

Riglyne vir die ontwikkeling van vloedskadevoorspellingsmodelle

M.F. VIJJOEN EN J.A. VOS

Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Posbus 339, Bloemfontein 9300.

Abstract

Guidelines for the development of loss functions

A loss function defines the relationship between direct flood damage and certain flood characteristics such as depth of inundation, duration of inundation, area inundated, silt content and momentum flux of the flood waters for a specific damage category. These relationships could be expressed algebraically, graphically or in tabular form. The main uses of these functions are to ease the determination of future flood damage and to make the planning of flood control measures possible with the aid of formal planning models.

One of the aims of a research project that was initiated after severe flooding in the Republic of South Africa during 1974/75 was to investigate the determination of loss functions. Some of the results of the investigations which could serve as guidelines to future endeavours are as follows:

- It was not possible to obtain data on all the relevant physical flood characteristics and the only two flood parameters for which reasonably accurate data could be obtained, were area and depth of inundation.
- Sufficient data for the determination of formal loss functions were only available for a few river reaches and damage categories. These categories are single storey residences and some other buildings, perennial crops, different vineyard varieties and soils of cultivated lands.
- Because all the physical flood parameters in the models could not be included, it was in most cases not possible to determine a comprehensive model for each damage category. Separate models were therefore constructed for each river reach.
- Two physical flood parameters are dominant in the different models, namely area inundated and depth of inundation.
- Given the problems to determine a complete set of formal loss functions the next best solution may be to construct a set of informal loss functions, viz. the classification of flood damage data for each damage category and river reach into depth of inundation intervals. With this information the damage of future floods (of the same or smaller magnitude) can be determined for a specific river reach, under the necessary assumptions and with minor adaptations.

Inleiding

'n Vloedskadevoorspellingsmodel beskryf matematies, grafies 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 oorstrooming en sleurkrag van die vloedwaters. Met behulp van sodanige verwantskappe, ook bekend as verliesfunksies, sou onder meer die geldwaarde van die direkte skade wat vloede

van verskillende omvang behoort aan te rig, voordat die vloede werklik plaasvind, beraam kan word. Die modelle het daarom, benewens die vermoë om die skades van verwagte toekomstige vloedgebeure te beraam, besondere gebruikswaarde in die beplanning van optimale vloedskadebeheermaatreëls (Viljoen en Smith, 1982).

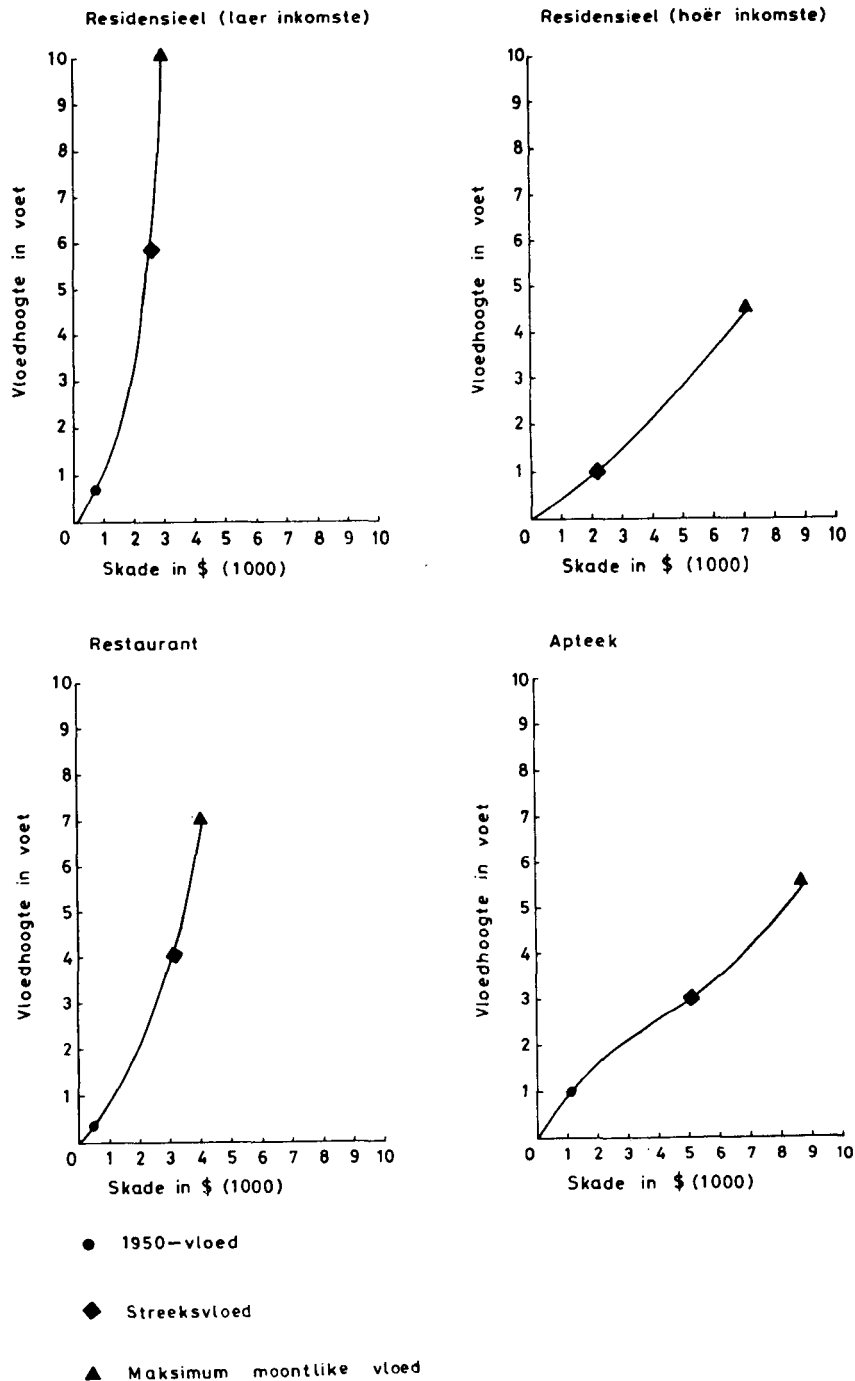
As gevolg van 'n algehele gebrek aan vloedskadevoorspellingsmodelle in die Republiek van Suid-Afrika, is die vloede van 1974 en 1975 benut om sodanige modelle te ontwikkel. In die opvolgende bespreking word die ondervinding wat tydens die navorsingsproses bekom is weergegee, met die doel om sekere riglyne aan toekomstige navorsers te verskaf. Waar die riglyne egter op 'n spesifieke benadering gebaseer is, is dit sinvol om as vertrekpunt die alternatiewe benaderings wat gevolg sou kon word, kortliks te skets.

Benaderings om verliesfunksies te bepaal

Breed gesien kan verliesfunksies op twee maniere ontwikkel word (Viljoen, 1979; Vos, 1982). Die eerste is om die verwantskappe induktief te bepaal deur die oorsake en gevolge van werklike vloede na te vors. Tweedens kan dit ook deduktief deur die ontwikkeling van kunsmatige verliesfunksies vasgestel word.

By die ontwikkeling van verliesfunksies uit werklike vloede kan òf van dwarsnit- òf van tydreeksontledings gebruik gemaak word. Dwarssnitontledings verwys na die bepaling van die verliesfunksies wanneer die oorsake en gevolge van een vloed op spesifieke funksionele grondgebruike nagevors word. 'n Voorbeeld in hierdie verband is wanneer diepte oorstroom by woonhuise wat tot verskillende dieptes oorstroom is in verband gebring word met die ooreenstemmende skades. Tydreeksontledings verwys na die bepaling van verwantskappe wanneer die effek van 'n reeks vloede wat met verloop van tyd plaasvind op spesifieke funksionele grondgebruike nagegaan word.

In die geval van die deduktiewe benadering word ook verskillende metodes aangetref. 'n Metode wat White (1964) toegepas het, word vervolgens uiteengesit omdat dit die logika van dié benadering goed weerspieël (Parker en Penning-Rowell, 1972). White se benadering was om vloedskades onafhanklik van 'n werklike vloed vas te stel. Vir 'n afgebakende vloedvlakke is verliesfunksies vir verskillende tipes geboue (funksionele geboue) opgestel deur van die veronderstelling uit te gaan dat bewoners geen voorsorg (soos verwydering van inhoud in geboue) sal tref nie. Die hoogte van die grondvloer van elke gebou is dan deur peiling vasgestel. Vervolgens is die hoogte bepaal wat water in elke gebou met drie kritiese vloedhoogtes sal bereik. Die hoogte wanneer water skade in 'n gebou sal begin aanrig, is as die zero-skadehoogte geneem. Nadat die skade wat die water vir elk van die drie vloedhoogtes in die geboue sal aanrig, beraam is, is 'n grafiek, met hoogte oorstroom teenoor skade, vir elke gebou gekonstrueer (vergelyk Figuur 1). Hierdie grafieke is die ver-



Figuur 1
Voorbeelde van White (1964) se verliesfunksies

liesfunksies vir die onderskeie geboue. Deur die waarskynlikhede van vloedvoorkoms aan elk van die vier hoogtes van oorstroming te koppel en die oppervlakte onder die kurwes te meet, kon die gemiddelde jaarlikse skade vir elke gebou beraam word.

Wanneer die induktiewe en deduktiewe benaderings teenoor mekaar opgeweeg, word gevind dat beide metodes voor- sowel as nadele het. Die vernaamste voordeel van die induktiewe benadering is dat die verkreeë verwantskappe meer geloofwaardig as dié van die deduktiewe benadering is, aangesien dit op 'n werklike vloedgebeurtenis gebaseer is. Andersins het die induk-

tiewe benadering ook sekere nadele, soos probleme om genoeg herhalings te verkry vir die bepaling van verwantskappe vir alle skade-kategorieë en dat verkreeë verwantskappe met verloop van tyd as gevolg van verandering binne vloedvlaktes, onbruikbaar kan raak. Die deduktiewe benadering se voordele is om van die nadele van die induktiewe benadering te probeer oorbrug. Met dié benadering kan byvoorbeeld vloedskades nagevors word sonder dat 'n vloed werklik voorkom en kan die probleem van verouderde en ontbrekende vloedskade-inligting oorkom word. Dit volg dus dat die een benadering nie as 'n plaasvervanger vir

die ander beskou moet word nie, maar eerder dat die twee benaderings gesamentlik toegepas behoort te word om beide se nadele te oorkom en se voordele te benut.

Benadering in die navorsing gevolg

In ooreenstemming met vloedskadeforsing in oorsese lande, is die navorsing na vloedskaade in die RSA ook ingelei deur met behulp van opnames die skade na werklike vloedvoorkomste te gaan bepaal. Tydens die opnames is onder meer van vraelyste gebruik gemaak wat sodanig saamgestel is dat dit data kon oplewer met behulp waarvan verwantskappe tussen vloedskaade en kenmerke van vloede, soos diepte en duurte van oorstroomings, vasgestel kan word. Die vraelyste is met persoonlike onderhoude by individuele vloedgeteisterdes voltooi waarna vir die ontwikkeling van verliesfunksies, dwarsnitontledings op die ingesamelde data deurgevoer is.

Die eerste fase het 'n ondersoek na die gevolge van die 1974-vloed (hierna verwys as die Oranjerivierfloed) en die tweede 'n ondersoek na die gevolge van die 1975-vloed (die Vaalrivierfloed) behels. Tydens die eerste fase is gepoog om sogenaamde formele vloedskaadevoorspellingsmodelle te ontwikkel. (Formele modelle is verliesfunksies waar die verwantskappe tussen die geldwaarde van die direkte skade aan 'n item aangerig en ter sake kenmerke van die vloedwaters, met 'n wiskundige vergelyking beskryf word.)

Met die tweede fase is voortgebou op die ontwikkeling van formele modelle, en wel ten opsigte van die Vaalrivierfloed. Ook is die Oranjeriviermodelle van fase 1 vir bruikbaarheid tydens dié fase, langs die Vaalrivier uitgetoets en is 'n poging aangewend om informele modelle (dit is modelle waar die verwantskappe nie wiskundig beskryf word nie) te ontwikkel. Vervolgens word die insigte wat tydens die fases bekom is, weergegee deur na die ontwikkeling van geselekteerde modelle te verwys.

Formele vloedskaadevoorspellingsmodelle

Grondskademodelle (Viljoen, *et al.*, 1977)

As 'n voorbeeld van die formele modelle wat in die boerderygebiede bepaal is, word na die grondskademodelle wat langs die Oranje- en die Rietrivier na die 1974-vloed bepaal is, verwys. By

die ontwikkeling van die modelle is gepoog om van die spesifieke na die algemene te beweeg, vir welke doel afsonderlike trajekte as uitgangspunte geneem is. Die drie trajekte waarbinne die meeste boerderyskade voorgekom het, naamlik die Oranjeriviertrajekte, Boegoebergdam tot Augrabies en Augrabies tot Oranjeriviermond en die Rietrivier stroomaf vanaf die Kalkfonteinendam, is vir dié doel gebruik. Onderskeid is tussen wingerd- en akkerbougrond gemaak.

As eerste stap in die regressie-ontledings by beide wingerd- en akkerbougrond is totale skade as afhanklike veranderlike geneem en oppervlakte en diepte oorstroom, asook verskillende transformasies van diepte oorstroom, as onafhanklike veranderlikes. Die algemene patroon was dat oppervlakte oorstroom die meeste van die variasie in totale skade tussen boerderye verklaar, maar dat diepte oorstroom ook 'n bydrae tot die verklaring in skade lewer. Met die stapsgewyse regressiemetode was dit egter moeilik om die juiste bydrae van diepte te bepaal wanneer dit saam met oppervlakte oorstroom as verklarende veranderlike oorweeg is, omrede verskillende transformasies van diepte as verklarende veranderlikes in die verskillende gevalle gefigureer het. Daar is toe besluit om slegs oppervlakte oorstroom (A) in die verwantskap waarmee totale skade (TS) voorspel kon word, op te neem (vergelyk Tabel 1). Volgens die bepaalendheidskoeffisiënt (R^2) is die mate van variasie in totale skade wat in die Rietriviertrajek deur oppervlakte oorstroom verklaar word heeltemal onbevredigend ofskoon die F-toetsingsmaatstaf en regressiekoeffisiënte by 'n 5 persent toetspeil statisties betekenisvol is.

In 'n poging om die bydrae van diepte tot die verklaring in skade kwantitatief te bepaal, is skade per hektaar vervolgens as afhanklike veranderlike geneem en slegs diepte oorstroom saam met verskillende transformasies daarvan as onafhanklike veranderlikes. Die algemene patroon wat te voorskyn gekom het, was dat die per hektaar skade minder as proporsioneel met diepte toeneem. Dit word verbeeld in verwantskappe waar diepte (met 'n positiewe koeffisiënt) en die vierkant van diepte (met 'n negatiewe koeffisiënt) figureer.

In Tabel 2 word die verwantskappe aangegee wat verkry is met ontledings waar die data binne diepte-oorstroomintervalle saamgevoeg is en in Figure 2 en 3 word dit grafies vir wingerd- en akkerbougrond gedemonstreer. Wanneer na die bepaalendheidskoeffisiënt (R^2) in Tabel 2 gekyk word, blyk dit dat in alle gevalle 'n bevredigende mate van die variasie in skade verklaar word, maar dat dit in die geval van akkerbougrond deurgaans hoër is as by wingerdgrond. Voorts toon die figure aan dat in die geval van

TABEL 1
VERWANTSKAP TUSSEN TOTALE SKADE EN OPPERVLAKTE OORSTROOM VIR AKKERBOU- EN WINGERDGROND, 1974-VLOED

Trajek en grondgebruikstipe	Verwantskap*	Bepalendheidskoeffisiënt (R^2)
Wingerdgrond		
Boegoebergdam tot Augrabies	TS = 451,88 A	0,52
Augrabies tot Oranjeriviermond	TS = 657,96 A	0,83
Rietrivier vanaf Kalkfonteinendam	TS = 13,82 A	0,19
Akkerbougrond		
Boegoebergdam tot Augrabies	TS = 315,14 A	0,89
Augrabies tot Oranjeriviermond	TS = 411,31 A	0,87
Rietrivier vanaf Kalkfonteinendam	TS = 48,12 A	0,31

*TS = totale skade (rand)

A = oppervlakte oorstroom (hektaar)

Die F-toetsingsmaatstaf en regressiekoeffisiënte is statisties betekenisvol by 'n 5 persent toetspeil vir alle verwantskappe.

TABEL 2
VERWANTSKAPPE TUSSEN PER HEKTAAR GRONDSKADE EN DIEPTE OORSTROOM TEN OPSIGTE VAN AKKERBOU- EN WINGERDGROND, 1974-VLOED

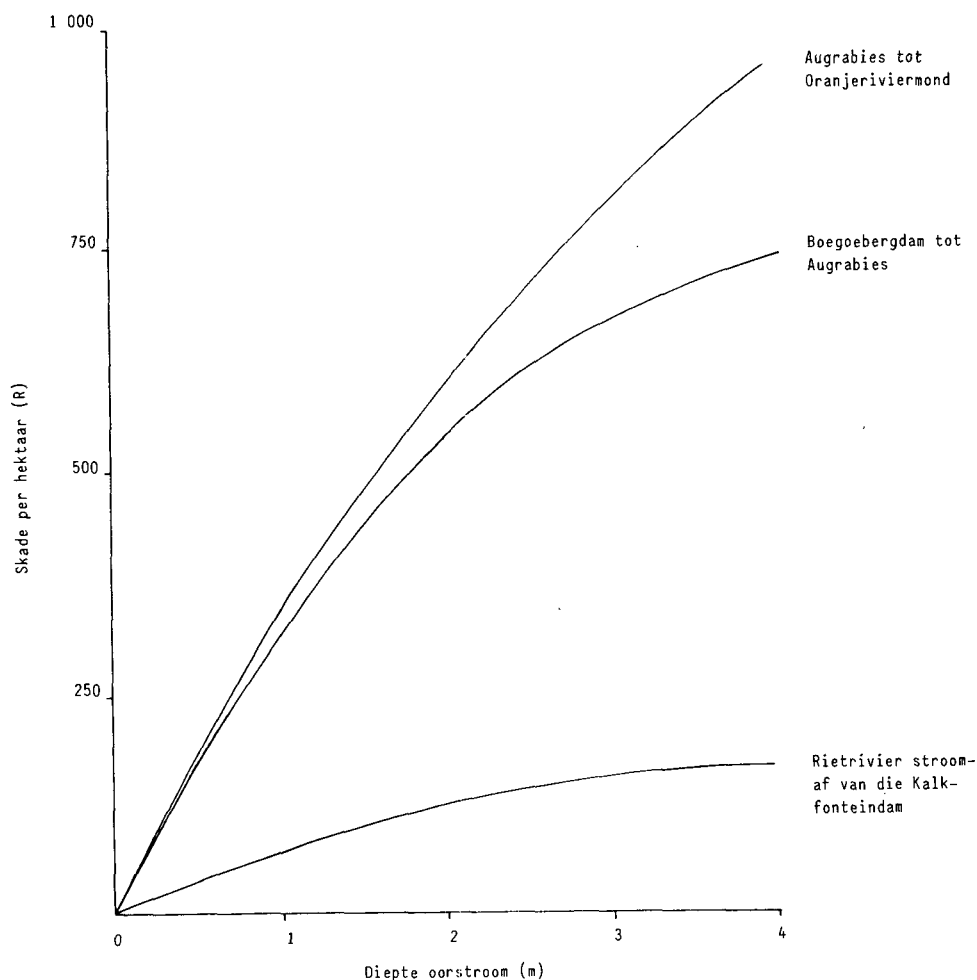
Trajek en grondgebruikstipe	Verwantskap*	Bepalendheidskoeffisiënt (R ²)
Wingerdgrond		
Boëgoebergdam tot Augrabies	$S = 343,35H - 39,53H^2$	0,82
Augrabies tot Oranjeriviermond	$S = 349,99H - 27,21H^2$	0,70
Rietrivier stroomaf van die Kalkfontein dam	$S = 41,61H - 3,86H^2$	0,71
Akkerbougrond		
Boëgoebergdam tot Augrabies	$S = 295,26H - 47,91H^2$	0,96
Augrabies tot Oranjeriviermond	$S = 401,94H - 63,20H^2$	0,96
Rietrivier stroomaf van die Kalkfontein dam	$S = 52,19H - 4,65H^2$	0,93

*S = per hektaar skade in rand

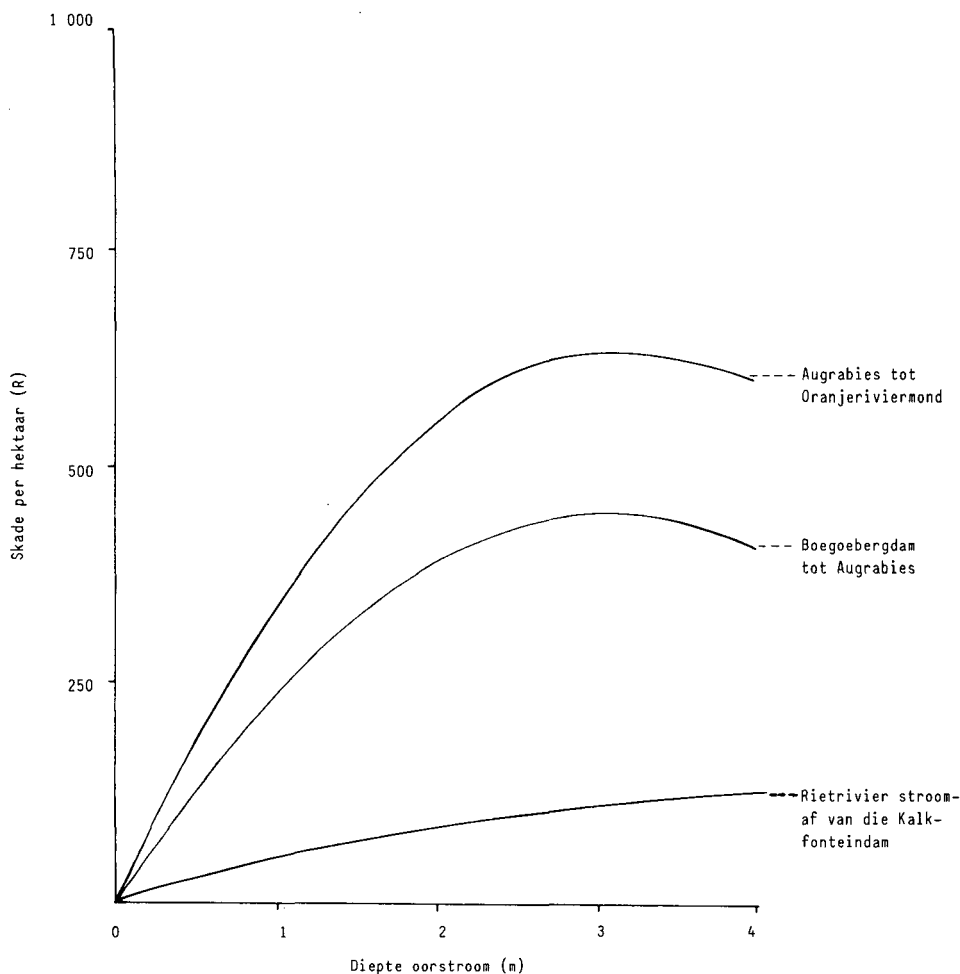
H = diepte oorstrom (meter), varieer tussen 0 en 4 meter

Die F-toetsingsmaatstaf sowel as die regressiekoeffisiënte is statisties betekenisvol by 'n 5 persent toetspeil vir alle verwantskappe.

Omrede die data gegroepeer is, is die bepalendheidskoeffisiënt hoër as wat dit sonder groepering sou wees. By die interpretasie van die koeffisiënt moet dit in gedagte gehou word.



Figuur 2
Verliesfunksies om skade aan wingerdgrond te beraam, 1974-vloed.



Figuur 3
Verliesfunksies om skade aan akkerbougrond te beraam, 1974-vloed

beide akkerbou- en wingerdgrond die hoogste skade volgens diepte oorstrom in die trajek Augrabies tot Oranjeriviermond, aangerig is, gevolg deur die trajek Boegoebergdam tot Augrabies met die laagste skade langs die Rietrivier.

Die hoofrede vir die verskil in grondskade tussen die trajekte is omdat die sleurkrag van die vloedwater verskil het en toeneem het namate verder stroomafbeweeg is. Met behulp van die volgende formule (afgelei uit 'n formule vir die berekening van sleurkrag volgens Wipplinger (1977)*) kon 'n gemiddelde sleurkragkoëffisiënt vir elke trajek en grondgebruikstipe bereken word:

$$F_{tk} = \sum_{i=1}^n (AtkiDi) St g, \text{ waar}$$

F_{tk} = Gemiddelde sleurkrag in Newton vir trajek t ten opsigte van grondgebruikstipe k

n = Aantal diepte-oorstroomingsintervalle, wat dieselfde vir elke trajek en grondgebruikstipe is

$Atki$ = Verhouding van totale oppervlakte oorstrom wat in trajek t ten opsigte van grondgebruikstipe k in diepte oorstrominterval i oorstrom is

$$\sum_{i=1}^n Atki = 1$$

Di = Gemiddelde diepte van interval i in meter

St = Gemiddelde helling in rivierloop in meter per meter vir trajek t

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$ (aardversnelling)

Volgens die formule was die gemiddelde sleurkrag in die Rietrivier nedersetting (die eerste stroomop) vir sowel akkerbou- as wingerdgrond 0,011 Newton; in die trajek Boegoebergdam tot Augrabies was dit 0,017 Newton vir akkerbougrond en 0,015 Newton vir wingerdgrond, terwyl dit vir die trajek Augrabies tot Oranjeriviermond (die eerste stroomaf) 0,027 Newton vir akkerbougrond en 0,028 Newton vir wingerdgrond was.

Ten opsigte van spesifieke lande binne trajekte was die sleurkrag egter onbekend sodat sleurkrag nie as 'n veranderlike in die verliesfunksies verreken kon word nie. Dit volg dus dat 'n verliesfunksie wat op alle trajekte gesamentlik toepaslik sal wees ten opsigte van 'n spesifieke grondgebruikstipe, slegs bepaal sal kan word as ander veranderlikes (soos sleurkrag van die water) benewens diepte oorstrom, ook in die funksie opgeneem kan word. Skadeverwantskappe wat op diepte oorstrom alleen gebaseer is, se gebruik moet dus beperk bly tot die trajek waarvoor dit bepaal is.

'n Vergelyking van die verliesfunksies binne trajekte vir

*Volgens Wipplinger (1977) kan sleurkrag omskryf word as $F = D.S.g$, waar F = sleurkrag in Newton, D = diepte van watervloei in meter, S = helling in meter per meter en $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ (aardversnelling).

skade aan wingerd- en akkerbougrond toon dat die skade aan akkerbougrond vir die Oranjeriviertrajekte vir ooreenstemmende dieptes deurgaans laer is. Dit kan onder meer daaraan toegeskryf word dat skade aan wingerdgrond groter kon wees as gevolg van die hoër sliksneerlegging teen die obstruksies wat die wingerdopleistelsels bied en omdat die herstelwerk aan wingerdgrond moeiliker is as gevolg van die opleistelsels. Die belangrikste oorsaak is egter dat die herstelkoste aan opleistelsels by die skade van wingerdgrond ingesluit is. In die geval van die Rietrivier is die meeste wingerde wat beskadig is jonk en nog nie opgelei nie sodat die skade aan wingerd- en akkerbougrond nagenoeg van vergelykbare omvang is.

Voorts toon die grafiese voorstelling dat die verliesfunksies in die geval van akkerbougrond in sommige trajekte 'n boonste draaipunt bereik. Hierdie draaipunt moet bloot aan die vorm van die funksies wat gepas is, toegeskryf word. Vir dieptes groter as dié by die draaipunt, is voorgestel dat die skade gelykgestel word aan dié van die maksimum.

Benewens grondskademodelle is ook daarin geslaag om met die beskikbare inligting (ten opsigte van Oranjeriviervloed) modelle te konstrueer waarmee skade aan gewasse en aan geboue beraam kan word. Soos vir grondskademodelle is bevind dat die gewasskademodelle slegs toepassingswaarde binne spesifieke trajekte het. Modelle om skade aan geboue te beraam het egter geblyk om van meer algemene toepassing te wees, ook vir ekstrapolasie na ander riviere. Vir dié rede is besluit om die gebou-skademodelle wat ten opsigte van die Oranjeriviervloed bepaal is langs die Vaalrivier te gaan uittoets.

Geboukademodelle (Viljoen *et al.*, 1980; Vos, 1982)

Met die data verkry vanaf die Vaalriviervloed kon formele skademodelle vir woonhuise en buitegeboue bepaal word. Ook kon die modelle wat na aanleiding van die Oranjeriviervloed bepaal is, vir bruikbaarheid langs die Vaalrivier uitgetoets word.

By die ontwikkeling van nuwe modelle vir die Vaalriviergebied is twee tipes modelle ondersoek wat vir doeleindes van die bespreking logika- en statistiese modelle genoem kan word. Logikamodelle is daardie waarvoor die veranderlikes wat ingesluit is, sowel as die algebraïese vorm van die modelle vooraf op grond van logiese hipoteses saamgestel, en waar die koëffisiënte met behulp van meervoudige regressie bepaal is. By statistiese modelle is slegs die afhanklike veranderlikes gespesifiseer en is die onafhanklike veranderlikes wat in modelle opgeneem is, sowel as die algebraïese vorm van die modelle, deur middel van stapsgewyse regressie bepaal.

In die geval van logikamodelle is twee situasies onderskei, naamlik waar 'n zero-afsnit met betrekking tot die afhanklike veranderlikes gespesifiseer is en waar 'n zero-afsnit nie gespesifiseer is nie. 'n Probleem wat by die keuse tussen modelle met en sonder 'n zero-afsnit bestaan, is dat die bepalendheidskoëffisiënte van sodanige modelle nie direk vergelykbaar is nie omdat dit op verskillende maniere bereken word. Om die probleem te oorkom, is benewens die bepalendheidskoëffisiënte ook van kruisvalidasie gebruik gemaak. Dit behels dat die modelle se voorspelbaarheid met behulp van die basiese data waarmee die modelle aanvanklik gekonstrueer is, uitgetoets word. As enkel maatstaf om tussen modelle te onderskei, is 'n fouteverspreidingsmaatstaf saamgestel. Dié maatstaf is bepaal deur die afwykings tussen die beraamde en werklike skades (die fouteverspreiding) grafies voor te stel en dan te bestudeer. Met behulp van die fouteverspreiding kon bepaal word of die voorspelbaarheid van die model as goed, redelik of swak geklassifiseer moet word.

Twee ander maatstawwe wat ook met behulp van kruisvalidasie bereken is, maar wat nie noodwendig verband hou met die waarde van die modelle om toekomstige vloedskade te voorspel nie, is 'n gesamentlike en 'n individuele skademaatstaf. Die gesamentlike skademaatstaf gee die gesamentlike beraamde skades aan alle beskadigde geboue van 'n spesifieke geboutipe binne 'n stedelike nedersetting aan as 'n persentasie van die werklike gesamentlike skades van al die betrokke geboue. 'n Syfer van 100 vir dié maatstaf dui op 'n absoluut korrekte gesamentlike beraaming, terwyl 'n syfer van byvoorbeeld 110 op 'n 10 persent oorbearing en 'n syfer van 80 op 'n 20 persent onderbearing dui.

Hoewel 'n model die gesamentlike skades van al die geboue in 'n stedelike nedersetting betreklik goed mag beraam, is dit geen waarborg dat dit skades aan geboue afsonderlik ook goed sal beraam nie. 'n Maatstaf om 'n aanduiding van die akkuraatheid van die afsonderlike skadeberamings te verkry, is die individuele skademaatstaf. Dié maatstaf meet die persentasie van die totale aantal beskadigde geboue van 'n spesifieke geboutipe waarvoor die afsonderlike beraamde skades binne 'n 50 persent interval van die werklike skades is. Hoe hoër die persentasie hoe beter is die model volgens die maatstaf.

As aanduiders van die mate waartoe die verkreë modelle die skades van toekomstige vloede (wat kleiner of groter in omvang sal wees as die vloed op basis waarvan die modelle ontwikkel is) korrek sal beraam, is die gesamentlike en individuele skademaatstawwe nie sonder meer geskik nie. Dit is omdat dit nie die verspreidingspatroon van die afwykings tussen die werklike en beraamde skades verreken nie. Die beste uitweg blyk te wees om die individuele skademaatstaf saam met die fouteverspreidingsmaatstaf as kriterium te gebruik, met die grootste waarde aan laasgenoemde maatstaf geheg.

Vervolgens word oorgegaan om die modelle wat op enkelverdiepingwoonhuise van goeie boumateriaal van toepassing is aan die hand van Tabel 3 te bespreek.

Vir alle stedelike nedersettings gesamentlik is slegs twee modelle volgens die fouteverspreidingsmaatstaf bevredigend vir toekomstige skadeberaming, naamlik logikamodel (ii) en statistiese model (i). Van dié twee is die statistiese model volgens beide die gesamentlike en die individuele skademaatstaf, die beste, hoewel R^2 by beide uiters laag is. Met dié model word die totale skade aan 'n woonhuis beraam deur gebruik te maak van afstand vanaf rivieroewer, vloeroppervlakte en diepte van oorstroming. In Figuur 4 word die model grafies voorgestel wanneer twee van die afhanklike veranderlikes telkens op hul gemiddelde waardes konstant gehou word, terwyl die derde veranderlike oor die waarnemingsinterval gevarieer word. 'n Nadeel van dié model is dat dit sal neig om die skade aan woonhuise met groot vloeroppervlaktes oor te beraam.

'n Interessante waarneming is dat die bestaande model wat vir die Oranje-Rietrivier bepaal is, die skade per vierkante meter vloeroppervlakte gesommeer oor beskadigde woonhuise in die Vaalriviernedersettings (soos weerspieël in die gesamentlike skademaatstaf) betreklik goed voorspel. Volgens die ander twee maatstawwe is die model egter onbevredigend.

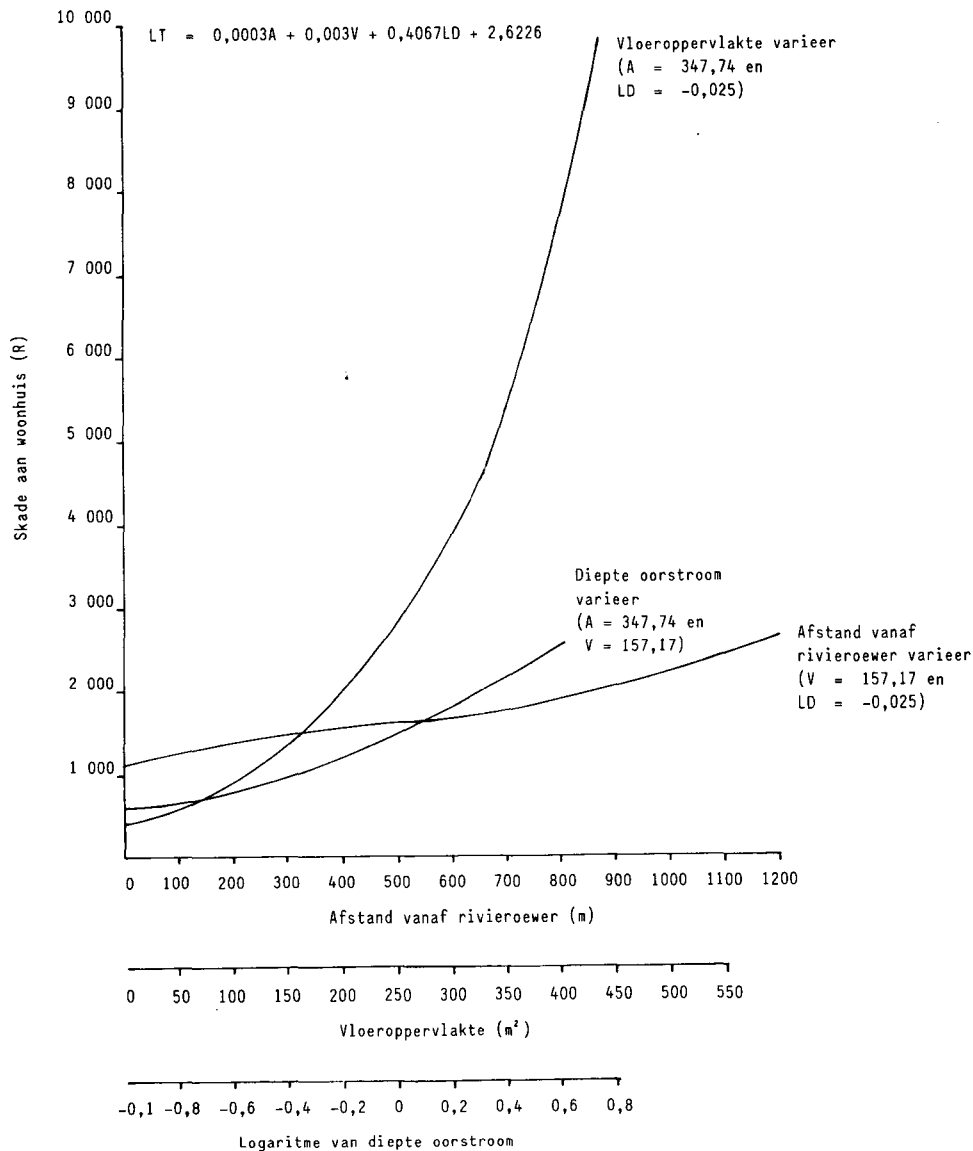
Vir Standerton is daar weer eens twee modelle wat volgens die fouteverspreidingsmaatstaf bevredigend vaar, naamlik statistiese model (i) en die oorhoofse Vaalriviermodel wat vir die stedelike nedersettings gesamentlik bepaal is. Van hierdie twee is die oorhoofse Vaalriviermodel (soos voorgestel in Figuur 4) volgens beide die gesamentlike en die individuele skademaatstawwe die beste. Hoewel logikamodel (i) volgens laasgenoemde twee maatstawwe beter as die oorhoofse Vaalriviermodel presteer, is die logikamodel volgens die vernaamste kriteria, naamlik die fouteverspreidingsmaatstaf, nie vir toekomstige gebruik aan te

TABEL 3
VERWANTSKAPPE OM SKADE AAN ENKELVERDIEPINGWOONHUISE VAN GOEIE BOUMATERIAAL TE BERAAM NA AANLEIDING
VAN DIE 1974-ORANJE- RIETRIVIERVLOED EN DIE 1975-VAALRIVIERVLOED¹

Gebied en model	Bepalendheids- koeffisiënt R ²	Gesamentlike skademaatstaf %	Individuele skademaatstaf %	Fouteversprei- dingsmaatstaf
Vir alle Vaalrivier nedersettings gesamentlik (N = 112)				
Logikamodelle				
(i) $LT = 2,069D^{***} + 0,009V^{***} - 0,432D^2$	0,9300***	411	19	Onbevredigend
(ii) $LT = 0,295D^{**} + 0,003V^{***} - 0,048D^2 + 2,458$	0,2700***	79	47	Bevredigend
(iii) $LS = 1,202D - 0,250D^2$	0,7700***	72	33	Onbevredigend
(iv) $LS = 0,213D^* - 0,032D^2 + 0,8404$	0,0600**	70	54	Onbevredigend
Statistiese modelle				
(i) $LT = 0,0003A^{**} + 0,003V^{***} + 0,4067LD^{***} + 2,6226$	0,3300***	80	58	Bevredigend
(ii) $LS = 0,0002A^{**} + 0,3126LD^{***} + 0,961$	0,1100***	70	54	Onbevredigend
Oranje-Rietriviermodel				
$LS = 1,342D - 0,213D^2 - 1,003LD$	0,8800***	108	38	Onbevredigend
Standerton (N = 36)				
Logikamodelle				
(i) $T = 15,397V^{***}$	0,5900***	97	50	Onbevredigend
(ii) $T = 16,008V^{**} - 84,6849$	0,1200***	70	50	Onbevredigend
Statistiese modelle				
(i) $LT = 0,0005A + 0,7955LD + 2,6831$	0,2900***	84	36	Bevredigend
(ii) $LS = 0,0004A^{**} + 0,7781LD^{**} + 0,6554$	0,2600***	76	47	Onbevredigend
Oorhoofse Vaalriviermodel				
$LT = 0,0003A + 0,003V + 0,4067LD + 2,6226$	-	96	47	Bevredigend
Oranje-Rietriviermodel				
$LS = 1,342D - 0,213D^2 - 1,008LD$	-	178	19	Onbevredigend
Vereeniging (N = 21)				
Logikamodelle				
(i) $S = 31,219D^{***} - 8,657D^2$	0,8500***	97	71	Bevredigend
(ii) $S = 16,688D - 3,604D^2 + 8,4978$	0,2300*	100	67	Bevredigend
Statistiese modelle				
(i) $T = 1543,8922D^{**} + 2314,2984$	0,2300**	100	76	Bevredigend
(ii) $S = 16,3148LD^{**} + 21,6817$	0,2200**	100	67	Bevredigend
Oorhoofse Vaalriviermodel				
$LT = 0,0003A + 0,003V + 0,4067LD + 2,6226$	-	74	71	Onbevredigend
Oranje-Rietriviermodel				
$LS = 1,342D - 0,213D^2 - 1,008LD$	-	66	52	Onbevredigend
Vanderbijlpark-Barragegebied (N = 34)				
Logikamodelle				
(i) $LT = 2,579D^{***} + 0,007V^{***} - 0,574D^{2***}$	0,9200***	302	8	Onbevredigend
(ii) $LT = 0,019D + 0,003V^{***} + 0,018D^2 + 2,7392$	0,3000***	128	44	Bevredigend
Statistiese model				
$LT = 0,0045A^* + 0,0025V^{***} + 2,5146$	0,3400***	108	41	Bevredigend
Oorhoofse Vaalriviermodel				
$LT = 0,0003A + 0,003V + 0,4067LD + 2,6226$	-	68	65	Bevredigend
Oranje-Rietriviermodel				
$LS = 1,342D - 0,213D^2 - 1,008LD$	-	84	44	Bevredigend
Christiana (N = 16)				
Logikamodelle				
(i) $LT = 5,527D^{***} + 0,007V^{**} - 3,398D^{2**}$	0,9100***	272	25	Onbevredigend
(ii) $LT = 0,951D + 0,004V^{***} - 0,751D^2 + 2,0631$	0,6600***	86	50	Bevredigend
Statistiese model				
$LT = 0,0045V^{***} + 2,1602$	0,5900***	87	50	Bevredigend
Oorhoofse Vaalriviermodel				
$LT = 0,0003A + 0,003V + 0,4067LD + 2,6226$	-	119	63	Onbevredigend
Oranje-Rietriviermodel				
$LS = 1,342D - 0,213D^2 - 1,008LD$	-	83	38	Bevredigend

1) T = Totale skade aan woonhuis in rand
 LT = Logaritme van T tot die grondtal 10
 S = Skade in rand per vierkante meter vloeroppervlakte
 LS = Logaritme van S tot die grondtal 10
 D = Diepte bokant vloervlak oorstroom in meter
 LD = Logaritme van D tot die grondtal 10

V = Vloeroppervlakte van woonhuis in vierkante meter
 A = Afstand van woonhuis vanaf rivieroewer in meter
 * = Statisties betekenisvol by 'n 10 persent toetspeil
 ** = Statisties betekenisvol by 'n 5 persent toetspeil
 *** = Statisties betekenisvol by 'n 1 persent toetspeil



Figuur 4
 Oorhoofse verliesfunksie om totale skade aan 'n enkelverdieping-
 woonhuis van goeie boumateriaal langs die Vaalrivier te beraam,
 1975-vloed

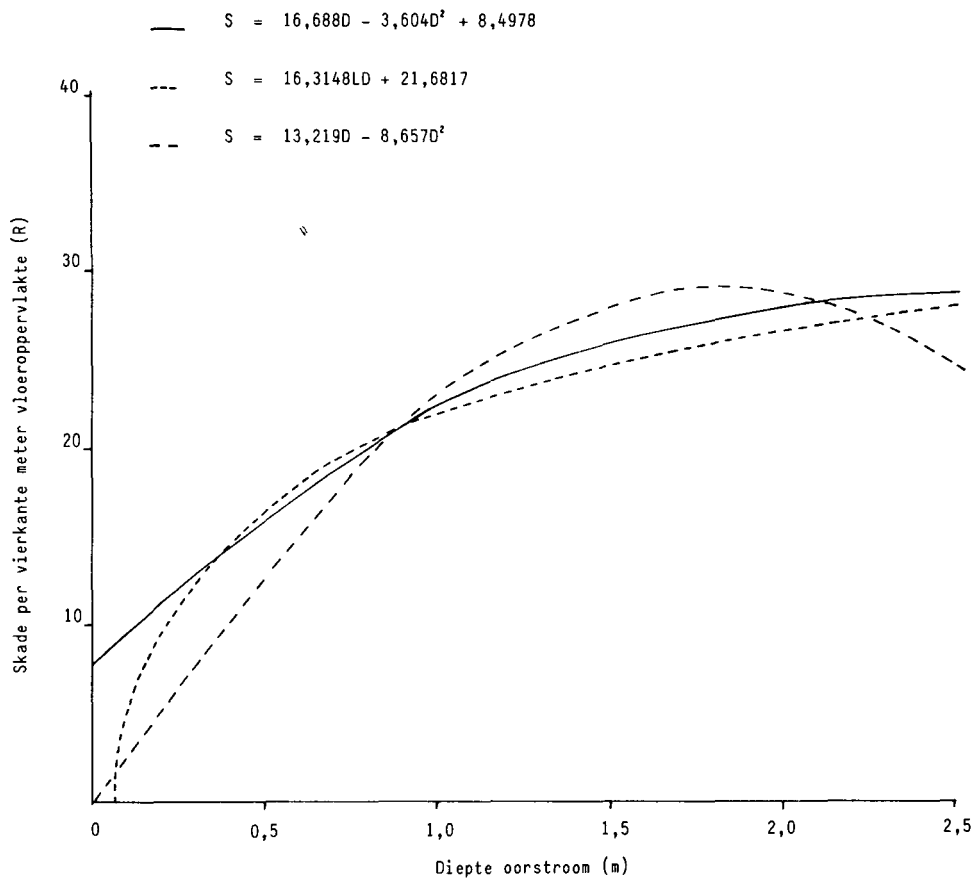
beveel nie. Uittoetsing van die Oranje-Rietriviermodel binne Standerton dui vir al drie kriteria op onbevredigende resultate.

In Vereeniging kan vier modelle vir toekomstige skadeberamings aangewend word. Dit is die twee logika- en die twee statistiese modelle. Hierdie modelle se fouteverspreiding is deurgaans bevredigend terwyl hulle baie goed ten opsigte van gesamentlike skadeberaming en individuele skadeberamings presteer. Die enigste onafhanklike veranderlike wat by die modelle figuureer is diepte van oorstroming. In Figuur 5 word die verskillende modelle waarmee skades per vierkante meter beraam kan word, grafies voorgestel en in Figuur 6 die model om totale skade aan 'n woonhuis te beraam. Die oorhoofse Vaalriviermodel en die Oranje-Rietriviermodel lewer binne Vereeniging onbevredigende resultate ten opsigte van sowel fouteverspreiding as die beraming van gesamentlike skade.

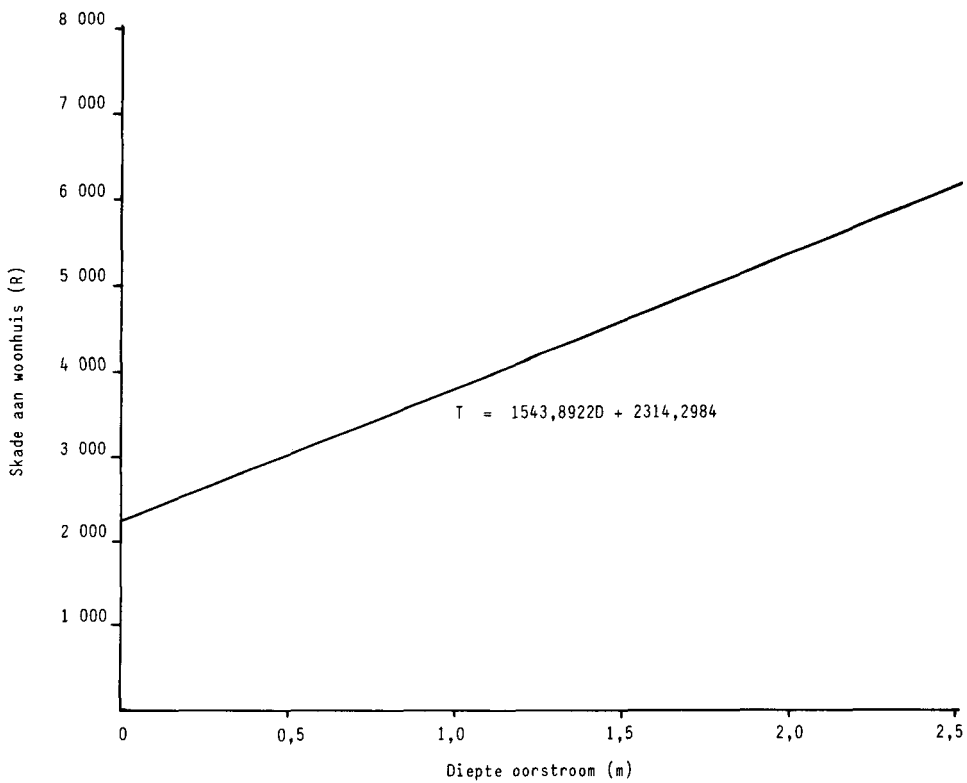
In die Vanderbijlpark-Barragegebied is behalwe vir logikamodel (i) waarvoor die fouteverspreiding as onbevredigend geklassifiseer is, die fouteverspreiding van die ander modelle

bevredigend. Die oorhoofse Vaalriviermodel en die Oranje-Rietriviermodel sou dus ook volgens die maatstaf binne dié gebied vir skadeberamings gebruik kan word. Aangesien die oorhoofse Vaalriviermodel individuele skades vir die Vanderbijlpark-Barragegebied die beste beraam, behoort dit vir toekomstige skadeberamings binne dié gebied die bruikbaarste te wees.

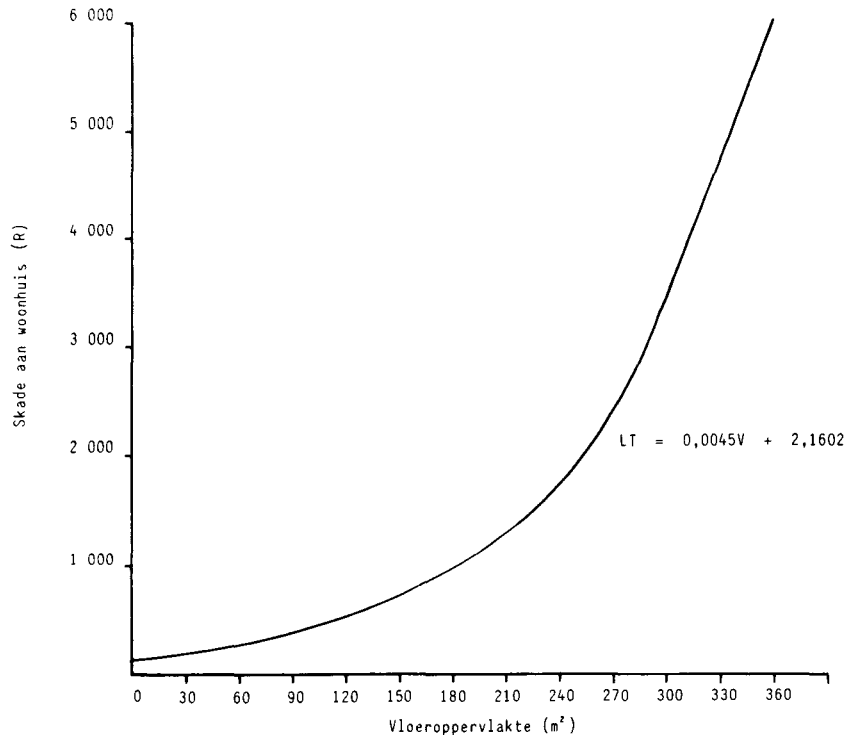
Vir Christiana is logikamodel (ii), die statistiese model en die Oranje-Rietriviermodel volgens die fouteverspreidingsmaatstaf bevredigend vir beramings. Van die drie modelle lewer die statistiese en die logikamodelle die beste voorspellings. Hierdie twee modelle is nagenoeg ewe bruikbaar volgens sowel die gesamentlike as die individuele skademaatstawwe. Die statistiese model benodig slegs vloeroppervlakte om totale skade te beraam, terwyl die logikamodel diepte ook betrek. 'n Grafiese ontleding van die twee modelle dui daarop dat die statistiese model verkies word, omdat hierdie model slegs vloeroppervlakte vereis om totale skade aan 'n woonhuis te beraam. Die model word in Figuur 7 grafies geïllustreer.



Figuur 5
Verliesfunksies om skade per vierkante meter vloeroppervlakte aan 'n enkelverdiepingwoonhuis van goeie boumateriaal in Vereeniging te beraam, 1975-vloed



Figuur 6
Verliesfunksie om totale skade aan 'n enkelverdiepingwoonhuis van goeie boumateriaal in Vereeniging te beraam, 1975-vloed



Figuur 7
Verliesfunksie om totale skade aan 'n enkelverdiepingwoonhuis van goeie boumateriaal in Christiana te beraam, 1975-vloed

Nadat 'n soortgelyke ontleding ten opsigte van die modelle wat op buitegeboue van toepassing is deurgevoer is, kon die volgende samevattende afleidings gemaak word:

- Die matematiiese vorme van die beste modelle sowel as die veranderlikes wat in dié modelle opgeneem word, varieer tussen stedelike nedersettings ten opsigte van beide woonhuise en buitegeboue. Die verhoudelike bydrae van die verskillende veranderlikes tot vloedskade verskil dus tussen nedersettings.
- Verskille kom ook binne stedelike nedersettings voor tussen modelle vir woonhuise en buitegeboue ten opsigte van die matematiiese vorme sowel as die verklarende veranderlikes wat in die modelle opgeneem word.
- Modelle om totale skade aan 'n beskadigde struktuur te raam, blyk vir die meeste stedelike nedersettings beter te wees as modelle waarmee skade per vierkante meter vloeroppervlakte beraam kan word.
- Die twee verklarende veranderlikes wat in die meeste finale modelle by skadevoorspellings figureer, is diepte van oorstroming en vloeroppervlakte.
- By sommige van die modelle waar vloeroppervlakte by skadevoorspellings gebruik word, neig die modelle om skade aan geboue met groot vloeroppervlakte te oorberaam.
- Alhoewel die numeriese waardes van die bepalendheidskoëffisiënte van die modelle (met 'n konstante term) oor die algemeen baie laag is, is die meeste van die koëffisiënte statisties betekenisvol selfs by 'n 1 persent toetspeil.
- Volgens die gesamentlike skademaatstaf voorspel die beste modelle in die algemeen die totale skade binne stedelike nedersettings betreklik goed, maar volgens die individuele skademaatstaf is die beraming van individuele gebousskade minder suksesvol. Laasgenoemde feit korreleer met die relatief lae waardes van die bepalendheidskoëffisiënte.

- Heelwat modelle met 'n onbevredigende fouteverspreiding kom voor. Hoewel sommige van dié modelle se gesamentlike skadeberamings goed is, is die individuele skadeberamings meestal onakkuraat. Slegs in die geval van buitegeboue word 'n aantal modelle met 'n hoogs bevredigende fouteverspreiding aangetref.
- Statistiese modelle, bepaal deur stapsgewyse regressie, is in die meerderheid gevalle bo die logikamodelle (wat met behulp van meervoudige regressie bepaal is) verkies.
- Die oorhoofse Vaalriviermodel wat met behulp van skadeinligting van al die Vaalriviernedersettings gesamentlik bepaal is, het vir Standerton en die Vanderbijlpark-Barragegebied die beste model geblyk te wees om skade aan enkelverdiepingwoonhuise te beraam. In al die ander gevalle was modelle wat met 'n spesifieke stedelike nedersetting se inligting saamgestel is, meer suksesvol.
- Uittoetsing van die Oranje-Rietriviermodelle ten opsigte van Vaalriviernedersettings het uit 'n totaal van 10 gevalle (gebied- en geboutipe kombinasie) vir 7 gevalle 'n onbevredigende fouteverspreiding opgelewer en slegs in 4 gevalle 40 persent en meer van die totale aantal skadegevalle binne 'n stedelike nedersetting binne 'n 50 persent interval van die werklike individuele skades beraam. Daarenteen was die beraming van gesamentlike skades (as gevolg van kansellering van oor- en onderberamings) binne stedelike nedersettings meer suksesvol, en was die beraming in vier gevalle binne 20 persent van die werklike gesamentlike skades en in sewe gevalle binne 40 persent.

Behalwe vir enkelverdiepingwoonhuise en buitegeboue waarvoor modelle ontwikkel kon word om toekomstige skades langs die Vaalrivier mee te beraam, was die inligting wat ten opsigte van ander skadekategorieë ingesamel is van so 'n aard dat

modelle nie daarmee saamgestel kon word nie. Die hooforsaak hiervoor is onvoldoende herhaling by meeste skadekategorieë.

Dit blyk uit voornoemde dat die ontwikkeling van formele verliesfunksiemodelle ten opsigte van alle skadekategorieë (aan die hand van 'n werklike vloedgebeurtenis) 'n haas onbegonne taak is. Toekomstige vloedskadegeramings kan dus slegs tot 'n geringe mate op formele verliesfunksies gebaseer word sodat daar steeds uit ander inligtingsbronne geput sal moet word. Een sodanige bron is informele verliesfunksiemodelle.

Informeel modelle

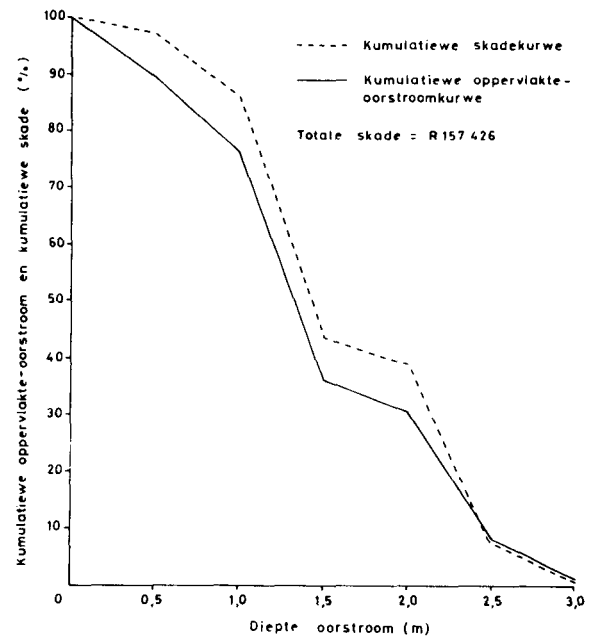
Uit die bespreking en ontleding van die verliesfunksies blyk dit dat die twee onafhanklike veranderlikes wat die vernaamste rol by die verklaring in skade by die meeste skadekategorieë speel, diepte van oorstrooming en oppervlakte oorstroom is. Hierdie twee veranderlikes is as basis gebruik vir die ontwikkeling van informele verliesfunksies. Dié modelle behels dat die ingesamelde skade-inligting volgens skadekategorieë in diepte-oorstroomintervalle saamgegroeper word. Binne elke diepte-oorstroominterval word die totale direkte skadesyfer aangegee en waar toepaslik ook die oppervlakte waarop die skade van toepassing is. Vir gevalle waar skades saam met oppervlakte aangetoon is, is die enkelvoudige korrelasiekoëffisiënt bereken en is getoets of die verwantskap statisties betekenisvol is. Indien die verwantskap statisties betekenisvol is, verskaf dit statistiese motivering vir die gebruik van oppervlakte oorstroom as basis van toekomstige skadeberamings en het dit die volgende twee implikasies:

Eerstens, vir 'n stedelike nedersetting waar die totale skade ten opsigte van 'n spesifieke skadekategorie reeds beraam is, kan die skade van dié kategorie vir vloede van kleiner omvang maklik beraam word deur van 'n kumulatiewe skadekurwe gebruik te maak. Die onderliggende aannames in die geval (vir toekomstige skadeberamings) is dat oppervlakte oorstroom as verklarende veranderlike 'n voldoende mate van die variasie in skade verklaar en dat die grondbesettingspatroon nagenoeg dieselfde moet wees as met die aanvanklike vloed.

Tweedens, in geval van stedelike nedersettings waarvoor vloedskades nog nie vantevore bepaal is nie, sou die skades van skadekategorieë waarvoor die verwantskappe statisties betekenisvol bevind is, betreklik maklik bepaal kon word deur die bestaande kennis te benut. Indien die skade per eenheidsoppervlakte met behulp van 'n klein steekproef bepaal word, kan die totale skade van dié skadekategorie dan vir die nuwe vloed en vloedvlakke maklik bepaal word wanneer die skade per eenheidsoppervlakte met die totale oppervlakte oorstroom vermenigvuldigd word.

Vir die skadekategorieë waarvoor daar nie statisties betekenisvolle verwantskappe tussen skade en oppervlakte oorstroom volgens diepte-oorstroomintervalle bepaal kon word nie, beteken dit dat daar nie voldoende statistiese gronde bestaan om skade op grond van oppervlakte oorstroom te beraam nie. Vir sodanige gevalle sowel as dié waarvoor daar nie 'n toepaslike oppervlakte oorstroom bestaan nie, het die indeling van skade-inligting in diepte-oorstroomintervalle nog steeds praktiese gebruikswaarde binne die stedelike nedersettings waarvoor dit bepaal is. Vir vloede van kleiner omvang, onder die aanname dat die grondbesetting dieselfde bly, kan 'n eerste beraming van die skade gemaak word deur te kyk na die skadegedeelte wat definitief sal wegvall as gevolg van 'n kleiner oppervlakte of minder items oorstroom. Voorts kan vir daardie skadekategorieë waarvoor wel oppervlakte beskikbaar is, verdere aanpassings gemaak word deur die skade per oppervlakte-eenheid vir verskillende diepte-oorstroomintervalle te bestudeer en waar moontlik sinvolle aanpassings te maak.

In Tabel 4 word byvoorbeeld die skade-inligting volgens diepte-oorstroomintervalle vir kommersiële geboue in Standerton weergegee en in Figure 8 en 9 word dieselfde inligting grafies met kumulatiewe kurwes verbeeld.

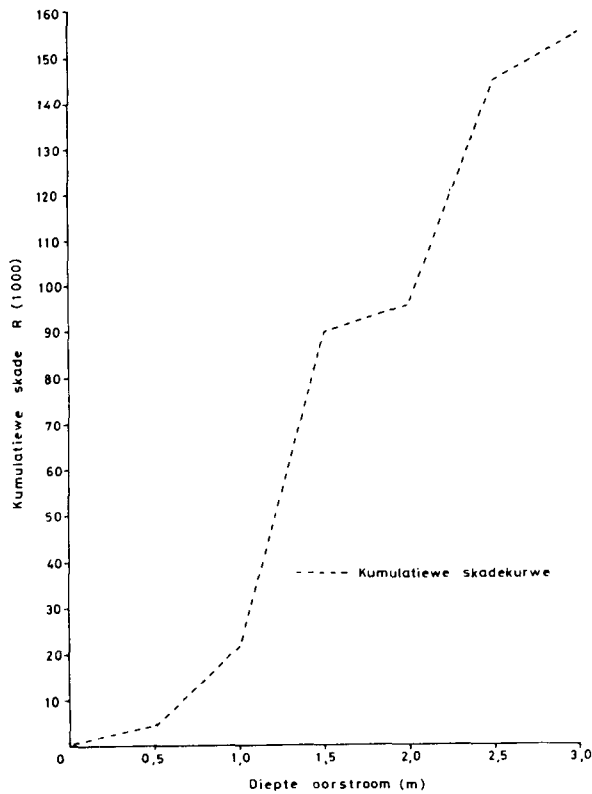


Figuur 8
Meer-as kumulatiewe oppervlakte-oorstroom- en kumulatiewe skadekurwes ten opsigte van kommersiële geboue in Standerton, 1975-vloed

TABEL 4
DIE INDELING VAN OPPERVLAKTE OORSTROOM EN SKADE VOLGENS DIEPTE-OORSTROOMINTERVALLE VIR SKADE AAN GEBOUEN TEN OPSIGTE VAN DIE KOMMERSIËLE FUNKSIE BINNE STANDERTON, 1975-VLOED

Item	Diepte-oorstroomintervalle (m)*						
	0,0-0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0+
Oppervlakte oorstroom (m ²)	2 039,00	2 734,00	8 085,00	1 160,00	4 454,00	1 419,00	264,00
Persentuele verdeling	10,12	13,56	40,11	5,76	22,10	7,04	1,31
Kumulatiewe persentasie	100,00	89,88	76,32	36,21	30,45	8,35	1,31
Direkte skade (R)	4 636,00	17 225,00	67 130,00	7 431,00	48 323,00	10 879,00	1 802,00
Persentuele verdeling	2,95	10,94	42,64	4,72	30,70	6,91	1,14
Kumulatiewe persentasie	100,00	97,05	86,11	43,47	38,75	8,05	1,14

*Korrelasie tussen oppervlakte oorstroom en direkte skade is statisties betekenisvol by 'n 1 persent toetspeil.



Figuur 9
Minder-as kumulatiewe skadepurwe ten opsigte van kommersiële geboue in Standerton, 1975-vloed

Aanwending en gebruikswaarde van vloedskadefoorspellingsmodelle

Die aanwending van vloedskadefoorspellingsmodelle behels die eraming van die geldwaarde van direkte vloedskade aan die and van die "fisiese" veranderlikes wat in die modelle opgeneem is. Volledige opnames om die omvang van skade na werke vloede (of in afwagting van vloede) te bepaal kan dus grootliks uitgeskakel word. Vrae wat met die modelle beantwoord sou kon word, is byvoorbeeld: Wat sal die geldwaarde van die skade in totaal en/of per skadekategorie binne 'n bepaalde dorp of boerderygebied wees, as 'n vloed van 'n sekere grootte, of vloede van verskillende groottes, op 'n bepaalde of verskillende tye voorkom?

Dit volg geredelik dat benutting van die modelle om voornoemde vrae te beantwoord vereis dat sinvolle waardes ten opsigte van die fisiese veranderlikes wat in die modelle opgeneem is, ingevoeg moet word en dat aannames oor ter sake veranderlikes wat nie in die modelle opgeneem is nie gemaak moet word (Smith, *et al.*, 1981). Neem as voorbeeld van die aanwending van formele modelle die oorhoofse Vaalriviermodel in Tabel 3 waarmee skade binne Standerton aan enkelverdiepingwoonhuise (van goeie boumateriaal) beraam kan word, sê vir 'n vloed van 'n sekere omvang wat 'n paar jaar later mag voorkom.

'n Eerste stap om die model toe te pas kan wees om te gaan beraam watter gedeelte van die vloedvlakte met die verwagte vloed behoort te oorstrom. Vervolgens sou beraam kon word waar binne die oorstromde vloedvlakte op daardie stadium in

die toekoms enkelverdiepingwoonhuise geleë gaan wees. Vir elke woonhuis wat na verwagting sal oorstrom moet dan waardes bepaal of geraam word ten opsigte van afstand vanaf rivieroewer (A), vloeroppervlakte (V) en diepte van verwagte oorstroming (D). Deur die waardes vir elke woonhuis in die model in te stel, kan die omvang van die skade vir elke woonhuis beraam word. Sommering van die skadebedrae ten opsigte van alle oorstromde woonhuise sal die totale skade aan enkelverdiepingwoonhuise in Standerton gee. Nodige aannames vir die toepassing van die model is (Vos, 1982): dat die vloedkenmerke (duurte, slikinhoud, sleurkrag van die vloedwater, ensovoorts) van die tweede vloed nagenoeg dieselfde as dié van die eerste vloed sal wees; dat die tipe en gehalte van die geboue wat met die twee vloede oorstrom sal word, vergelykbaar sal wees; en dat dieselfde mate van vloedverskansing tydens die twee vloede getref sal word. Ten einde vir toekomstige veranderinge in pryse voorsiening te maak, is dit verder nodig om skades by wyse van 'n geskikte prysindeks aan te pas; in die geval van geboue kan byvoorbeeld van 'n boukoste-indeks gebruik gemaak word.

Die gebruik van informele modelle word illustreer deur gebruik te maak van die inligting ten opsigte van kommersiële funksie in Standerton (Tabel 4 en Figure 8 en 9). Veronderstel die vraag is: wat sou die skade aan die kommersiële funksie wees as 'n vloed van 1,0 meter laer as dié in 1975 in die toekoms gaan voorkom? Volgens Tabel 4 sal met 'n sodanige vloed die skades in die oorstromde intervale 0-0,5 en 0,5-1,0 m, dit wil sê R4 636 plus R17 225 (R21 861), nie voorkom nie. Indien die meer-as kumulatiewe skadepurwe (Figuur 8) vir die beraming aangewend word, moet 'n denkbeeldige vertikale lyn getrek word vanaf die 1,0 meter diepte van oorstroming tot waar dit die kumulatiewe skadepurwe ontmoet, dan horisontaal na die linkerkant totdat dit die vertikale as kruis. Die persentasie op die vertikale as sal dan die persentasie van die totale skade aantoon wat steeds sal voorkom. In dié geval sal dit nagenoeg 86,11 persent of R135 565 wees.

By die gebruik van die minder-as kumulatiewe skadepurwe (Figuur 9) moet 'n denkbeeldige reguit lyn weer eens getrek word vanaf die 1,0 meter diepte van oorstroming tot waar dit die kumulatiewe skadepurwe ontmoet, dan horisontaal na die linkerkant totdat dit die vertikale as kruis. In dié geval dui die skadesyfer op die vertikale as die skade aan wat nie meer sal voorkom nie. Dit kan dus verwag word dat die totale skade aan kommersiële geboue binne die betrokke stedelike nedersetting met nagenoeg R21 861 (13,89 persent) deur 'n vloed van 1,0 meter kleiner in omvang as waarvoor inligting beskikbaar is, behoort te verminder.

'n Ter sake aanname by informele modelle vir die beraming van toekomstige skades is, benewens die aannames wat ten opsigte van formele modelle vermeld is, dat die bodembenuttingspatroon in die vloedvlakte nagenoeg dieselfde tydens die twee vloedgebeurtenisse sal wees. Vanweë veranderings wat normaalweg met verloop van tyd in die bodembenuttingspatroon binne die vloedvlaktes behoort in te tree, mag dit wees dat nie in 'n bevredigende mate aan laasgenoemde veronderstelling voldoen sal kan word nie. Ten spyte van hierdie klaarblyklike leemte, kan informele modelle egter steeds as 'n waardevolle inligtingsbron deur beplanners van vloedskadefoorspellingsmaatreëls benut word. Hier word in besonder verwys na die moontlikheid om aan die hand van 'n volledige stel informele modelle, wat na 'n omvangryke vloed vir 'n betrokke nedersetting vasgestel kan word, deur interpolasie die skade van kleiner vloede (dit wil sê vloede met 'n groter waarskynlikheid van voorkoms) binne die betrokke vloedvlakte te simuleer. Sodanige gesimuleerde skades gekoppel aan die verskillende waarskynlikhede van voorkoms, voorsien

basiese inligting met behulp waarvan die lang termyn gemiddelde jaarlikse vloedskade bepaal kan word. Hierdie lang termyn gemiddelde jaarlikse vloedskade word dan in vloedskadebeheerbeplanningsmodelle as uitgangspunt geneem vir die vasstelling van die voordele wat met verskillende kombinasies van vloedskadebeheermaatreëls verkry sal word (Viljoen, 1979).

Samevatting en gevolgtrekking

Vanweë die potensiaal van vloedskadevoorspellingsmodelle om toekomstige vloedskade te beraam en as nodige inset om vloedskadebeheermaatreëls te beplan, is gepoog om aan die hand van inligting wat na werklike vloede bekom is, sodanige modelle te ontwikkel. By die ontwikkeling van die modelle is klem op formele modelle gelê, veral vanweë die potensiaal wat die modelle het om vloedskade ook in ander trajekte te beraam. Die vernameste bevindings ten opsigte van die formele modelle is as volg (Smith, *et al.*, 1981):

- Dit was nie moontlik om data ten opsigte van alle ter sake vloedkenmerke, byvoorbeeld sleurkrag en slikinhoud van die vloedwaters, te bekom nie. Die enigste twee vloedveranderlikes waarvoor redelike akkurate data bekom kon word, is oppervlakte en diepte oorstroom. Beskikbare data ten opsigte van sekere veranderlikes, soos duurte van oorstrooming, was nie altyd voldoende akkuraat nie.
 - Voldoende data vir die ontwikkeling van formele verliesfunksies was slegs vir 'n paar riviertrajekte en skadekategorieë beskikbaar. Die skadekategorieë is enkelverdiepingwoonhuise, 'n paar ander tipes geboue, akkergewasse, wingerde en besproeiingsgrond.
 - Omdat alle ter sake fisiese vloedkenmerke nie in die modelle opgeneem kon word nie, was dit in die meeste gevalle nie moontlik om algemeen toepaslike verliesfunksies te bepaal nie. Die enigste skadekategorieë waarvoor modelle bepaal kon word wat ook op ander trajekte toepassingswaarde het, is enkelverdiepingwoonhuise en buitegeboue.
 - Die twee fisiese vloedveranderlikes wat die sterkste in die formele modelle figureer is oppervlakte en diepte oorstroom. By gewasskade is dit oppervlakte oorstroom terwyl dit by grond- en gebousskade beide is.
- Gegewe die probleme om 'n volledige stel formele verliesfunksies te bepaal, is 'n stel informele funksies gekonstrueer. Met die funksies, wat bloot die klassifisering van alle direkte vloedskade in diepte-oorstroomintervalle behels, kan die skade van

vloede van verskillende omvang vir 'n betrokke trajek, met die nodige aanpassings en veronderstellings, beraam word. Die modelle se gebruikswaarde is noodwendig beperk tot die trajekte waarvoor dit bepaal is. Ook sal die aanwendbaarheid van die modelle om toekomstige vloedskade te voorspel vinnig afneem wanneer die grondgebruiksamenstelling in die vloedvlakte verander.

Hoewel informele modelle dus nie as 'n volledige alternatief vir formele modelle beskou kan word nie, het die ontwikkeling van die modelle besliste meriete in die navorsing na vloedskadevoorspellingsmodelle, veral vir vloedgebiede waarvoor optimale vloedskadebeheermaatreëls beplan moet word.

Literatuurverwysings

- PARKER, D.J. en PENNING-ROWSSELL, E. (1972) Problems and methods of flood damage assessment. Progress Report No. 3, Middlesex Polytechnic, Middlesex.
- SMITH, D.J.G., VILJOEN, M.F. en SPIES, P.H. (1981) Guidelines for assessing flood damage in South Africa. pp. 19-23. Water Research Commission, Pretoria.
- VILJOEN, M.F., VOS, J.A. en MARAIS, P.J. (1977) Vloedskades in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika - Deel III, *Bevindings rakende die 1974-vloedskades vir verskillende trajekte van die Oranje-, Vaal-, Riet-, Seekoei-en Hartbeersriver*. pp. 203-215. Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
- 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. pp. 160-163. Verslag Nr. 1, Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
- VILJOEN, M.F., VOS, J.A., SMITH, D.J.G. en PRINSLOO, J.W. (1980) Die 1975-vloedskades vir verskillende trajekte van die Vaalrivier. pp. 201-285. Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
- VILJOEN, M.F. en SMITH, D.J.G. (1982) Vloedskadebepaling en vloedskadebeheer as onderdele van die ekonomie van waterbenutting. *Water SA* 8(1) 45-51.
- VOS, J.A. (1982) Die bepaling van vloedskades binne stedelike nedersettings na aanleiding van die 1975-oorstroomings in die Vaalrivier asook riglyne vir die vermindering van vloedskades. pp. 15-23 en 177-192. Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
- WHITE, G. (1964) Choice of adjustments to floods. Research Paper No. 95, Department of Geography, The University of Chicago, Chicago, Illinois.
- WIPPLINGER, O. (1977) Persoonlike mededeling. Professor in Siviele Ingenieurswese, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch.