



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search  
<http://ageconsearch.umn.edu>  
[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

## 'N VLOEDSKADESIMULASIEMODEL VIR DIE HERBEPLANNING/- STRUKTURERING VAN 'N VLOEDVLAKTE

L A du Plessis and M F Viljoen

Departement Landbou-ekonomie, Universiteit van die Oranje-Vrystaat

In Suid-Afrika is tydens die ondersoek na die gevolge van vloede gedurende die sewentigerjare begin met die ontwikkeling van 'n stel vloedskadefunksies gebaseer op werklike vloede. Nodige opvolgnavorsing is nie gedurende die tagtigerjare voortgesit nie. Om verskeie redes word vloedskade, gebaseer op werklike vloede, onder- en/of oorberaam; 'n tweede metode om potensieël vloedskades te beraam, naamlik die *ex ante*-benadering is gevolg om verliesfunksies saam te stel, gebaseer op potensieël vloede. Met verwantskappe tussen die geldwaarde van die direkte vloedskade aan 'n beskadigde item (die skade wanneer 'n item in fisiese aanraking met vloedwaters was) en een of meer kenmerke van die vloed, soos diepte van die vloedwaters, duurte van oorstroming en sleurkrag van die vloedwaters, kan onder meer die geldwaarde van direkte skade wat vloede van verskillende omvang behoort aan te rig, voordat vloede werklik plaasvind beraam word; dit vorm 'n integrale deel van vloedskadesimulasiemodelle.

'n Geografiese Inligtingstelsel-benadering (GIS) is gevolg om 'n vloedskadesimulasiemodel te ontwikkel, bestaande uit verskeie databasisse wat onderling met mekaar verbind is. Die GIS-model maak dit moontlik om vloedskade uit drie gesigspunte (plaaslik, streeks- en nasionaal) te beraam. Visuele voorstellings van die gebied, twee- of drie-dimensioneel, kan op die skerm of op kaarte verkry word. Benewens voornede kan die voordele van verskillende kombinasies van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls deur middel van die GIS-model beraam word, soos byvoorbeeld grondgebruikbestuur, vloedbeskerming, dambestuur en vloedversekering.

### *A FLOOD DAMAGE SIMULATION MODEL FOR THE REPLANNING/RESCHEDULING OF A FLOOD PLAN*

*In South Africa a start was made, during research into the effects of floods during the seventies to developing a set of flood damage functions based on actual floods. Required follow-up research was not continued during the eighties. For various reasons flood damage, based on actual floods, is underestimated and/or overestimated; a second method for estimating potential flood damages, namely the *ex ante* approach, was followed to compile loss functions based on potential floods. With relationships between the money value of direct flood damage to a damaged item (damage when an item was in physical contact with flood waters) and one or more characteristics of the flood, eg. depth of flood waters, duration of flooding, and the momentum flux of the flood waters, the money value of the direct damage that will be caused by floods of different sizes can be estimated before floods actually occur. This forms an integral part of flood damage simulation models.*

*A geographic information system (GIS) approach was followed to develop a flood damage simulation model consisting of several interconnected data bases. The GIS model renders it possible to estimate flood damage from three viewpoints (local, regional and national). Visual representations of the area, two- or three-dimensional, can be obtained on screen or on maps. In addition, the advantages of different combinations of flood control and flood damage control measures can be estimated by the GIS model, for example land use management, flood protection, dam management and flood insurance.*

### 1. Inleiding

Die doel van die referaat is om 'n vloedskadesimulasiemodel te illustreer en aan te toon hoe dit by die evaluering van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls aangewend kan word. Nadat die motivering en probleemstelling verskaf is, word die ondersoekgebied kortliks omskryf. Hierna word 'n metodologiese raamwerk en die vloedskadesimulasiemodel bespreek, waarna die toepassing van die model geïllustreer word.

### 2. Motivering en probleemstelling

Verskeie vloede wat skade van groot omvang aangerig het, het gedurende die sewentiger- en tagtigerjare verspreid oor die RSA voorgekom. Die 1988 vloed het onder ander veroorsaak dat die Departement van Waterwese versoek het dat die vloedbestuursbeleid vir Suid-Afrika hersien moet word. Hierdie nuwe beleid sal na verwagting riglyne en voorskrifte bevat waarvolgens die verskillende vloedgevoelige gebiede in die land hulle eie vloedbestuursplanne moet formuleer en toepas. 'n Vloedbestuursplan bestaan gewoonlik uit 'n kombinasie van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls. Om 'n optimale pakket van maatreëls vir 'n vloedgebied te bepaal,

word onder meer inligting benodig oor die verliese/skade wat voorkom sal word (dit wil sê die voordele wat behaal sal word) deur die toepassing van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls. Om die skade wat voorkom sal word te beraam, word vloedskadefunksies (verliesfunksies) vir die verskillende grondgebruike wat in 'n vloedgebied voorkom, benodig.

Naas die ondersoek na die gevolge van werklike vloede, word ook vir Suid-Afrika 'n ondersoek na potensieël gevolge in die afwesigheid van werklike vloede benodig om 'n betroubare stel verliesfunksies te ontwikkel. Die twee benaderings is aanvullend tot mekaar en behoort deurloopend gevolg te word om 'n databank van vloedskadefunksies op te bou en in stand te hou. In Suid-Afrika is tydens die ondersoek na die gevolge van vloede gedurende die sewentigerjare 'n begin gemaak met die ontwikkeling van 'n stel vloedskadefunksies gebaseer op werklike vloede. Nodige opvolgnavorsing ten opsigte van die ontwikkeling van potensieël vloedskadefunksies is egter nie gedurende die tagtigerjare in Suid-Afrika voortgesit nie. Dit het ook daartoe aanleiding gegee dat geen vloedskadesimulasiemodelle vir Suid-Afrikaanse besproeiingsgebiede ontwikkel is nie. Vir doeleindes van hierdie referaat word grootliks op die konstruering en demonstrering van die aanwending van vloedskadesimulasiemodelle gekonsentreer.



### 3. Ondersoekgebied

Die ondersoekgebied wat vir die navorsing benodig is, moes uit 'n voldoende aantal herhalings van verskillende grondgebruiktipes bestaan, wat verteenwoordigend van die groter besproeiingsgebied langs die Benede-Oranjerivier sou wees. Die gebied moes die tipiese rivierkenmerke van die Benede-Oranjerivier verteenwoordig. Die vloedvlakte van die Oranjerivier, stroomaf van die Gifkloofstuwal tot by die Manie-Conradiebrug by Kanoneiland, 'n afstand van 40 km rivieroewer wat ongeveer 4 500 hektaar besproeiingsgrond verpreid oor agt besproeiingsrade insluit, is vir die doel gekies. Dié gebied voldoen aan voormelde vereistes.

### 4. Metodologiese raamwerk

#### 4.1 Beskrywing van basiese begrippe

'n **Vloed**, veroorsaak deur oortollige reën, word in twee fases verdeel, naamlik 'n landfase en kanaalfase. Nadat die grond versadigingspunt bereik het, beland hierdie oortollige water in rivierlope en 'n bonormale vloei van die rivier word veroorsaak, sodanig dat die walle oorstrom word en ontstaan die kanaalfase van die vloed. Die feit dat die vloedvlaktes gebruik word, veroorsaak dat 'n vloed van tyd tot tyd skade veroorsaak. **Vloedskade** is die materiële en nie-materiële verliese wat deur 'n gemeenskap as gevolg van 'n vloed gely word. Die materiële, of tasbare verliese, verwys na die gedeelte van die skades waaraan 'n geldwaarde geheg kan word, terwyl die nie-materiële, of nie-tasbare skades, op die gedeelte dui waaraan geen geldwaarde geheg kan word nie. **Vloedskadebeheermaatreëls**, dit is maatreëls wat getref word om die fisiese omvang van vloede te verlaag, die uitwerking van vloede op die mens en die gemeenskap te verlig en die geneigdheid tot vloedskade by verskillende gebiede te verminder (Spies, et al., 1977, aangehaal deur Viljoen & Smith, 1982), kan ingestel word om vloedskade te verlaag. Hierdie maatreëls kan gewoonlik in twee hoofgroepe verdeel word, naamlik strukturele en nie-strukturele maatreëls. Strukturele maatreëls, soos damme en noodwalle is daarop gerig om die fisiese aard en omvang van vloede te verander, terwyl nie-strukturele maatreëls ingestel word om te poog om die menslike optredes te rig ten einde die uitwerking van 'n vloed op die individu en die gemeenskap te verlig. In die geval van oorwegend strukturele beheermaatreëls is dit gebruikelik om tussen twee groepe **vloedskadebeheervoordele** te onderskei, naamlik die wat op 'n vermindering in skade aan bestaande ontwikkelings in die vloedvlakte dui en nuwe voordele as gevolg van die feit dat ekonomiese groei en verdere ontwikkeling aangewakker word. Die gearseerde gedeelte in Figuur 2 dui dan op die voordele wat behaal kan word deur die implementering van verskillende vloedbeheer en vloedskadebeheermaatreëls.

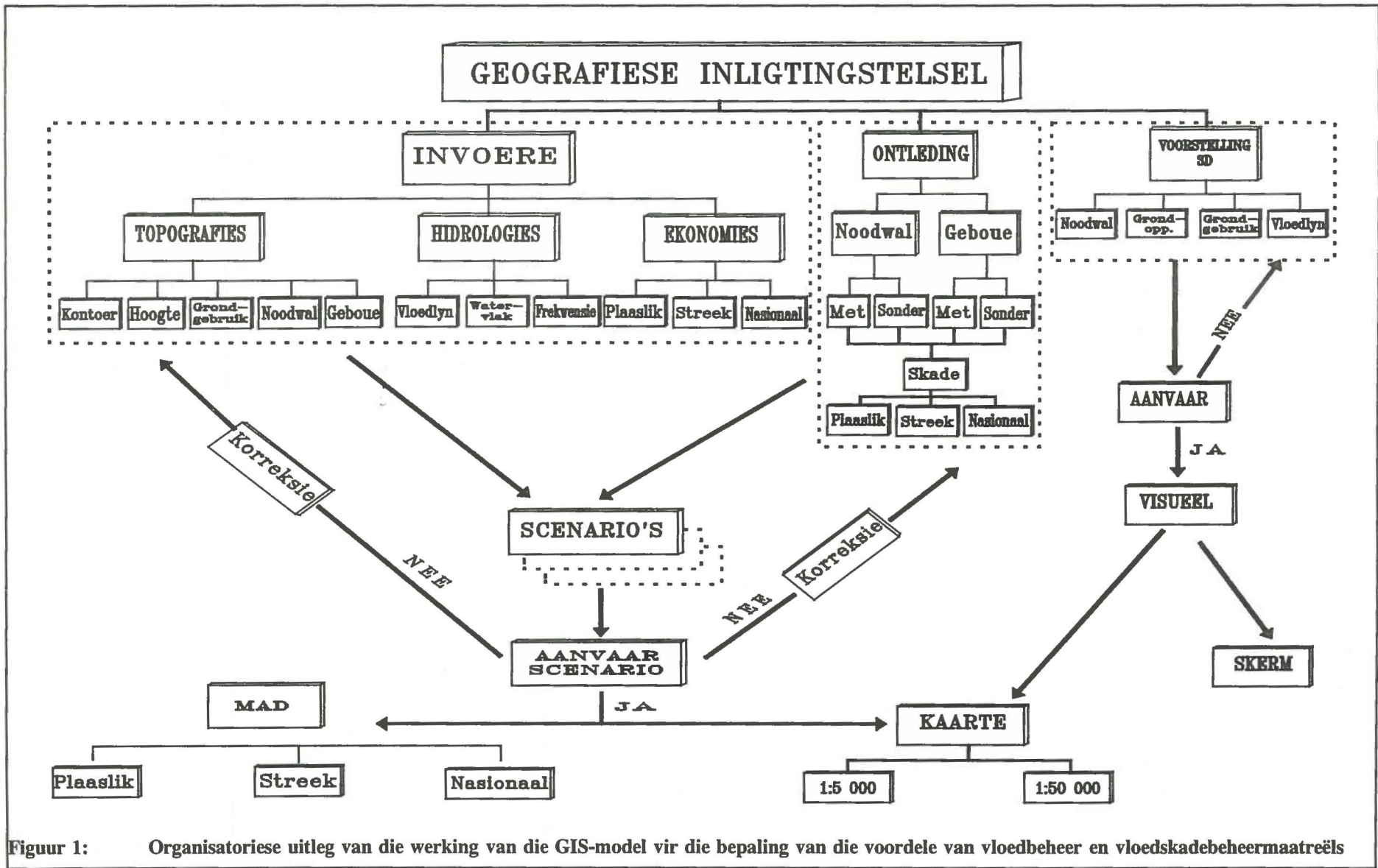
#### 4.2 Benaderings om vloedskade te bepaal en die rol van verliesfunksies

Twee benaderings kan gevolg word by die beraming van vloedskade, naamlik die *ex poste*- en *ex ante*-benadering. Eersgenoemde verwys na metodes gebaseer op gerapporteerde vloedskade, terwyl die tweede benadering na situasie-simulasiemetodes (metodes gebaseer op kunsmatige of potensiele vloede) verwys. Om verskeie

redes word vloedskade, gebaseer op werklike vloede, onder- en/of oorberaam en word na aanleiding hiervan 'n metode benodig om vloedskade te bepaal wat nie afhanklik is van werklike vloede nie. Dit gee aanleiding tot 'n tweede metode om potensiele vloedskades te beraam, naamlik die *ex ante*-benadering. Die benadering behels die van White, wat verliesfunksies saamstel gebaseer op die kunsmatige of potensiele vloede en is in hierdie ondersoek gebruik vir die konstruering van verliesfunksies waar 'n verliesfunksie matematis, grafieks en/of tabellaries die verwantskap tussen die geldwaarde van die direkte vloedskade aan 'n beskadigde item (dit is die skade wanneer 'n item in fisiese aanraking met die vloedwaters was) en een of meer kenmerke van die vloed, soos diepte van die vloedwaters, duurte van oorstroming en sleurkrag van die vloedwaters, beskryf. Met behulp van sodanige verwantskappe, kan onder meer die geldwaarde van die direkte skade wat vloede van verskillende omvang behoort aan te rig, voordat vloede werklik plaasvind, beraam word en vorm dit 'n integrale deel van vloedskadesimulasiemodelle.

#### 4.3 Die vloedskadesimulasiemodel<sup>2</sup>

Vloedskadesimulasiemodelle het, benewens die vermoë om die skades van verwagte toekomstige vloedgebeure te beraam, besondere gebruikswaarde in die beplanning van optimale vloedskadebeheermaatreëls (Viljoen en Smith, 1982). Die primêre doel met die ontwikkeling van vloedskadesimulasiemodelle is die daarstelling van betroubare, relevante inligting waarop besluite met vertroue geneem kan word. Tydens hierdie navorsing is aanvanklik besluit om 'n matriksbenadering te volg om 'n vloedskadesimulasiemodel te ontwikkel. 'n Bestaande sigbladprogram is vir hierdie doel gebruik. As gevolg van omvangryke en ingewikkelde berekeninge wat by vloedskadesimulasiemodelle uitgevoer word, was die ontwikkeling van 'n matriksbenadering nie geslaagd nie en het daarom aanleiding gegee tot 'n tweede benadering, naamlik die Geografiese Inligtingstelsel-benadering (GIS). Met die benadering is die GIS-model ontwikkel, bestaande uit verskeie databasisse wat onderling met mekaar verbind is. Die GIS-model bestaan uit drie hoof afdelings, naamlik invoere, ontleding en voorstelling (sien Figuur 1). Verskeie tipes data word onder invoere gegroeper, naamlik topografiese, hidrologiese en ekonomiese data. Topografiese data wat ingevoer word, sluit onder andere die eenmeter kontoerlyne, hoogtepunte, grondgebruikspatroom, die ligging en hoogte van noodwalle en geboue in. Elk van hierdie invoere kan na gelang van die gebruiker verander word, om afwykings vanaf normale grondgebruike vas te stel. Die ontledingsopsie stel die gebruiker instaat om vloedskade met en/of sonder noodwalle en ook met en/of sonder effek van geboue te verreken. Verskeie scenario's kan opgestel word deur invoere te verander en 'n keuse by ontledings te maak. By aanvaarding van 'n scenario kan die totale gemiddelde jaarlikse skade uit 'n plaaslike, streeks- of nasionale gesigspunt beraam word. Sou die scenario nie aanvaar word nie, kan verdere veranderings by invoere en/of ontledings gemaak word. Benewens voormelde beramings, is die GIS-model ook in staat om visuele, hetsy twee- of drie-dimensionele voorstellings van die gebied op die skerm te laat verskyn. Beelde op die skerm kan ook in die vorm van kaarte uitgedruk word. Die omvang van die totale gemiddelde jaarlikse vloedskade, ook bekend as "mean annual damage" (MAD), wat met die simulasiemodel uit drie gesigspunte (plaaslike, streeks- en nasionale



Figuur 1: Organisatoriese uitleg van die werking van die GIS-model vir die bepaling van die voordele van vloedbeheer en vloedskadebeheermaatreëls



gesigspunt) bereken word, word aan die hand van Figuur 2 geïllustreer. Vloedskade vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkoms word bereken en kan nie bloot gesommeer word nie, aangesien die waarskynlikhede van die vloede nie na een optel nie. Dit bring mee dat 'n aangepaste benadering vir die berekening van die totale gemiddelde jaarlikse skade gevolg word. Die totale gemiddelde jaarlikse skade word beraam deur die oppervlakte tussen die boonste kurwe in Figuur 2 en die skade en frekwensie-asse, naamlik:

$$D_m = \int_0^1 D dp$$

**5. Empiriese resultate**

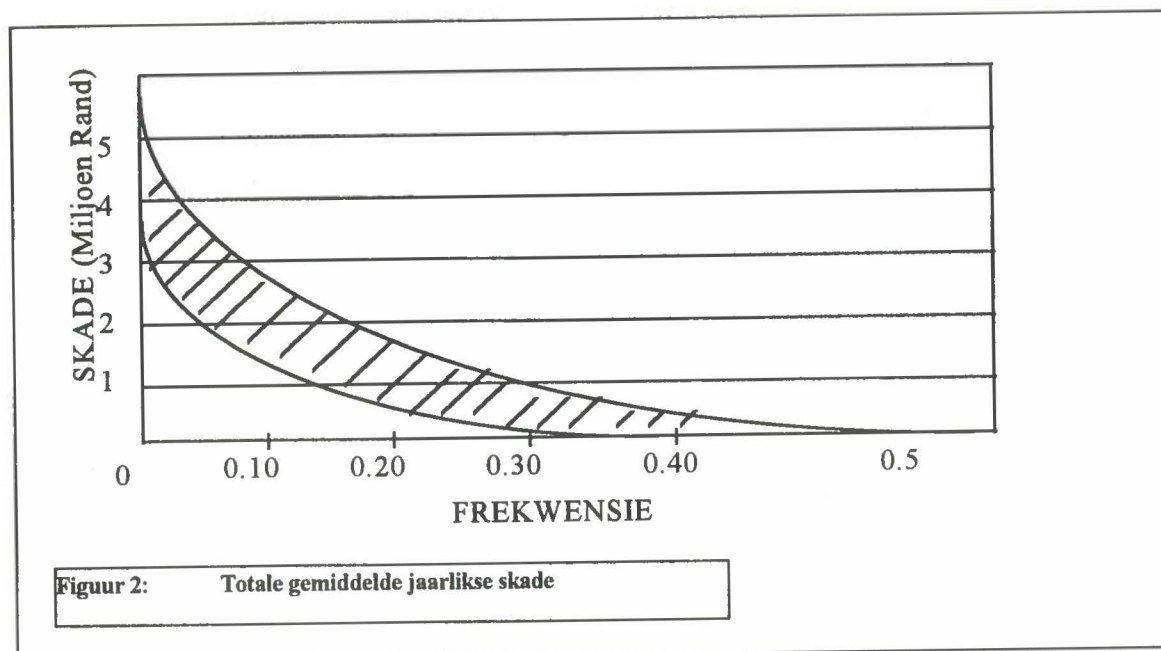
Na aanleiding van voormelde bespreking kan die aanwending van dié vloedskadesimulasiemodel (GIS) gedemonstreer word, enersyds deur die totale gemiddelde jaarlikse skade uit drie gesigspunte (plaaslike, streeks- en nasionale gesigspunt) te beraam en andersyds kan die voordele wat uit verskillende vloedbeheer en vloedskadebeheermaatreëls te behaal is, bepaal word.

**5.1 Totale gemiddelde jaarlikse vloedskade uit drie gesigspunte**

Vloede kan verskillende tye van die jaar voorkom en maak die verliesfunksies vir vloede wat vanaf 1 Februarie tot 30 Maart mag voorkom, voorsiening. Vir doeleindes van hierdie referaat word resultate van 'n vloed, wat die grootste waarskynlikheid het om in enige jaar voor te kom, naamlik 'n 5 Maart vloed, bespreek. Tabel 1 is 'n opsomming van die totale gemiddelde jaarlikse vloedskade. Die effek van die teenwoordigheid van geboue en noodwalle word wel verreken met 'n gemiddelde noodwalhoogte van 1,6 m (Ekkerd, 1993).

Die totale gemiddelde jaarlikse vloedskade vir 'n vloed wat 5 Maart in enige jaar mag voorkom beloop R7,030 miljoen (Tabel 1). Die gebied tussen Boegoeburgdam tot by Augrabies beslaan ongeveer 27 000 hektaar en word vloedskade vir dié gebied op R43,107 miljoen beraam.

Nadat streeksvermenigvuldigers uit die inset-uitsettabelle bereken is, kon die sekondêre gevolge van vloede vir Ontwikkelingstreek B beraam word. Skade uit 'n



**Tabel 1: Die totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskade (R miljoen) vir 'n 5 Maart vloed, met die effek van geboue en noodwalle verreken, vir die landbousektor tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug, 1992**

VLOED	Totale skade uit 'n plaaslike gesigspunt	Totale skade uit 'n streeksge-sigspunt	Totale skade uit 'n nasionale gesigspunt
Een-in-vyfjaar vloed	11,341	20,476	36,479
Een-in-tienjaar vloed	25,575	34,717	55,153
Een-in-twintigjaar vloed	44,081	53,220	74,406
Een-in-vyftigjaar vloed	64,115	73,240	90,821
Streeksmaksimum vloed	88,281	97,374	113,485
<b>MAD</b>	<b>7,030</b>	<b>9,085</b>	<b>13,265</b>
<b>MAD PER HEKTAAR (R duisend)</b>	<b>1 600</b>	<b>2 068</b>	<b>3 019</b>

streeksgesigspunt vir die ondersoekgebied word op R9,085 miljoen beraam en beloop R2 068 per hektaar. Die sekondêre gevolge van vloede vir die streek is dus 22,6 persent meer as die totale direkte skade.

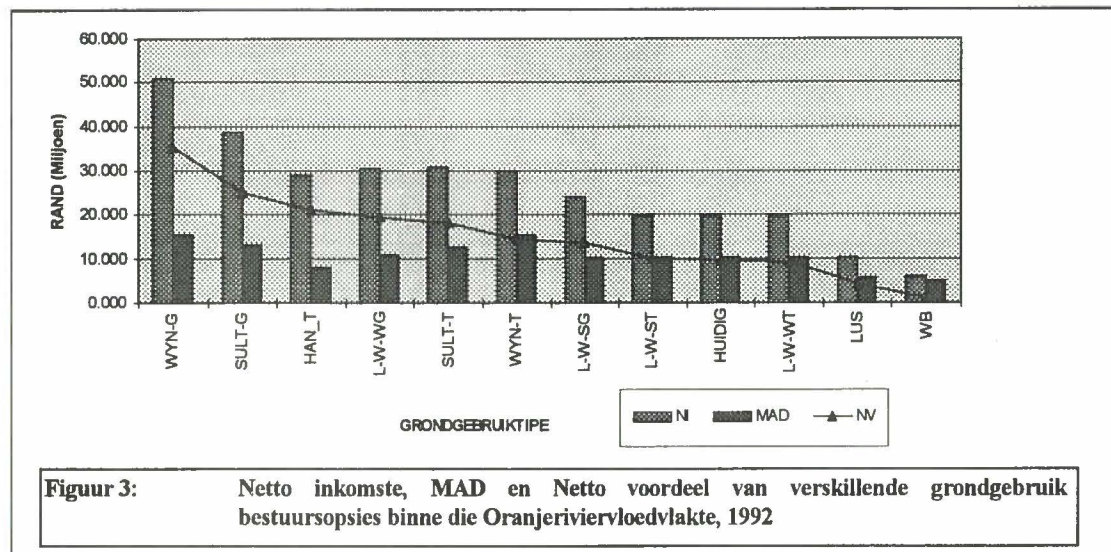
Om vloedskade uit 'n nasionale gesigspunt te kon beraam, moes nasionale vermenigvuldigers bereken word. Anders as die streeks-inset-uitsettabelle kon vir elke landbouprodukt 'n nasionale landbouvermenigvuldiger bereken word en verskil die metodologie wat hier gevolg word grootliks van die metodologie om vloedskade uit 'n streeksgesigspunt te beraam. Benewens die berekening van vermenigvuldigers, is markpryse aangepas na skadupryse, sodat die werklike ekonomiese waardes van kommoditeite weerspieël word. Vloedskade uit 'n nasionale gesigspunt vir die ondersoekgebied word op R13,265 miljoen beraam en beloop R3 019 per hektaar.

**5.2 Vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls**

**5.2.1 Grondgebruikbestuur**

Die effek van verskillende grondgebruikbestuursopsies kan met behulp van die vloedskadestimulasiemodel ondersoek

word. Ter illustrering hiervan word 'n paar hipotetiese grondgebruieke ontleed en in Figuur 3 grafies voorgestel. Die grootste MAD kom in die ondersoekgebied voor indien slegs wyndruiwe met 'n gewelstelsel verbou word, in teenstelling met wisselbou wat die kleinste MAD oplewer. Word verskillende prieselstelsels met die huidige grondgebruikspatroom vergelyk, blyk daar geen noemenswaardig verskil te wees nie. Brown (1972), Krutilla (1966) en Lind (1967), aangehaal deur Thampapillai & Musgrave (1985), maak tereg die opmerking dat die verwagte vloedskade verminder word, maar teen 'n koste wanneer 'n gewas wat 'n groter verwagte netto inkomste in vloedvlaktes oplewer as buite die vloedvlakte, nie meer in die vloedvlakte verbou word nie. Deur die MAD van die verskillende grondgebruikstipes van die netto wins van die onderskeie grondgebruikstipes af te trek, kan die netto voordeel van sodanige grondgebruikstipe, om in die vloedvlakte te vestig, bepaal word (Figuur 3). Alhoewel wyndruiwe met 'n gewelstelsel die grootste MAD veroorsaak, het dit ook die grootste netto voordeel om in die vloedvlakte te vestig. Wisselbou veroorsaak die kleinste MAD en lewer ook die kleinste netto voordeel om in die vloedvlakte te vestig.



**Verklaring:**

- NI: Netto Inkomste
- MAD: Totale gemiddelde jaarlikse skade (Mean Annual Damage)
- NV: Netto Voordeel
- WYN-G: Wyndruiwe met gewelstels
- SULT-G: Sultana met gewelstels
- HAN-T: Hanepoot met T-stelsel
- L-W-WG: Lusern, wisselbou en wyndruiwe met gewelstelsel
- SULT-T: Sultana met T-stelsel
- WYN-T: Wyndruiwe met T-stelsel
- L-W-SG: Lusern, wisselbou en sultana met gewelstelsel
- L-W-ST: Lusern, wisselbou en sultana met T-stelsel
- HUIDIG : Huidige grondgebruikspatroom
- L-W-WT : Lusern, wisselbou en wyndruiwe met T-stelsel
- LUS: Lusern
- WB: Wisselbou



**Tabel 2:** Die totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskaade (R miljoen) vir 'n 5 Maart vloed, met en sonder die effek van en noodwalle verreken, vir die landbousektor tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug, 1992

VLOED	TOTALE SKADE SONDER NOODWALLE	TOTALE SKADE MET NOODWALLE
Een-in-vyfjaar vloed	20,796	11,341
Een-in-tienjaar vloed	37,445	25,575
Een-in-twintigjaar vloed	56,742	44,081
Een-in-vyftigjaar vloed	70,286	64,115
Streeksmaksimum vloed	90,102	88,281
MAD	9,306	7,029
MAD PER HEKTAAR (R duisend)	2 118	1 600

**Tabel 3:** Voordele te behaal (R miljoen) uit die oprigting van noodwalle vir die ondersoekgebied tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug by Kanoneiland, 1992

Verdiskonteringskoers	Noodwal voordeel	Noodwalkoste (Onderhoudskoste ingestluit)	Netto noodwal voordeel
NHW 8%	24,297	3,907	20,390
NHW 10%	20,661	3,730	16,929
NHW 12%	17,852	3,585	14,267

### 5.2.2 Vloedbeskerming

Vloedbeskerming in die geval verwys na die oprigting van noodwalle in die ondersoekgebied. Om die werklike voordele van noodwalle in die ondersoekgebied te bepaal, moet die totale oprigtingskoste van sodanige noodwalle bepaal word. Die totale koste om alle noodwalle in die ondersoekgebied op te rig, beloop R3,6 miljoen. Tabel 2 toon die totale gemiddelde jaarlikse vloedskaade vir 'n 5 Maart vloed met en sonder die effek van noodwalle in aggenome. Die verskil tussen die twee scenario's dui dan op die voordeel wat uit noodwalle behaal kan word.

Op die oog af blyk dit dat R3,6 miljoen se uitgawes aangegaan moet word om slegs 'n besparing van R2,276 miljoen te verkry. Die R2,276 miljoen wat wel bespaar word, is 'n gemiddelde jaarlikse besparing en moet oor die leeftyd van 'n noodwal na die huidige waarde terug verdiskonteer word. 'n Netto voordeel van R14,267 miljoen word behaal teen 'n 12 persent verdiskonteringskoers (Tabel 3).

### 5.2.3 Dambestuur

Benewens strukturele vloedskaadebeheermaatreëls, soos die oprigting van noodwalle, kan vloedbeheer deur middel van dambestuur ook toegepas word. In effek word die hidrulika in die rivier beïnvloed, deurdat die watervlakhogtes by verskillende plekke in die rivier verander. Dit impliseer dat die risiko van vloede verander deurdat die waarskynlikheid om in 'n spesifieke jaar voor te kom, kan verlaag of verhoog. Die oprigting van 'n addisionele dam of die verhoging van 'n bestaande damwal, kan die waarskynlikheid van vloede om in enige jaar voor te kom, verlaag. Die effek hiervan op die MAD kan deur middel van die GIS-model bepaal word. 'n Tienpersent verlaging in vloedwaarskynlikhede het aanleiding gegee tot 'n negepersent verlaging in MAD, terwyl 'n 20 persent verlaging in vloedrisiko 'n 16,7 persent verlaging in die MAD veroorsaak het. Alhoewel 'n kleiner voordeel, in vergelyke met die risikoverlaging, in die MAD voorkom, moet die voordeel met die koste verbonde aan sodanige vloedbeheermaatreël ook in verband gebring word om uitsluitel te kan gee.

### 5.2.4 Versekeringspremie

Vir verskillende vloedskaadebeheeropsies kan die versekeringspremie telkens vasgestel word, deur die jaarlikse vloedskaadepremie gelyk aan die verwagte gemiddelde jaarlikse vloedskaade te stel. Addisionele administratiewe koste word in dié geval geïgnoreer, maar 'n addisionele 10 persent heffing, aanbeveel deur Kuiper (1971), aangehaal deur Van Zyl & Groenewald (1988), word by die premie gevoeg. Die MAD van die huidige grondgebruikspatroom met die effek van geboue en noodwalle verreken beloop R7,030 miljoen en is R1 760 per hektaar. Sou slegs wyndruiwe in die vloedvlakte verbou word, beloop die versekeringspremie R3 859 per jaar. Die premies blyk bekostigbaar te wees, maar vir die instelling van 'n vloedversekeringspremie moet ander faktore ook verreken word.

## 6. Opsomming

Vir die eerste keer is in Suid-Afrika 'n begin met vloedskaadesimulasiemodelle gemaak. Die ontwikkeling van vloedskaadesimulasiemodelle op 'n bestaande sigbladprogram (sogenaamde matriksbenadering) blyk problematies te wees en 'n aangepaste benadering, naamlik 'n geografiese inligtingstelsel-benadering is gevolg. 'n Belangrike onderdeel vir die konstruering van 'n vloedskaadesimulasiemodel is die ontwikkeling van verliesfunksies vir die verskillende grondgebruiktipes. Vloedskaade word uit drie gesigspunte, naamlik plaaslike, streeks- en nasionale gesigspunt beraam. Benewens die beraming van die MAD uit drie gesigspunte, kan twee en/of drie-dimensionele voorstelling van die gebied op die skerm of in die vorm van kaarte voorgestel word en kan die voordele van verskillende vloedbeheer en vloedskaadebeheermaatreëls vasgestel word.

Die model is geïllustreer deur vloedskaade vir 'n 5 Maart vloed uit drie gesigspunte beraam. Dit het gewissel van R7,030 miljoen uit 'n plaaslike gesigspunt tot R13,265 miljoen uit 'n nasionale gesigspunt. Ten opsigte van grondgebruiksbestuur is onder andere aangetoon dat wingerdkultivars met die hoogste netto inkomste per hektaar



ook aanleiding tot die grootste MAD gee. Die verwagte vloedskade word verminder teen 'n koste, wanneer 'n gewas wat 'n groter verwagte netto inkomste in vloedvlaktes oplewer as buite die vloedvlakte, nie meer in die vloedvlakte verbou word nie. Ook is byvoorbeeld aangetoon dat noodwalle in die ondersoekgebied 'n ekonomiese voordeel het wat wissel van R14,267 miljoen tot R20,390, afhangend van die verdiskonteringskoers wat gebruik word.

### Verwysings

AUSTRALIA DEPARTMENT OF RESOURCES AND ENERGY. (1985). Guidelines for floodplain management in Australia. Canberra: Australian Government Publishing Service. (Water Management Series No. 6).

DUVENHAGE, J.C. (1993). Departement van Waterwese en Bosbou. Stelselontwikkelaar. Persoonlike mededelings. Pretoria.

EKKERD, F. (1993). Departement van Landbou. Streeksingenieur. Persoonlike mededelings. Upington.

GREENAWAY, M.A. (1993). Centre for Resource and Environmental Studies. The Australian National University. Persoonlike mededelings. Australië.

HANDMER, J.W. (1985). Anuflood in New Zealand, Part 2: background to flood loss measurement. Hamilton: University of Waikato, Department of Geography. (CRES Working Paper 1986/3).

HIGGINS, R.J. & ROBINSON, D.J. (1981). An economic comparison of different flood mitigation strategies in Australia: a case study. Canberra: Australian Government Publishing Service. (Department of National Development and Energy, Australian Water Resources Council, Research Project No. 78/114).

KOTZE, T. (1993). Suid-Afrikaanse Droëvrugte Koöperasie. Landbou-ekonomies. Persoonlike mededelings. Upington.

KRUTILLA, J.V. (1966). An economic approach to coping with flood damage. Water Resources Research, Vol 2(2):183-190.

MOCKE, T. (1993). Departement van Waterwese en Bosbou. Persoonlike mededelings. Pretoria.

PENNING-ROUSELL, E.C. & CHATTERTON, J.B. (1977). The benefits of flood alleviation: a manual of assessment techniques. England: Gower.

SCHOEMAN, J.J.. (1991). Impak van vloede: perspektief ten opsigte van gemiddelde jaarlikse vloedskade. Universiteit van Pretoria, Departement Ekonomie.

SMITH, D.I. (1985). Anuflood in New Zealand, Part 3: anuflood development and application. Hamilton: University of Waikato: Department of Geography. (CRES Working Paper 1986/4).

SMITH, D.I. (1993). Centre for Resource and Environmental Studies. The Australian National University. Persoonlike Mededelings. Australië.

SMITH, D.J.G. & VILJOEN, M.F. (1989). Hantering van die 1988 rampvloed in die Vrystaatstreek en prosedure

voorstelle vir toekomstige vloedhulpbestuur. Bloemfontein: Departement van Landbou-ontwikkeling.

SMITH, D.J.G., VILJOEN, M.F. & SPIES, P.H. (1981). Guidelines for assessing flood damage in South Africa. Pretoria: Water Research Commission.

SPIES, P.H., VILJOEN, M.F. & SMITH, D.J.G. (1977.) Vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika, deel I: 'n metodologie vir vloedskadebepaling. Stellenbosch: Universiteit van Stellenbosch, Buro vir Ekonomiese Onderzoek.

SWIEGERS, C. (1993). Departement van Waterwese en Bosbou. Adjunk Direkteur Strategiese Bestuur. Persoonlike mededelings. Pretoria.

THAMPAPILLAI, D.J. & MUSGRAVE, W.F. (1985). Flood damage mitigation: a review of structural and nonstructural measures and alternative decision frameworks. Water Resources Research, Vol 21(4):411-424.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. (1973.) HEC-2 water surface profiles: users manual. Davis: U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Centre. (Generalized Computer Program, Computer Program 723-X6-L202A).

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (1975). Urban storm water runoff: "Storm". Davis: U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, (Generalized Computer Program, Computer Program 723-S8-L2520).

UYS. D.C., 1993. Universiteit van Stellenbosch. Senior Lektor. Departement Wingerdkunde. Persoonlike mededelings. Stellenbosch.

VAN ZYL, J. & GROENEWALD, J.A. 1984. Ekonomiese aspekte van vloedskadegeneigdheid in die landbou: 'n studie in die Laer-Umfolozivlakte. Agrekon, Vol 23(1):32-42.

VAN ZYL, J. & GROENEWALD, J.A. 1988. Vloedskadeversekering: 'n studie op die Benede-Umfolozivlakte. Agrekon, Vol 27(3):16-20.

VAN ZYL, J.L. 1993. Onderzoek na die betaalbaarheidsvermoë van die boere op Kanoneiland. Pretoria: Departement van Landbou-ontwikkeling. (Ongepubliseerde verslag).

VILJOEN, M.F. 1979. Die ekonomie van waterbenutting met besondere verwysing na die bepaling van vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika. Bloemfontein: Die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing.

VILJOEN, M.F. & SMITH, D.J.G. 1982. Vloedskadebepaling en vloedskadebeheer as onderdele van die ekonomie van waterbenutting. Bloemfontein: Die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing.

VILJOEN, M.F., SMITH D.J.G. & SPIES, P.H. 1978. Vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika, deel IV: 'n evaluering van die problematiek rondom vloedskadebepaling in die Republiek van Suid-Afrika. Bloemfontein: Die Universiteit van die



Oranje-Vrystaat, Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing.

VILJOEN, M.F. & VOS, J.A. 1984. Riglyne vir die ontwikkeling van vloedskadevoorspellingsmodelle. Bloemfontein: Die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing.

VOS, J.A. 1977. Die ontwikkeling van 'n stedelik-geografiese model vir vloedskadebepaling na aanleiding van die 1974-oorstroming langs die Riet- en Oranjerivier. M.A.(Aardrykskunde)-verhandeling, Die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.

VOS, J.A. 1982. Die bepaling van vloedskades binne stedelike nedersettings na aanleiding van die 1975-oorstromings in die Vaalrivier asook riglyne vir die vermindering van vloedverliese, deel I en deel II. Ph.D.-verhandeling, Universiteit van die Oranje Vrystaat, Bloemfontein.

#### Rekenaarprogramme

DBASE IV: *Handleiding.*

PC ARCEDIT V3.4D. 1990. *Volume 1. Installation: final notes.*

PC ARCEDIT V3.4D. 1990. *Volume 2: users guide.*

PC ARC INFO. 1990. *Hardware interface guide.*

PC ARC INFO. 1990. *Map projection and coordinate management.*

PC ARC INFO. 1990. *Technical guide to hardware options.*

INFO V3.4D. 1990. *Starterkit: installation guide.*

PC ARC INFO V3.4D. 1990. *Starterkit, Volume 1: final notes, users guide.*

PC ARC INFO V3.4D. 1990. *Starterkit, Volume 2: users guide.*

PC ARCPLOT V3.4D. 1990. *Volume 1: installation guide.*

PC ARCPLOT V3.4D. 1990. *Volume 2: users guide.*

WEISSKOPF, G. 1992. *Mastering Quattro Pro 4 for Dos. Fourth Edition.*

#### Summary : A flood damage simulation model for the replanning/resheculation of a flood plan

Flood damage simulation models were constructed for the first time in South Africa. Developing flood damage simulation models on an existing spreadsheet program (so-called matrix approach) was problematic, and an adjusted approach, namely a geographic information system (GIS) approach was followed. An important component for the construction of a flood damage simulation model is the development of loss functions for the various land use types. Flood damage was estimated from three viewpoints, namely from local, regional and national. In addition to estimating the mean annual damage (MAD) from three viewpoints, the area flooded can be represented two- and/or three dimensionally on the screen or in the form of maps, and the advantages of different flood control and flood damage control measures can be determined.

The model was illustrated by estimating flood damage for a 5 March flood from three viewpoints. The damage ranged from R7 030 million from a local viewpoint to R13 265 million from a national viewpoint. The advantages of different flood control and flood damage control measures such as land use management, flood protection (levee/temporary dams), dam management and flood insurance were determined by means of the GIS model. In respect of land use management it was shown among others that vine cultivars with the highest net income per hectare also resulted in the highest MAD. The expected flood damage is reduced but at a cost when a crop producing a larger expected net income in the flood-plain than outside the flood-plain is no longer grown in the flood-plain. It was also shown, for example, that levees in the research area had an economic advantage ranging from R14 267 to R20 390 million depending on the discount rate used.