

ONTWIKKELING EN REKENARISERING VAN 'N GESKIKTE VLOEDBESPROEIING- ONTWERPPROSEDURE

VOLUME 1:

SAMEVATTENDE VERSLAG

deur

GHJ KRUGER

Verslag aan die Waternavorsingskommissie deur
Rehab Consultation
en die
Departement Landbou-ingenieurswese,
Universiteit van Pretoria

November 1997

WNK Verslag No	290/1/98
ISBN	1 86845 369 3
ISBN STEL	1 86845 373 1

INHOUDSOPGAWE

Bladsy

VOORWOORD	iv
BESTUURSOPSOMMING	v
BEDANKINGS	x
AFKORTINGS & SIMBOLELYS	xii
1 INLEIDING	1
1.1 DIE VLOEDBESPROEIINGSPROJEK	1
1.2 SAMEVATTENDE VERSLAG (VOLUME 1)	3
2 DIE VLOEDBESPROEIING-NAVORSINGSPROJEK	4
2.1 AANLOOP TOT DIE NAVORSINGSPROJEK	4
2.2 OORSPRONKLIKE DOELSTELLINGS EN TYDSKEDULE VAN DIE PROJEK	4
2.3 GEWYSIGDE DOELSTELLINGS	5
2.4 METODE VAN NAVORSING	6
2.5 RESULTATE VAN DIE PROJEK	8
2.5.1 Volume 2	8
2.5.2 Volume 3	9
2.5.3 Volume 4	10
2.6 BYDRAE WAT DIE NAVORSINGSRESULTATE TOT DIE VLOED- BESPROEIINGSBEDRYF IN SUID-AFRIKA KAN LEWER	10
2.7 AANBEVELINGS TEN OPSIGTE VAN VERDERE NAVORSING EN ONTWIKKELING WAT UIT DIE PROJEK KAN VOORTSPRUIT	12
2.7.1 Teoretiese aspekte	12
2.7.2 Programmering	13
2.7.3 Simuleringsubroetine	14
2.7.4 Infiltrasieparameter-subroetine	14

2.7.5	Bestuurs- of skeduleringsubroetine	14
2.7.6	Ontwikkeling van ontwerpershandleiding	14
3	OORSIG VAN DIE JONGSTE VLOEDBESPROEIINGSONTWERP- TEORIE AANGEWEND IN DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM	16
3.1	INLEIDING	16
3.2	ONTWERPOOGMERKE	17
3.3	BASIESE HIDROULIESE BEGINSELS EN BEHEERMECHANISMES WAT IN DIE PRAKTYK VOORKOM	19
3.3.1	Wiskundige verbande	21
3.3.2	Vereenvoudigde toepassing van hidrouliese beginsels om insette vir simuleringsmodelle te bepaal	22
3.3.3	Meetbare fases tydens 'n besproeiingsperiode	23
3.3.4	Faktore wat 'n indirekte invloed op stelselhidroulika het	25
3.3.5	Faktore wat 'n direkte invloed op stelselhidroulika het	27
3.4	DIE TOEPASSING VAN AFDROGINGSFRONT-EIENSKAPPE IN ONTWERP	27
3.4.1	Bereiking van die ontwerpooigmerke tydens besproeiing	27
3.4.2	Die verband tussen beddinglengte en toediening	30
3.5	DIE TOEPASSING VAN VLOEI-ENERGIE EN SENSITIWITEITSKRITERIA BY ONTWERP VAN VLOEDBESPROEIINGSTELSELS	32
3.5.1	Vloei-energie	32
3.5.2	Sensitiwiteitskriteria	32
3.6	OPTIMERING VAN DIE ONTWERP	34
4	ONTWERP VAN VLOEDBESPROEIINGSTELSELS MET BEHULP VAN DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM	36
4.1	INLEIDING	36
4.2	DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM	36

4.2.1	Funksionele velde en kern-elemente	36
4.2.2	Sub-elemente	38
4.2.3	Gids- en hulpboodskappe	39
4.2.4	Addisionele faktore wat vloedbesproeiing beïnvloed, maar wat nie in die OPTIVLOED 2.2-program verreken is nie	39
4.2.5	Grafiese voorstellings en interaksies	40
4.2.6	Programuitset	42
4.2.7	Rand- en standaardwaardes ("Default Values")	47
LITERATUURLYS		49

VOORWOORD

Die navorsingsprojek oor ontwerpprosedures vir vloedbesproeiing is van 'n omvangryke aard, en gevolglik word die dokumentering daarvan in vier volumes weergegee:

Volume 1: Ontwikkeling en rekenarisering van 'n geskikte vloedbesproeiing ontwerpprocedure: Samevattende verslag.

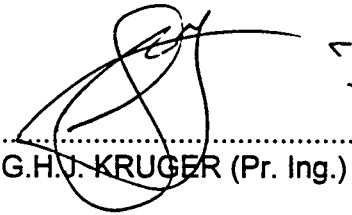
Volume 2: Kritiese evaluering van vloedbesproeiing-ontwerpprosedures.

Volume 3: Bevestiging van hidrodinamiese modelle en kenmerkende eienskappe geldig vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika.

Volume 4: Ontwikkeling en rekenarisering van 'n toepaslike ontwerpprocedure vir vloedbesproeiing.

Die navorsingsprojek het tot die ontwikkeling van die Optivloed 2.2-rekenaarprogram vir die ontwerp van vloedbesproeiing gelei. **Volume 1** dien as programhandleiding vir die Optivloed 2.2-pakket.

Die Optivloed 2.2-rekenaarprogram is beskikbaar vanaf die skrywer via die Waternavorsingskommissie. ('n Rekenaar met 'n 386 verwerker en 'n kleurgrafiese kaart word benodig.)



.....
G.H.J. KRUGER (Pr. Ing.)

I Rehab
Posbus 5219
KOCKSPARK
2523

WATERNAVORSINGSKOMMISSIE
Posbus 824
PRETORIA
0001

BESTUURSOPSOMMING

1. AGTERGROND

Die Universiteit van Pretoria het in 1989 opdrag van die Waternavorsingskommissie ontvang om met die “vloedbesproeiingsnavorsingsprojek” te begin. Daar was voorsien dat die projek vir 'n termyn van drie jaar sou duur. Die projek het nie wesenlik gevorder gedurende die eerste helfte van die beplande tydskeule nie. In 1991 het die skrywer/navorsers die projek oorgeneem. Doelstellings is gewysig ten einde die projek uitvoerbaar te maak. Die navorsers het steeds 'n voltydse betrekking beklee, en die projek moes op 'n deeltydse grondslag afgehandel word. Dit het noodwendig tot 'n vertraging in die afhandeling van die projek gelei.

2. GEWYSIGDE DOELSTELLINGS

- Kritiese evaluering van bestaande ontwerpprosedures en aanbeveling van die mees geskikte prosedure vir rekenarisering.
- Ontwikkeling van die mees geskikte prosedure tot 'n rekenariseerbare vlak deur middel van hidrodinamiese modelstudies en eksperimentele data.
- (Om hierdie doelstelling te kon uitvoer, was dit noodsaaklik om eers die geldigheid van hidrodinamiese modelle onder Suid-Afrikaanse toestande, te bewys.)
- Rekenarisering en toets van die prosedure.

3. RESULTATE

3.1 BEVREDIGING VAN DOELSTELLINGS

Die gewysigde doelstellings is almal bevredig deur die resultate wat uit die projek verkry is. Vloedbesproeiingsprosedures is krities evalueer en die mees geskikte prosedure

is verder ontwikkel en gerekenariseer. Die eindresultaat is die Optivloed 2.2-ontwerpprogram.

3.2 MEEVALLENDE RESULTATE

Die vakgebied vloedbesproeiing is vir die eerste keer in Suid-Afrika gedokumenteer. Hierdie dokumentasie (**Volumes 2 tot 4**) behoort in die toekoms verdere navorsing op die gebied van vloedbesproeiing te fokus. Sodoende sal bondige, uitvoerbare, navorsingsprojekte beplan kan word, wat onder andere 'n bydrae sal lewer om die aanwending van die Optivloed 2.2-program te verbeter.

Die aanwendbaarheid van oorsese vloedbesproeiingsmodelle, waarmee simulering van 'n vloedbesproeiingsepisode gedoen kan word, moes vasgestel word aangesien die modelle aangewend moes word in die ontwikkeling van die Optivloed 2.2-program. Leemtes is vasgestel en aanbevelings vir die gebruik van die modelle is geformuleer (**Volume 3**, hoofstuk 5).

3.3 EVALUERING VAN RESULTATE VAN DIE VLOEDBESPROEIINGSPROJEK

Volume 2: Kritiese evaluering van vloedbesproeiing-ontwerpprosedures

Bestaande vloedbesproeiing-ontwerpprosedures is krities evalueer. Die uitgangspunte van verskillende navorsers word toegelig met historiese perspektiewe ten einde die ontwikkeling van ontwerp tegnologie vir vloedbesproeiing, uit te beeld. In **Volume 2** word die voor- en nadele van empiriese-, volumebalans- en hidrodinamiese ontwerpprosedures teen 'n Suid-Afrikaanse agtergrond uitgewys. 'n Motivering vir die ontwikkeling van 'n geskikte ontwerpprosedure word beskryf. **Volume 1**, paragraaf 2.5.1, som die bevindinge op.

Volume 3: Bevestiging van hidrodinamiese modelle en kenmerkende eienskappe geldig vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika

Weens die komplekse aard van vloedbesproeiing is die doelstellings gewysig sodat die

ontwikkeling van 'n gepaste ontwerpprocedure aan wiskundige modellering sowel as eksperimentele navorsing gekoppel kon word. Die gebruik van hidrodinamiese modelle moes, as 'n tussenstap, wetenskaplik onder Suid-Afrikaanse toestande verantwoord word alvorens die resultate van sodanige wiskundige modellering gebruik kon word in die projek.

Twee internasionale simuleringsmodelle is objektief met behulp van data evalueer. Data moes vir die doel ingesamel word op gronde met 'n ultrahoë infiltrasietempo. Verteenwoordigende data is verkry deur ook van die bestaande data uit 'n vorige projek van die Waternavorsingskommissie, asook projekte van die destydse Departement van Landbou, te herverwerk.

Die evaluering van die Sirmod-model (Walker 1989) het aan die lig gebring dat die voortjiebesproeiingsubroetine misleidende resultate tot gevolg kan hê wanneer dit onder Suid-Afrikaanse toestande objektief aangewend word. Die voorspelingswaarde van die resultate beloop tussen 1,6% tot 85%. Die metode van Kruger (1989) waar 'n voortjie as 'n klein bedding met eenheidswydte beskou word, lewer egter deurgaans goeie simulerings met gemete resultate. 'n Voorspellingswaarde wat tussen 78% tot 99% wissel is vir hierdie metode verkry. Laasgenoemde metode word dus in Suid-Afrika aanbeveel.

Beddingbesproeiing word oor die algemeen goed gesimuleer deur beide simuleringsmodelle met 'n voorspellingswaarde van 80% - 99% (Resultate in **Volume 3**, hoofstuk 5). Die Sirmod- model word egter aanbeveel weens die gemak waarmee oplossings bereik word.

'n Objektiewe metode om infiltrasie en vloe weerstand te bepaal moes ook ontwikkel word (**Volume 3** paragraaf). Die metode is geskik om 'n opvolgnavorsing tot 'n algemeen bruikbare tegniek vir ontwerpers ontwikkel te word.

Volume 4: Ontwikkeling en rekenarisering van die mees toepaslike ontwerpprocedure vir vloedbesproeiing

In **Volume 4** word kenmerkende eienskappe, wat op ontwerp in Suid-Afrika betrekking.

het, uitgewys, bespreek en wiskundig ontleed. Tegnieke wat betrekking het op optimale besproeiing en wat in **Volume 2** uitgewys is, word tot 'n wiskundige ontwerpmodel ontwikkel. Die navorser het aanvanklik 'n sigblad-program geprogrammeer ten einde die werking van die model te toets. Die Optivloed 2.2-program is daarna op 'n objekgeoriënteerde wyse met behulp van die C++-rekenaartaal geprogrammeer. 'n Grafiese interaksie is ontwikkel deur die ontwerpberoeeninge grafies op die rekenaarskerm voor te stel.

Die ontwerper kan telkens sien hoedat 'n verandering in die ontwerpkeuses, die stelsel sal beïnvloed (Beskrywing in **Volume 4**, Hoofstuk6).

Die ontwerpprogram is ten volle tweetalig en sal met min insette in enige ander taal vertaal kan word. Die ontwerpprocedure is universeel, wetenskaplik gefundeerd en gebruikersvriendelik. As sulks beskik die procedure oor 'n wye aanwendbaarheid en aangesien dit tans enig in sy soort is, behoort daar ook 'n aanvraag vir die program buite Suid-Afrika te wees.

Die ontwerpprocedure is op beperkte skaal getoets soos in **Volume 4**, Hoofstuk 7, aangedui. Die wiskundige beredenering is korrek, en daar is in die programmering voorsiening gemaak vir die aanpassing van berekeninge soos wat meer inligting deur navorsing beskikbaar kom. In **Volume 4**, Hoofstuk 5, en ook in **Volume 1**, paragraaf 2.7, word aanbevelings oor die verbetering van die program in opvolgnavorsing gemaak.

3.4 POTENSIËLE BYDRAE WAT DIE PROJEKRESULTATE TOT DIE VLOEDBESPROEINGSBEDRYF KAN MAAK

Vloedbesproeiing word steeds op sowat 40% van die totale besproeide oppervlak in Suid-Afrika toegepas. In **Volume 1**, paragraaf 2.6, word aangedui dat die resultate van die projek 'n potensiële bydrae op die volgende gebiede kan maak:

- Waterbesparing.
- Opleiding en tegnologie-oordrag.

- Ontwerp.
- Navorsing en ontwikkeling.
- Stelselbestuur.

3.5 AAANBEVELINGS TEN OPSIGTE VAN VERDERE NAVORSING WAT UIT DIE PROJEK KAN VOORTSPRUIT

In **Volume 1**, paragraaf 2.2, word breedvoerig aangedui watter verdere navorsing en ontwikkeling uit die projek mag voortspruit. Daar is drie vername aspekte wat aangespreek behoort te word, naamlik:

1) Verbetering van die Optivloed 2.2-program self

Bepaalde aspekte kon nie volledig in die huidige projek nagevors word nie (Kyk **Volume 1**, paragraaf 4.2.7.).

2) Standaard prosedures vir die bepaling van ontwerpinsette

Tegnieke om infiltrasie en ander insette te bepaal is tans nie gestandaardiseer nie. Die toepassingswaarde van die Optivloed 2.2-program word tans daardeur benadeel.

3) Opleiding en ontwerphandleidings

Daar bestaan histories nie 'n praktiese ontwerphandleiding vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika nie. So 'n ontwerpersgids moet beide teoretiese en praktiese aspekte behandel, soos dit in **Volume 2**, paragraaf 2.3.5, beskryf is.

Die ontwerpprocedure van die Optivloed 2.2-program berus op nuwe verbeterde teoretiese uitgangspunte, wat vir die meeste ontwerpers in die praktyk totaal vreemd is.

BEDANKINGS

Die skrywer van hierdie publikasie spreek graag sy dank en waardering uit aan die volgende instansies en persone:

1. Waternavorsingskommissie (WNK) vir die fondse en ondersteuning met hierdie projek.

Persone betrokke in die loodskomitees vanaf 1990:

Voorsitter: Mnr. D.S. Van der Merwe

Lede: Dr. G.R. Backeberg
Mnr A.D. Brink
Mev. M. de Lange
Prof. H.L.M. du Plessis
Mnr. D.J. du Rand
Mnr. J.H. Eckard
Mnr A.C. Fritz
Mnr. D.F.M. Korff
Mnr. F.P. Marais
Dr. P.C.M. Reid
Mnr. F.B. Reinders
Dr. D. Russell
Mnr. J.H. Smit
Mnr. H. Smith
Mnr. C.M. Stimie
Mnr. A. van Wyk
Prof. G. Venter

- 2) Die Departement Landbou. Afdeling Landbou-ingenieurswese vir die beskikbaarstelling van personeel, infrastruktuur, data en tyd. In besonder word die volgende persone bedank: (alfabetiese volgorde)

Mnre H.G.R. Coetzee, C.T. Crosby, J. Erasmus, H. Hamman, F. Hugo, P.A. le Roux en B. van Vuuren. Mev M. Liebenberg en E. Lourens.

- 3) Mnre W.I. du Plessis en A.S. Mabaso word bedank vir hulp met die insameling van data.

- 4) Die Universiteit van Pretoria, Departement Landbou-Ingenieurswese vir taalversorging en ander insette gelewer:

Prof. G. Venter en Prof. H.L.M. du Plessis en hul personeel.

- 5) Die volgende persone word bedank vir die beskikbaarstelling van data:
Mnre K. Meyer, T. Prinsloo, B. van Rensburg en Dr. D. Russell.
- 6) Die kantoorpersoneel van **REHAB** word bedank vir die tikwerk en ander insette:
Mevv. A.M. Hattingh, A. Kruger, K. Kruger en M. Redelinghuys.

AFKORTINGS & SIMBOLELYS

∂	Parsiële afgeleide/differensiaal
$\bar{A}$	'n Konstante
f	Funksie van / koëffisiënt
σ_2	Faktor waarmee die subprofiel/oppervlak gedefinieer word
α_3	Bestuursfaktor
I_{res}	Gemiddelde infiltrasietempo tydens die resessiefase
A	Area
bw	Beddingwydte
Cu/Uc	Verspreidingsdoeltreffendheid
E	Doeltreffendheid
E_a	Toedieningsdoeltreffendheid
E_s	Storingsdoeltreffendheid
E_u	Verspreidingsdoeltreffendheid
F	Froude-getal
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
F_n	Diepte van toediening
g	Swaartekragversnelling
ha	Hektaar
i	i-de inkrement
IF	Infiltrasie groep/inname-familie
I	Infiltrasie
k	Afsnykonstante
K	Kostiakov-infiltrasiekonstante
ℓ	Astand vanaf die vaste punt van die golfprofiel
L	Lengte/beddinglengte
n	Manningkonstante vir vloeiweerstand
Θ	Grondwaterinhoud
pf	Oppervlakstoring op oneweredige grondoppervlaktes
Q	Stroomgrootte/eenheidstroomgrootte
q	Vloeitempo / stroomgrootte
q_{inf}	Infiltrasie met vloeitempo

Q_o	Beginstroom
Q_u	Uitvloeistroom / eenheidstroomgrootte
R	Hidrouliese radius/straal
R_{off}	Afloop ("tail water runoff")
S	Beddinghelling
SA	Suid-Afrika
SCS	Soil Conservation Service
S_f	Energie/wrywingshelling
S_o	Grond-/kanaalhelling
S_w	Waterhelling
S_y	Vloediepte konstante
t / t^x	Dimensielose tyd
T_{co}	Afsnytyd
T_g	Gemiddelde bruto kontaktyd
T_k	Kontaktyd
T_L	Resessietyd
T_{LAG}	Wegdreinerings tyd
T_n	Netto infiltrasietyd
USDA	United States Department of Agriculture
v	Snelheid
x	Afstand
x^*	Dimensielose vorderingsfunksie vir afstand
y	Vloediepte
Z	Bruto toediening / toediening
z^1	Vertikale hoogte

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1 DIE VLOEDBESPROEIINGSPROJEK

Die vloedbesproeiing-navorsingsprojek het 'n uitgebreide studie met die volgende aspekte behels, naamlik:

- * 'n Kritiese evaluering van beskikbare ontwerpprosedures
- * Landwye dataversameling
- * Eksperimentele navorsing en dataversameling
- * Teoretiese ontleding van faktore wat 'n rol in ontwerp speel
- * Ontwikkeling vanaf 'n optimiseringstegniek na 'n ontwerpprocedure
- * Rekenarisering van die ontwerpprocedure
- * Evaluering van die resultate.

Die resultate van die studie is omvangryk en is in vier volumes gedokumenteer. (Soos voorgestel in Figuur 1.1).

- * **Volume 1** is 'n opsommende gebruiksverslag waarin slegs die resultate weergegee word wat meer gedetailleerd in die ander volumes voorkom.
- * **Volume 2** is 'n gedetailleerde verslag oor die kritiese evaluering van bestaande ontwerpprosedures onder Suid-Afrikaanse toestande.
- * **Volume 3** is 'n gedetailleerde verslag waarin die aanwending van hidrodinamiese modelle in Suid-Afrika aan die hand van praktiese data behandel word.
- * **Volume 4** is 'n gedetailleerde verslag waarin bruikbare ontwerp-tendense ontleed en 'n Suid-Afrikaanse ontwerpprocedure ontwikkel, gerekenariseer en getoets word.

VLOEDBESPROEIINGSPROJEK

VOLUME 1

SAMEVATTENDE VERSLAG

- * INLEIDING / NAVORSINGSBEHOEFTE/DOELSTELLING
- * VORDERING EN VERLOOP VAN PROJEK
- * BYDRAE VAN DIE NAVORSING TOT VLOEDBESPROEIING
- * OPVOLG NAVORSING

Volume 2

KRITIESE EVALUERING VAN VLOEDBESPROEIING-ONTWERP- PROSEDURES
BESTAANDE PROSEDURES LITERATUUROORSIG KRITIESE EVALUERING METODE RESULTATE GEVOLGTREKKING

Volume 3

BEVESTIGING VAN HIDRODINAMIESE MODELLE EN KENMERKENDE EIENSAPPE GELDIG VIR VLOEDBESPROEIING IN SUID-AFRIKA
INLEIDING PROBLEEM/HIPOTESESTELLING TEORETIESE AGTERGROND/LITERATUURSTUDIE METODE RESULTATE GEVOLGTREKKING

Volume 4

ONTWIKKELING EN REKENARISERING VAN 'N TOEPASLIKE VLOEDBESPROEIINGS- ONTWERPPROSEDURE
INLEIDING PROBLEEM/HIPOTESESTELLING MODELKOMPONENTE TEORETIESE ONTWIKKELING VAN DIE MODEL REKENARISERING TOETSING

Figuur 1.1 Skematiese uiteensetting van die volledige vloedbesproeiingsprojek.

1.2 SAMEVATTENDE VERSLAG (VOLUME 1)

Die samevattende verslag is laaste voltooi. Indien meer detail oor 'n bepaalde aspek vereis word, kan Volumes 2, 3 en 4 geraadpleeg word.

Die samevattende verslag is op die gebruiker van die resultate van die navorsingsprojek gerig en is soos volg saamgestel:

- * **Hoofstuk 2** som die verloop van die projek op. Die belangrikste resultate word weergegee. Die moontlike bydrae wat die resultate tot die vloedbesproeiingspraktyk kan maak, word behandel. Tekortkominge en moontlike verdere navorsingsprojekte word uitgewys.
- * **Hoofstuk 3** lewer 'n oorsig oor die nuutste teorie op die gebied van vloedbesproeiingsontwerp.
- * **Hoofstuk 4** beskryf die ontwikkeling en toepassing van die **OPTIVLOED 2.2** ontwerpprogram.

HOOFSTUK 2

DIE VLOEDBESPROEIING-NAVORSINGSPROJEK

2.1 AANLOOP TOT DIE NAVORSINGSPROJEK.

Gedurende Oktober 1983 is 'n Besproeiingswerkswinkel te Silverton Pretoria gehou. 'n Vloedbesproeiingswerkgroep het bepaalde navorsingsbehoefte geïdentifiseer. Die verbetering van vloedbesproeiingsontwerpprosedures en die toepasbaarheid daarvan in die praktyk, is onder andere as belangrike navorsingsbehoefte uitgewys. Die Universiteit van Pretoria het hierdie behoefte opgevolg en die huidige navorsingsprojek in 1989 van stapel gestuur.

2.2 OORSPRONKLIKE DOELSTELLINGS EN TYDSKEDULE VAN DIE PROJEK

Die titel van die projek was aanvanklik soos volg geformuleer:

Vloed- en voorbesproeiing: Kritiese evaluering van ontwerpprosedures en die rekenarisering van die mees geskiktes.

Die doelstellings van die projek was geformuleer met die doel om die toepasbaarheid van ontwerpprosedures onder Suid-Afrikaanse toestande te evalueer en te verbeter.

Die volgende doelstellings en tydskedules is volgens die ooreenkoms tussen die UP en WNK in vooruitsig gestel.

- (i) 'n Kritiese evaluering van ontwerpprosedures vir vloed- en voorbesproeiingstelsels en die aanpassing daarvan by Suid-Afrikaanse toestande.
- (ii) Samestelling van gerekenariseerde ontwerpprogramme en handleidings vir die gebruik van die programme.
- (iii) Daarstelling van bestuursriglyne vir die doelmatige gebruik van besproeiingswater met behulp van vloed- en voorbesproeiingstelsels.

- (iv) Toepassingsmoontlikhede van dambesproeiing, waar water vinnig in 'n deeglik-voorbereide besproeiingsbak of -perseel ingelaat word en dus net die regte besproeiingsdiepte lewer.
- (v) 'n Kritiese evaluering van die beskikbare ontwerpprosedures, aanpassing vir SA toestande en eksperimentele ondersoek van die resultate. Die proewe sou op die Universiteit se nuwe proefplaas tussen Pretoria en Bronkhorstspuit uitgevoer word.
- (vi) Ontwikkeling van handleidings en rekenaarprogramme vir vloedbesproeiingsontwerp.

AANVANG EN DUUR VAN PROJEK

Aanvangsdatum

1 Julie 1989

Voltooiingsdatum

30 Junie 1992

Daar was dus voorsien dat die projek oor 'n termyn van drie jaar sou strek.

2.3 GEWYSIGDE DOELSTELLINGS

Weens die komplekse aard van vloedbesproeiingstechnologie het die vloedbesproeiingsprojek nie wesentlik gedurende die eerste helfte van die beplande tydskeule gevorder nie.

Gedurende 1991 is die projek deur die skrywer/navorsers oorgeneem. Die navorsers was sedert 1979 betrokke by vloedbesproeiingsnavorsing. Weens die komplekse aard van vloedbesproeiing is die doelstellings gewysig sodat die ontwikkeling van 'n gepaste ontwerpprocedure aan wiskundige modellering sowel as eksperimentele navorsing gekoppel kon word. (In ooreenstemming met die aanbeveling van Du Rand *et al.* (1985) en die aanbevelings wat gevolg het na die voltooiing **Volume 2**).

Die gewysigde doelstellings was soos volg:

- * Kritiese evaluering van bestaande ontwerpprosedures en aanbeveling van die mees geskikte prosedure vir rekenarisering
 - * Ontwikkeling van die mees geskikte prosedure tot 'n rekenariseerbare vlak deur middel van hidrodinamiese modelstudies en eksperimentele data.
- ... (Om hierdie doelstelling te kon uitvoer, was dit noodsaaklik om eers die geldigheid van hidrodinamiese modelle onder Suid-Afrikaanse toestande, te bewys).
- * Rekenarisering en toets van die prosedure.

Die gewysigde doelstellings van die projek, sowel as die voltydse betrekking wat die navorser as Eerste Ingenieur en later as waarnemende Provinsie-Ingenieur (Noordwes), by die Departement van Landbou, beklee het, het tot 'n onvermydelike vertraging in die projekskedule gelei.

2.4 METODE VAN NAVORSING

Die vakgebied *vloedbesproeiing*, as wetenskaplike navorsingsterrein, is nog nie voorheen in Suid-Afrika deeglik nagevors en beskryf nie. Daar kon slegs enkele publikasies, met beperkte toepassingswaarde op Suid-Afrikaanse toestande, gevind word. Die beskrywings van Badenhorst (1974) en Du Rand (1985) is voorbeelde hiervan.

In die VSA het navorsing tot en met 1990 hoofsaaklik op simulasiemodel-ontwikkeling en empiriese eksperimentele studies gekonsentreer, met die oog op die toepassing in hidrodinamiese simuleringsmodelle. Enkele Suid-Afrikaners het daaraan deelgeneem...

Ontwerpprosedures as sulks, was tot en met 1990, nog nie werklik nagevors of ontwikkel nie. Die mees algemene ontwerpprosedures en tegnieke was empiries (Merriam, 1978) of kwasie-analities soos in die geval van Shockley *et al.*, (1964), Badenhorst (1973), en andere.

Die navorsing waaroor hier gerapporteer word, is uit 'n aantal erkende wetenskaplike metodes saamgestel en word soos volg in die ander volumes van hierdie verslag gehanteer:

Volume 2: Die kritiese evaluering van vloedbesproeiing-ontwerpprosedures.

- * Historiese perspektiewe
- * Literatuurstudie van internasionaal-erkende vloedbesproeiingsteorie
- * Beskrywing van die Suid-Afrikaanse vloedbesproeiingsmilieu
- * Literatuuroorsig van rasonale besluitneming en sintese met die oog op vereistes wat aan 'n rekenariseerbare ontwerpprosedure gestel word
- * Kritiese evaluering aan die hand van empiriese, beskrywende, analitiese en eksperimentele metodes

Volume 3: Bevestiging van hidrodinamiese modelle en kenmerkende eienskappe geldig vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika.

- * Literatuurstudie van hidrodinamiese modelle
- * Eksperimentele navorsing om die geldigheid van hierdie modelle te ontleed

Volume 4: Ontwikkeling en rekenarisering van 'n toepaslike ontwerpprosedure vir vloedbesproeiing.

- * Identifisering van tersaaklike aspekte wat vloedbesproeiingsontwerp beïnvloed
- * Ontleding van wetenskaplike verbande en verskynsels wat telkens tydens ontwerp na vore kom
- * Teoretiese ontwikkeling van wiskundige optimeringstegnieke wat tydens ontwerp toegepas moet word
- * Metodiese en sistematiese programmering en evaluering van die optimeringsmodel ten einde 'n rekenaarprogram vir die ontwerp van vloedbesproeiingstelsels daar te stel.

2.5 RESULTATE VAN DIE PROJEK

Die resultate van die projek word opsommend per volume aangebied. Kortliks is die resultate van elke volume soos volg:

2.5.1 Volume 2: Kritiese evaluering van vloedbesproeiing-ontwerpprosedures.

In Volume 2 word die voor- en nadele van die empiriese-, volumebalans- en hidrodinamiese ontwerpprosedures uitgewys.

I. Empiriese ontwerpprosedures:

- Daar word aangetoon dat hierdie ontwerpprosedures foutiewelik infiltrasietempo met die persentasie klei in die grond assosieer.
- Empiriese prosedures verreken ook nie al die faktore wat belangrik is in vloedbesproeiingsontwerp nie, wat lei tot growwe veralgemenings en sodoende vloedbesproeiing benadeel.

II. Volumebalans-ontwerpprosedures:

- Hierdie ontwerpprosedures mag soms “toevallige” korrekte oplossings lewer, maar die ontwerper is nie seker wanneer die oplossings wel korrek is, al dan nie. Weens die feit dat die vloeddinamika of energiebalans nie korrek verreken word nie, is die voorspellingswaarde van die volumebalans-ontwerpprosedures swak.
- Die leser word daarop gewys dat hierdie ontwerpprosedures egter altyd die korrekte oplossing bied wanneer dit “terugwaarts” op gemete data toegepas word, aangesien die vloeddinamika dan alreeds korrek in die meting verreken is.

III. Hidrodinamiese ontwerpprosedures:

- Hierdie ontwerpprosedures is gebaseer op die oplossing van die Saint Venant-vloeivergelykings deur middel van rekenaargesteunde numeriese

tegnieke. Die oplossings wat so bereik word, hang streng af van die korrektheid waarmee die numeriese tegnieke toegepas word. Hierdie prosedures is langdradig en vereis 'n hoë vlak van kundigheid van die rekenaaroperateur.

Vanuit bogemelde evaluering word aanbeveel dat die beste ontwerpprocedure vir Suid-Afrikaanse toestande ontwikkel kan word uit 'n kombinasie van hidrodinamiese tegnieke, gekoppel aan die optimeringstegnieke. So 'n optimeringstegniek kan uit die ontleding van afdrogingsfronteienskappe, sensitiwiteitskriteria en vloeï-energie ontwikkel word.

2.5.2 Volume 3: Bevestiging van hidrodinamiese modelle en kenmerkende eienskappe geldig vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika

I. Voortjiebesproeiing

- * Die voortjiesubroetine van die Sirmod-simuleringsprogram (Walker, 1989) lewer die swakste korrelasie met gemete data. Op gronde met 'n lae infiltrasietempo, is die korrelasie sowat 70% terwyl dit laer as 50% op gronde met 'n hoë infiltrasietempo is. Indien die infiltrasietempo aangepas word, verbeter die korrelasies.
- * Wanneer die voortjie as 'n klein bedding beskou word en die stroomgrootte aangepas word vir 'n eenheidswydte, (die Sirmod-aangepasde-beddingmetode $[(m^3/h)/m]$ word die beste korrelasie verkry. Korrelasie met gemete data is 85% en beter. Hierdie metode word dus aanbeveel vir die simulering van voortjiebesproeiing.

II. Beddingbesproeiing:

Beide die Borderflow- en Sirmod-simuleringsmodelle simuleer beddingbesproeiing op 'n aanvaarbare vlak. Vorderingsfronte korreleer meestal hoër as 90% en afdrogingsfronte hoër as 85%. Die Sirmod-model word egter aanbeveel weens die gemak waarmee oplossings bereik word.

2.5.3 Volume 4: Ontwikkeling en rekenarisering van 'n toepaslike ontwerpsprosedure vir vloedbesproeiing.

Die Optivloed 2.2-program is ontwikkel en lewer goeie resultate onder Suid-Afrikaanse toestande. Hierdie program voldoen dus aan die vereistes gestel vir 'n rekenariseerbare ontwerpsprosedure. Bepaalde leemtes in die program, as gevolg van onvoldoende navorsing wat nog aangespreek behoort te word ten einde die gemak van oplossings te verbeter, word in paragraaf 2.7 aangedui.

2.6 BYDRAE WAT DIE NAVORSINGSRESULTATE TOT DIE VLOEDBESPROEIINGSBEDRYF IN SUID-AFRIKA KAN LEWER

Daar word allerweë aanvaar dat vloedbesproeiing steeds toegepas word op ongeveer 40 persent van die totale oppervlakte wat in Suid-Afrika besproei word (Volume 2).

- **WATERBESPARING**

Die algemene stelsel toedieningsdoeltreffendheid, word met enkele uitsonderings, laer as 50 persent aanvaar. (Du Rand & Kruger, 1991).

Die toepassing van vloedbesproeiing sal waarskynlik in die toekoms persentasiegewys afneem, omdat die meer geskikte gronde reeds ontwikkel is.

Du Rand en Kruger (1991) wys egter op die enorme waterbesparing wat verkry kan word indien die toedieningsdoeltreffendheid van vloedbesproeiingstelsels van 50 tot 70 persent verhoog kan word. Die resultate van hierdie vloedbesproeiingsprojek kan, indien dit korrek toegepas word, 'n betekenisvolle waterbesparing tot gevolg hê.

- **OPLEIDING**

'n Verbeterde begrip kan verkry word van die teoretiese agtergrond en wyse waarop stelsels deur bepaalde faktore beïnvloed word. Die

beskrywing in **Volume 2** lewer 'n perspektief wat nuttig is vir die opleiding van ontwerpers en veldbeamptes. Deur die Optivloed 2.2-program oor 'n wye spektrum van ontwerpmoontlikhede te demonstreer kan goeie ontwerpervaring aangeleer word.

- **ONTWERP**

Die standaard van vloedbesproeiingsontwerp behoort drasties te verbeter indien die Optivloed 2.2-program in gebruik gestel sou word. Die vrystelling van 'n ontwerpsprosedure wat getoets is teen data wat landswyd ingesamel is, kan verder bydra om 'n gevoel van vertroue by ontwerpers te skep. Vloedbesproeiingstelsels sal sodoende as 'n wesenlike ontwerp-alternatief gesien word.

- **NAVORSING EN ONTWIKKELING**

Die dokumentering van die navorsing en Optivloed 2.2-program sal 'n bydrae lewer om kritiese prestasie-areas tydens vloedbesproeiing te kwantifiseer. Navorsing en ontwikkeling kan daardeur gestimuleer word. Kostedoeltreffende toerusting kan hieruit ontwikkel, en sodoende doeltreffende praktyke bevorder.

- **STELSELBESTUUR**

Die Optivloed 2.2-program en gepaardgaande teoretiese beginsels maak dit moontlik om meer doeltreffende bestuurspraktyke te ontwikkel. Die invloed wat wisselende infiltrasietempo's, gewaskombinasies en beddinglengtes op die realiseerbare toedienings het, kan gekwantifiseer word. Die stelselbestuur kan met behulp van hierdie inligting aangepas en verbeter word. Kort- en langtermyn skeduleringsstrategieë kan sodoende ontwikkel word waardeur die stelselprestasie en watergebruiksdoeltreffendheid verbeter kan word.

2.7 AANBEVELINGS TEN OPSIGTE VAN VERDERE NAVORSING EN ONTWIKKELING WAT UIT DIE PROJEK KAN VOORTSPRUIT

In **Volume 4** word verskeie leemtes ten opsigte van die ontwikkeling van die Optivloed 2.2-program uitgewys. Hierdie leemtes kan nie binne die bestek van hierdie projek verder ontwikkel word nie, en bied moontlikhede vir verdere navorsing.

2.7.1 Teoretiese aspekte

Die volgende aspekte behoort in opvolgnavorsing ondersoek te word, naamlik:

*** Bestuurskonstante α_3**

Hierdie konstante word in **Volume 4** as 'n bestuursensitiwe faktor beskou. Die waarde van die α_3 vir 'n spesifieke bestuursensitiwiteit is onbekend. Daar word voorlopig aanvaar dat die waarde kan wissel tussen 0,2 en 1,2. By 'n waarde van $\alpha_3=1$, sal die vordering- en afdrogingsfrontkrommes tydens besproeiing parallel neig. Die bepaling van waardes vir die α_3 - faktor het nie deel gevorm van die huidige WNK-vloedbesproeiingsprojek nie.

*** Vloei-energie**

Die vloei-energie is afhanklik van al die faktore wat 'n rol speel in vloedbesproeiing en kan alleenlik deur middel van hidrodinamiese ontleding gekwantifiseer word. Die werklike beskrywing en modulering van vloei-energie het buite die bestek van die huidige WNK-vloedbesproeiingsprojek geval. Dit is egter noodsaaklik om die netto vloei-energie te kan ontleed om randvoorwaardebegrensing in die Optivloed 2.2-program te kan doen. Tans moet die ontwerper self bepaal by watter beddinglengte die vorderingsfront sal staak en hierdie beddinglengte moet as die maksimum besproeibare lengte vir bepaalde toestande beskou word.

* **S_y -konstante**

Die S_y -konstante verwys na die verhouding tussen die grondhelling (S_0) en waterhelling (S_f) tydens die ressiefase. Die waarde van die S_y -konstante (vloeidiepte konstante), is arbitrêr gekies vanaf 'n klein aantal ontledings wat gedoen is. Die werklike beskrywing en modulering van vloei-energie het buite die bestek van die huidige WNK-vloedbesproeiingsprojek geval.

* **Randwaardes**

Randwaardes is nodig om die beperkinge wat sekere faktore op stelselontwerp het, te ondervang, byvoorbeeld:

Maksimum nie-erodeerbare stroomgrootte

Minimum vloeidiepte

Maksimum beddinglengte

Minimum hellings waarvoor die program geld.

* **Vloeiweerstandswaardes**

Vloeiweerstand het 'n direkte invloed. Die ontwerper moet self 'n keuse ten opsigte van vloeiweerstandswaardes insleutel. Daar is 'n hulptabel in die Optivloed 2.2-program, maar dit is onvolledig en ontoereikend. Die werklike beskrywing en modulering van vloeiweerstand het buite die bestek van die Waternavorsingskommissie se huidige vloedbesproeiingsprojek geval.

2.7.2 Programmering

Benewens die teoretiese aspekte, het gebruikers van proefkopieë van die Optivloed 2.2-program ook bepaalde leemtes in die optimeringssubroetine van die program uitgewys, naamlik:

- Die program optimeer tans slegs die verband tussen lengte en toediening met toediening as 'n onafhanklike veranderlike.
- Indien toediening voorafgekoos sou wees, wil ontwerpers 'n reeks ander fisiese insette (bv. helling) optimaal kan voorspel.

2.7.3 Simuleringsubroetine

Die koppeling van 'n simuleringsubroetine (bv. soos Sirmod van Walker 1989) sou 'n aanwinst tydens ontwerp wees. Die navorser gebruik die Sirmod-program op dié wyse om die besproeiingsfases tydens die finale ontwerp te kan kwantifiseer.

2.7.4 Infiltrasieparameter-subroetine

Die bepaling van infiltrasie is die grootste beperkende faktor in alle wiskundige ontwerp tegnieke. Verskeie ontwerpers vind dit moeilik of onmoontlik om die infiltrasieparameters korrek te bepaal. Dit sal ook die grootste beperking in die toepassing van die Optivloed 2.2 program wees. Tydens die navorsingsprojek is 'n metode ontwikkel om die infiltrasieparameters wetenskaplik korrek en objektief te bepaal (**Volume 3; paragraaf 3.4**). Hierdie metode kan as 'n subroetine van die Optivloed2.2 program aangewend word en sal sodoende 'n bydrae lewer om die "raaiwerk" uit die bepaling van infiltrasieparameters te haal.

2.7.5 Bestuur-of skedulering-subroetine

Die teoretiese beginsels wat in die Optivloed 2.2-program vervat is, kan met enkele aanpassings aangewend word om kort- en langtermyn skeduleringsvoorspellings te maak. Hierdie aspekte is veral van belang waar wateraanvraagstelsels van toepassing is en daar besluit moet word of besproeiingswater aangevra moet word, al dan nie.

2.7.6 Ontwikkeling van 'n ontwerpershandleiding

Daar bestaan histories nie 'n ontwerpershandleiding wat die toepassing van tegnologie vir vloedbesproeiingsontwerp in Suid-Afrika bevorder nie. Die onlangse poging om 'n SABI-handleiding daar te stel, het slegs beperkte toepassing op die gebied van vloedbesproeiing. Ten einde die tegnologie wat in hierdie vloedbesproeiings-navorsingsprojek ontwikkel is vir die praktyk toeganklik te maak, is dit noodsaaklik om so spoedig moontlik 'n ontwerpershandleiding daar te stel. So 'n ontwerpershandleiding behoort

saamgestel te word om die aspekte soos verduidelik in paragraaf 4.6, **Volume 2** te vervat. Hierdie handleiding kan dan aanvullend tot die Optivloed 2.2-program, en sy handleiding, soos in Hoofstuk 4 vervat, gebruik word.

HOOFSTUK 3

OORSIG VAN DIE JONGSTE

VLOEDBESPROEIINGSONTWERP- TEORIE AANGEWEND IN

DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM

3.1 INLEIDING

Vloedbesproeiing (Gravity, surface irrigation) behels dat grond gebruik word as hidrouliese geleier om water oor 'n bepaalde oppervlak te versprei. Tydens die verspreidingsproses van water, word natuurlike hulpbronne (soos grond) met wisselende parameters, sowel as hulpbronne met bestuursbeheerbare of manipuleerbare parameters (soos onder andere grondhelling, beddinglengte, stroomgrootte en afsnytyd) gebruik.

Die ontwerp van 'n vloedbesproeiingstelsel kan vanaf 'n eenvoudige wateraanvoerstelselontwerp tot 'n gesofistikeerde waterverspreidingsontwerp wissel. Tabel 3.1 toon die interaksie tussen die vloedbesproeiingstelsel, die ontwerpdoelmerk en die ontwikkelingsfase aan.

Soos in hierdie tabel aangedui, sal daar in stelsels wat arbeidsintensief is, hoofsaaklik op die ontwerp van die wateraanvoerstelsel gekonsentreer word. Tipiese voorbeelde van sulke stelsels is kort voortjiesbesproeiing en gemeenskapstuine waar van die arbeider verwag word om die water eweredig oor 'n klein oppervlakte te versprei. Die term vloedbesproeiingsontwerp (of waterverspreidingsontwerp) is dus irrelevant in dié geval.

Hoe meer daar gemeganiseer word, hoe groter klem word gelê op die verspreiding van water op groot oppervlakktes met minimale inmenging van die besproeiingsoperateur. Die ontwerp en uitleg van so 'n stelsel word dus al meer belangrik. (Tweede fase; Tabel 3.1).

Die klem in moderne landbou-val al meer op produktiwiteit en doeltreffendheid van bestuur. In die derde fase van ontwikkeling van 'n vloedbesproeiingstelsel, word klem gelê op die vermoë van die bestuurder om by markfaktore aan te pas, koste te beheer en optimaal te produseer. Die integrasie van bestuursfaktore by stelselhidroulika lewer die optimale stelsel (Derde fase; Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Fases in die ontwikkeling en toepasbaarheid van hidrouliese beginsels

FASE	TIPIESE STELSEL	ONTWERP
Eerste	Arbeidsintensief	* Konsentrasie op aanvoerstelsel en beskikbaarheid van water
Tweede	Meganisasie, groter oppervlak per operateur besproei	* Konsentrasie op waterverspreiding. * Klem op ontwerp en uitleg.
Derde	Doeltreffendheid van water en bestuur	* Bestuursaanpasbare optimale produksie. * Hidrodinamiese ontwerp tegnieke * Outomatisasie

Die term vloedbesproeiingsontwerp verwys dus hoofsaaklik na die ontwerp van die waterverspreidingsstelsel by groter gemeganiseerde boerderystelsels soos aangedui in die tweede en derde fases in Tabel 3.1.

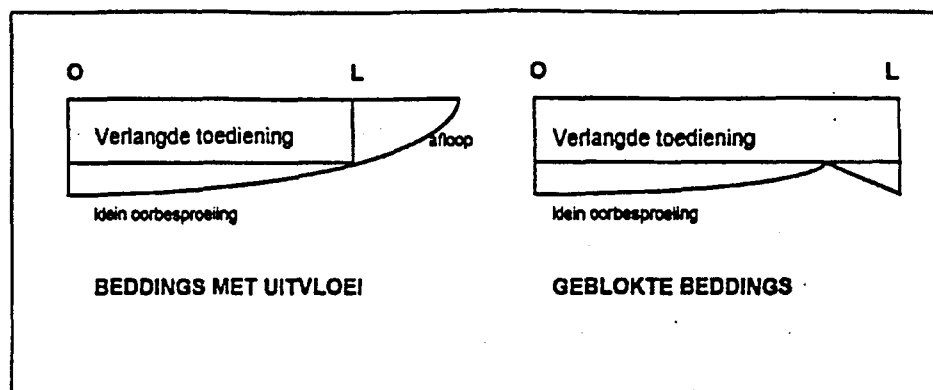
3.2 ONTWERPOOGMERKE

Die oogmerke tydens die ontwerp van 'n vloedbesproeiingsstelsel is soos volg, naamlik:

- **Toediening van genoeg besproeiingswater om die wortelsone van die plant, oor die hele bedding, tot 'n aanvaarde vlak te benat.** Die verlangde toediening word deur 'n verskeidenheid van faktore beïnvloed. 'n Gewas met 'n vlak wortelstelsel sal byvoorbeeld 'n kleiner verlangde toediening benodig as 'n gewas met 'n diep wortelstelsel. Net so mag bestuurspraktyke tot 'n kleiner of groter verlangde toediening lei as wat teoreties vereis word (deficit irrigation). Om die graad van wateraanvulling in die wortelsone te beskryf, word normaalweg gebruikgemaak van die aanvullingsdoeltreffendheid (E_s , "efficiency of

storage"). In die praktyk is waardes vir hierdie aanvullingsdoeltreffendheid tussen 10 en 100 persent, terwyl waardes tussen 98 en 100 persent teoreties as aanvaarbaar beskou word.

- **Die verlangde toediening moet so doeltreffend moontlik geskied.** Verliese ontstaan gewoonlik op plekke in 'n bedding waar water verby die wortelsone dreineer ("deep percolation"). 'n Ander groot bron van waterverlies kan die afloop aan die onderpunt van die bedding wees ("run-off"). Die verskil tussen die verlangde toediening en die werklike hoeveelheid water wat vir 'n besproeiing verbruik word (bekend as bruto toediening) staan bekend as die toedieningsdoeltreffendheid (E_a , "efficiency of application"). Waardes van tussen 30 en 98 persent kom in die praktyk voor. Waar hergebruik van afloopwater plaasvind, is waardes van tussen 40 en 45 persent aanvaarbaar (SCS, 1983). Op Vaalharts kom toedienings van tussen 85 en 95 persent algemeen voor.
- **Die bruto besproeiingsaanvulling in die wortelsone moet so egalig moontlik oor die totale lengte van die bedding voorkom.** (Let wel dat afloopverliese nie in berekening gebring word nie). Die verspreidingsdoeltreffendheid (U_c - "uniformity coefficient") word normaalweg as die afwyking van die gemiddelde toediening bereken. In die praktyk kom waardes laer as 88 persent selde voor. Waardes van 94 tot 96 persent is algemeen by goeie vloedbesproeiingstelsels soos op Vaalharts. Die ontwerpooigmerk kan soos in Figuur 3.1 skematies voorgestel word.



Figuur 3.1 Skematiese voorstelling van die ontwerpooigmerk.

3.3 BASIESE HIDROULIESE BEGINSELS EN BEHEERMECHANISMES WAT IN DIE PRAKTYK VOORKOM

Die verspreiding van water op/in 'n grond word in teorie bepaal deur:

- (i) Die volume water: (MASSABEHOUDE).
- (ii) Die energie-insette: (ENERGIEBEHOUD).

Bogronde energieverlies.

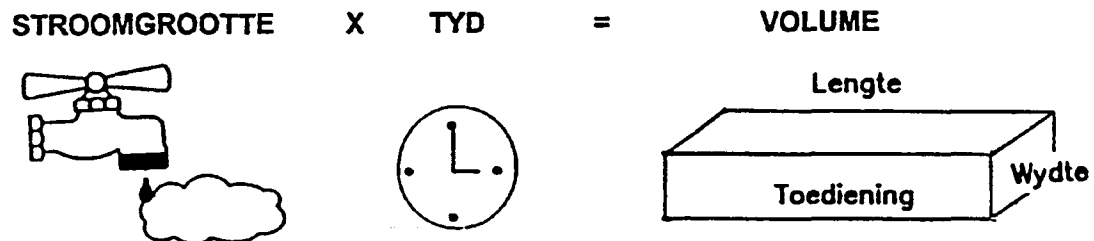
Ondergrondse energieverlies.

Die hele proses is onderhewig aan die universele beginsel van massa- en energiebehoud.

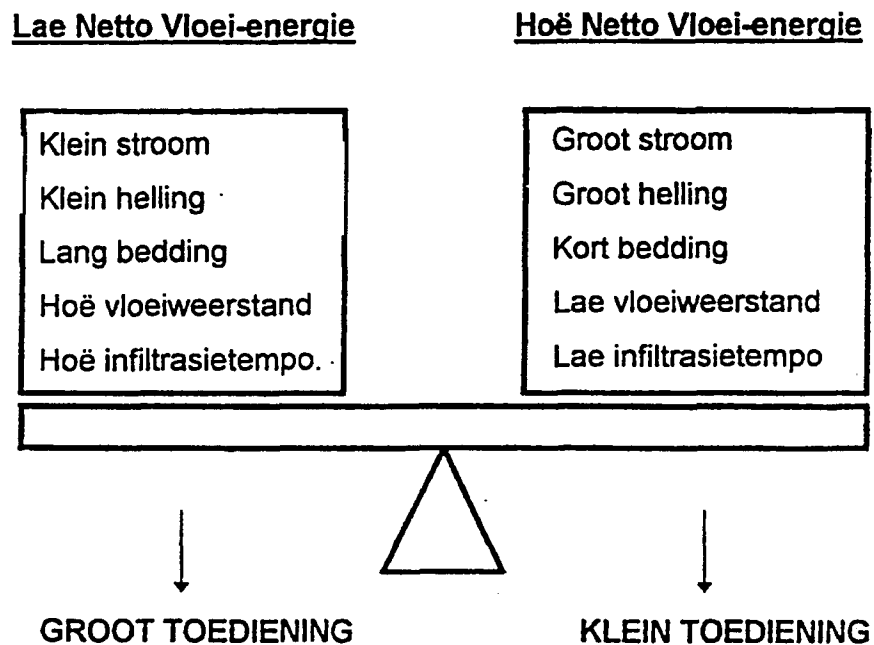
Die massabehoud of volumebalansbeginsel word in Figuur 3.2 as die produk van stroomgrootte en tyd voorgestel. Die besproeiingsoperateur het direkte beheer oor die inkeer- of afsnytyd van die stroom (voorgestel deur die horlosie). Die operateur kan normaalweg ook die eenheid-stroomgrootte beheer deur óf die direkte stroomgrootte te reguleer deur, hetsy die aantal beddings of voortjies te wissel óf die wydtes van die beddings te verander (voorgestel deur die kraan). Dit is moeilik om die beginsel van energiebehoud te visualiseer. In die volksmond praat boere van 'n "vinnige bedding" of 'n "stadige bedding". Die lande lei "stadig" wanneer groot toedienings gegee word, en lei "vinnig" wanneer klein toedienings gegee word. Aangesien hierdie netto resultaat van die kombinasie van 'n aantal faktore in die praktyk belangrik is, meen die navorser dat 'n ewewigsskaal die beste voorstelling bied. Die begrippe "lae-" en "hoë netto-vloei-energie" is na aanleiding van die boerebenaming "stadige" en "vinnige" bedding, respektiewelik gedefinieer. Wanneer 'n toestand van "lae netto-vloei-energie" heers, sal die skaal in die guns van 'n groot toediening swaai. By so 'n bedding wat "stadig lei", is die netto resultaat van 'n sekere kombinasie van faktore dus dat daar relatief min netto energie vir bogronde vloei beskikbaar is. Dit word veroorsaak deur 'n relatiewe groot energie-absorberende komponent wat tydens infiltrasie en bogronde vloei voorkom. Die totale proses is dinamies en dus afhanklik van tyd.

MEGANISMES OM VLOEDBESPROEING TE BEHEER

1. MASSABEHOUD



2. ENERGIEBEHOUD



Figuur 3.2 Grafiese voorstelling om vloedbesproeiing te beheer.

3.3.1 Wiskundige verbande

Terwyl die begrippe “volumebalans” en “massabehoud” eenvoudig meetbaar en berekenbaar is, is die begrip “energiebehoud” meer kompleks van aard. Energiebehoud kan alleen beskryf word aan die hand van ‘n komplekse, interafhanklike, wiskundige verband tussen al die hoof-faktore wat by vloedbesproeiing betrokke is (genoem onder massa- en energiebehoud in Figuur 3.2). In die praktyk het die besproeiingsoperateur ‘n aantal faktore of meganismes waarmee ‘n besproeiingsepisode beheer kan word. In Figuur 3.2 word ‘n grafiese voorstelling van die meganismes getoon. Die Saint Venant-vloeivergelykings word algemeen aanvaar as die wiskundige verband wat vloedbesproeiingshidroulika beskryf. (Chow, 1959; Bassett, *et al.*, 1980; Walker & Skogerboe, 1987).

Die Saint Venant-vloeivergelykings is die volgende:

- (i) ‘n Kontinuiteitsvergelyking:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + q' = 0$$

- (ii) ‘n Bewegingsvergelyking:

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial V}{g} \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{1}{g} \left(\frac{\partial V}{\partial t} \right) = S_0 - S_x$$

(Die afleidings en vereenvoudiging van die vergelykings word in **Volume 3**, Hoofstuk 2, aangetoon).

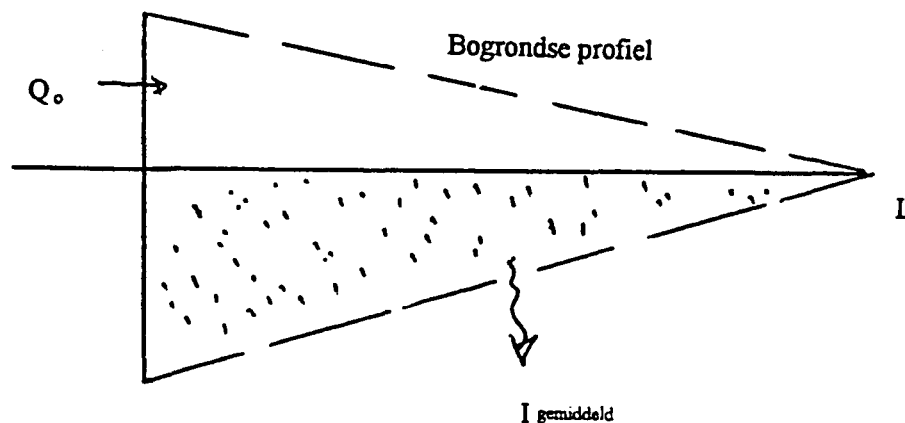
Hierdie Saint Venant-vergelykings kan nie analities vir vloedbesproeiing opgelos word nie. Die vloeivergelykings word deur middel van numeriese tegnieke opgelos. Hidrodinamiese simuleringsmodelle soos “Borderflow” en “Sirmod” is voorbeelde van rekenaargesteunde oplossingstegnieke.

3.3.2 Vereenvoudigde toepassing van hidrouliese beginsels om insette vir simuleringsmodelle te bepaal

'n Simuleringsmodel simuleer 'n besproeiingsepisode met behulp van voorafgekose insette soos stroomgrootte, beddinglengte, afsnytyd en so meer. Hierdie voorafgekose insette kan ook soms as "beginwaardes" dien wanneer 'n optimale besproeiingskeuse ondersoek word. 'n Kundige keuse van die insette of beginwaardes moet dus gemaak word ten einde 'n simuleringsmodel vir 'n bepaalde doel te kan aanwend. Die hidrouliesebeginsels soos in paragraaf 2.1 beskryf, kan op 'n vereenvoudigde wyse toegepas word om die insetwaardes te lewer.

3.3.2.1 Toepassing van 'n vereenvoudigde volumebalansbeginsel om die ordegrootte van die maksimum beddinglengte te bepaal

In Figuur 3.3 word 'n lengtesnit van 'n deel van 'n bedding getoon. Deur die volumebalans-beginsel toe te pas, kan die maksimum lengte van 'n bedding, wat met 'n bepaalde stroomgrootte en infiltrasietempo besproei kan word, benaderd soos volg bereken word:



Figuur 3.3 Lengtesnit van 'n besproeide bedding. Die lengte (L) kan benaderd m.b.v die volumebalansbeginsel bepaal word.

As voorbeeld om die toepassing van die formule te demonstreer, kan die maksimum potensiële lengte wat gesimuleer moet word, as volg bepaal word:

Gestel: $Q_o = 10 \text{ l/s/m}$ en I - gemiddeld $= 60 \text{ mm/h}$.

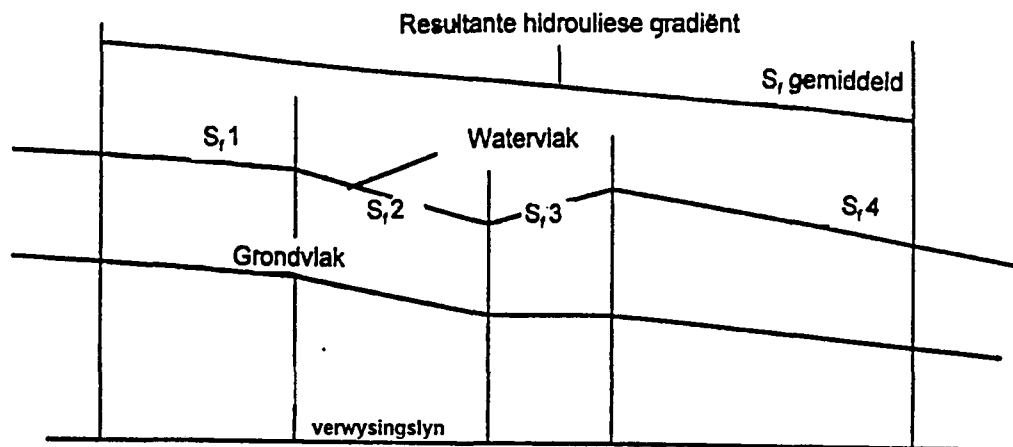
Dus: $I = 0,000167 \text{ m/s}$ en $Q_o = 0,01 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{m}^{-1}$ en

$$L = \frac{Q_o}{I} = \frac{0,01}{0,000167} = 600 \text{ m}.$$

Dus kan die ontwerper lengtes tot en met 600m met behulp van 'n simuleringsmodel ondersoek.

3.3.2.2 Vereenvoudigde toepassing van die energie-balansbeginsel

Die energie-balansbeginsel kan aangewend word om byvoorbeeld die invloed van 'n land met ongelyke hellings te ondersoek deur telkens die Bernoulli-prinsiep toe te pas:



Figuur 3.4 Hidrouliese-gradiënt van 'n land met ongelyke hellings.

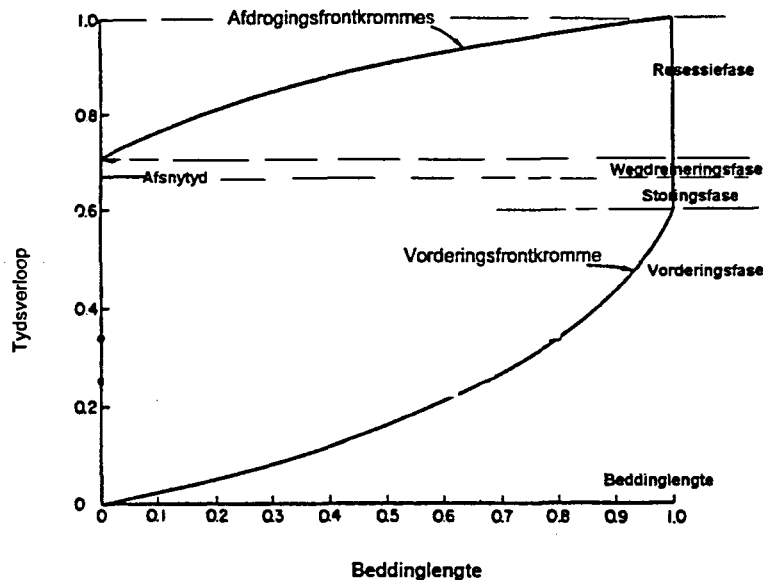
Uit Figuur 3.4 is dit duidelik dat S_r -gemiddeld min word deur die ongelyke land beïnvloed. Dus sal die besproeiing volgens S_r -gemiddeld verloop en slegs deur die oppervlakstoring by die ongelyke area beïnvloed word.

3.3.3 Meetbare fases tydens 'n besproeiingsperiode

In die praktyk kan die energie- en massabehoudbeginsels nie as sulks

waargeneem word nie. Tasbare en kenmerkende vorderings- en afdrogingsfrontkrommes kan egter gemeet word.

Figuur 3.5 toon die algemeen aanvaarde tyd-afstandvoorstelling waar verskillende fases van 'n vloedbesproeiingsepisode voorgestel word, saam met vorderings- en afdrogingsfrontkrommes (Bassett, *et al.*, 1980; Walker, 1989).

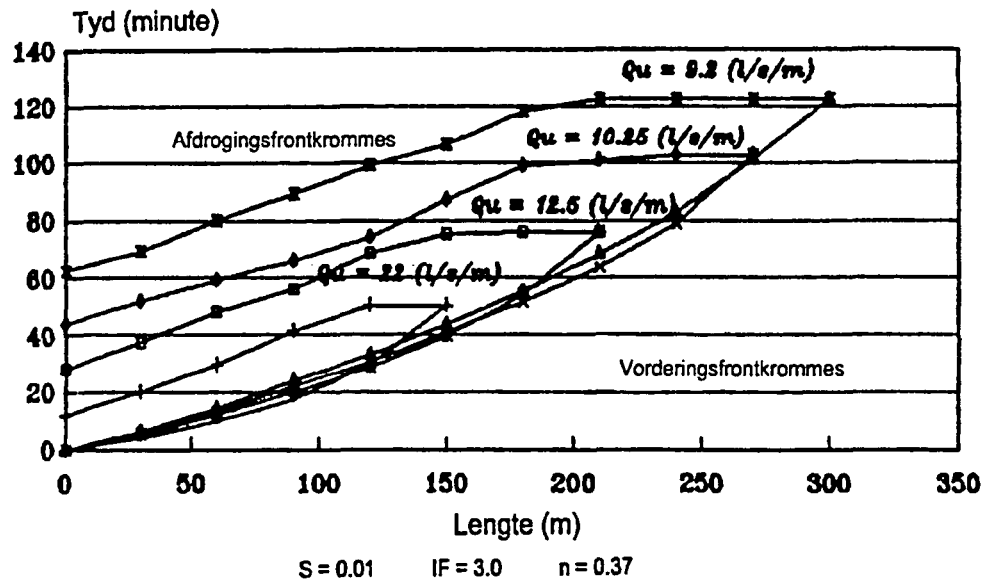


Figuur 3.5 Besproeiingsfases waar vorderings- en afdrogingsfrontkrommes op 'n tyd-afstand-vlak voorgestel word.
(Aangepas vanaf Walker, 1989)

Tydens die ontwerp van 'n vloedbesproeiingstelsel word gepoog om die hellings van die vorderingsfrontkromme en die afdrogingsfrontkromme so na as moontlik aan parallel te kry. Sodoende is daar eweredige kontroletyd en dus 'n eweredige waterinfiltrasie of toediening oor die volle lengte van die bedding.

Soos in Figuur 3.6 aangedui word, neig die krommings na 'n tyd in teenoorgestelde rigtings en "knyp" die kontroletyd gewoonlik namate die bedding langer word. Om hierdie effek te oorkom, word daar in die praktyk op bepaalde areas dikwels oorbesproei, soos in Figuur 3.1 aangedui. Afloop of opdamming aan die onderpunt van die bedding word dus gebruik.

Figuur 3.6 toon die ontleding van vier besproeiingsepisodes. Afsnytyd en stroomgrootte is telkens aangepas om vir verskillende toedienings op verskillende beddinglengtes voorsiening te maak.



Figuur 3.6 Ontleding van vorderings- en afdrogingsfases by verskillende afsnytye en stroomgroottes

In die praktyk is die meting van die volume water wat in die bedding infiltreer, asook die meting van vorderings- en afdrogingskrommes die enigste metode waarmee 'n besproeiingsepisode gekwantifiseer kan word.

Hierdie praktiese ontleding van die besproeiingsfases is belangrik tydens 'n ontwerp en die ontleding van die stelsels. Hierdie is die enigste metode waarop sinvolle data, wat as insette in ontwerp en simuleringsprogramme benodig word, ingesamel kan word.

3.3.4 Faktore wat 'n indirekte invloed op stelselhidoulika het

Plaaslike omstandighede en toestande beïnvloed die toepassing van die hidrouliesebeginsels. Die volgende faktore moet in ag geneem word wanneer hidrouliesebeginsels in ontwerpe toegepas word:

- **Water as 'n skaars hulpbron in Suid-Afrika:** Die ooglopende "mors" van water as afloop is onaanvaarbaar vir die boer. Gevolglik is stelsels waar voorsiening gemaak word vir afloop, nie gewild nie, alhoewel sulke stelsels baie voordele mag inhou.

- **Waterbeheer:** Waterbeheer word in 'n groot mate deur die beskikbaarheid van toerusting vir wateraanvoer en -verspreiding bepaal.
- **Konstruksievermoë:** In teenstelling met 'n sprinkelbesproeiingstelsel, waar voorafvervaardigde tegnologie gekoop word, skep die boer sy eie hidrouliese geleiers by vloedbesproeiing. Die vermoë van die boer om sodanige konstruksie volgens spesifikasie te doen en te onderhou hang van sy logistieke vermoëns af. In die algemeen sal die koste aan konstruksie en onderhoud direk verband hou met die graad van afwerking wat van watergeleiers verlang word.
- **Meganisasie:** Anders as met sprinkelbesproeiing het die meganiese werktuie meestal 'n direkte invloed op die stelsel-hidroulika. In Suid-Afrika is daar 'n algemene gebrek aan toerusting wat geskik is vir vloedbesproeiing. Daar bestaan nie, soos in die VSA, spesiale planters en werktuie vir byvoorbeeld voortjiebesproeiing nie. Die toepassing van bepaalde ontwerpprosedures word direk hierdeur geraak.
- **Bestuur:** By boom- en bakstelsels (bv sitrusboorde) moet meganiese spuitprogramme en besproeiing goed gesinchroniseer word. Deurdadig trekkers en ander toerusting oor watergeleiers en pas besproeide areas beweeg, veroorsaak dit dikwels sulke bestuursprobleme dat boere liever na ander besproeiingstelsels oorskakel. Die ontwerper behoort dus hiervoor voorsiening te maak deur vir toegangsroetes, spuitbane en afloopwater te beplan. Die ontwerpleeftyd van 'n vloedbesproeiingstelsel is waarskynlik 10 tot 50 jaar. Gedurende hierdie tydperk mag gewaskeuses vanweë eksterne markfaktore verander. Die ontwerper moet dus 'n spektrum van potensiële gewaskeuses ten opsigte van die hidrouliese stelselprestasie ondersoek. Daar behoort voorsiening gemaak te word vir toekomstige opgradering van bestaande of nuwe waterbeheerstelsels ensovoorts.
Leibeurtstelsels op verskillende besproeiingskemas stel eiesoortige eise aan stelselbestuur. Die meer suksesvolle vloedbesproeiingskemas in Suid-Afrika het empiries so ontwikkel dat stroomgrootte variasie nie 'n groot invloed op die stelselprestasie het nie (Verwys na **Volume 3**). Op sommige ander skemas speel stroomgrootte egter 'n oorheersende rol.

3.3.5 Faktore wat 'n direkte invloed op stelselhidroulika het

Hierdie faktore is in detail in **Volume 4; Hoofstuk 3** bespreek.

- * Stroomgrootte
- * Infiltrasie
- * Vloeiweerstand
- * Helling
- * Beddinglengte
- * Afsnytyd
- * Geslote beddings

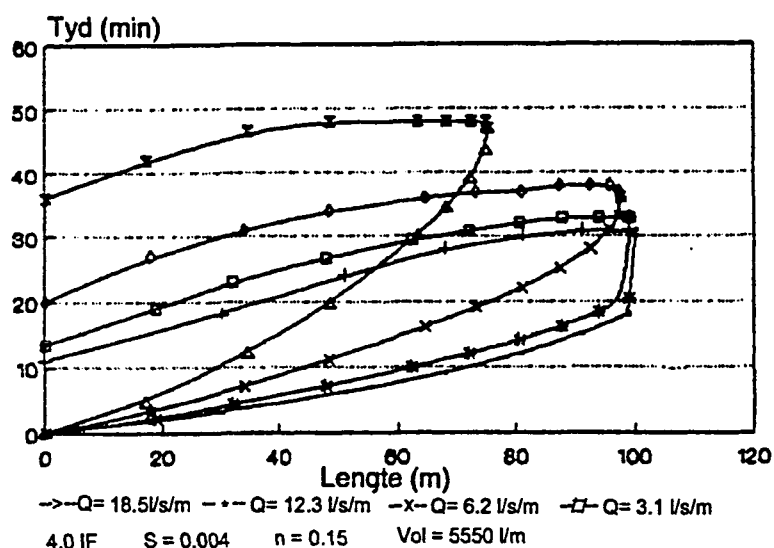
3.4 DIE TOEPASSING VAN AFDROGINGSFRONT-EIENSKAPPE IN ONTWERP

3.4.1 Bereiking van die ontwerpooigmerke tydens besproeiing

'n Groot aantal metings [vergelyk paragraaf 3.3 en Figuur 3.2; **Volume 4**] sowel as etlike duisende simulerings het aangetoon dat optimale ontwerp onder Suid-Afrikaanse toestande verkry word wanneer:

- * Vorderings- en afdrogingsfrontkrommes parallel neig en daar dus eweredige kontaktyd oor die hele bedding bestaan
- * Die afdrogingsfront begin net voordat, of sodra die vorderingsfront die eindpunt van die bedding of voor bereik.

Bogenoemde stelling kan gedemonstreer word deur vorderingsfront- en afdrogingsfrontkrommes tydens 'n tipiese besproeiing te ontleed. Die stroomgrootte en afsnytyd word telkens aangepas sodat 'n konstante volume water in 'n bedding ingelaat word. 'n Simuleringslopie met Sirmod (Walker, 1989), bereken telkens die vordering en afdroging asook die doeltreffendhede.



Figuur 3.7 Grafiese voorstelling van sommige van die vorderings- en afdrogingsfrontkrommes vanaf data in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Besproeiingsdoeltreffendhede van data waarvan sommige in Figuur 3.7 getoon word.

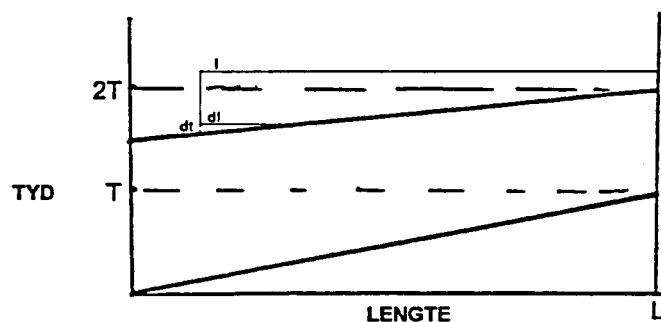
Volume water toegedien per bedding: 5550 l/m wydte					
Stroomgrootte [(l/s)/m]	185	1233	617	425	308
Afsnytyd [minute]	5	75	15	20	30
Toedieningsdoeltreffendheid (%)	826	8459	793	718	630
Storingsdoeltreffendheid (%)	917	6294	887	796	703
Verspreidingsdoeltreffendheid(%)	86	1	29	22	64

Die tempo van afdroging kan soos volg voorgestel word:

$$\text{Afdroging: } \frac{d\ell}{dt} / \text{gemiddeld} = - \frac{L}{t}$$

[ℓ word kleiner in die rigting waarin L groter word].

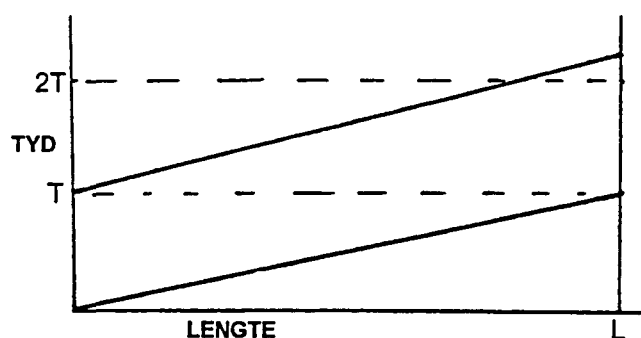
[Die negatiewe teken dui dus slegs op die afname in volume van die driehoekige waterprofiel soos voorgestel deur $d\ell/dt$ in Figuur 3.8].



Figuur 3.8 'n Grafiese voorstelling van die afdrogingsfrontgradiënt ($d\ell/dt$) waar die vordering- en afdrogingsfronte teen dieselfde tempo beweeg (met ander woorde hulle is parallel-die ideale ontwerpooigmerk).

Dit is egter wel moontlik om steeds goeie besproeiingsresultate te kry wanneer matig van bogenoemde ontwerpooigmerke afgewyk word.

Sulke afwykings kan soos volg grafies [Figuur 3.9 (a) & (b)] voorgestel word:

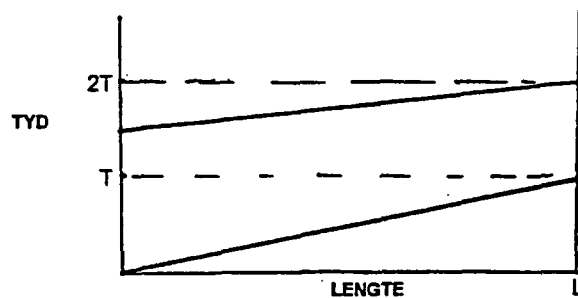


Figuur 3.9 (a)

Grafiese voorstelling van die afdrogingsfront-gradiënt ($d\ell/dt$) waar die afdrogingsfront vinniger as die vorderingsfront beweeg

Die tempo van afdroging word dan soos volg voorgestel:

$$\frac{d\ell}{dt} / \text{gemiddeld} = \frac{L}{\alpha_3 T} \text{ waar } \alpha_3 < 1$$



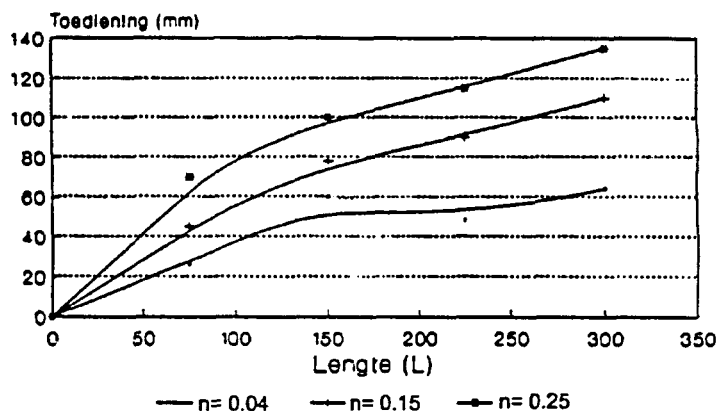
Figuur 3.9(b) Grafiese voorstelling van die afdrogingsfront-gradiënt ($d\ell/dt$) waar die afdrogingsfront stadiger as die vorderingsfront beweeg

Die tempo van afdroging kan dan soos volg voorgestel word:

$$\frac{d\ell}{dt} / \text{gemiddeld} = \frac{L}{\alpha_3 T} \text{ waar } \alpha_3 > 1$$

3.4.2 Die verband tussen beddinglengte en toediening

In Volume 4 word aangetoon dat 'n verband bestaan tussen die toediening wat tydens 'n besproeiing verkry word en die lengte van die bedding wat besproei word. Dië tendense is in die praktyk bepaal, deur simuleringsstudies gedemonstreer - en deur middel van wiskundige ontledings afgelei. Figuur 3.10 toon 'n krommepassing van 'n aantal optimale datastelle wat deur middel van simuleringsstegnieke ontleed is. Die data korreleer goed met waarnemings te Vaalharts.



Figuur 3.10 Krommepassing van 'n aantal gesimuleerde optimale datastelle.

Die verband tussen beddinglengte en toediening blyk duidelik uit Figuur 3.10 by verskillende vloeiweerstandswaardes.

In Hoofstuk 5 van **Volume 4** word daar 'n wiskundige verband vir dié tendens afgelei naamlik:

$$\text{Beddinglengte (L)} = [(\text{konstante}) * (\text{toediening})] + [(\text{konstante}) * (\text{toediening}^{1/b})]$$

$$L = C_1 Z + C_2 Z^{1/b}$$

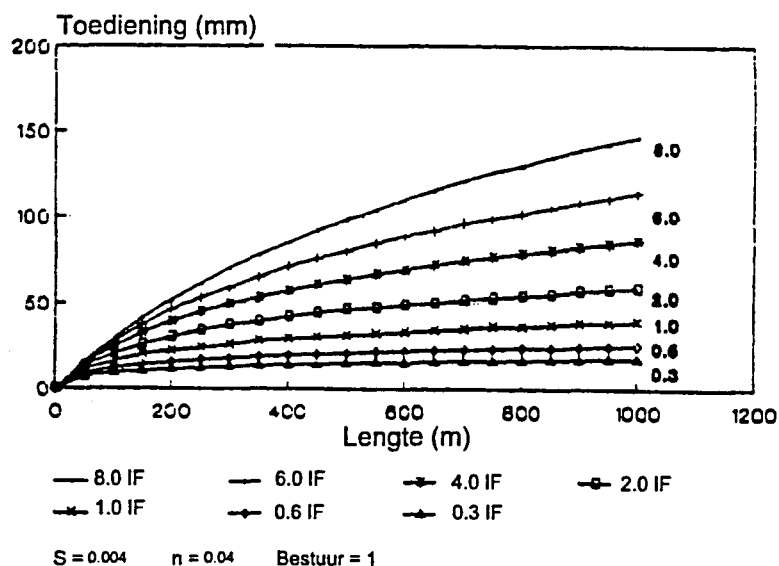
Daar kan ook afgelei word dat:

$$L = C_1 Z + C_2 Z^{1/b} \sqrt{S_0}$$

en

$$L = C_1 Z + C_2 Z^{1/b} 1/n$$

Dié verband kan grafies soos in Figuur 3.11 vir 'n hele spektrum infiltrasietempo's [inname families (I.F.)] voorgestel word.



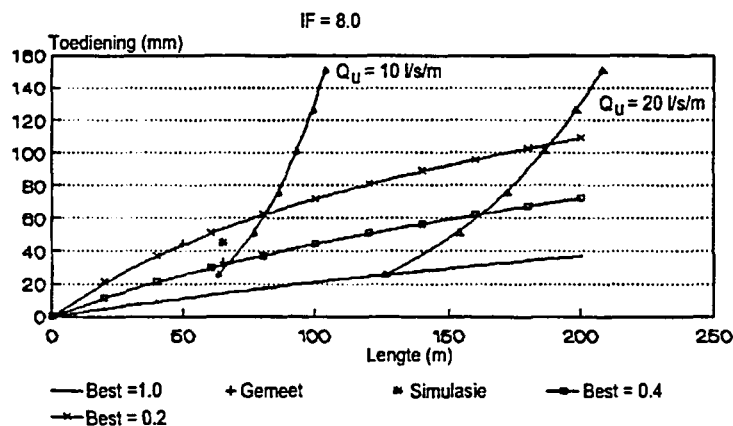
Figuur 3.11 Grafiese voorstelling van die verband tussen beddinglengte en toediening vir verskillende infiltrasies (IF) met 'n bestuursfaktor $\alpha^3 = 1$.

3.5 DIE TOEPASSING VAN VLOEI-ENERGIE EN SENSITIWITEITSKRITERIA BY ONTWERP VAN VLOEDBESPROEIINGSTELSELS

3.5.1 Vloei-energie

Die netto beskikbare vloei-energie word deur verskeie faktore soos byvoorbeeld infiltrasie, helling, vloeiweerstand, afsnytyd en die Q/L verhouding (verband tussen stroomgrootte en beddinglengte), beïnvloed.

In Figuur 3.12 word byvoorbeeld die maksimum beddinglengte getoon wat met 'n 10 (l/s)/m stroomgrootte, op 'n ultra-hoë-infiltrasiegrond, teen verskillende toedienings besproei kan word. Die maksimum beddinglengte vir 'n helling van $S=0,0125$ dui op die afstand waarop die vloei-energie gelyk aan nul word, sodat die vorderingsfronte nie verder kan beweeg nie.



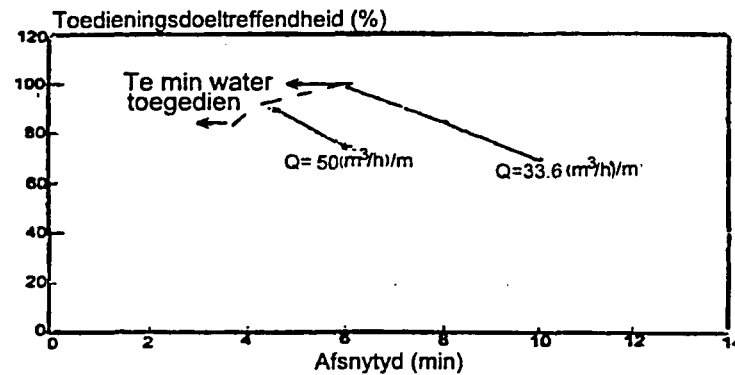
Figuur 3.12 Maksimum beddinglengtes, waarby die vloei-energie so laag word dat die vorderingsfronte ophou beweeg, aangetoon by ontwerp-toedienings vir drie verskillende bestuursensitiwiteitswaardes.

3.5.2 Sensitiwiteitskriteria

Die voorafgaande gedeeltes oor afdrogingsfronteïenskappe en vloei-energie lewer basiese tendense wat tydens 'n ontwerp in ag geneem moet word.

Die wyse waarop die basiese tendense tydens ontwerp toegepas word, hang van die sensitiwiteit van die betrokke besproeiingstelsel ten opsigte van die verandering in insette af. Hierdie stelling word in Figuur 3.13 gedemonstreer. Die invloed wat afsnytyd het op die volumebalans en toedieningsdoeltreffendheid

(E_a) van 'n stelsel te Vaalharts, word geïllustreer.



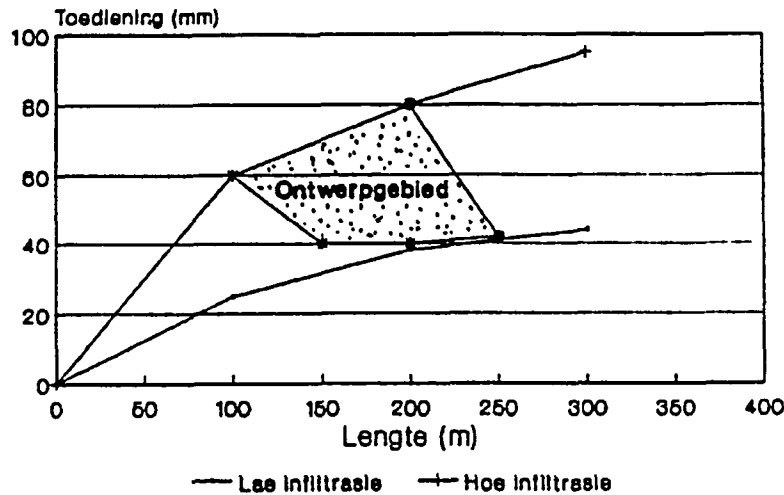
Figuur 3.13 Die Bestuursensitiwiteitsbeginsel gedemonstreer deur die verband tussen afsnytyd en toedieningsdoeltreffendheid te Vaalharts.

In Figuur 3.13 word aangetoon dat die afsnytyd van die stelsel by $Q = 50 \text{ (m}^3\text{/h)/m}$ baie meer sensitief is as by $Q = 33,6 \text{ (m}^3\text{/h)/m}$.

In teorie sal beide stelsels teen hoë toedieningsdoeltreffendhede kan presteer. In die praktyk sal die $Q = 50 \text{ (m}^3\text{/h)/m}$ stelsel egter veel moeiliker bestuur en weens operateursfoute waarskynlik veel swakker presteer as die $Q = 33,6 \text{ (m}^3\text{/h)/m}$ stelsel ('n Afsnyfout van 1 minuut sal 'n groter afname in doeltreffendheid toonen kan verklaar word aan die hand van die volumebalansbeginsel; Volume4, paragraaf 4.2).

Verdere teoretiese ontleding van die beginsel aangaande bestuursensitiwiteit, toon dat 'n verskeidenheid van toedienings teen hoë doeltreffendhede kan plaasvind. Figuur 3.14 toon dat daar 'n hele spektrum (of 'n gebied) bestaan, wat steeds teoreties doeltreffende besproeiing sal lewer.

In die praktyk is die besproeiing egter nie altyd doeltreffend oor die volle spektrum nie. Opnames deur die navorser het aangetoon dat die wyse waarop die waterbestuur plaasvind, 'n belangrike rol ten opsigte van die praktiese doeltreffendheid wat bereik word, speel.



Figuur 3.14 'n Gebied of spektrum waarbinne daar teoreties doeltreffend besproei kan word.

In Volume 4 word aangetoon dat die afstandbeheerde afsnystelsels (waar die operateur die water afsny sodra die vorderingsfront 'n bepaalde afstand van die totale beddinglengte voltooi het), baie beter presteer by korter beddinglengtes. (byvoorbeeld 100m beddinglengtes). Tydbeheerde afsnystelsels laat verskeie skeduleringsopsies en is meer geskik vir die langer beddings (byvoorbeeld 200m).

3.6 OPTIMERING VAN DIE ONTWERP

Die voorafgaande gedeelte in paragrawe 3.4 en 3.5, toon hoedat afdrogingsfronteienskappe, vloeie-energie en bestuursensitiwiteit die ontwerp beïnvloed.

Indien hierdie drie faktore in 'n ontwerpprocedure aangewend word kan, die optimale ontwerp gekies word. Die Optivloed 2.2-program, is 'n eerste poging om so 'n ontwerpprocedure te ontwikkel en te rekenariseer.

Die Optivloed 2.2-program bepaal die optimale ontwerp op die volgende drie wyses:

- * Deur die afdrogingsfront te voorspel, word die verband tussen beddinglengte en toediening voorspel, sodat die vorderings- en afdrogingsfronte parallel sal wees.
- * Deur middel van 'n bestuursfaktor, gebaseer op afsnytydbeheer, word afwykings van die parallelle vorderings- en afdrogingsfronte verkry waarvolgens die lengte/toedieningsverband aangepas word.

- * 'n Eenvoudige vloeï-energie ontleding, beperk die maksimum beddinglengte wat gekies kan word. Die toepassing van hierdie beginsels in praktiese ontwerp word in Hoofstuk 4 verder toegelig.

HOOFSTUK 4

ONTWERP VAN VLOEDBESPROEIINGSTELSELS MET BEHULP VAN DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM

4.1 INLEIDING

Die Optivloed 2.2-program is as 'n besluitnemingshulpmiddel vir die ontwerper ontwikkel. Die program is met behulp van 'n objek-georiënteerde C++ rekenaartaal ontwikkel en geprogrammeer.

Die Optivloed 2.2-program laat die rekenaaroperator toe om die ontwerp op geprogrammeerde of ongeprogrammeerde wyse te doen. Die meer ervare ontwerper kan slegs kern-elemente gebruik om mee te ontwerp, terwyl die minder ervare ontwerper die ontwerp stapsgewys uit al die elemente "opbou".

Die Optivloed 2.2-program is gebruikersvriendelik. Daar verskyn telkens 'n gidsboodskap onder aan die rekenaarskerm wat die bepaalde handeling toelig.

Die Optivloed 2.2-program is in beide Engels en Afrikaans geprogrammeer. Die operator kan dus die taal van sy keuse gebruik. Die Optivloed 2.2-program is deur die navorser ge-evalueer en goeie korrelasie is met gemete data verkry. (Volume 4; hoofstuk 6).

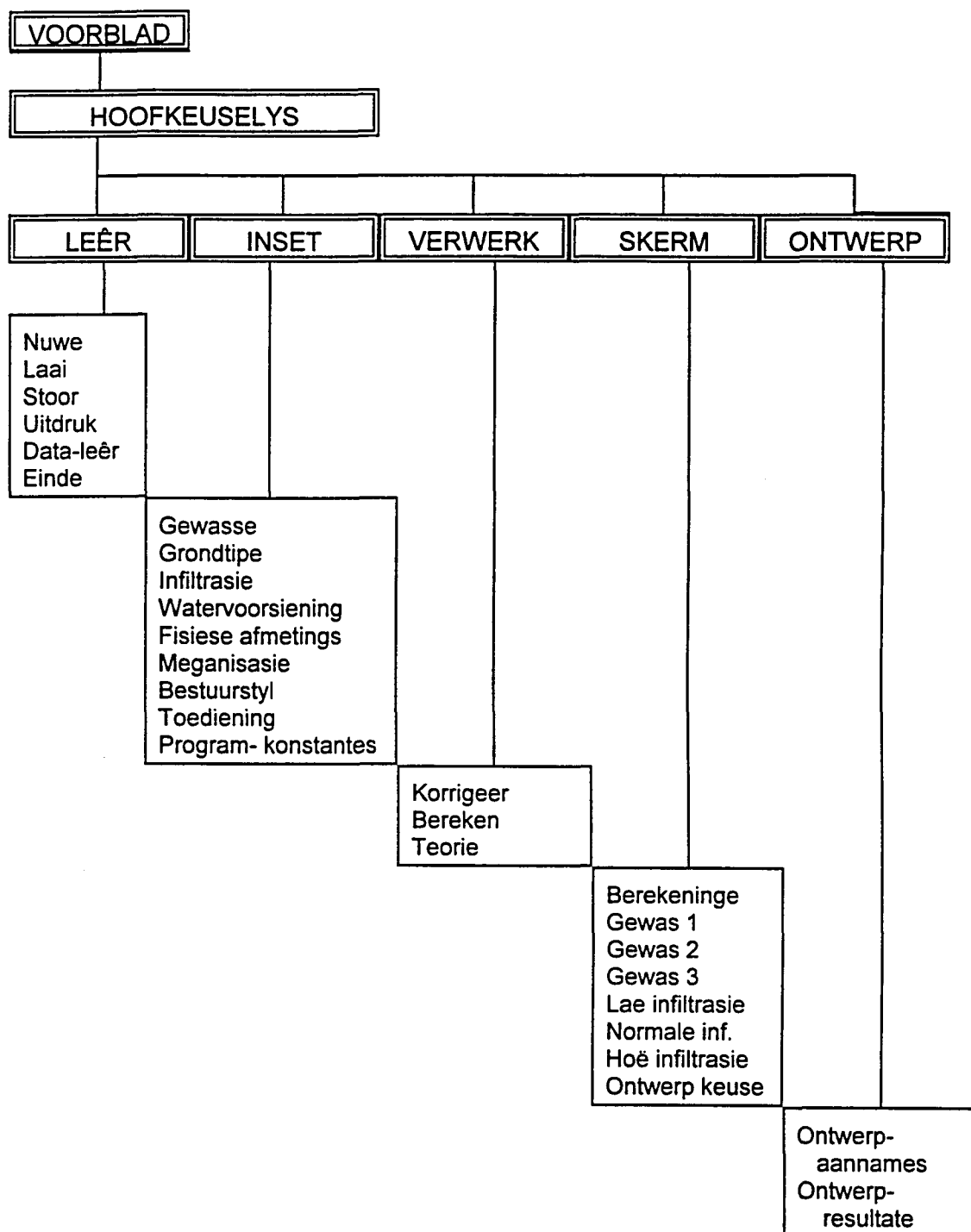
4.2 DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM

Die program bestaan uit:

4.2.1 Funksionele velde en kern-elemente

Die program vertoon 'n tipiese vloedbesproeiing op die voorblad. Die hoofkeuselys word op die tweede skerm vertoon en bestaan uit vyf funksionele velde wat in Figuur 4.1 aangedui word.

OPTIVLOED 2.2

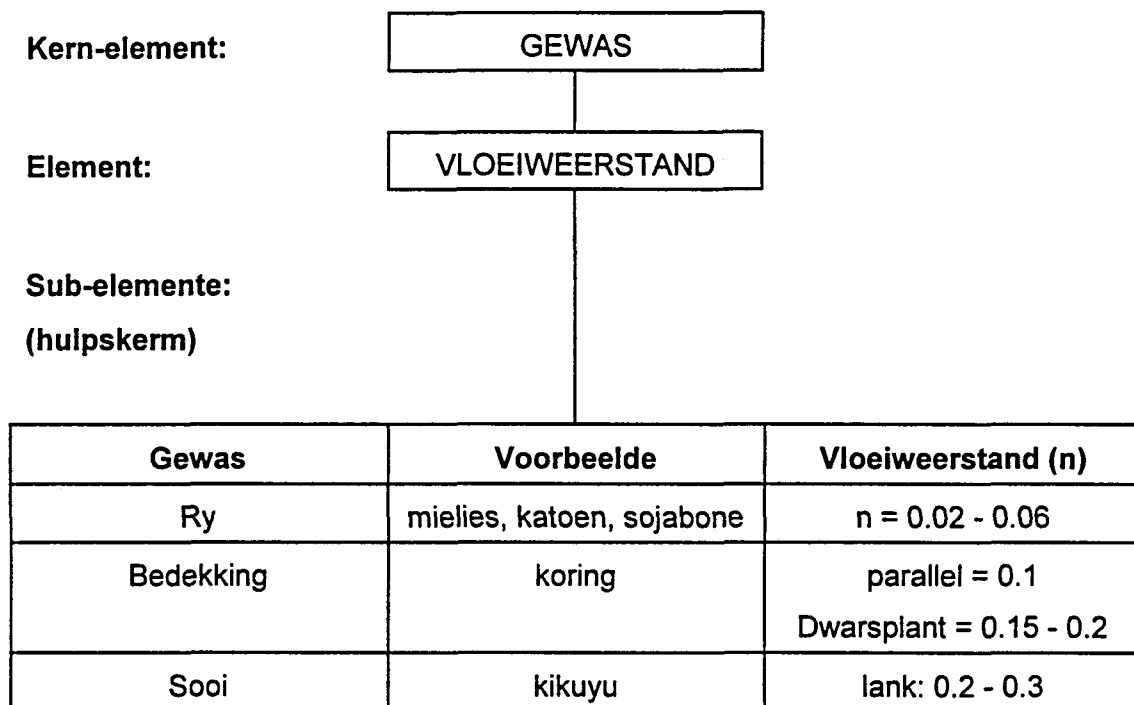


Figuur 4.1 Die vyf funksionele velde in die hoofkeuselys van die Optivloed 2.2-program elk met sy kern-elemente.

Die ontwerper kan na willekeur tussen die vyf funksionele velde, hul kern-elemente, elemente en hul sub-elemente beweeg deur van die pyltjies te gebruik. Hy kan na ander velde ook terugbeweeg deur "ESC" te gebruik (met uitsondering van enkele sub-elemente waar die program die verloop van keuses dikteer).

4.2.2 Sub-elemente

Enkele kern-elemente bestaan uit 'n aantal elemente en soms ook sub-elemente. So byvoorbeeld bestaan die kern-element "gewasse" uit een tot drie potensiële gewasse. [Dieselfde gewas met drie stelle sub-elemente kan ook gekies word - bv. lusern by drie vloeiweerstandswaardes]. In die Optivloed 2.2-program, word die sub-elemente deur middel van 'n hulpskerm opgeroep sodra die rekenaaroperateur die vloeiweerstandswaardes wil inlees.

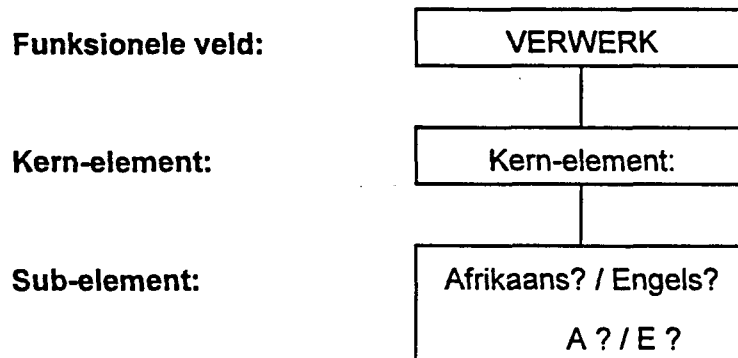


Figuur 4.2 Die kern-element "GEWAS" met sy element "VLOEIWEERSTAND" met 'n hulpskerm waarmee die sub-elemente aangetoon word.

Die Optivloed 2.2-program is soos reeds genoem ten volle tweetalig.

Bepaalde boodskappe is egter van so 'n aard dat die vertoning daarvan in beide

tale nie gelyktydig kan plaasvind nie. Gevolglik is daar by die funksionele veld “verwerk” onder die kernelement “korreger” ’n taalvoorkeur keuse ingebou en lyk soos volg (Figuur 4.3).



Figuur 4.3 Keuse ten opsigte van taalvoorkeur.

Die taalgebruik in die Optivloed 2.2-program moes uiteraard by die beskikbare vertoonruimte op elke skerm aangepas word. Funksionele kern-woorde is telkens gebruik, soms ten koste van taalkundig-korrekte sinsnedes.

4.2.3 Gids- en hulpboodskappe

Die Optivloed 2.2-program is soos reeds genoem, ’n gebruikersvriendelike rekenaarprogram. Elke skerm vertoon ’n duidelike gidsboodskap onder aan die skerm. Hierdie gidsboodskappe verduidelik die aksie wat die rekenaaroperateur telkens moet neem.

Die Optivloed 2.2-program gebruik ook hulpskerms wat outomaties opgeroep word sodra ’n bepaalde element genader word. Die ontwerper kan dus met behulp van die hulpskerm bepaalde sub-elementwaardes kwantifiseer en in die program inlees.

4.2.4 Addisionele faktore wat vloedbesproeiing beïnvloed, maar wat nie in die Optivloed 2.2-program verreken is nie. [”Reminders” oftewel wenke.]

Verskeie elemente soos byvoorbeeld worteldiepte, gewasfaktore en opbrengs word in die program vermeld. **Die ontwerper word slegs daaraan herinner dat die faktore ’n rol in die ontwerp speel.** Die faktore behoort dus in ag geneem

te word. So byvoorbeeld word die “verlangde toediening” deur die worteldiepte van die gewas beïnvloed. Die “gewasfaktor” wat ter sprake is word weer deur die potensiële opbrengs van die gewas beïnvloed. Die piek vogbehoefte en skedulering word hierdeur beïnvloed.

So ook word die heersende infiltrasietempo op 'n bepaalde land deur die meganisasiepraktyke beïnvloed. Pas losgemaakte grond sal 'n veel hoër infiltrasietempo hê as 'n grond met 'n vaste/verdigte wortelbed.

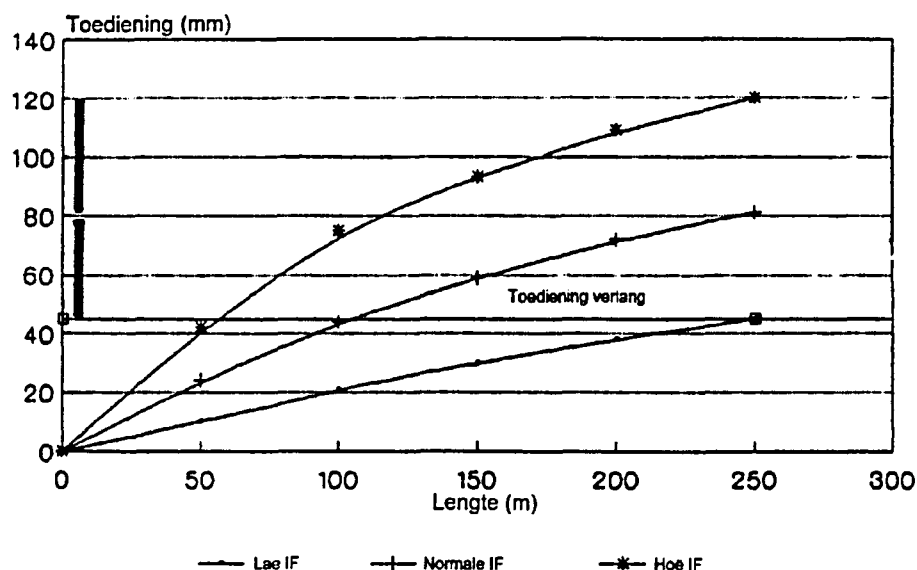
Die vloe weerstand word weer beïnvloed deur die grootte van die kluite op die grondoppervlak. Die saadbedvoorbereiding het dus 'n wesentlike invloed hierop. Die saadbedvoorbereiding en meganisasie in die algemeen vorm 'n integrale deel van die hidrouliese ontwerp aannames. So word vloe weerstand, oppervlaktestoring in duike en poele, en vloediepte, direk deur die standaard van afwerking van die bedding of voortjie beïnvloed.

Selfs die aksie van wielspore tydens gemeganiseerde bewerking, beïnvloed die stelsel. Wielspore vorm gekompakteerde stroke grond wat laer as die omliggende bedding is en veroorsaak sodoende oppervlakstoring of vloeikanale. Dit kan egter ook voordelig wees om wielspore tydens voortjiebesproeiing te kompakteer sodat verbeterde sywaartse infiltrasie verkry kan word.

Bogenoemde faktore is nie verreken in die Optivloed 2.2-program nie omdat dit buite die bestek van hierdie projek geval het. Daarom word na hierdie faktore as “reminders” of “wenke” verwys.

4.2.5 Grafiese voorstellings en interaksies

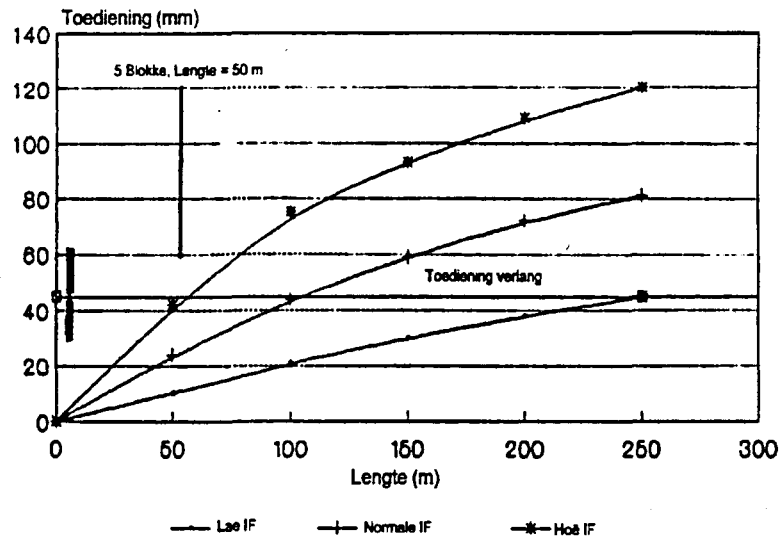
Onder die funksionele veld “Skerm” by die kern-element “Berekeninge” (kyk Figuur 4.1) word die optimale waardes van lengte teenoor toediening as sub-elemente in tabelvorm in die hulpskerm vertoon. Ten einde die ontwerper in staat te stel om die optimale waardes van lengte teenoor toediening met die verlangde ontwerptoediening asook praktiese beddinglengtes in verband te bring, word die data grafies vertoon. Figuur 4.4 vertoon so 'n grafiese skerm.



Figuur 4.4 Grafiese voorstelling van optimale data ten einde die beddinglengte te kan kies

In Figuur 4.4 word die data vir "Gewas 1" vertoon. 'n Hoë, normale en lae infiltrasiekromme word vir die maksimale beddinglengte (of landafmeting) aangetoon. Die gekose "verlangde toediening" wat in die funksionele veld "Inset" bepaal is, word as 'n reguit lyn vertoon. Die spektrum van moontlike toedienings word as 'n dik vertikale reguit lyn links op die grafiek vertoon. Van die ontwerper word verwag om die bedding se lengte sodanig te kies dat die "optimale toediening" en "verlangde toediening" vir die infiltrasiespektrum ooreenstem. Dit word soos volg gedoen:

- * Aanvanklik is die beddinglengte maksimaal - met ander woorde daar is slegs een besproeiingsblok.
- * Deur die nommer 2 in te sleutel word die maksimum beddinglengte of landafmeting in die helfte gedeel. 'n Vertikale lyn stel nou die nuwe beddinglengte voor. Soortgelyk word die beddinglengte in 5 gedeel deur die getal 5 in te sleutel. Figuur 4.5 toon die grafiese voorstelling van vyf besproeiingsblokke op die land aan.



Figuur 6.13 Grafiese voorstelling van optimale data vir 'n beddinglengte waar die land in 5 blokke

- * Die ontwerper kan na willekeur die beddinglengte verander deur die land in 1 tot 10 blokke te verdeel. Die grense waartussen die toedienings kan wissel word weereens grafies voorgestel deur die dik vertikale reguit lyn op die linkerkant van die grafiek.
- * Sodra die ontwerper tevrede is met sy keuse, kan die keuse vir ontwerpdoeleindes ingesleutel word deur **ENTER** te druk. Alternatiewelik kan die ontwerper die optimering herhaal deur na die funksionele veld "Inset" terug te beweeg.

Soortgelyk aan bogenoemde word al die kern-elemente van die funksionele veld "Skerm" hanteer.

4.2.6 Programuitset

Drukstukke

Die Optivloed 2.2-program maak voorsiening vir die uitdruk van resultate. Die funksionele veld "Lêer" en die kern-element "Uitdruk" word gebruik. Tabel 6.1 toon 'n voorbeeld van 'n rekenaardrukstuk vir Optivloed 2.2-resultate. Die insette soos in die program ingevoer word weergegee sowel as die resultate van die optimering en die finale ontwerp.

Tabel 4.1 Resultate van die Optivloed 2.2-program.

Kliënt besonderhedeDatum.....

Land..... Oppervlak..... ha.....

Opmerking.....

OPTIMERING

GEWAS INFORMASIE:			
Naam	Koring	Mielies	Lusern
kommentaar			
Vloeiweerstand	0.15 mm	0.04 mm	0.25 mm
Worteldiepte	0.60 m	0.6 m	0.60 m
Gewasfaktor	1		1
Opbrengsmikpunt	6 000 kg	9 000 kg	25 000 kg
Daaglikse vogbehoefes	7 mm	11 mm	6 mm
Toedieningsdoeltreffendheid	90 %	85%	100 %
P.B.W.K.	150 mm	150 mm	150 mm
Gekose toediening	110 mm	90 mm	130 mm
Infiltrasiekonstante - a	0.000102	0.000126	0.000232
Infiltrasiekonstante - b	0.66	0.68	0.72
GRONDTIPE:			
Grond series			
Persentasie klei	15.00 %		
Gronddiepte	1.00 m		
WATERVOORSIENING:			
Stroomgrootte	420 l/s		
Ure per week	72 ure		
Kapasiteit van die dam	1800 kub. m		
Tipe aanvoer			
Verspreidingsstelsel			
FISIESE AFMETINGS:			
Lengtehelling	0.0013 m/m		
Dwarshelling	0.0001 m/m		
Maksimum lengte	1000.0 m		
Voortjiespasie	ring - 0.9		
Beddingwydte	10		

GEWAS INFORMATIE(vervolg):			
Naam	Koring	Mielies	Lusern
MEGANISASIE:			
Wortelbedbewerking - rip, dis, wonderpill, saai, rol			
Wortelbedbewerking			
Oppervlakterotheid			
Duik en poele			
Haalbaarheid en spes.	± 30 mm		
Onderhoud			
Bestuursstyl	1		

RESULTATE: Toediening in mm			
Gewas 1: Koring	Infiltrasie		
Lengte	Laag	Normaal	Hoog
0 m	0.0 mm	0 mm	0 mm
50 m	18.4 mm	24 mm	38 mm
100 m	24.0 mm	32 mm	60 mm
150m	27.5 mm	38 mm	75 mm
200 m	30.0 mm	42 mm	87 mm
250 m	32.0 mm	45 mm	97 mm
300 m	33.6 mm	48 mm	105 mm
350 m	35.1 mm	50 mm	112 mm
400 m	36.3 mm	52 mm	119 mm
450 m	37.4 mm	54 mm	124 mm
500 m	38.5 mm	56 mm	130 mm
550 m	39.4 mm	57 mm	134 mm
600 m	40.3 mm	58 mm	139 mm
650 m	41.1 mm	60 mm	143 mm
700 m	41.8 mm	61 mm	147 mm
750 m	42.5 mm	62 mm	150 mm
800 m	43.3 mm	63 mm	154 mm
850 m	43.9 mm	64 mm	157 mm
900 m	44.5 mm	65 mm	160 mm
950 m	45.1 mm	66 mm	163 mm
1000 m	45.6 mm	67 mm	166 mm

Gewas 2: Mielies	Infiltrasie		
Lengte	Laag	Normaal	Hoog
0 m	0 mm	0 mm	0 mm
50 m	9.3 mm	12 mm	18 mm
100 m	12.1 mm	16 mm	28 mm
150 m	14.0 mm	19 mm	36 mm
200 m	15.4 mm	21 mm	42 mm
250 m	16.3 mm	23 mm	46 mm
300 m	17.4 mm	24 mm	50 mm
350 m	18.0 mm	25 mm	54 mm
400 m	18.6 mm	26 mm	57 mm
450 m	19.3 mm	27 mm	60 mm
500 m	19.9 mm	28 mm	63 mm
550 m	20.4 mm	29 mm	65 mm
600 m	20.9 mm	30 mm	67 mm
650 m	21.2 mm	30 mm	69 mm
700 m	21.7 mm	31 mm	71 mm
750 m	22.0 mm	31 mm	73 mm
800 m	22.3 mm	32 mm	74 mm
850 m	22.7 mm	32 mm	76 mm
900 m	23.1 mm	33 mm	77 mm
950 m	23.3 mm	34 mm	79 mm
1000 m	23.7 mm	34 mm	80 mm

Gewas 3: Lusern	Infiltrasie		
Lengte	Laag	Normaal	Hoog
0 m	0.0 mm	0 mm	0 mm
50 m	25.5 mm	33 mm	52 mm
100 m	33.3 mm	45 mm	82 mm
150 m	37.9 mm	53 mm	105 mm
200 m	41.4 mm	58 mm	123 mm
250 m	44.3 mm	63 mm	137 mm
300 m	46.5 mm	67 mm	149 mm
350 m	48.6 mm	70 mm	159 mm
400 m	50.4 mm	73 mm	168 mm
450 m	51.9 mm	75 mm	176 mm
500 m	53.4 mm	78 mm	184 mm
550 m	54.6 mm	80 mm	191 mm
600 m	55.9 mm	82 mm	197 mm
650 m	57.0 mm	84 mm	203 mm
700 m	58.1 mm	85 mm	208 mm
750 m	59.2 mm	87 mm	213 mm
800 m	60.1 mm	88 mm	218 mm
850 m	61.0 mm	90 mm	223 mm
900 m	61.7 mm	91 mm	227 mm
950 m	62.6 mm	93 mm	232 mm
1000 m	63.4 mm	94 mm	236 mm

FINALE ONTWERP			
ONTWERP AANNAMES			
ONTWERP RESULTATE:			
Gewas	Koring	Mielies	Lusern
Vloeiweerstand	0.15 mm	0.04 mm	0.25 mm
Worteldiepte	0.60 m	0.60 m	0.60 m
Gewasfaktor	1	1	1
Opbrengsmikpunt	6000 kg	9 000 kg	25 000 kg
Daaglikse vogbehoefes	7 mm	11 mm	6 mm
Toedieningsdoeltreffendheid	90 %	85 %	100 %
P.B.W.K.	150 mm	150 mm	150 mm
Helling	0.00130 m/m	0.000126 m/m	0.00130 m/m
Infiltrasiekonstante - a	0.000126	0.000126	0.000126
Infiltrasiekonstante - b	0.68	0.68	0.68
Aantal blokke	10	10	10
Lengte van blok	100 m	100 m	100 m
Toediening verkry	30.00 mm	30.00 mm	30.00 mm
Spitskapasiteit	7.78 mm/dag	12.94 mm/dag	6.00 mm/dag
Kortste siklus	3.68 dae	2.32 dae	5.00 dae
Eenheidstroomgrootte	1.27 l/s/m	0.81 l/s/m	1.70 l/s/m
Afsnytyd	39.45 min	61.35 min	29.44 min
Netto kontaktyd	52.13 min	52.13 min	52.13 min

Datalêers

Die funksionele veld "Lêer" maak ook voorsiening vir die oordrag van resultate deur middel van datalêers. Die kern-element "Datalêer" word hiervoor gebruik.

4.2.7 Rand- en standaard-waardes ('Default Values')

Randwaardes is gestel ten opsigte van die data wat ingelees word ten einde die formaat binne die C++-program te kan verstel. Die ontwerper kan dus sy eie waardes slegs binne die geformateerde perke in die

program inlees. Normaalweg sou nulwaardes nie bereken kan word nie en 'n aantal standaardwaardes ("Default values") is gestel sodat die berekeninge kan vlot.

Soos bespreek in paragraaf 5.4 (**Volume 4**) is in die huidige vloedbesproeiing navorsingsprojek nie voorsiening gemaak vir die ondersoek en stel van funksionele randvoorwaardes ten opsigte van die optimale resultate van die Optivloed 2.2- program nie. Die onus rus tans op die ontwerper om seker te maak dat sy ontwerp binne prakties uitvoerbare perke sal wees ten opsigte van:

- * Maksimum nie-erodeerbare stroomgrootte
- * Minimum vloeddiepte
- * Maksimum beddinglengte
- * Minimum hellings waarvoor die program geld.

LITERATUURLYS

- BADENHORST, J.W., 1973. Die afsnykoeffisiënt vir die ontwerp van vloedbesproeiingsbeddings. *Landbou-ingenieurswese in Suid-Afrika*, 7(1):46-55.
- BADENHORST, J.W., 1974. *Finale verslag van 'n ondersoek na huidige toestande van beddingbesproeiing in Suid-Afrika*. Projek (A) L-MI 29/1. Dept. van Landbou en Visserie, Pretoria.
- BASSETT, D.L., FRANGMEIER, D.D. & STRELKOFF, T., 1980. Hydraulics of surface irrigation. In JENSEN, M.E., (Ed)., *Design and operation of farm irrigation systems*, Chapter 12. ASAE Monograph 3, St. Joseph, Michigan. p447-498.
- CHOW, V., 1959. *Open channel hydraulics*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- DU RAND, D.J., KRUGER, G.H.J. & VAN RENSBURG, B.D.J., 1985. *Finale verslag projek OVH 77*. Dept van Landbou en Watervoorsiening, Pretoria, Suid-Afrika.
- DU RAND, D.J. & KRUGER, G.H.J., 1991. Surface irrigation in South Africa - The challenge. *Proceedings of the Southern African Irrigation Symposium*. Durban, South Africa.
- KRUGER, G.H.J., 1986. Furrow irrigation. *Proceedings of the International Symposium on Agricultural engineering*. January, Pretoria. CIGR, section 1:1.125-1.134.
- KRUGER, G.H.J., 1989. Hidrodinamiese ontwerp van vloedbesproeiing stelsels. *Landbou Ingenieurswese in Suid Afrika*, 21(1):137-144.
- MERRIAM, J.L., 1978. Border-strip irrigation design- procritical approach from a theoretical basis. *ASAE. Summer meeting*. Utah State University. USA.
- SHOCKLEY, D.G., WOODWARD, H.J. & PHELAN, J.J., 1964. A quasi-rational method of border-irrigation design. *Trans. ASAE*, 7(4):420-423, 426.
- SOIL CONSERVATION SERVICE., 1983. Furrow irrigation. *IN USDA National Engineering Handbook*. Chapter 5, Section 15. United States Dept. Agric. Washington. DC.

WALKER, W.R., 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. *FAO irrigation and drainage paper 45*. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome.

WALKER, W.R., & SKOGERBOE, G.V., 1987. *Surface irrigation: theory and practice*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

SIMULERINGSMODELLE

STRELKOFF, T., 1985. BRDRFLW: A mathematical model of border irrigation. United States Department of Agriculture, Phoenix, Arisona.

WALKER, W.R., 1987; 1989. SIRMOD : Surface irrigation simulation software. Utah State University, Logan, Utah.

ONTWIKKELING EN REKENARISERING VAN 'N GESKIKTE VLOEDBESPROEING- ONTWERPPROSEDURE

VOLUME 1:

SAMEVATTENDE VERSLAG

deur

GHJ KRUGER

Verslag aan die Waternavorsingskommissie deur
Rehab Consultation
en die
Departement Landbou-ingenieurswese,
Universiteit van Pretoria

November 1997

WNK Verslag No	290/1/98
ISBN	1 86845 369 3
ISBN STEL	1 86845 373 1

INHOUDSOPGAWE

Bladsy

VOORWOORD	iv
BESTUURSOPSOMMING	v
BEDANKINGS	x
AFKORTINGS & SIMBOLELYS	xii
1 INLEIDING	1
1.1 DIE VLOEDBESPROEIINGSPROJEK	1
1.2 SAMEVATTENDE VERSLAG (VOLUME 1)	3
2 DIE VLOEDBESPROEIING-NAVORSINGSPROJEK	4
2.1 AANLOOP TOT DIE NAVORSINGSPROJEK	4
2.2 OORSPRONKLIKE DOELSTELLINGS EN TYDSKEDULE VAN DIE PROJEK	4
2.3 GEWYSIGDE DOELSTELLINGS	5
2.4 METODE VAN NAVORSING	6
2.5 RESULTATE VAN DIE PROJEK	8
2.5.1 Volume 2	8
2.5.2 Volume 3	9
2.5.3 Volume 4	10
2.6 BYDRAE WAT DIE NAVORSINGSRESULTATE TOT DIE VLOED- BESPROEIINGSBEDRYF IN SUID-AFRIKA KAN LEWER	10
2.7 AANBEVELINGS TEN OPSIGTE VAN VERDERE NAVORSING EN ONTWIKKELING WAT UIT DIE PROJEK KAN VOORTSPRUIT	12
2.7.1 Teoretiese aspekte	12
2.7.2 Programmering	13
2.7.3 Simuleringssubroetine	14
2.7.4 Infiltrasieparameter-subroetine	14

2.7.5	Bestuurs- of skeduleringsubroetine	14
2.7.6	Ontwikkeling van ontwerpershandleiding	14
3	OORSIG VAN DIE JONGSTE VLOEDBESPROEIINGSONTWERP- TEORIE AANGEWEND IN DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM	16
3.1	INLEIDING	16
3.2	ONTWERPOOGMERKE	17
3.3	BASIESE HIDROULIESE BEGINSELS EN BEHEERMEGANISMES WAT IN DIE PRAKTYK VOORKOM	19
3.3.1	Wiskundige verbande	21
3.3.2	Vereenvoudige toepassing van hidrouliese beginsels om insette vir simuleringsmodelle te bepaal	22
3.3.3	Meetbare fases tydens 'n besproeiingsperiode	23
3.3.4	Faktore wat 'n indirekte invloed op stelselhidroulika het	25
3.3.5	Faktore wat 'n direkte invloed op stelselhidroulika het	27
3.4	DIE TOEPASSING VAN AFDROGINGSFRONT-EIENSKAPPE IN ONTWERP	27
3.4.1	Bereiking van die ontwerpooogmerke tydens besproeiing	27
3.4.2	Die verband tussen beddinglengte en toediening	30
3.5	DIE TOEPASSING VAN VLOEI-ENERGIE EN SENSITIWITEITSKRITERIA BY ONTWERP VAN VLOEDBESPROEIINGSTELSELS	32
3.5.1	Vloei-energie	32
3.5.2	Sensitiwiteitskriteria	32
3.6	OPTIMERING VAN DIE ONTWERP	34
4	ONTWERP VAN VLOEDBESPROEIINGSTELSELS MET BEHULP VAN DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM	36
4.1	INLEIDING	36
4.2	DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM	36

4.2.1	Funksionele velde en kern-elemente	36
4.2.2	Sub-elemente	38
4.2.3	Gids- en hulpboodskappe	39
4.2.4	Addisionele faktore wat vloedbesproeiing beïnvloed, maar wat nie in die OPTIVLOED 2.2-program verreken is nie	39
4.2.5	Grafiese voorstellings en interaksies	40
4.2.6	Programuitset	42
4.2.7	Rand- en standaardwaardes ("Default Values")	47
LITERATUURLYS		49

VOORWOORD

Die navorsingsprojek oor ontwerpprosedures vir vloedbesproeiing is van 'n omvangryke aard, en gevolglik word die dokumentering daarvan in vier volumes weergegee:

Volume 1: Ontwikkeling en rekenarisering van 'n geskikte vloedbesproeiing ontwerpprocedure: Samevattende verslag.

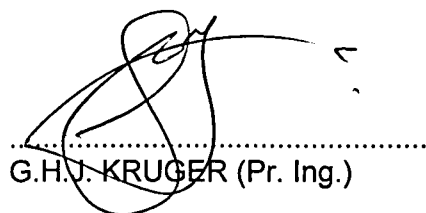
Volume 2: Kritiese evaluering van vloedbesproeiing-ontwerpprosedures.

Volume 3: Bevestiging van hidrodinamiese modelle en kenmerkende eienskappe geldig vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika.

Volume 4: Ontwikkeling en rekenarisering van 'n toepaslike ontwerpprocedure vir vloedbesproeiing.

Die navorsingsprojek het tot die ontwikkeling van die Optivloed 2.2-rekenaarprogram vir die ontwerp van vloedbesproeiing gelei. **Volume 1** dien as programhandleiding vir die Optivloed 2.2-pakket.

Die Optivloed 2.2-rekenaarprogram is beskikbaar vanaf die skrywer via die Waternavorsingskommissie. ('n Rekenaar met 'n 386 verwerker en 'n kleurgrafiese kaart word benodig.)



.....
G.H.J. KRUGER (Pr. Ing.)

I Rehab
Posbus 5219
KOCKSPARK
2523

WATERNAVORSINGSKOMMISSIE
Posbus 824
PRETORIA
0001

BESTUURSOPSOMMING

1. AGTERGROND

Die Universiteit van Pretoria het in 1989 opdrag van die Waternavorsingskommissie ontvang om met die “vloedbesproeiingsnavorsingsprojek” te begin. Daar was voorsien dat die projek vir 'n termyn van drie jaar sou duur. Die projek het nie wesenlik gevorder gedurende die eerste helfte van die beplande tydschedule nie. In 1991 het die skrywer/navorsers die projek oorgeneem. Doelstellings is gewysig ten einde die projek uitvoerbaar te maak. Die navorsers het steeds 'n voltydse betrekking beklee, en die projek moes op 'n deeltydse grondslag afgehandel word. Dit het noodwendig tot 'n vertraging in die afhandeling van die projek gelei.

2. GEWYSIGDE DOELSTELLINGS

- Kritiese evaluering van bestaande ontwerpprosedures en aanbeveling van die mees geskikte prosedure vir rekenarisering.
- Ontwikkeling van die mees geskikte prosedure tot 'n rekenariseerbare vlak deur middel van hidrodinamiese modelstudies en eksperimentele data.
- (Om hierdie doelstelling te kon uitvoer, was dit noodsaaklik om eers die geldigheid van hidrodinamiese modelle onder Suid-Afrikaanse toestande, te bewys.)
- Rekenarisering en toets van die prosedure.

3. RESULTATE

3.1 BEVREDIGING VAN DOELSTELLINGS

Die gewysigde doelstellings is almal bevredig deur die resultate wat uit die projek verkry is. Vloedbesproeiingsprosedures is krities evalueer en die mees geskikte prosedure

is verder ontwikkel en gerekenariseer. Die eindresultaat is die Optivloed 2.2-ontwerpprogram.

3.2 MEEVALLENDE RESULTATE

Die vakgebied vloedbesproeiing is vir die eerste keer in Suid-Afrika gedokumenteer. Hierdie dokumentasie (**Volumes 2 tot 4**) behoort in die toekoms verdere navorsing op die gebied van vloedbesproeiing te fokus. Sodoende sal bondige, uitvoerbare, navorsingsprojekte beplan kan word, wat onder andere 'n bydrae sal lewer om die aanwending van die Optivloed 2.2-program te verbeter.

Die aanwendbaarheid van oorsese vloedbesproeiingsmodelle, waarmee simulering van 'n vloedbesproeiingsepisode gedoen kan word, moes vasgestel word aangesien die modelle aangewend moes word in die ontwikkeling van die Optivloed 2.2-program. Leemtes is vasgestel en aanbevelings vir die gebruik van die modelle is geformuleer (**Volume 3**, hoofstuk 5).

3.3 EVALUERING VAN RESULTATE VAN DIE VLOEDBESPROEIINGSPROJEK

Volume 2: Kritiese evaluering van vloedbesproeiing-ontwerpprosedures

Bestaande vloedbesproeiing-ontwerpprosedures is krities evalueer. Die uitgangspunte van verskillende navorsers word toegelig met historiese perspektiewe ten einde die ontwikkeling van ontwerp-tegnologie vir vloedbesproeiing, uit te beeld. In **Volume 2** word die voor- en nadele van empiriese-, volumebalans- en hidrodinamiese ontwerpprosedures teen 'n Suid-Afrikaanse agtergrond uitgewys. 'n Motivering vir die ontwikkeling van 'n geskikte ontwerpprosedure word beskryf. **Volume 1**, paragraaf 2.5.1, som die bevindinge op.

Volume 3: Bevestiging van hidrodinamiese modelle en kenmerkende eienskappe geldig vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika

Weens die komplekse aard van vloedbesproeiing is die doelstellings gewysig sodat die

ontwikkeling van 'n gepaste ontwerpprocedure aan wiskundige modellering sowel as eksperimentele navorsing gekoppel kon word. Die gebruik van hidrodinamiese modelle moes, as 'n tussenstap, wetenskaplik onder Suid-Afrikaanse toestande verantwoord word alvorens die resultate van sodanige wiskundige modellering gebruik kon word in die projek.

Twee internasionale simuleringsmodelle is objektief met behulp van data evalueer. Data moes vir die doel ingesamel word op gronde met 'n ultrahoë infiltrasietempo. Verteenwoordigende data is verkry deur ook van die bestaande data uit 'n vorige projek van die Waternavorsingskommissie, asook projekte van die destydse Departement van Landbou, te herverwerk.

Die evaluering van die Sirmod-model (Walker 1989) het aan die lig gebring dat die voortjiesbesproeiingssubroetine misleidende resultate tot gevolg kan hê wanneer dit onder Suid-Afrikaanse toestande objektief aangewend word. Die voorspellingswaarde van die resultate beloop tussen 1,6% tot 85%. Die metode van Kruger (1989) waar 'n voortjie as 'n klein bedding met eenheidswydte beskou word, lewer egter deurgaans goeie simulerings met gemete resultate. 'n Voorspellingswaarde wat tussen 78% tot 99% wissel is vir hierdie metode verkry. Laasgenoemde metode word dus in Suid-Afrika aanbeveel.

Beddingbesproeiing word oor die algemeen goed gesimuleer deur beide simuleringsmodelle met 'n voorspellingswaarde van 80% - 99% (Resultate in **Volume 3**, hoofstuk 5). Die Sirmod-model word egter aanbeveel weens die gemak waarmee oplossings bereik word.

'n Objektiewe metode om infiltrasie en vloeiweerstand te bepaal moes ook ontwikkel word (**Volume 3** paragraaf). Die metode is geskik om 'n opvolgnavorsing tot 'n algemeen bruikbare tegniek vir ontwerpers ontwikkel te word.

Volume 4: Ontwikkeling en rekenarisering van die mees toepaslike ontwerpprocedure vir vloedbesproeiing

In **Volume 4** word kenmerkende eienskappe, wat op ontwerp in Suid-Afrika betrekking

het, uitgewys, bespreek en wiskundig ontleed. Tegnieke wat betrekking het op optimale besproeiing en wat in **Volume 2** uitgewys is, word tot 'n wiskundige ontwerpmodel ontwikkel. Die navorser het aanvanklik 'n sigblad-program geprogrammeer ten einde die werking van die model te toets. Die Optivloed 2.2-program is daarna op 'n objekgeoriënteerde wyse met behulp van die C++-rekenaartaal geprogrammeer. 'n Grafiese interaksie is ontwikkel deur die ontwerpberekeninge grafies op die rekenaarskerm voor te stel.

Die ontwerper kan telkens sien hoedat 'n verandering in die ontwerpkeuses, die stelsel sal beïnvloed (Beskrywing in **Volume 4**, Hoofstuk6).

Die ontwerpprogram is ten volle tweetalig en sal met min insette in enige ander taal vertaal kan word. Die ontwerpprocedure is universeel, wetenskaplik gefundeerd en gebruikersvriendelik. As sulks beskik die procedure oor 'n wye aanwendbaarheid en aangesien dit tans enig in sy soort is, behoort daar ook 'n aanvraag vir die program buite Suid-Afrika te wees.

Die ontwerpprocedure is op beperkte skaal getoets soos in **Volume 4**, Hoofstuk 7, aangedui. Die wiskundige beredenering is korrek, en daar is in die programmering voorsiening gemaak vir die aanpassing van berekeninge soos wat meer inligting deur navorsing beskikbaar kom. In **Volume 4**, Hoofstuk 5, en ook in **Volume 1**, paragraaf 2.7, word aanbevelings oor die verbetering van die program in opvolgnavorsing gemaak.

3.4 POTENSIËLE BYDRAE WAT DIE PROJEKRESULTATE TOT DIE VLOEDBESPROEIINGSBEDRYF KAN MAAK

Vloedbesproeiing word steeds op sowat 40% van die totale besproeide oppervlak in Suid-Afrika toegepas. In **Volume 1**, paragraaf 2.6, word aangedui dat die resultate van die projek 'n potensiële bydrae op die volgende gebiede kan maak:

- Waterbesparing.
- Opleiding en tegnologie-oordrag.

- Ontwerp.
- Navorsing en ontwikkeling.
- Stelselbestuur.

3.5 AAANBEVELINGS TEN OPSIGTE VAN VERDERE NAVORSING WAT UIT DIE PROJEK KAN VOORTSPRUIT

In **Volume 1**, paragraaf 2.2, word breedvoerig aangedui watter verdere navorsing en ontwikkeling uit die projek mag voortspruit. Daar is drie vername aspekte wat aangespreek behoort te word, naamlik:

1) Verbetering van die Optivloed 2.2-program self

Bepaalde aspekte kon nie volledig in die huidige projek nagevors word nie (Kyk **Volume 1**, paragraaf 4.2.7.).

2) Standaard prosedures vir die bepaling van ontwerpinsette

Tegnieke om infiltrasie en ander insette te bepaal is tans nie gestandaardiseer nie. Die toepassingswaarde van die Optivloed 2.2-program word tans daardeur benadeel.

3) Opleiding en ontwerphandleidings

Daar bestaan histories nie 'n praktiese ontwerphandleiding vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika nie. So 'n ontwerpersgids moet beide teoretiese en praktiese aspekte behandel, soos dit in **Volume 2**, paragraaf 2.3.5, beskryf is.

Die ontwerpprocedure van die Optivloed 2.2-program berus op nuwe verbeterde teoretiese uitgangspunte, wat vir die meeste ontwerpers in die praktyk totaal vreemd is.

BEDANKINGS

Die skrywer van hierdie publikasie spreek graag sy dank en waardering uit aan die volgende instansies en persone:

1. Waternavorsingskommissie (WNK) vir die fondse en ondersteuning met hierdie projek.

Persone betrokke in die loodskomitees vanaf 1990:

Voorsitter: Mnr. D.S. Van der Merwe

Lede: Dr. G.R. Backeberg
Mnr A.D. Brink
Mev. M. de Lange
Prof. H.L.M. du Plessis
Mnr. D.J. du Rand
Mnr. J.H. Eckard
Mnr A.C. Fritz
Mnr. D.F.M. Korff
Mnr. F.P. Marais
Dr. P.C.M. Reid
Mnr. F.B. Reinders
Dr. D. Russell
Mnr. J.H. Smit
Mnr. H. Smith
Mnr. C.M. Stimie
Mnr. A. van Wyk
Prof. G. Venter

- 2) Die Departement Landbou. Afdeling Landbou-ingenieurswese vir die beskikbaarstelling van personeel, infrastruktuur, data en tyd. In besonder word die volgende persone bedank: (alfabetiese volgorde)
Mnre H.G.R. Coetzee, C.T. Crosby, J. Erasmus, H. Hamman, F. Hugo, P.A. le Roux en B. van Vuuren. Mev M. Liebenberg en E. Lourens.
- 3) Mnre W.I. du Plessis en A.S. Mabaso word bedank vir hulp met die insameling van data.
- 4) Die Universiteit van Pretoria, Departement Landbou-Ingenieurswese vir taalversorging en ander insette gelewer:

Prof. G. Venter en Prof. H.L.M. du Plessis en hul personeel.

- 5) Die volgende persone word bedank vir die beskikbaarstelling van data:
Mnre K. Meyer, T. Prinsloo, B. van Rensburg en Dr. D. Russell.
- 6) Die kantoorpersoneel van **REHAB** word bedank vir die tikwerk en ander insette:
Mevv. A.M. Hattingh, A. Kruger, K. Kruger en M. Redelinghuys.

AFKORTINGS & SIMBOLELYS

∂	Parsiële afgeleide/differensiaal
$\bar{A}$	'n Konstante
f	Funksie van / koëffisiënt
σ_2	Faktor waarmee die subprofiel/oppervlak gedefinieer word
α_3	Bestuursfaktor
I_{res}	Gemiddelde infiltrasietempo tydens die resessiefase
A	Area
bw	Beddingwydte
Cu/Uc	Verspreidingsdoeltreffendheid
E	Doeltreffendheid
E_a	Toedieningsdoeltreffendheid
E_s	Storingsdoeltreffendheid
E_u	Verspreidingsdoeltreffendheid
F	Froude-getal
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
F_n	Diepte van toediening
g	Swaartekragversnelling
ha	Hektaar
i	i-de inkrement
IF	Infiltrasie groep/inname-familie
I	Infiltrasie
k	Afsnykonstante
K	Kostiakov-infiltrasiekonstante
ℓ	Astand vanaf die vaste punt van die golfprofiel
L	Lengte/beddinglengte
n	Manningkonstante vir vloeiweerstand
Θ	Grondwaterinhoud
pf	Oppervlakstoring op oneweredige grondoppervlaktes
Q	Stroomgrootte/eenheidstroomgrootte
q	Vloeitempo / stroomgrootte
q_{inf}	Infiltrasie met vloeitempo

Q_o	Beginstroom
Q_u	Uitvloeistroom / eenheidstroomgrootte
R	Hidrouliese radius/straal
R_{off}	Afloop ("tail water runoff")
S	Beddinghelling
SA	Suid-Afrika
SCS	Soil Conservation Service
S_f	Energie/wrywingshelling
S_o	Grond-/kanaalhelling
S_w	Waterhelling
S_y	Vloediepte konstante
t^* / t^x	Dimensielose tyd
T_{co}	Afsnytyd
T_g	Gemiddelde bruto kontaktyd
T_k	Kontaktyd
T_L	Resessie tyd
T_{LAG}	Wegdreinerings tyd
T_n	Netto infiltrasie tyd
USDA	United States Department of Agriculture
v	Snelheid
x	Afstand
x^*	Dimensielose vorderingsfunksie vir afstand
y	Vloediepte
Z	Bruto toediening / toediening
z^1	Vertikale hoogte

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1 DIE VLOEDBESPROEIINGSPROJEK

Die vloedbesproeiing-navorsingsprojek het 'n uitgebreide studie met die volgende aspekte behels, naamlik:

- * 'n Kritiese evaluering van beskikbare ontwerpprosedures
- * Landwye dataversameling
- * Eksperimentele navorsing en dataversameling
- * Teoretiese ontleding van faktore wat 'n rol in ontwerp speel
- * Ontwikkeling vanaf 'n optimiseringstegniek na 'n ontwerpprocedure
- * Rekenarisering van die ontwerpprocedure
- * Evaluering van die resultate.

Die resultate van die studie is omvangryk en is in vier volumes gedokumenteer. (Soos voorgestel in Figuur 1.1).

- * **Volume 1** is 'n opsommende gebruiksverslag waarin slegs die resultate weergegee word wat meer gedetailleerd in die ander volumes voorkom.
- * **Volume 2** is 'n gedetailleerde verslag oor die kritiese evaluering van bestaande ontwerpprosedures onder Suid-Afrikaanse toestande.
- * **Volume 3** is 'n gedetailleerde verslag waarin die aanwending van hidrodinamiese modelle in Suid-Afrika aan die hand van praktiese data behandel word.
- * **Volume 4** is 'n gedetailleerde verslag waarin bruikbare ontwerptendense ontleed en 'n Suid-Afrikaanse ontwerpprocedure ontwikkel, gerekenariseer en getoets word.

VLOEDBESPROEIINGSPROJEK

VOLUME 1

SAMEVATTENDE VERSLAG

- * INLEIDING / NAVORSINGSBEHOEFTE/DOELSTELLING
- * VORDERING EN VERLOOP VAN PROJEK
- * BYDRAE VAN DIE NAVORSING TOT VLOEDBESPROEIING
- * OPVOLG NAVORSING

Volume 2

KRITIESE EVALUERING VAN VLOEDBESPROEIING-ONTWERP- PROSEDURES

BESTAANDE PROSEDURES
LITERATUUROORSIG
KRITIESE EVALUERING
METODE
RESULTATE
GEVOLGTREKKING

Volume 3

BEVESTIGING VAN HIDRODINAMIESE MODELLE EN KENMERKENDE EIENSAPPE GELDIG VIR VLOEDBESPROEIING IN SUID-AFRIKA

INLEIDING
PROBLEEM/HIPOTESESTELLING
TEORETIESE AGTERGROND/LITERATUURSTUDIE
METODE
RESULTATE
GEVOLGTREKKING

Volume 4

ONTWIKKELING EN REKENARISERING VAN 'N TOEPASLIKE VLOEDBESPROEIINGS- ONTWERPPROSEDURE

INLEIDING
PROBLEEM/HIPOTESESTELLING
MODELKOMPONENTE
TEORETIESE ONTWIKKELING VAN DIE MODEL
REKENARISERING
TOETSING

Figuur 1.1 Skematiese uiteensetting van die volledige vloedbesproeiingsprojek.

1.2 SAMEVATTENDE VERSLAG (VOLUME 1)

Die samevattende verslag is laaste voltooi. Indien meer detail oor 'n bepaalde aspek vereis word, kan Volumes 2, 3 en 4 geraadpleeg word.

Die samevattende verslag is op die gebruiker van die resultate van die navorsingsprojek gerig en is soos volg saamgestel:

- * **Hoofstuk 2** som die verloop van die projek op. Die belangrikste resultate word weergegee. Die moontlike bydrae wat die resultate tot die vloedbesproeiingspraktyk kan maak, word behandel. Tekortkominge en moontlike verdere navorsingsprojekte word uitgewys.
- * **Hoofstuk 3** lewer 'n oorsig oor die nuutste teorie op die gebied van vloedbesproeiingsontwerp.
- * **Hoofstuk 4** beskryf die ontwikkeling en toepassing van die **OPTIVLOED 2.2** ontwerpprogram.

HOOFSTUK 2

DIE VLOEDBESPROEIING-NAVORSINGSPROJEK

2.1 AANLOOP TOT DIE NAVORSINGSPROJEK.

Gedurende Oktober 1983 is 'n Besproeiingswerkswinkel te Silverton Pretoria gehou. 'n Vloedbesproeiingswerksgroep het bepaalde navorsingsbehoefte geïdentifiseer. Die verbetering van vloedbesproeiingsontwerpprosedures en die toepasbaarheid daarvan in die praktyk, is onder andere as belangrike navorsingsbehoefte uitgewys. Die Universiteit van Pretoria het hierdie behoefte opgevolg en die huidige navorsingsprojek in 1989 van stapel gestuur.

2.2 OORSPRONKLIKE DOELSTELLINGS EN TYDSKEDULE VAN DIE PROJEK

Die titel van die projek was aanvanklik soos volg geformuleer:

Vloed- en voorbesproeiing: Kritiese evaluering van ontwerpprosedures en die rekenarisering van die mees geskiktes.

Die doelstellings van die projek was geformuleer met die doel om die toepasbaarheid van ontwerpprosedures onder Suid-Afrikaanse toestande te evalueer en te verbeter.

Die volgende doelstellings en tydskedules is volgens die ooreenkoms tussen die UP en WNK in vooruitsig gestel.

- (i) 'n Kritiese evaluering van ontwerpprosedures vir vloed- en voorbesproeiingstelsels en die aanpassing daarvan by Suid-Afrikaanse toestande.
- (ii) Samestelling van gerekenariseerde ontwerpprogramme en handleidings vir die gebruik van die programme.
- (iii) Daarstelling van bestuursriglyne vir die doelmatige gebruik van besproeiingswater met behulp van vloed- en voorbesproeiingstelsels.

- (iv) Toepassingsmoontlikhede van dambesproeiing, waar water vinnig in 'n deeglik-voorbereide besproeiingsbak of -perseel ingelaat word en dus net die regte besproeiingsdiepte lewer.
- (v) 'n Kritiese evaluering van die beskikbare ontwerpprosedures, aanpassing vir SA toestande en eksperimentele ondersoek van die resultate. Die proewe sou op die Universiteit se nuwe proefplaas tussen Pretoria en Bronkhorstspuit uitgevoer word.
- (vi) Ontwikkeling van handleidings en rekenaarprogramme vir vloedbesproeiingsontwerp.

AANVANG EN DUUR VAN PROJEK

Aanvangsdatum	1 Julie 1989
Voltooiingsdatum	30 Junie 1992

Daar was dus voorsien dat die projek oor 'n termyn van drie jaar sou strek.

2.3 GEWYSIGDE DOELSTELLINGS

Weens die komplekse aard van vloedbesproeiingstegnologie het die vloedbesproeiingsprojek nie wesentlik gedurende die eerste helfte van die beplande tydskedule gevorder nie.

Gedurende 1991 is die projek deur die skrywer/navorsers oorgeneem. Die navorsers was sedert 1979 betrokke by vloedbesproeiingsnavorsing. Weens die komplekse aard van vloedbesproeiing is die doelstellings gewysig sodat die ontwikkeling van 'n gepaste ontwerpprocedure aan wiskundige modellering sowel as eksperimentele navorsing gekoppel kon word. (In ooreenstemming met die aanbeveling van Du Rand *et al.*(1985) en die aanbevelings wat gevolg het na die voltooiing **Volume 2**).

Die gewysigde doelstellings was soos volg:

- * Kritiese evaluering van bestaande ontwerpprosedures en aanbeveling van die mees geskikte prosedure vir rekenarisering
- * Ontwikkeling van die mees geskikte prosedure tot 'n rekenariseerbare vlak deur middel van hidrodinamiese modelstudies en eksperimentele data.

(Om hierdie doelstelling te kon uitvoer, was dit noodsaaklik om eers die geldigheid van hidrodinamiese modelle onder Suid-Afrikaanse toestande, te bewys).
- * Rekenarisering en toets van die prosedure.

Die gewysigde doelstellings van die projek, sowel as die voltydse betrekking wat die navorser as Eerste Ingenieur en later as waarnemende Provinsie-Ingenieur (Noordwes), by die Departement van Landbou, beklee het, het tot 'n onvermydelike vertraging in die projekskedule gelei.

2.4 METODE VAN NAVORSING

Die vakgebied *vloedbesproeiing*, as wetenskaplike navorsingsterrein, is nog nie voorheen in Suid-Afrika deeglik nagevors en beskryf nie. Daar kon slegs enkele publikasies, met beperkte toepassingswaarde op Suid-Afrikaanse toestande, gevind word. Die beskrywings van Badenhorst (1974) en Du Rand (1985) is voorbeelde hiervan.

In die VSA het navorsing tot en met 1990 hoofsaaklik op simulasiemodel-ontwikkeling en empiriese eksperimentele studies gekonsentreer, met die oog op die toepassing in hidrodinamiese simuleringsmodelle. Enkele Suid-Afrikaners het daaraan deelgeneem.

Ontwerpprosedures as sulks, was tot en met 1990, nog nie werklik nagevors of ontwikkel nie. Die mees algemene ontwerpprosedures en tegnieke was empiries (Merriam, 1978) of kwasi-analities soos in die geval van Shockley *et al.*, (1964), Badenhorst (1973), en andere.

Die navorsing waaroor hier gerapporteer word, is uit 'n aantal erkende wetenskaplike metodes saamgestel en word soos volg in die ander volumes van hierdie verslag gehanteer:

Volume 2: Die kritiese evaluering van vloedbesproeiing-ontwerpprosedures.

- * Historiese perspektiewe
- * Literatuurstudie van internasionaal-erkende vloedbesproeiingsteorie
- * Beskrywing van die Suid-Afrikaanse vloedbesproeiingsmilieu
- * Literatuuroorsig van rasonale besluitneming en sintese met die oog op vereistes wat aan 'n rekenariseerbare ontwerpprosedure gestel word
- * Kritiese evaluering aan die hand van empiriese, beskrywende, analitiese en eksperimentele metodes

Volume 3: Bevestiging van hidrodinamiese modelle en kenmerkende eienskappe geldig vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika.

- * Literatuurstudie van hidrodinamiese modelle
- * Eksperimentele navorsing om die geldigheid van hierdie modelle te ontleed

Volume 4: Ontwikkeling en rekenarisering van 'n toepaslike ontwerpprosedure vir vloedbesproeiing.

- * Identifisering van tersaaklike aspekte wat vloedbesproeiingsontwerp beïnvloed
- * Ontleding van wetenskaplike verbande en verskynsels wat telkens tydens ontwerp na vore kom
- * Teoretiese ontwikkeling van wiskundige optimeringstegnieke wat tydens ontwerp toegepas moet word
- * Metodiese en sistematiese programmering en evaluering van die optimeringsmodel ten einde 'n rekenaarprogram vir die ontwerp van vloedbesproeiingstelsels daar te stel.

2.5 RESULTATE VAN DIE PROJEK

Die resultate van die projek word opsommand per volume aangebied. Kortliks is die resultate van elke volume soos volg:

2.5.1 Volume 2: Kritiese evaluering van vloedbesproeiing-ontwerpprosedures.

In **Volume 2** word die voor- en nadele van die empiriese-, volumebalans- en hidrodinamiese ontwerpprosedures uitgewys.

I. Empiriese ontwerpprosedures:

- Daar word aangetoon dat hierdie ontwerpprosedures foutiewelik infiltrasietempo met die persentasie klei in die grond assosieer.
- Empiriese prosedures verreken ook nie al die faktore wat belangrik is in vloedbesproeiingsontwerp nie, wat lei tot growwe veralgemenings en sodoende vloedbesproeiing benadeel.

II. Volumebalans-ontwerpprosedures:

- Hierdie ontwerpprosedures mag soms “toevallige” korrekte oplossings lewer, maar die ontwerper is nie seker wanneer die oplossings wel korrek is, al dan nie. Weens die feit dat die vloeddinamika of energiebalans nie korrek verreken word nie, is die voorspellingswaarde van die volumebalans-ontwerpprosedures swak.
- Die leser word daarop gewys dat hierdie ontwerpprosedures egter altyd die korrekte oplossing bied wanneer dit “terugwaarts” op gemete data toegepas word, aangesien die vloeddinamika dan alreeds korrek in die meting verreken is.

III. Hidrodinamiese ontwerpprosedures:

- Hierdie ontwerpprosedures is gebaseer op die oplossing van die Saint Venant-vloeivergelykings deur middel van rekenaargesteunde numeriese

tegnieke. Die oplossings wat so bereik word, hang streng af van die korrektheid waarmee die numeriese tegnieke toegepas word. Hierdie prosedures is langdradig en vereis 'n hoë vlak van kundigheid van die rekenaaroperateur.

Vanuit bogemelde evaluering word aanbeveel dat die beste ontwerpprocedure vir Suid-Afrikaanse toestande ontwikkel kan word uit 'n kombinasie van hidrodinamiese tegnieke, gekoppel aan die optimeringstegnieke. So 'n optimeringstegniek kan uit die ontleding van afdrogingsfronteienskappe, sensitiwiteitskriteria en vloeï-energie ontwikkel word.

2.5.2 Volume 3: Bevestiging van hidrodinamiese modelle en kenmerkende eienskappe geldig vir vloedbesproeiing in Suid-Afrika

I. Voortjiebesproeiing

- * Die voortjiesubroetine van die Sirmod-simuleringsprogram (Walker, 1989) lewer die swakste korrelasie met gemete data. Op gronde met 'n lae infiltrasietempo, is die korrelasie sowat 70% terwyl dit laer as 50% op gronde met 'n hoë infiltrasietempo is. Indien die infiltrasietempo aangepas word, verbeter die korrelasies.
- * Wanneer die die voortjie as 'n klein bedding beskou word en die stroomgrootte aangepas word vir 'n eenheidswydte, (die Sirmod-aangepasde-beddingmetode $[(m^3/h)/m]$ word die beste korrelasie verkry. Korrelasie met gemete data is 85% en beter. Hierdie metode word dus aanbeveel vir die simulering van voortjiebesproeiing.

II. Beddingbesproeiing:

Beide die Borderflow- en Sirmod-simuleringsmodelle simuleer beddingbesproeiing op 'n aanvaarbare vlak. Vorderingsfronte korreleer meestal hoër as 90% en afdrogingsfronte hoër as 85%. Die Sirmod-model word egter aanbeveel weens die gemak waarmee oplossings bereik word.

2.5.3 Volume 4: Ontwikkeling en rekenarisering van 'n toepaslike ontwerpsprosedure vir vloedbesproeiing.

Die Optivloed 2.2-program is ontwikkel en lewer goeie resultate onder Suid-Afrikaanse toestande. Hierdie program voldoen dus aan die vereistes gestel vir 'n rekenariseerbare ontwerpsprosedure. Bepaalde leemtes in die program, as gevolg van onvoldoende navorsing wat nog aangespreek behoort te word ten einde die gemak van oplossings te verbeter, word in paragraaf 2.7 aangedui.

2.6 BYDRAE WAT DIE NAVORSINGSRESULTATE TOT DIE VLOEDBESPROEIINGSBEDRYF IN SUID-AFRIKA KAN LEWER

Daar word allerweë aanvaar dat vloedbesproeiing steeds toegepas word op ongeveer 40 persent van die totale oppervlakte wat in Suid-Afrika besproei word (Volume 2).

- **WATERBESPARING**

Die algemene stelsel toedieningsdoeltreffendheid, word met enkele uitsonderings, laer as 50 persent aanvaar. (Du Rand & Kruger, 1991).

Die toepassing van vloedbesproeiing sal waarskynlik in die toekoms persentasiegewys afneem, omdat die meer geskikte gronde reeds ontwikkel is.

Du Rand en Kruger (1991) wys egter op die enorme waterbesparing wat verkry kan word indien die toedieningsdoeltreffendheid van vloedbesproeiingstelsels van 50 tot 70 persent verhoog kan word. Die resultate van hierdie vloedbesproeiingsprojek kan, indien dit korrek toegepas word, 'n betekenisvolle waterbesparing tot gevolg hê.

- **OPLEIDING**

'n Verbeterde begrip kan verkry word van die teoretiese agtergrond en wyse waarop stelsels deur bepaalde faktore beïnvloed word. Die

beskrywing in **Volume 2** lewer 'n perspektief wat nuttig is vir die opleiding van ontwerpers en veldbeamptes. Deur die Optivloed 2.2-program oor 'n wye spektrum van ontwerpmoontlikhede te demonstreer kan goeie ontwerpervaring aangeleer word.

- **ONTWERP**

Die standaard van vloedbesproeiingsontwerp behoort drasties te verbeter indien die Optivloed 2.2-program in gebruik gestel sou word. Die vrystelling van 'n ontwerpsprosedure wat getoets is teen data wat landswyd ingesamel is, kan verder bydra om 'n gevoel van vertroue by ontwerpers te skep. Vloedbesproeiingstelsels sal sodoende as 'n wesenlike ontwerp-alternatief gesien word.

- **NAVORSING EN ONTWIKKELING**

Die dokumentering van die navorsing en Optivloed 2.2-program sal 'n bydrae lewer om kritiese prestasie-areas tydens vloedbesproeiing te kwantifiseer. Navorsing en ontwikkeling kan daardeur gestimuleer word. Kostedoeltreffende toerusting kan hieruit ontwikkel, en sodoende doeltreffende praktyke bevorder.

- **STELSELBESTUUR**

Die Optivloed 2.2-program en gepaardgaande teoretiese beginsels maak dit moontlik om meer doeltreffende bestuurspraktyke te ontwikkel. Die invloed wat wisselende infiltrasietempo's, gewaskombinasies en beddinglengtes op die realiseerbare toedienings het, kan gekwantifiseer word. Die stelselbestuur kan met behulp van hierdie inligting aangepas en verbeter word. Kort- en langtermyn skeduleringsstrategieë kan sodoende ontwikkel word waardeur die stelselprestasie en watergebruiksdoeltreffendheid verbeter kan word.

2.7 AANBEVELINGS TEN OPSIGTE VAN VERDERE NAVORSING EN ONTWIKKELING WAT UIT DIE PROJEK KAN VOORTSPRUIT

In **Volume 4** word verskeie leemtes ten opsigte van die ontwikkeling van die Optivloed 2.2-program uitgewys. Hierdie leemtes kan nie binne die bestek van hierdie projek verder ontwikkel word nie, en bied moontlikhede vir verdere navorsing.

2.7.1 Teoretiese aspekte

Die volgende aspekte behoort in opvolgnavorsing ondersoek te word, naamlik:

*** Bestuurskonstante α_3**

Hierdie konstante word in **Volume 4** as 'n bestuursensitiewe faktor beskou. Die waarde van die α_3 vir 'n spesifieke bestuursensitiewe is onbekend. Daar word voorlopig aanvaar dat die waarde kan wissel tussen 0,2 en 1,2. By 'n waarde van $\alpha_3=1$, sal die vordering- en afdrogingsfrontkrommes tydens besproeiing parallel neig. Die bepaling van waardes vir die α_3 - faktor het nie deel gevorm van die huidige WNK-vloedbesproeiingsprojek nie.

*** Vloei-energie**

Die vloei-energie is afhanklik van al die faktore wat 'n rol speel in vloedbesproeiing en kan alleenlik deur middel van hidrodinamiese ontleding gekwantifiseer word. Die werklike beskrywing en modulering van vloei-energie het buite die bestek van die huidige WNK-vloedbesproeiingsprojek geval. Dit is egter noodsaaklik om die netto vloei-energie te kan ontleed om randvoorwaardebegrensing in die Optivloed 2.2-program te kan doen. Tans moet die ontwerper self bepaal by watter beddinglengte die vorderingsfront sal staak en hierdie beddinglengte moet as die maksimum besproeibare lengte vir bepaalde toestande beskou word.

* **S_y -konstante**

Die S_y -konstante verwys na die verhouding tussen die grondhelling (S_0) en waterhelling (S_f) tydens die ressiefase. Die waarde van die S_y -konstante (vloeidiepte konstante), is arbitrêr gekies vanaf 'n klein aantal ontledings wat gedoen is. Die werklike beskrywing en modulering van vloei-energie het buite die bestek van die huidige WNK-vloedbesproeiingsprojek geval.

* **Randwaardes**

Randwaardes is nodig om die beperkinge wat sekere faktore op stelselontwerp het, te ondervang, byvoorbeeld:

Maksimum nie-erodeerbare stroomgrootte

Minimum vloeidiepte

Maksimum beddinglengte

Minimum hellings waarvoor die program geld.

* **Vloeiweerstandswaardes**

Vloeiweerstand het 'n direkte invloed. Die ontwerper moet self 'n keuse ten opsigte van vloeiweerstandswaardes insleutel. Daar is 'n hulptabel in die Optivloed 2.2-program, maar dit is onvolledig en ontoereikend. Die werklike beskrywing en modulering van vloeiweerstand het buite die bestek van die Waternavorsingskommissie se huidige vloedbesproeiingsprojek geval.

2.7.2 Programmering

Benewens die teoretiese aspekte, het gebruikers van proefkopieë van die Optivloed 2.2-program ook bepaalde leemtes in die optimeringssubroetines van die program uitgewys, naamlik:

- Die program optimeer tans slegs die verband tussen lengte en toediening met toediening as 'n onafhanklike veranderlike.
- Indien toediening voorafgekoos sou wees, wil ontwerpers 'n reeks ander fisiese insette (bv. helling) optimaal kan voorspel.

2.7.3 Simuleringsubroetine

Die koppeling van 'n simuleringsubroetine (bv. soos Sirmod van Walker 1989) sou 'n aanwinst tydens ontwerp wees. Die navorser gebruik die Sirmod-program op dié wyse om die besproeiingsfases tydens die finale ontwerp te kan kwantifiseer.

2.7.4 Infiltrasieparameter-subroetine

Die bepaling van infiltrasie is die grootste beperkende faktor in alle wiskundige ontwerp tegnieke. Verskeie ontwerpers vind dit moeilik of onmoontlik om die infiltrasieparameters korrek te bepaal. Dit sal ook die grootste beperking in die toepassing van die Optivloed 2.2 program wees. Tydens die navorsingsprojek is 'n metode ontwikkel om die infiltrasieparameters wetenskaplik korrek en objektief te bepaal (**Volume 3; paragraaf 3.4**). Hierdie metode kan as 'n subroetine van die Optivloed2.2 program aangewend word en sal sodoende 'n bydrae lewer om die "raaiwerk" uit die bepaling van infiltrasieparameters te haal.

2.7.5 Bestuur-of skedulering-subroetine

Die teoretiese beginsels wat in die Optivloed 2.2-program vervat is, kan met enkele aanpassings aangewend word om kort- en langtermyn skeduleringsvoorspellings te maak. Hierdie aspekte is veral van belang waar wateraanvraagstelsels van toepassing is en daar besluit moet word of besproeiingswater aangevra moet word, al dan nie.

2.7.6 Ontwikkeling van 'n ontwerpershandleiding

Daar bestaan histories nie 'n ontwerpershandleiding wat die toepassing van tegnologie vir vloedbesproeiingsontwerp in Suid-Afrika bevorder nie. Die onlangse poging om 'n SABI-handleiding daar te stel, het slegs beperkte toepassing op die gebied van vloedbesproeiing. Ten einde die tegnologie wat in hierdie vloedbesproeiings-navorsingsprojek ontwikkel is vir die praktyk toeganklik te maak, is dit noodsaaklik om so spoedig moontlik 'n ontwerpershandleiding daar te stel. So 'n ontwerpershandleiding behoort

saamgestel te word om die aspekte soos verduidelik in paragraaf 4.6, **Volume 2** te vervat. Hierdie handleiding kan dan aanvullend tot die Optivloed 2.2-program, en sy handleiding, soos in Hoofstuk 4 vervat, gebruik word.

HOOFSTUK 3 OORSIG VAN DIE JONGSTE VLOEDBESPROEIINGSONTWERP- TEORIE AANGEWEND IN DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM

3.1 INLEIDING

Vloedbesproeiing (Gravity, surface irrigation) behels dat grond gebruik word as hidrouliese geleier om water oor 'n bepaalde oppervlak te versprei. Tydens die verspreidingsproses van water, word natuurlike hulpbronne (soos grond) met wisselende parameters, sowel as hulpbronne met bestuursbeheerbare of manipuleerbare parameters (soos onder andere grondhelling, beddinglengte, stroomgrootte en afsnytyd) gebruik.

Die ontwerp van 'n vloedbesproeiingstelsel kan vanaf 'n eenvoudige wateraanvoerstelselontwerp tot 'n gesofistikeerde waterverspreidingsontwerp wissel. Tabel 3.1 toon die interaksie tussen die vloedbesproeiingstelsel, die ontwerpdoelmerk en die ontwikkelingsfase aan.

Soos in hierdie tabel aangedui, sal daar in stelsels wat arbeidsintensief is, hoofsaaklik op die ontwerp van die wateraanvoerstelsel gekonsentreer word. Tipiese voorbeelde van sulke stelsels is kort voortjiesbesproeiing en gemeenskapstuine waar van die arbeider verwag word om die water eweredig oor 'n klein oppervlakte te versprei. Die term vloedbesproeiingsontwerp (of waterverspreidingsontwerp) is dus irrelevant in dié geval.

Hoe meer daar gemeganiseer word, hoe groter klem word gelê op die verspreiding van water op groot oppervlakte met minimale inmenging van die besproeiingsoperateur. Die ontwerp en uitleg van so 'n stelsel word dus al meer belangrik. (Tweede fase; Tabel 3.1).

Die klem in moderne landbou val al meer op produktiwiteit en doeltreffendheid van bestuur. In die derde fase van ontwikkeling van 'n vloedbesproeiingstelsel, word klem gelê op die vermoë van die bestuurder om by markfaktore aan te pas, koste te beheer en optimaal te produseer. Die integrasie van bestuursfaktore by stelselhidroulika lewer die optimale stelsel (Derde fase; Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Fases in die ontwikkeling en toepasbaarheid van hidrouliese beginsels

FASE	TIPIESE STELSEL	ONTWERP
Eerste	Arbeidsintensief	* Konsentrasie op aanvoerstelsel en beskikbaarheid van water
Tweede	Meganisasie, groter oppervlak per operateur besproei	* Konsentrasie op waterverspreiding. * Klem op ontwerp en uitleg.
Derde	Doeltreffendheid van water en bestuur	* Bestuursaanpasbare optimale produksie. * Hidrodinamiese ontwerp tegnieke * Outomatisasie

Die term vloedbesproeiingsontwerp verwys dus hoofsaaklik na die ontwerp van die waterverspreidingsstelsel by groter gemeganiseerde boerderystelsels soos aangedui in die tweede en derde fases in Tabel 3.1.

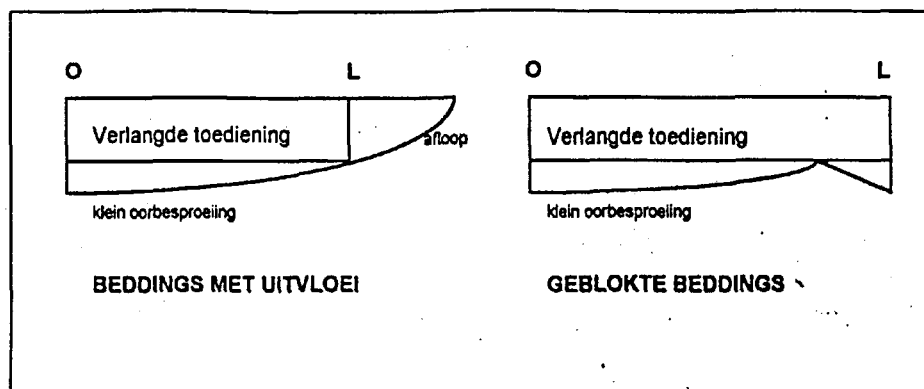
3.2 ONTWERPOOGMERKE

Die oogmerke tydens die ontwerp van 'n vloedbesproeiingstelsel is soos volg, naamlik:

- **Toediening van genoeg besproeiingswater om die wortelsone van die plant, oor die hele bedding, tot 'n aanvaarde vlak te benat.** Die verlangde toediening word deur 'n verskeidenheid van faktore beïnvloed. 'n Gewas met 'n vlak wortelstelsel sal byvoorbeeld 'n kleiner verlangde toediening benodig as 'n gewas met 'n diep wortelstelsel. Net so mag bestuurspraktyke tot 'n kleiner of groter verlangde toediening lei as wat teoreties vereis word (deficit irrigation). Om die graad van wateraanvulling in die wortelsone te beskryf, word normaalweg gebruikgemaak van die aanvullingsdoeltreffendheid (E_s "efficiency of

storage"). In die praktyk is waardes vir hierdie aanvullingsdoeltreffendheid tussen 10 en 100 persent, terwyl waardes tussen 98 en 100 persent teoreties as aanvaarbaar beskou word.

- **Die verlangde toediening moet so doeltreffend moontlik geskied.** Verliese ontstaan gewoonlik op plekke in 'n bedding waar water verby die wortelsone dreineer ("deep percolation"). 'n Ander groot bron van waterverlies kan die afloop aan die onderpunt van die bedding wees ("run-off"). Die verskil tussen die verlangde toediening en die werklike hoeveelheid water wat vir 'n besproeiing verbruik word (bekend as bruto toediening) staan bekend as die toedieningsdoeltreffendheid (E_a "efficiency of application"). Waardes van tussen 30 en 98 persent kom in die praktyk voor. Waar hergebruik van afloopwater plaasvind, is waardes van tussen 40 en 45 persent aanvaarbaar (SCS, 1983). Op Vaalharts kom toedienings van tussen 85 en 95 persent algemeen voor.
- **Die bruto besproeiingsaanvulling in die wortelsone moet so egalig moontlik oor die totale lengte van die bedding voorkom.** (Let wel dat afloopverliese nie in berekening gebring word nie). Die verspreidingsdoeltreffendheid (U_c - "uniformity coefficient") word normaalweg as die afwyking van die gemiddelde toediening bereken. In die praktyk kom waardes laer as 88 persent selde voor. Waardes van 94 tot 96 persent is algemeen by goeie vloedbesproeiingstelsels soos op Vaalharts. Die ontwerpooismerk kan soos in Figuur 3.1 skematies voorgestel word.



Figuur 3.1 Skematiese voorstelling van die ontwerpooismerk.

3.3 BASIESE HIDROULIESE BEGINSELS EN BEHEERMECHANISMES WAT IN DIE PRAKTYK VOORKOM

Die verspreiding van water op/in 'n grond word in teorie bepaal deur:

- (i) Die volume water: (MASSABEHOUDE).
- (ii) Die energie-insette: (ENERGIEBEHOUDE).

Bogronde energieverlies.

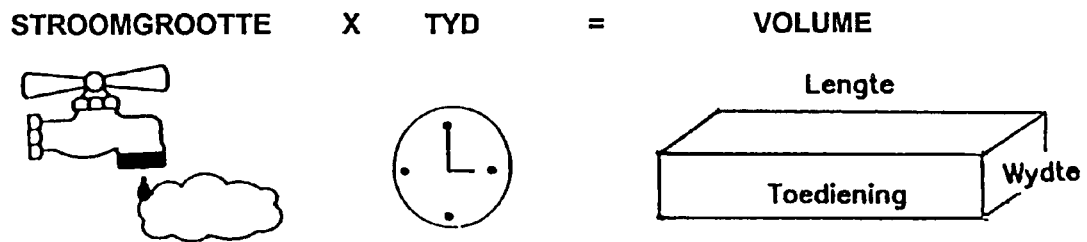
Ondergrondse energieverlies.

Die hele proses is onderhewig aan die universele beginsel van massa- en energiebehoud.

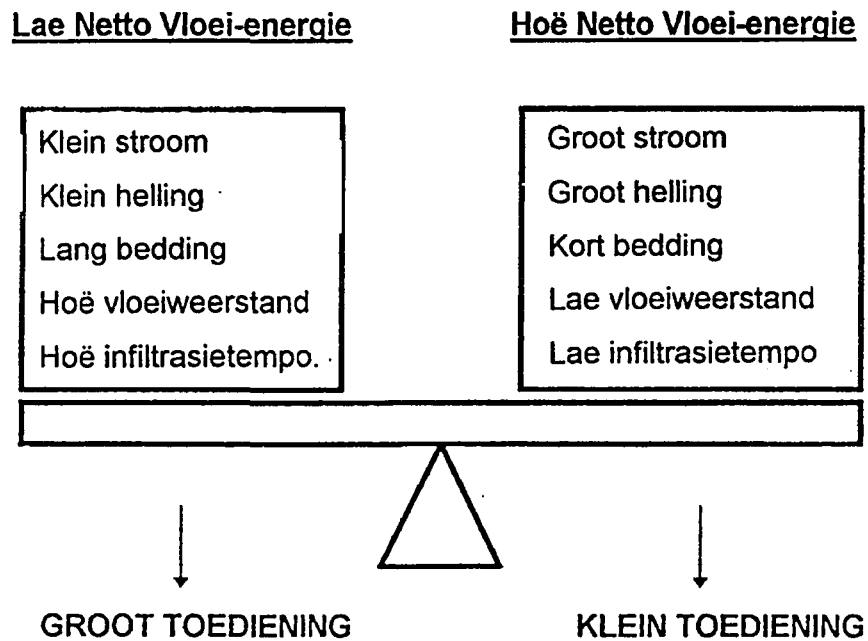
Die massabehoud of volumebalansbeginsel word in Figuur 3.2 as die produk van stroomgrootte en tyd voorgestel. Die besproeiingsoperateur het direkte beheer oor die inkeer- of afsnytyd van die stroom (voorgestel deur die horlosie). Die operateur kan normaalweg ook die eenheid-stroomgrootte beheer deur óf die direkte stroomgrootte te reguleer deur, hetsy die aantal beddings of voortjies te wissel óf die wydtes van die beddings te verander (voorgestel deur die kraan). Dit is moeilik om die beginsel van energiebehoud te visualiseer. In die volksmond praat boere van 'n "vinnige bedding" of 'n "stadige bedding". Die lande lei "stadig" wanneer groot toedienings gegee word, en lei "vinnig" wanneer klein toedienings gegee word. Aangesien hierdie netto resultaat van die kombinasie van 'n aantal faktore in die praktyk belangrik is, meen die navorser dat 'n ewewigsskaal die beste voorstelling bied. Die begrippe "lae-" en "hoë netto-vloei-energie" is na aanleiding van die boerebenaming "stadige" en "vinnige" bedding, respektiewelik gedefinieer. Wanneer 'n toestand van "lae netto-vloei-energie" heers, sal die skaal in die guns van 'n groot toediening swaai. By so 'n bedding wat "stadig lei", is die netto resultaat van 'n sekere kombinasie van faktore dus dat daar relatief min netto energie vir bogronde vloei beskikbaar is. Dit word veroorsaak deur 'n relatiewe groot energie-absorberende komponent wat tydens infiltrasie en bogronde vloei voorkom. Die totale proses is dinamies en dus afhanklik van tyd.

MEGANISMES OM VLOEDBESPROEING TE BEHEER

1. MASSABEHOUD



2. ENERGIEBEHOUD



Figuur 3.2 Grafiese voorstelling om vloedbesproeiing te beheer.

3.3.1 Wiskundige verbande

Terwyl die begrippe “volumebalans” en “massabehoud” eenvoudig meetbaar en berekenbaar is, is die begrip “energiebehoud” meer kompleks van aard. Energiebehoud kan alleen beskryf word aan die hand van ‘n komplekse, interafhanklike, wiskundige verband tussen al die hoof faktore wat by vloedbesproeiing betrokke is (genoem onder massa- en energiebehoud in Figuur 3.2). In die praktyk het die besproeiingsoperateur ‘n aantal faktore of meganismes waarmee ‘n besproeiingsepisode beheer kan word. In Figuur 3.2 word ‘n grafiese voorstelling van die meganismes getoon. Die Saint Venant-vloeivergelykings word algemeen aanvaar as die wiskundige verband wat vloedbesproeiingshidroulika beskryf. (Chow, 1959; Bassett, *et al.*, 1980; Walker & Skogerboe, 1987).

Die Saint Venant-vloeivergelykings is die volgende:

- (i) ‘n Kontinuiteitsvergelyking:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + q' = 0$$

- (ii) ‘n Bewegingsvergelyking:

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial V}{g} \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{1}{g} \left(\frac{\partial V}{\partial t} \right) = S_0 - S_x$$

(Die afleidings en vereenvoudiging van die vergelykings word in **Volume 3**, Hoofstuk 2, aangetoon).

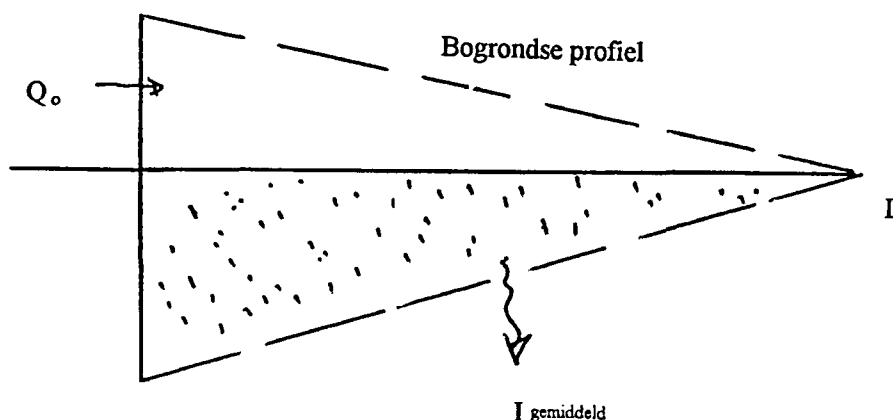
Hierdie Saint Venant-vergelykings kan nie analities vir vloedbesproeiing opgelos word nie. Die vloeivergelykings word deur middel van numeriese tegnieke opgelos. Hidrodinamiese simuleringsmodelle soos “Borderflow” en “Sirmod” is voorbeelde van rekenaargesteunde oplossingstegnieke.

3.3.2 Vereenvoudigde toepassing van hidrouliese beginsels om insette vir simuleringsmodelle te bepaal

'n Simuleringsmodel simuleer 'n besproeiingsepisode met behulp van voorafgekose insette soos stroomgrootte, beddinglengte, afsnytyd en so meer. Hierdie voorafgekose insette kan ook soms as "beginwaardes" dien wanneer 'n optimale besproeiingskeuse ondersoek word. 'n Kundige keuse van die insette of beginwaardes moet dus gemaak word ten einde 'n simuleringsmodel vir 'n bepaalde doel te kan aanwend. Die hidrouliesebeginnels soos in paragraaf 2.1 beskryf, kan op 'n vereenvoudigde wyse toegepas word om die insetwaardes te lewer.

3.3.2.1 Toepassing van 'n vereenvoudigde volumebalansbeginnel om die ordegrootte van die maksimum beddinglengte te bepaal

In Figuur 3.3 word 'n lengtesnit van 'n deel van 'n bedding getoon. Deur die volumebalans-beginsel toe te pas, kan die maksimum lengte van 'n bedding, wat met 'n bepaalde stroomgrootte en infiltrasietempo besproei kan word, benaderd soos volg bereken word:



Figuur 3.3 Lengtesnit van 'n besproeide bedding. Die lengte (L) kan benaderd m.b.v die volumebalansbeginnel bepaal word.

As voorbeeld om die toepassing van die formule te demonstreer, kan die maksimum potensiële lengte wat gesimuleer moet word, as volg bepaal word:

Gestel: $Q_o = 10 \text{ l/s/m}$ en I - gemiddeld $= 60 \text{ mm/h}$.

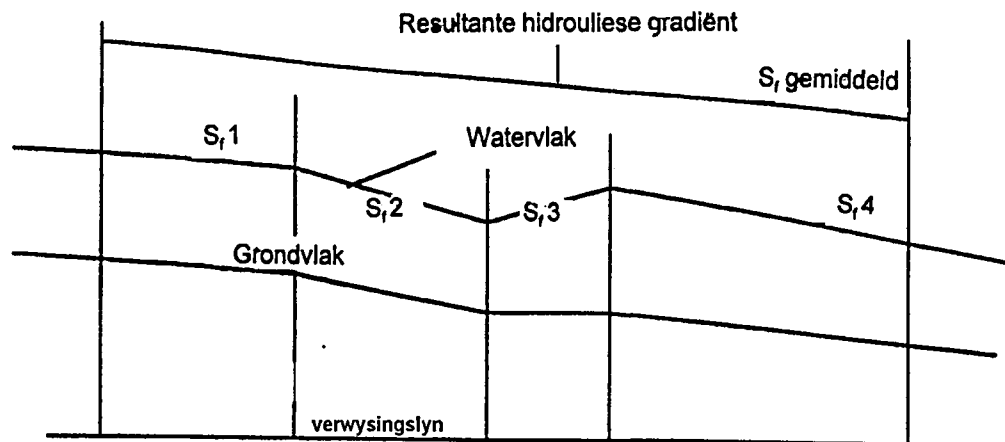
Dus: $I = 0,000167 \text{ m/s}$ en $Q_o = 0,01 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{m}^{-1}$ en

$$L = \frac{Q_o}{I} = \frac{0,01}{0,000167} = 600 \text{ m}.$$

Dus kan die ontwerper lengtes tot en met 600m met behulp van 'n simuleringsmodel ondersoek.

3.3.2.2 Vereenvoudigde toepassing van die energie-balansbeginsel

Die energie-balansbeginsel kan aangewend word om byvoorbeeld die invloed van 'n land met ongelyke hellings te ondersoek deur telkens die Bernoulli-prinsiep toe te pas:



Figuur 3.4 Hidrouliese-gradiënt van 'n land met ongelyke hellings.

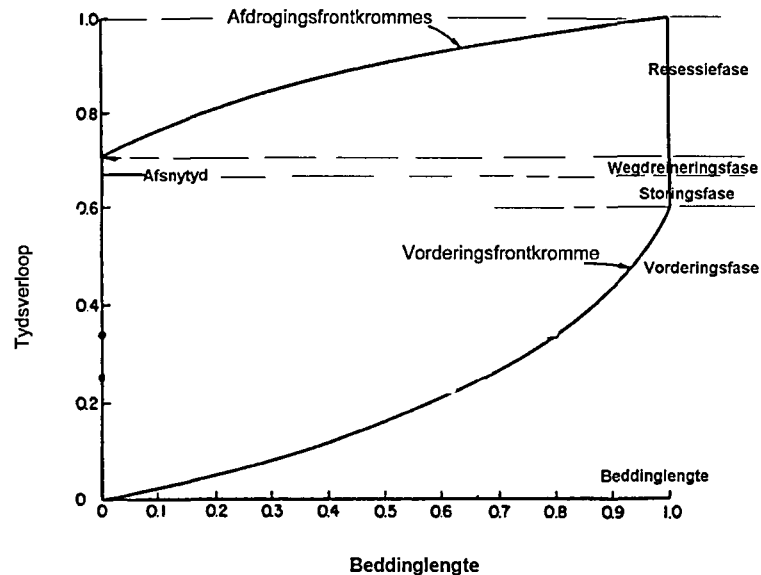
Uit Figuur 3.4 is dit duidelik dat S_r -gemiddeld min word deur die ongelyke land beïnvloed. Dus sal die besproeiing volgens S_r -gemiddeld verloop en slegs deur die oppervlakstoring by die ongelyke area beïnvloed word.

3.3.3 Meetbare fases tydens 'n besproeiingsperiode

In die praktyk kan die energie- en massabehoudbeginsels nie as sulks

waargeneem word nie. Tasbare en kenmerkende vorderings- en afdrogingsfrontkrommes kan egter gemeet word.

Figuur 3.5 toon die algemeen aanvaarde tyd-afstandvoorstelling waar verskillende fases van 'n vloedbesproeiingsepisode voorgestel word, saam met vorderings- en afdrogingsfrontkrommes (Bassett, *et al.*, 1980; Walker, 1989).

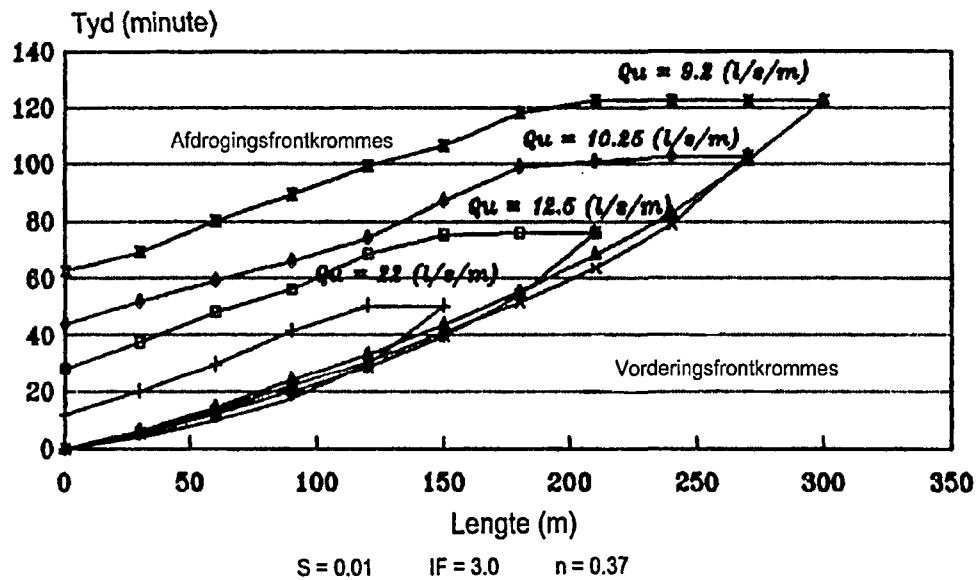


Figuur 3.5 Besproeiingsfases waar vorderings- en afdrogingsfrontkrommes op 'n tyd-afstand-vlak voorgestel word.
(Aangepas vanaf Walker, 1989)

Tydens die ontwerp van 'n vloedbesproeiingstelsel word gepoog om die hellings van die vorderingsfrontkromme en die afdrogingsfrontkromme so na as moontlik aan parallel te kry. Sodoende is daar eweredige kontroletyd en dus 'n eweredige waterinfiltrasie of toediening oor die volle lengte van die bedding.

Soos in Figuur 3.6 aangedui word, neig die krommings na 'n tyd in teenoorgestelde rigtings en "knyp" die kontroletyd gewoonlik namate die bedding langer word. Om hierdie effek te oorkom, word daar in die praktyk op bepaalde areas dikwels oorbesproei, soos in Figuur 3.1 aangedui. Afloop of opdamming aan die onderpunt van die bedding word dus gebruik.

Figuur 3.6 toon die ontleding van vier besproeiingsepisodes. Afsnytyd en stroomgrootte is telkens aangepas om vir verskillende toedienings op verskillende beddinglengtes voorsiening te maak.



Figuur 3.6 Ontleding van vorderings- en afdrogingsfases by verskillende afsnytye en stroomgroottes

In die praktyk is die meting van die volume water wat in die bedding infiltreer, asook die meting van vorderings- en afdrogingskrommes die enigste metode waarmee 'n besproeiingsepisode gekwantifiseer kan word.

Hierdie praktiese ontleding van die besproeiingsfases is belangrik tydens 'n ontwerp en die ontleding van die stelsels. Hierdie is die enigste metode waarop sinvolle data, wat as insette in ontwerp en simuleringsprogramme benodig word, ingesamel kan word.

3.3.4 Faktore wat 'n indirekte invloed op stelselhidouluka het

Plaaslike omstandighede en toestande beïnvloed die toepassing van die hidrouliesebeginsels. Die volgende faktore moet in ag geneem word wanneer hidrouliesebeginsels in ontwerpe toegepas word:

- **Water as 'n skaars hulpbron in Suid-Afrika:** Die ooglopende "mors" van water as afloop is onaanvaarbaar vir die boer. Gevolglik is stelsels waar voorsiening gemaak word vir afloop, nie gewild nie, alhoewel sulke stelsels baie voordele mag inhou.

- **Waterbeheer:** Waterbeheer word in 'n groot mate deur die beskikbaarheid van toerusting vir wateraanvoer en -verspreiding bepaal.
- **Konstruksievermoë:** In teenstelling met 'n sprinkelbesproeiingstelsel, waar voorafvervaardigde tegnologie gekoop word, skep die boer sy eie hidrouliese geleiers by vloedbesproeiing. Die vermoë van die boer om sodanige konstruksie volgens spesifikasie te doen **en te onderhou** hang van sy logistieke vermoëns af. In die algemeen sal die koste aan konstruksie en onderhoud direk verband hou met die graad van afwerking wat van watergeleiers verlang word.
- **Meganisasie:** Anders as met sprinkelbesproeiing het die meganiese werktuie meestal 'n direkte invloed op die stelsel-hidroulika. In Suid-Afrika is daar 'n algemene gebrek aan toerusting wat geskik is vir vloedbesproeiing. Daar bestaan nie, soos in die VSA, spesiale planters en werktuie vir byvoorbeeld voortjiebesproeiing nie. Die toepassing van bepaalde ontwerpprosedures word direk hierdeur geraak.
- **Bestuur:** By boom- en bakstelsels (bv sitrusboorde) moet meganiese spuitprogramme en besproeiing goed gesinchroniseer word. Deurdat trekkers en ander toerusting oor watergeleiers en pas besproeide areas beweeg, veroorsaak dit dikwels sulke bestuursprobleme dat boere liever na ander besproeiingstelsels oorskakel. Die ontwerper behoort dus hiervoor voorsiening te maak deur vir toegangsroetes, spuitbane en afloopwater te beplan. Die ontwerpleeftyd van 'n vloedbesproeiingstelsel is waarskynlik 10 tot 50 jaar. Gedurende hierdie tydperk mag gewaskeuses vanweë eksterne markfaktore verander. Die ontwerper moet dus 'n spektrum van potensiële gewaskeuses ten opsigte van die hidrouliese stelselprestasie ondersoek. Daar behoort voorsiening gemaak te word vir toekomstige opgradering van bestaande of nuwe waterbeheerstelsels ensovoorts.
Leibeurtstelsels op verskillende besproeiingskemas stel eiesoortige eise aan stelselbestuur. Die meer suksesvolle vloedbesproeiingskemas in Suid-Afrika het empiries so ontwikkel dat stroomgrootte variasie nie 'n groot invloed op die stelselprestasie het nie (Verwys na **Volume 3**). Op sommige ander skemas speel stroomgrootte egter 'n oorheersende rol.

3.3.5 Faktore wat 'n direkte invloed op stelselhidroulika het

Hierdie faktore is in detail in **Volume 4**; Hoofstuk 3 bespreek.

- * Stroomgrootte
- * Infiltrasie
- * Vloeiweerstand
- * Helling
- * Beddinglengte
- * Afsnytyd
- * Geslote beddings

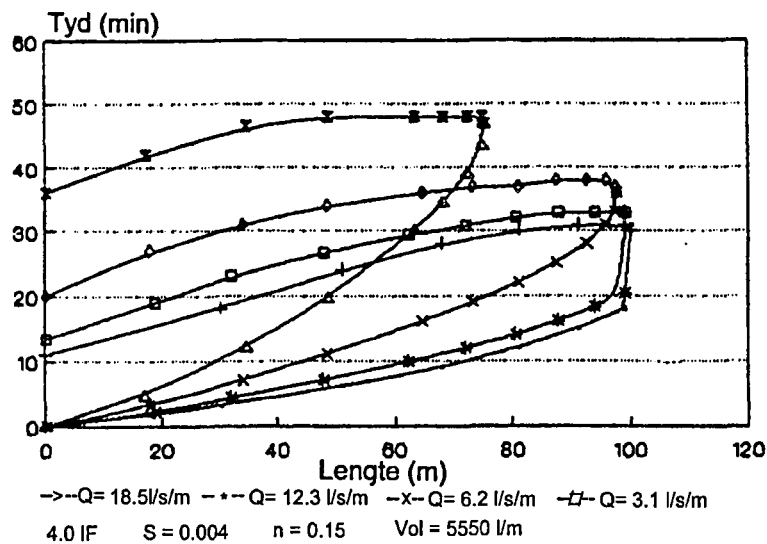
3.4 DIE TOEPASSING VAN AFDROGINGSFRONT-EIENSKAPPE IN ONTWERP

3.4.1 Bereiking van die ontwerpooigmerke tydens besproeiing

'n Groot aantal metings [vergelyk paragraaf 3.3 en Figuur 3.2; **Volume 4**] sowel as etlike duisende simulerings het aangetoon dat optimale ontwerp onder Suid-Afrikaanse toestande verkry word wanneer:

- * Vorderings- en afdrogingsfrontkrommes parallel neig en daar dus eweredige kontaktyd oor die hele bedding bestaan
- * Die afdrogingsfront begin net voordat, of sodra die vorderingsfront die eindpunt van die bedding of voor bereik.

Bogenoemde stelling kan gedemonstreer word deur vorderingsfront- en afdrogingsfrontkrommes tydens 'n tipiese besproeiing te ontleed. Die stroomgrootte en afsnytyd word telkens aangepas sodat 'n konstante volume water in 'n bedding ingelaat word. 'n Simuleringslopie met Sirmod (Walker, 1989), bereken telkens die vordering en afdroging asook die doeltreffendhede.



Figuur 3.7 Grafiese voorstelling van sommige van die vorderings- en afdrogingsfrontkrommes vanaf data in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Besproeiingsdoeltreffendhede van data waarvan sommige in Figuur 3.7 getoon word.

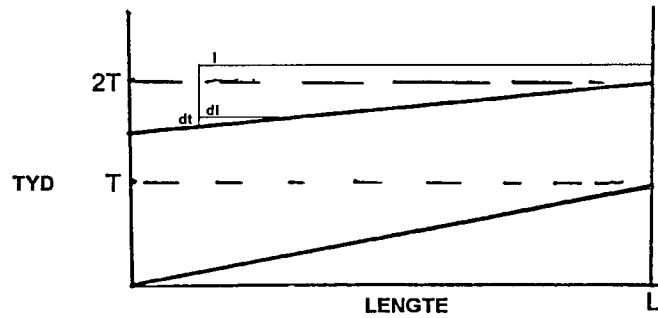
Volume water toegedien per bedding: 5550 l/m wydte					
Stroomgrootte [(l/s)/m]	185	1233	617	425	308
Afsnytyd [minute]	5	75	15	20	30
Toedieningsdoeltreffendheid (%)	826	8459	793	718	630
Storingsdoeltreffendheid (%)	917	6294	887	796	703
Verspreidingsdoeltreffendheid(%)	86	1	29	22	64

Die tempo van afdroging kan soos volg voorgestel word:

$$\text{Afdroging: } \frac{d\ell}{dt} / \text{gemiddeld} = - \frac{L}{t}$$

[ℓ word kleiner in die rigting waarin L groter word].

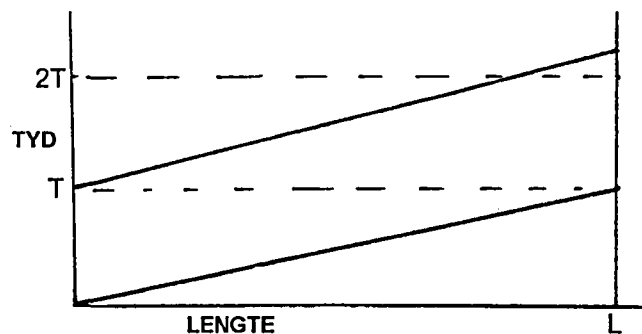
[Die negatiewe teken dui dus slegs op die afname in volume van die driehoekige waterprofiel soos voorgestel deur $d\ell/dt$ in Figuur 3.8].



Figuur 3.8 'n Grafiese voorstelling van die afdrogingsfrontgradiënt ($d\ell/dt$) waar die vordering- en afdrogingsfronte teen dieselfde tempo beweeg (met ander woorde hulle is parallel-die ideale ontwerpooigmerk).

Dit is egter wel moontlik om steeds goeie besproeiingsresultate te kry wanneer matig van bogenoemde ontwerpooigmerke afgewyk word.

Sulke afwykings kan soos volg grafies [Figuur 3.9 (a) & (b)] voorgestel word:

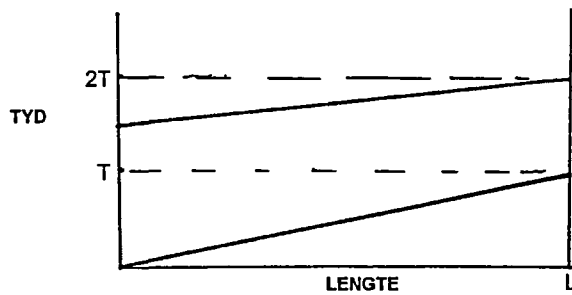


Figuur 3.9 (a)

Grafiese voorstelling van die afdrogingsfront-gradiënt ($d\ell/dt$) waar die afdrogingsfront vinniger as die vorderingsfront beweeg

Die tempo van afdroging word dan soos volg voorgestel:

$$\frac{d\ell}{dt} / \text{gemiddeld} = \frac{L}{\alpha_3 T} \text{ waar } \alpha_3 < 1$$



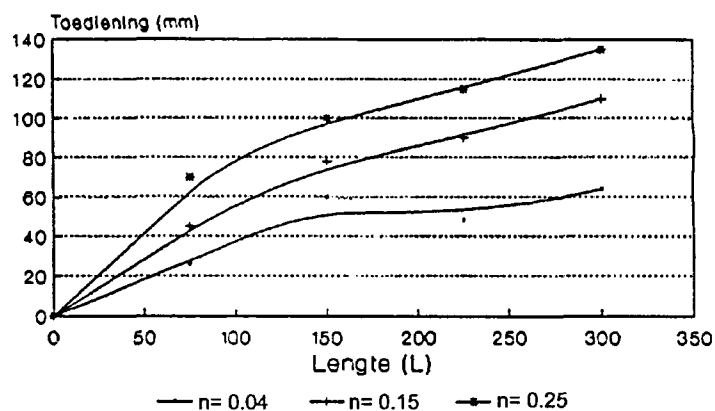
Figuur 3.9(b) Grafiese voorstelling van die afdrogingsfront-gradiënt ($d\ell/dt$) waar die afdrogingsfront stadiger as die vorderingsfront beweeg

Die tempo van afdroging kan dan soos volg voorgestel word:

$$\frac{d\ell}{dt} / \text{gemiddeld} = \frac{L}{\alpha_3 T} \text{ waar } \alpha_3 > 1$$

3.4.2 Die verband tussen beddinglengte en toediening

In **Volume 4** word aangetoon dat 'n verband bestaan tussen die toediening wat tydens 'n besproeiing verkry word en die lengte van die bedding wat besproei word. Diè tendense is in die praktyk bepaal, deur simuleringsstudies gedemonstreer - en deur middel van wiskundige ontledings afgelei. Figuur 3.10 toon 'n krommepassing van 'n aantal optimale datastelle wat deur middel van simulerings tegnieke ontleed is. Die data korreleer goed met waarnemings te Vaalharts.



Figuur 3.10 Krommepassing van 'n aantal gesimuleerde optimale datastelle.

Die verband tussen beddinglengte en toediening blyk duidelik uit Figuur 3.10 by verskillende vloeiweerstandswaardes.

In Hoofstuk 5 van **Volume 4** word daar 'n wiskundige verband vir dié tendens afgelei naamlik:

$$\text{Beddinglengte (L)} = [(\text{konstante}) * (\text{toediening})] + [(\text{konstante}) * (\text{toediening}^{1/b})]$$

$$L = C_1 Z + C_2 Z^{1/b}$$

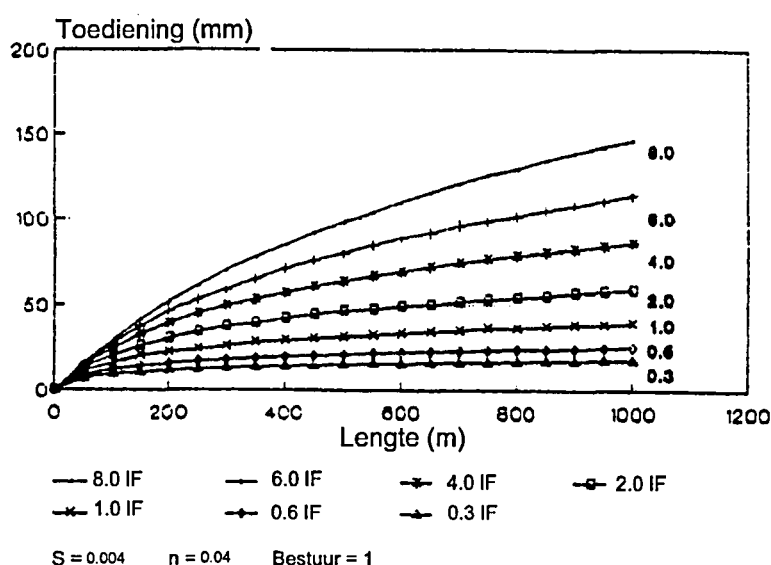
Daar kan ook afgelei word dat:

$$L = C_1 Z + C_2 Z^{1/b} \sqrt{S_0}$$

en

$$L = C_1 Z + C_2 Z^{1/b} 1/n$$

Dié verband kan grafies soos in Figuur 3.11 vir 'n hele spektrum infiltrasietempo's [inname families (I.F.)] voorgestel word.



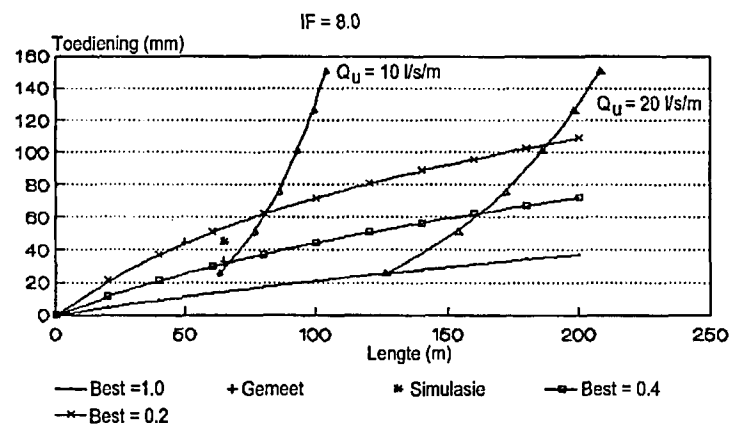
Figuur 3.11 Grafiese voorstelling van die verband tussen beddinglengte en toediening vir verskillende infiltrasies (IF) met 'n bestuursfaktor $\alpha^3 = 1$.

3.5 DIE TOEPASSING VAN VLOEI-ENERGIE EN SENSITIWITEITSKRITERIA BY ONTWERP VAN VLOEDBESPROEIINGSTELSELS

3.5.1 Vloei-energie

Die netto beskikbare vloei-energie word deur verskeie faktore soos byvoorbeeld infiltrasie, helling, vloeiweerstand, afsnytyd en die Q/L verhouding (verband tussen stroomgrootte en beddinglengte), beïnvloed.

In Figuur 3.12 word byvoorbeeld die maksimum beddinglengte getoon wat met 'n 10 (l/s)/m stroomgrootte, op 'n ultra-hoë-infiltrasiegrond, teen verskillende toedienings besproei kan word. Die maksimum beddinglengte vir 'n helling van $S=0,0125$ dui op die afstand waarop die vloei-energie gelyk aan nul word, sodat die vorderingsfronte nie verder kan beweeg nie.



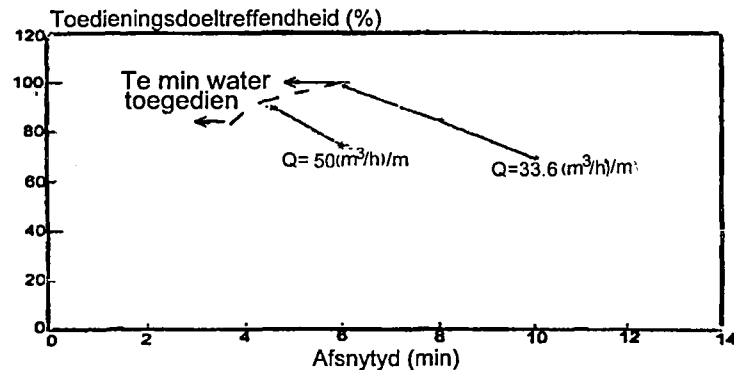
Figuur 3.12 Maksimum beddinglengtes, waarby die vloei-energie so laag word dat die vorderingsfronte ophou beweeg, aangetoon by ontwerp-toedienings vir drie verskillende bestuursensitiwiteitswaardes.

3.5.2 Sensitiwiteitskriteria

Die voorafgaande gedeeltes oor afdrogingsfronteïenskappe en vloei-energie lewer basiese tendense wat tydens 'n ontwerp in ag geneem moet word.

Die wyse waarop die basiese tendense tydens ontwerp toegepas word, hang van die sensitiwiteit van die betrokke besproeiingstelsel ten opsigte van die verandering in insette af. Hierdie stelling word in Figuur 3.13 gedemonstreer. Die invloed wat afsnytyd het op die volumebalans en toedieningsdoeltreffendheid

(E_a) van 'n stelsel te Vaalharts, word geïllustreer.



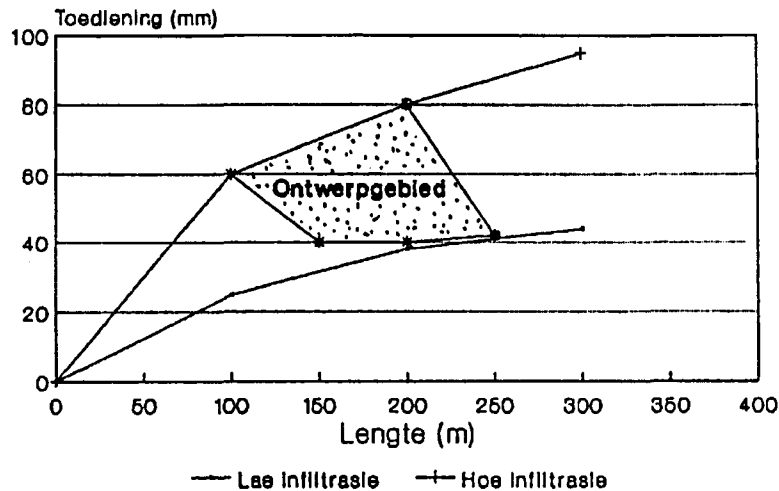
Figuur 3.13 Die Bestuursensitiwiteitsbeginsel gedemonstreer deur die verband tussen afsnytyd en toedieningsdoeltreffendheid te Vaalharts.

In Figuur 3.13 word aangetoon dat die afsnytyd van die stelsel by $Q = 50 \text{ (m}^3\text{/h)/m}$ baie meer sensitief is as by $Q = 33,6 \text{ (m}^3\text{/h)/m}$.

In teorie sal beide stelsels teen hoë toedieningsdoeltreffendhede kan presteer. In die praktyk sal die $Q = 50 \text{ (m}^3\text{/h)/m}$ stelsel egter veel moeiliker bestuur en weens operateursfoute waarskynlik veel swakker presteer as die $Q = 33,6 \text{ (m}^3\text{/h)/m}$ stelsel ('n Afsnyfout van 1 minuut sal 'n groter afname in doeltreffendheid toonen kan verklaar word aan die hand van die volumebalansbeginsel; **Volume4**, paragraaf 4.2).

Verdere teoretiese ontleding van die beginsel aangaande bestuursensitiwiteit, toon dat 'n verskeidenheid van toedienings teen hoë doeltreffendhede kan plaasvind. Figuur 3.14 toon dat daar 'n hele spektrum (of 'n gebied) bestaan, wat steeds teoreties doeltreffende besproeiing sal lewer.

In die praktyk is die besproeiing egter nie altyd doeltreffend oor die volle spektrum nie. Opnames deur die navorser het aangetoon dat die wyse waarop die waterbestuur plaasvind, 'n belangrike rol ten opsigte van die praktiese doeltreffendheid wat bereik word, speel.



Figuur 3.14 'n Gebied of spektrum waarbinne daar teoreties doeltreffend besproei kan word.

In **Volume 4** word aangetoon dat die afstandbeheerde afsnystelsels (waar die operateur die water afsny sodra die vorderingsfront 'n bepaalde afstand van die totale beddinglengte voltooi het), baie beter presteer by korter beddinglengtes. (byvoorbeeld 100m beddinglengtes). Tydbeheerde afsnystelsels laat verskeie skeduleringsopsies en is meer geskik vir die langer beddings (byvoorbeeld 200m).

3.6 OPTIMERING VAN DIE ONTWERP

Die voorafgaande gedeelte in paragrawe 3.4 en 3.5, toon hoedat afdrogingsfronteienskappe, vloei-energie en bestuursensitiwiteit die ontwerp beïnvloed.

Indien hierdie drie faktore in 'n ontwerpprocedure aangewend word kan, die optimale ontwerp gekies word. Die Optivloed 2.2-program, is 'n eerste poging om so 'n ontwerpprocedure te ontwikkel en te rekenariseer.

Die Optivloed 2.2-program bepaal die optimale ontwerp op die volgende drie wyses:

- * Deur die afdrogingsfront te voorspel, word die verband tussen beddinglengte en toediening voorspel, sodat die vorderings- en afdrogingsfronte parallel sal wees.
- * Deur middel van 'n bestuursfaktor, gebaseer op afsnytydbeheer, word afwykings van die parallelle vorderings- en afdrogingsfronte verkry waarvolgens die lengte/toedieningsverband aangepas word.

- * 'n Eenvoudige vloei-energie ontleding, beperk die maksimum beddinglengte wat gekies kan word. Die toepassing van hierdie beginsels in praktiese ontwerp word in Hoofstuk 4 verder toegelig.

HOOFSTUK 4

ONTWERP VAN VLOEDBESPROEIINGSTELSELS MET BEHULP VAN DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM

4.1 INLEIDING

Die Optivloed 2.2-program is as 'n besluitnemingshulpmiddel vir die ontwerper ontwikkel. Die program is met behulp van 'n objek-georiënteerde C++ rekenaartaal ontwikkel en geprogrammeer.

Die Optivloed 2.2-program laat die rekenaaroperateur toe om die ontwerp op geprogrammeerde of ongeprogrammeerde wyse te doen. Die meer ervare ontwerper kan slegs kern-elemente gebruik om mee te ontwerp, terwyl die minder ervare ontwerper die ontwerp stapsgewys uit al die elemente "opbou".

Die Optivloed 2.2-program is gebruikersvriendelik. Daar verskyn telkens 'n gidsboodskap onder aan die rekenaarskerm wat die bepaalde handeling toelig.

Die Optivloed 2.2-program is in beide Engels en Afrikaans geprogrammeer. Die operateur kan dus die taal van sy keuse gebruik. Die Optivloed 2.2-program is deur die navorser ge-evalueer en goeie korrelasie is met gemete data verkry.

(Volume 4; hoofstuk 6).

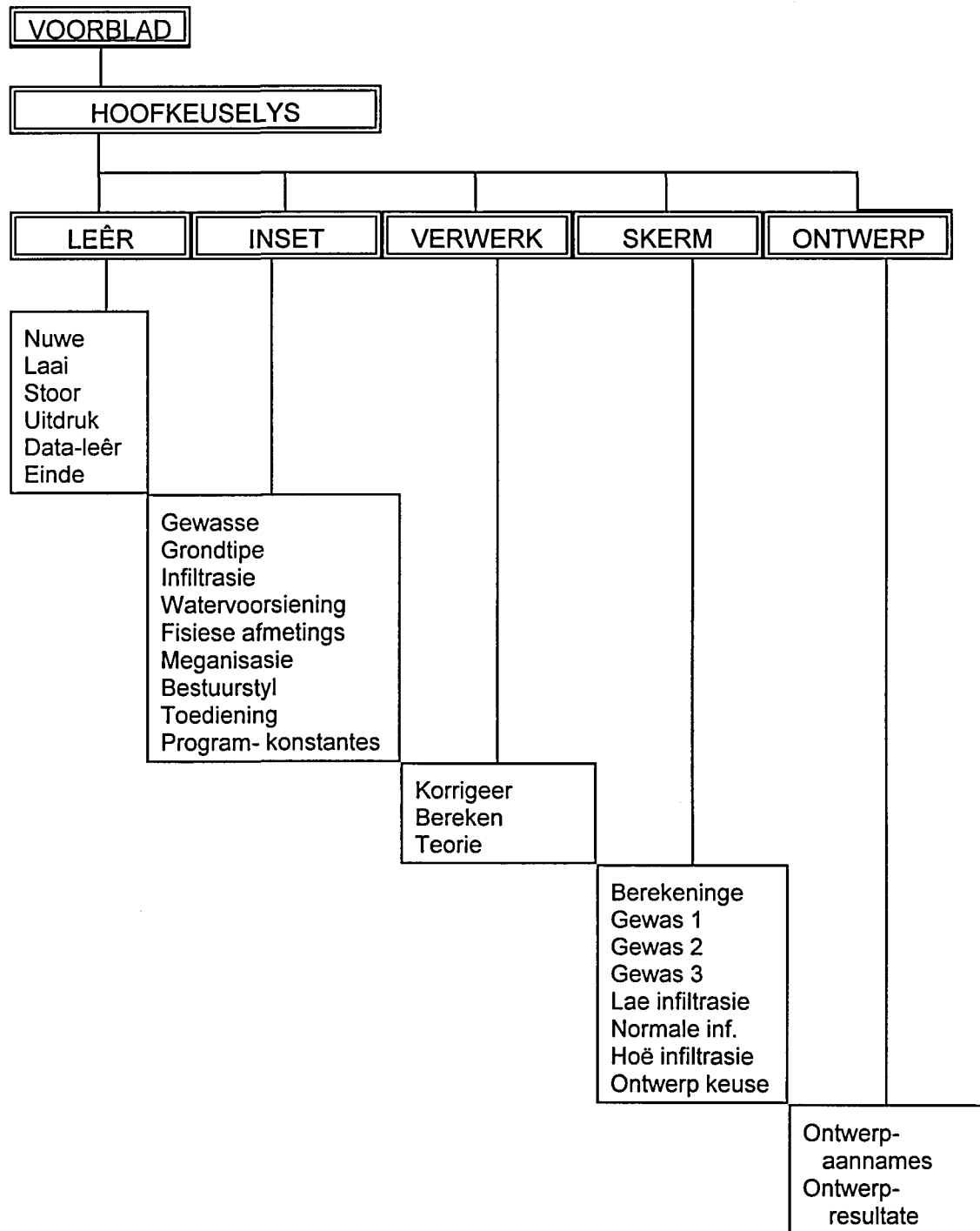
4.2 DIE OPTIVLOED 2.2-PROGRAM

Die program bestaan uit:

4.2.1 Funksionele velde en kern-elemente

Die program vertoon 'n tipiese vloedbesproeiing op die voorblad. Die hoofkeuselys word op die tweede skerm vertoon en bestaan uit vyf funksionele velde wat in Figuur 4.1 aangedui word.

OPTIVLOED 2.2

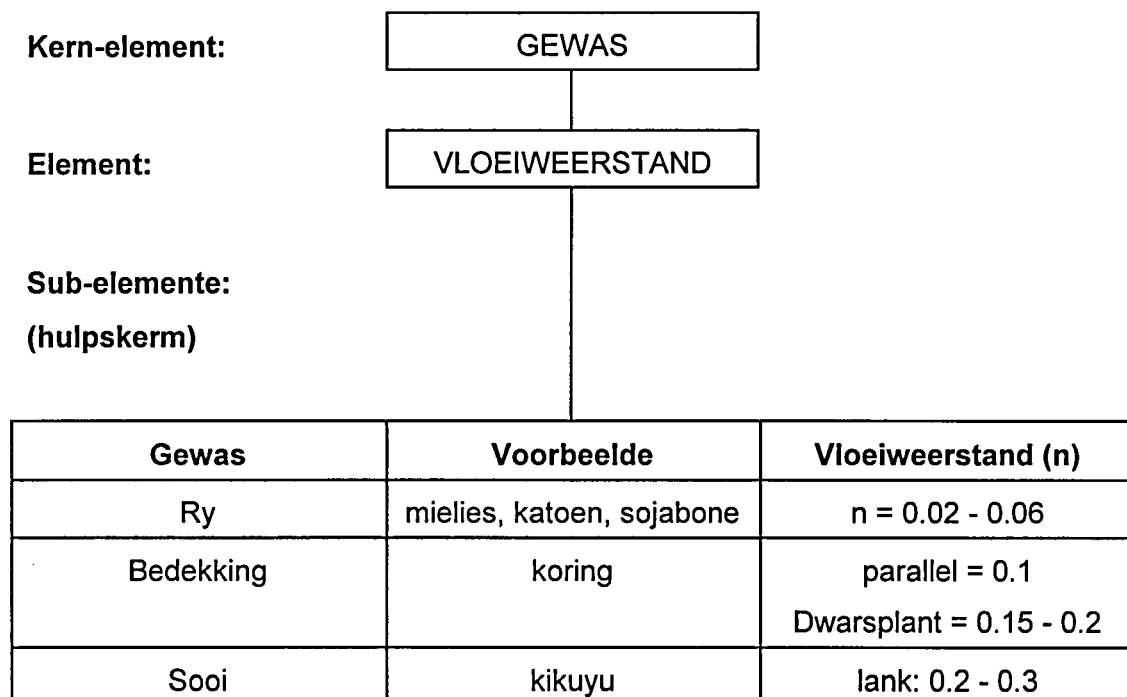


Figuur 4.1 Die vyf funksionele velde in die hoofkeuselys van die Optivloed 2.2-program elk met sy kern-elemente.

Die ontwerper kan na willekeur tussen die vyf funksionele velde, hul kern-elemente, elemente en hul sub-elemente beweeg deur van die pyltjies te gebruik. Hy kan na ander velde ook terugbeweeg deur “ESC” te gebruik (met uitsondering van enkele sub-elemente waar die program die verloop van keuses dikteer).

4.2.2 Sub-elemente

Enkele kern-elemente bestaan uit 'n aantal elemente en soms ook sub-elemente. So byvoorbeeld bestaan die kern-element “gewasse” uit een tot drie potensiële gewasse. [Dieselfde gewas met drie stelle sub-elemente kan ook gekies word - bv. lusern by drie vloeiweerstandswaardes]. In die Optivloed 2.2-program, word die sub-elemente deur middel van 'n hulpskerm opgeroep sodra die rekenaaropérateur die vloeiweerstandswaardes wil inlees.

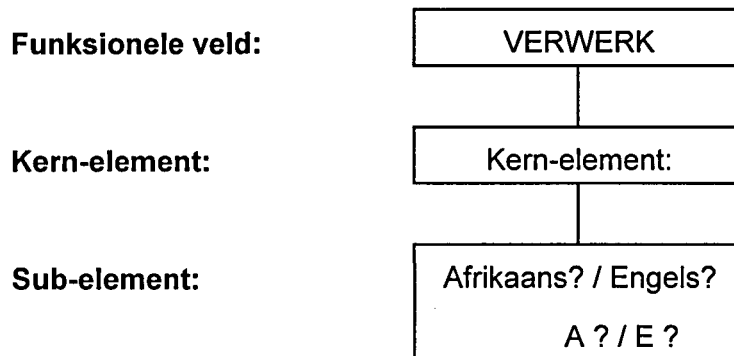


Figuur 4.2 Die kern-element “GEWAS” met sy element “VLOEIWEERSTAND” met ‘n hulpskerm waarmee die sub-elemente aangetoon word.

Die Optivloed 2.2-program is soos reeds genoem ten volle tweetalig.

Bepaalde boodskappe is egter van so ‘n aard dat die vertoning daarvan in beide

tale nie gelyktydig kan plaasvind nie. Gevolglik is daar by die funksionele veld “verwerk” onder die kernelement “korrigeer” ’n taalvoorkeur keuse ingebou en lyk soos volg (Figuur 4.3).



Figuur 4.3 Keuse ten opsigte van taalvoorkeur.

Die taalgebruik in die Optivloed 2.2-program moes uiteraard by die beskikbare vertoonruimte op elke skerm aangepas word. Funksionele kern-woorde is telkens gebruik, soms ten koste van taalkundig-korrekte sinsnedes.

4.2.3 Gids- en hulpboodskappe

Die Optivloed 2.2-program is soos reeds genoem, ’n gebruikersvriendelike rekenaarprogram. Elke skerm vertoon ’n duidelike gidsboodskap onder aan die skerm. Hierdie gidsboodskappe verduidelik die aksie wat die rekenaaroperateur telkens moet neem.

Die Optivloed 2.2-program gebruik ook hulpskerms wat outomaties opgeroep word sodra ’n bepaalde element genader word. Die ontwerper kan dus met behulp van die hulpskerm bepaalde sub-elementwaardes kwantifiseer en in die program inlees.

4.2.4 Addisionele faktore wat vloedbesproeiing beïnvloed, maar wat nie in die Optivloed 2.2-program verreken is nie. [”Reminders” oftewel wenke.]

Verskeie elemente soos byvoorbeeld worteldiepte, gewasfaktore en opbrengs word in die program vermeld. **Die ontwerper word slegs daaraan herinner dat die faktore ’n rol in die ontwerp speel.** Die faktore behoort dus in ag geneem

te word. So byvoorbeeld word die “verlangde toediening” deur die worteldiepte van die gewas beïnvloed. Die “gewasfaktor” wat ter sprake is word weer deur die potensiële opbrengs van die gewas beïnvloed. Die piek vogbehoefte en skedulering word hierdeur beïnvloed.

So ook word die heersende infiltrasietempo op ‘n bepaalde land deur die meganisasiepraktyke beïnvloed. Pas losgemaakte grond sal ‘n veel hoër infiltrasietempo hê as ‘n grond met ‘n vaste/verdigte wortelbed.

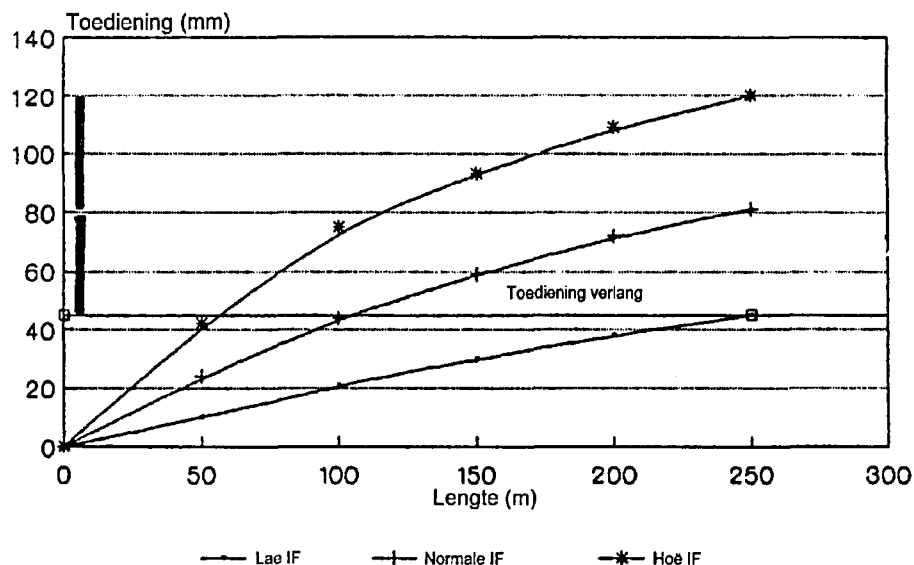
Die vloe weerstand word weer beïnvloed deur die grootte van die kluite op die grondoppervlak. Die saadbedvoorbereiding het dus ‘n wesentlike invloed hierop. Die saadbedvoorbereiding en meganisasie in die algemeen vorm ‘n integrale deel van die hidrouliese ontwerpaannames. So word vloe weerstand, oppervlaktestoring in duike en poele, en vloediepte, direk deur die standaard van afwerking van die bedding of voortjie beïnvloed.

Selfs die aksie van wielspore tydens gemeganiseerde bewerking, beïnvloed die stelsel. Wielspore vorm gekompakteerde stroke grond wat laer as die omliggende bedding is en veroorsaak sodoende oppervlakstoring of vloeikanale. Dit kan egter ook voordelig wees om wielspore tydens voortjiesproeiing te kompakteer sodat verbeterde sywaartse infiltrasie verkry kan word.

Bogenoemde faktore is nie verreken in die Optivloed 2.2-program nie omdat dit buite die bestek van hierdie projek geval het. Daarom word na hierdie faktore as “reminders” of “wenke” verwys.

4.2.5 Grafiese voorstellings en interaksies

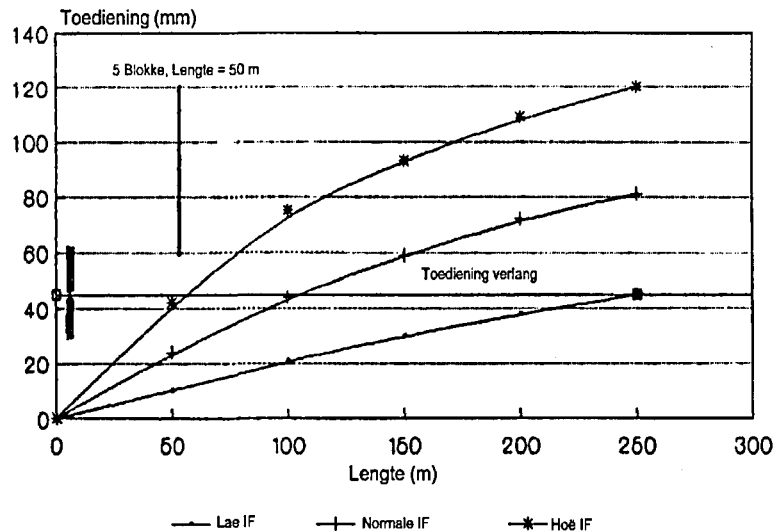
Onder die funksionele veld “Skerm” by die kern-element “Berekeninge” (kyk Figuur 4.1) word die optimale waardes van lengte teenoor toediening as sub-elemente in tabelvorm in die hulpskerm vertoon. Ten einde die ontwerper in staat te stel om die optimale waardes van lengte teenoor toediening met die verlangde ontwerptoediening asook praktiese beddinglengtes in verband te bring, word die data grafies vertoon. Figuur 4.4 vertoon so ‘n grafiese skerm.



Figuur 4.4 Grafiese voorstelling van optimale data ten einde die beddinglengte te kan kies

In Figuur 4.4 word die data vir “Gewas 1” vertoon. ‘n Hoë, normale en lae infiltrasiekromme word vir die maksimale beddinglengte (of landafmeting) aangetoon. Die gekose “verlangde toediening” wat in die funksionele veld “Inset” bepaal is, word as ‘n reguit lyn vertoon. Die spektrum van moontlike toedienings word as ‘n dik vertikale reguit lyn links op die grafiek vertoon. Van die ontwerper word verwag om die bedding se lengte sodanig te kies dat die “optimale toediening” en “verlangde toediening” vir die infiltrasiespektrum ooreenstem. Dit word soos volg gedoen:

- * Aanvanklik is die beddinglengte maksimaal - met ander woorde daar is slegs een besproeiingsblok.
- * Deur die nommer 2 in te sleutel word die maksimum beddinglengte of landafmeting in die helfte gedeel. ‘n Vertikale lyn stel nou die nuwe beddinglengte voor. Soortgelyk word die beddinglengte in 5 gedeel deur die getal 5 in te sleutel. Figuur 4.5 toon die grafiese voorstelling van vyf besproeiingsblokke op die land aan.



Figuur 6.13 Grafiese voorstelling van optimale data vir 'n beddinglengte waar die land in 5 blokke

- * Die ontwerper kan na willekeur die beddinglengte verander deur die land in 1 tot 10 blokke te verdeel. Die grense waartussen die toedienings kan wissel word weereens grafies voorgestel deur die dik vertikale reguit lyn op die linkerkant van die grafiek.
- * Sodra die ontwerper tevrede is met sy keuse, kan die keuse vir ontwerpdoeleindes ingesleutel word deur **ENTER** te druk. Alternatiewelik kan die ontwerper die optimering herhaal deur na die funksionele veld "Inset" terug te beweeg.

Soortgelyk aan bogenoemde word al die kern-elemente van die funksionele veld "Skerm" hanteer.

4.2.6 Programuitset

Drukstukke

Die Optivloed 2.2-program maak voorsiening vir die uitdruk van resultate. Die funksionele veld "Lêer" en die kern-element "Uitdruk" word gebruik. Tabel 6.1 toon 'n voorbeeld van 'n rekenaardrukstuk vir Optivloed 2.2-resultate. Die insette soos in die program ingevoer word weergegee sowel as die resultate van die optimering en die finale ontwerp.

Tabel 4.1 Resultate van die Optivloed 2.2-program.

Kliënt besonderhedeDatum.....

Land..... Oppervlak..... ha.....

Opmerking.....

OPTIMERING

GEWAS INFORMASIE:			
Naam	Koring	Mielies	Lusern
kommentaar			
Vloeiweerstand	0.15 mm	0.04 mm	0.25 mm
Worteldiepte	0.60 m	0.6 m	0.60 m
Gewasfaktor	1		1
Opbrengsmikpunt	6 000 kg	9 000 kg	25 000 kg
Daaglikse vogbehoefte	7 mm	11 mm	6 mm
Toedieningsdoeltreffendheid	90 %	85%	100 %
P.B.W.K.	150 mm	150 mm	150 mm
Gekose toediening	110 mm	90 mm	130 mm
Infiltrasiekonstante - a	0.000102	0.000126	0.000232
Infiltrasiekonstante - b	0.66	0.68	0.72
GRONDTIPE:			
Grond series			
Persentasie klei	15.00 %		
Gronddiepte	1.00 m		
WATERVOORSIENING:			
Stroomgrootte	420 l/s		
Ure per week	72 ure		
Kapasiteit van die dam	1800 kub. m		
Tipe aanvoer			
Verspreidingsstelsel			
FISIESE AFMETINGS:			
Lengtehelling	0.0013 m/m		
Dwarshelling	0.0001 m/m		
Maksimum lengte	1000.0 m		
Voortjiespasie	ring - 0.9		
Beddingwydte	10		

GEWAS INFORMATIE(vervolg):			
Naam	Koring	Mielies	Lusern
MEGANISASIE:			
Wortelbedbewerking - rip, dis, wondertill, saai, rol			
Wortelbedbewerking			
Oppervlakterofheid			
Duike en poele			
Haalbaarheid en spes.	± 30 mm		
Onderhoud			
Bestuursstyl	1		

RESULTATE: Toediening in mm			
Gewas 1: Koring	Infiltrasie		
Lengte	Laag	Normaal	Hoog
0 m	0.0 mm	0 mm	0 mm
50 m	18.4 mm	24 mm	38 mm
100 m	24.0 mm	32 mm	60 mm
150m	27.5 mm	38 mm	75 mm
200 m	30.0 mm	42 mm	87 mm
250 m	32.0 mm	45 mm	97 mm
300 m	33.6 mm	48 mm	105 mm
350 m	35.1 mm	50 mm	112 mm
400 m	36.3 mm	52 mm	119 mm
450 m	37.4 mm	54 mm	124 mm
500 m	38.5 mm	56 mm	130 mm
550 m	39.4 mm	57 mm	134 mm
600 m	40.3 mm	58 mm	139 mm
650 m	41.1 mm	60 mm	143 mm
700 m	41.8 mm	61 mm	147 mm
750 m	42.5 mm	62 mm	150 mm
800 m	43.3 mm	63 mm	154 mm
850 m	43.9 mm	64 mm	157 mm
900 m	44.5 mm	65 mm	160 mm
950 m	45.1 mm	66 mm	163 mm
1000 m	45.6 mm	67 mm	166 mm

Gewas 2: Mielies	Infiltrasie		
Lengte	Laag	Normaal	Hoog
0 m	0 mm	0 mm	0 mm
50 m	9.3 mm	12 mm	18 mm
100 m	12.1 mm	16 mm	28 mm
150 m	14.0 mm	19 mm	36 mm
200 m	15.4 mm	21 mm	42 mm
250 m	16.3 mm	23 mm	46 mm
300 m	17.4 mm	24 mm	50 mm
350 m	18.0 mm	25 mm	54 mm
400 m	18.6 mm	26 mm	57 mm
450 m	19.3 mm	27 mm	60 mm
500 m	19.9 mm	28 mm	63 mm
550 m	20.4 mm	29 mm	65 mm
600 m	20.9 mm	30 mm	67 mm
650 m	21.2 mm	30 mm	69 mm
700 m	21.7 mm	31 mm	71 mm
750 m	22.0 mm	31 mm	73 mm
800 m	22.3 mm	32 mm	74 mm
850 m	22.7 mm	32 mm	76 mm
900 m	23.1 mm	33 mm	77 mm
950 m	23.3 mm	34 mm	79 mm
1000 m	23.7 mm	34 mm	80 mm

Gewas 3: Lusern	Infiltrasie		
Lengte	Laag	Normaal	Hoog
0 m	0.0 mm	0 mm	0 mm
50 m	25.5 mm	33 mm	52 mm
100 m	33.3 mm	45 mm	82 mm
150 m	37.9 mm	53 mm	105 mm
200 m	41.4 mm	58 mm	123 mm
250 m	44.3 mm	63 mm	137 mm
300 m	46.5 mm	67 mm	149 mm
350 m	48.6 mm	70 mm	159 mm
400 m	50.4 mm	73 mm	168 mm
450 m	51.9 mm	75 mm	176 mm
500 m	53.4 mm	78 mm	184 mm
550 m	54.6 mm	80 mm	191 mm
600 m	55.9 mm	82 mm	197 mm
650 m	57.0 mm	84 mm	203 mm
700 m	58.1 mm	85 mm	208 mm
750 m	59.2 mm	87 mm	213 mm
800 m	60.1 mm	88 mm	218 mm
850 m	61.0 mm	90 mm	223 mm
900 m	61.7 mm	91 mm	227 mm
950 m	62.6 mm	93 mm	232 mm
1000 m	63.4 mm	94 mm	236 mm

FINALE ONTWERP			
ONTWERP AANNAMES			
ONTWERP RESULTATE:			
Gewas	Koring	Mielies	Lusern
Vloeiweerstand	0.15 mm	0.04 mm	0.25 mm
Worteldiepte	0.60 m	0.60 m	0.60 m
Gewasfaktor	1	1	1
Opbrengsmikpunt	6000 kg	9 000 kg	25 000 kg
Daaglikse vogbehoefes	7 mm	11 mm	6 mm
Toedieningsdoeltreffendheid	90 %	85 %	100 %
P.B.W.K.	150 mm	150 mm	150 mm
Helling	0.00130 m/m	0.000126 m/m	0.00130 m/m
Infiltrasiekonstante - a	0.000126	0.000126	0.000126
Infiltrasiekonstante - b	0.68	0.68	0.68
Aantal blokke	10	10	10
Lengte van blok	100 m	100 m	100 m
Toediening verkry	30.00 mm	30.00 mm	30.00 mm
Spitskapasiteit	7.78 mm/dag	12.94 mm/dag	6.00 mm/dag
Kortste siklus	3.68 dae	2.32 dae	5.00 dae
Eenheidstroomgrootte	1.27 l/s/m	0.81 l/s/m	1.70 l/s/m
Afsnytyd	39.45 min	61.35 min	29.44 min
Netto kontaktyd	52.13 min	52.13 min	52.13 min

Datalêers

Die funksionele veld "Lêer" maak ook voorsiening vir die oordrag van resultate deur middel van datalêers. Die kern-element "Datalêer" word hiervoor gebruik.

4.2.7 Rand- en standaard-waardes ('Default Values')

Randwaardes is gestel ten opsigte van die data wat ingelees word ten einde die formaat binne die C++-program te kan verstel. Die ontwerper kan dus sy eie waardes slegs binne die geformateerde perke in die

program inlees. Normaalweg sou nulwaardes nie bereken kan word nie en 'n aantal standaardwaardes ("Default values") is gestel sodat die berekeninge kan vlot.

Soos bespreek in paragraaf 5.4 (**Volume 4**) is in die huidige vloedbesproeiing navorsingsprojek nie voorsiening gemaak vir die ondersoek en stel van funksionele randvoorwaardes ten opsigte van die optimale resultate van die Optivloed 2.2- program nie. Die onus rus tans op die ontwerper om seker te maak dat sy ontwerp binne prakties uitvoerbare perke sal wees ten opsigte van:

- * Maksimum nie-erodeerbare stroomgrootte
- * Minimum vloeddiepte
- * Maksimum beddinglengte
- * Minimum hellings waarvoor die program geld.

LITERATUURLYS

- BADENHORST, J.W., 1973. Die afsnykoeffisiënt vir die ontwerp van vloedbesproeiingsbeddings. *Landbou-ingenieurswese in Suid-Afrika*, 7(1):46-55.
- BADENHORST, J.W., 1974. *Finale verslag van 'n ondersoek na huidige toestande van beddingbesproeiing in Suid-Afrika*. Projek (A) L-MI 29/1. Dept. van Landbou en Visserye, Pretoria.
- BASSETT, D.L., FRANGMEIER, D.D. & STRELKOFF, T., 1980. Hydraulics of surface irrigation. In JENSEN, M.E., (Ed.), *Design and operation of farm irrigation systems*, Chapter 12. ASAE Monograph 3, St. Joseph, Michigan. p447-498.
- CHOW, V., 1959. *Open channel hydraulics*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- DU RAND, D.J., KRUGER, G.H.J. & VAN RENSBURG, B.D.J., 1985. *Finale verslag projek OVH 77*. Dept van Landbou en Watervoorsiening, Pretoria, Suid-Afrika.
- DU RAND, D.J. & KRUGER, G.H.J., 1991. Surface irrigation in South Africa - The challenge. *Proceedings of the Southern African Irrigation Symposium*. Durban, South Africa.
- KRUGER, G.H.J., 1986. Furrow irrigation. *Proceedings of the International Symposium on Agricultural engineering*. January, Pretoria. CIGR, section 1:1.125-1.134.
- KRUGER, G.H.J., 1989. Hidrodinamiese ontwerp van vloedbesproeiing stelsels. *Landbou Ingenieurswese in Suid Afrika*, 21(1):137-144.
- MERRIAM, J.L., 1978. Border-strip irrigation design- procritical approach from a theoretical basis. *ASAE. Summer meeting*. Utah State University. USA.
- SHOCKLEY, D.G., WOODWARD, H.J. & PHELAN, J.J., 1964. A quasi-rational method of border-irrigation design. *Trans. ASAE*, 7(4):420-423, 426.
- SOIL CONSERVATION SERVICE., 1983. Furrow irrigation. *IN USDA National Engineering Handbook*. Chapter 5, Section 15. United States Dept. Agric. Washington. DC.

WALKER, W.R., 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. *FAO irrigation and drainage paper 45*. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome.

WALKER, W.R., & SKOGERBOE, G.V., 1987. *Surface irrigation: theory and practice*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

SIMULERINGSMODELLE

STRELKOFF, T., 1985. BRDRFLW: A mathematical model of border irrigation. United States Department of Agriculture, Phoenix, Arisona.

WALKER, W.R., 1987; 1989. SIRMOD : Surface irrigation simulation software. Utah State University, Logan, Utah.