRES, PJ (1980) Some observations on the stability of soil aggregates to raindrop impact. *Catena* **7** 223-231.
- GILLEY, JE and FINKNER, SC (1985) Estimating soil detachment caused by raindrop impact. *Trans. of the ASAE* **28** 140-146.
- LAKER, MC (1990) Persoonlike mededeling. Dept. Grondkunde en Plantvoeding, Univ. van Pretoria, Pretoria.
- MOHAMMED, D and KOHL, RA (1987) Infiltration response to kinetic energy. *Trans. of the ASAE* **30** 108-111.
- MOORE, ID and LARSON, CL (1979) Effects of drainage projects on surface runoff from small depressional watersheds in the North Central region. WRRU University of Minnesota. *Grad. School. Bull.* **99**.
- MOSS, AJ and GREEN, P (1983) Movement of solids in air and water by raindrop impact. Effects of drop-size and water-depth variations. *Aust. J. Soil Res.* **21** 257-269.
- RAGAB, RA (1983) The effect of sprinkler intensity and energy of falling drops on soil surface sealing. *Soil Sci.* **136** 117-123.
- STERN, R (1990) Effects of Soil Properties and Chemical Ameliorants on Seal Formation, Runoff and Erosion. D.Sc. Agric. Dissertation, Univ. of Pretoria.
- THOMSON, AL and JAMES, LG (1985) Water droplet impact and its effect on infiltration. *Trans. of the ASAE* **28** 1506-1510.
- VON BERNUTH, RD and GILLEY, JR (1985) Evaluation of center pivot application packages considering droplet induced infiltration reduction. *Trans. of the ASAE* **28** 1940-1945.
- WUSTAMIDIN, DOUGLAS, LA, CUMMINGS, DJ and LESLIE, TI (1983) Comparison of the waterdrop energy required to break down aggregates and soil loss caused by simulated rainfall. *Soil Sci.* **136** 367-370.