

# Standaard residensiële vloedskadefunksies vir Suid-Afrikaanse toestande

*Standard residential flood damage functions for South African conditions*

**G DU T DE VILLIERS**

Navorsingsgenoot,  
Departement Geografie,  
Universiteit van die Vrystaat,  
Posbus 339, Bloemfontein

**MF VILJOEN**

Landbou ekonomie,  
Universiteit van die Vrystaat,  
Posbus 339, Bloemfontein,  
Viljoenmf.sci@mail.uovs.ac.za



Gawie de Villiers



Giel Viljoen



Herman Booysen

**HJ BOOYSEN**

NETGroup, Bloemfontein

**GAWIE DE VILLIERS** het aan die Universiteit van die Vrystaat studeer en het na enkele jare in die onderwys by die Departement van Waterwese se Hidrologiese Navorsingsinstituut aangesluit. Hy voltooi sy doktorsale proefskrif in 1975 oor een van die prosesse in oppervlakhidrologie, en stel hiermee modelle daar wat op landswye basis in Suid-Afrika bruikbaar was. Hy sit sy loopbaan voort aan die Universiteit van Durban-Westville, waar hy betrokke was by stedelike vloede en stedelike riviere se waterkwaliteit. In 1993 word hy Departementshoof van die Geografie Departement, Universiteit van die Vrystaat. Hy tree in 2003 af maar is steeds 'n navorsingsgenoot van hierdie departement, met meer as 60 publikasies en verslae tot sy krediet.

**GAWIE DE VILLIERS** studied at the University of the Free State and after a few years in education, joined the Hydrological Research Institute of the Department of Water Affairs. He completed his doctoral dissertation in 1975 on one of the processes of surface hydrology and developed models widely applicable in South Africa. He later moved to the University of Durban Westville where he got involved in urban floods and water quality of urban rivers. In 1993 he was appointed Head of the Department of Geography at the University of the Free State. He retired in 2003 but is still a research fellow of this department. Prof. De Villiers has more than 60 publications and reports to his credit.

**GIEL VILJOEN** is sedert 1972 verbonde aan die Universiteit van die Vrystaat. Hy het meer as 30 jaar ondervinding in navorsing en opleiding en meer as 12 jaar in departementele bestuur. Sy navorsing handel oor verskeie aspekte van water-ekonomie met die klem op die sosio-ekonomiese impak en bestuur van vloede en waterbeperkings, vraag na water, besproeiingswater-verbrakking, opgegaarde waterbestuur en reënwater-oesting. Die meeste van die navorsing is multi-dissiplinêr en gedoen in samewerking met wetenskaplike instellings in SA en Australië. Hy was studieleier van 12 PhD en 25 Magister-verhandelings en het meer as 100

**GIEL VILJOEN** has been employed at the University of the Free State since 1972. He has more than 30 years' experience in research and teaching and more than 12 years in departmental management. His research deals with various aspects of water economics with the emphasis on socio economic impact and management of floods and water restrictions, water demand, salinity of irrigation water, management of dammed water and rainwater harvesting. Most of his research is multi-disciplinary and conducted in cooperation with scientific institutes in SA and Australia. He was study leader of 12 PhD and 25 master dissertations and has more

<p>publikasies tot sy krediet. Hy het by vier geleenthede navorsing by universiteite in die VSA gedoen en verteenwoordig SA sedert 1998 op 'n Vloedbestuurswerkgroep van die "International Commission of Irrigation and Drainage". In 2002 lewer hy die FR Tomlinson gedenklesing en verkry dieselfde jaar erelidmaatskap van die Landbou Ekonomiese Vereniging van Suid-Afrika (LEVSA). In 2003 word hy verkies as President van LEVSA.</p>	<p>than 100 publications to his credit. On four occasions he did research at universities in the USA and since 1998 he has represented South Africa on a Flood Management Working Group of the International Commission of Irrigation and Drainage. In 2002 he presented the FR Tomlinson Commemorative lecture, and the same year he received honorary membership of the Agricultural Economic Association of South Africa (AEASA). In 2003 he was elected as President of AEASA</p>
<p><b>HERMAN BOOYSEN</b> is werksaam by NETGroepe Suid Afrika as Besigheidseenheidbestuurder vir die Vrystaat. Hy fokus op geografiese inligtingstelsels en rampbestuur. Projekte wat deur hom gedoen en bestuur is, sluit in die ontwikkeling van GIS vir distrik- en plaaslike owerhede. Baanbrekerswerk word ook in die veld van rampbestuur gedoen. Dit sluit die ontwikkeling van rampbestuursplanne, risiko-analises en die ontwikkeling van rekenaarsagteware vir die gebruik in rampbestuur. Hy voltooi sy PhD in 2001 met die titel "Ontwikkeling van hulpmiddels vir die bestuur en beplanning van stedelike vloedvlakte: 'n GIS toepassing". Verskeie navorsingsverslae en wetenskaplike artikels is voltooi gedurende sy verbintenis aan die Universiteit van die Vrystaat van 1989-1999. Tans is hy lid van die uitvoerende komitee van GISSA (Geo-information Society of Southern Africa) en voorsitter van die Vrystaat-tak. Hy is ook lid van DMISA (Disaster Management Institute of Southern Africa).</p>	<p><b>HERMAN BOOYSEN</b> is employed at NET Group South Africa as Business Unit Manager of the Free State. He focuses on geographic information systems and disaster management. Projects done and managed by him include the development of GIS for district and local authorities. Exploratory work is also conducted in disaster management. This includes the development of disaster management plans, risk analyses and the development of computer software. He concluded his PhD in 2001 with title "Ontwikkeling van hulpmiddels vir die bestuur en beplanning van stedelike vloedvlakte: 'n GIS toepassing". Various research reports and scientific articles were completed during his work at the University of the Free State (1989-1999). At present he is a member of the executive committee of GISSA (Geo-information Society of Southern Africa) and chairman of the Free State branch. He is also member of DMISA (Disaster Management Institute of Southern Africa).</p>

## ABSTRACT

### *Standard residential flood damage functions for South African conditions*

*Disaster risk management is an integral part of a scientific approach to disaster management. It refers to integrated, multi-sectoral, multi-disciplinary, organizational and operational planning processes and skills to mitigate disasters. Application of the approach necessitates disaster risk analysis, requiring flood damage functions in the case of floods. A flood damage function can be described mathematically, tabularly or graphically and refers to the relationship between flood characteristics like depth and/or speed of floodwater and flood damage to a specific land use type. Research conducted at the University of the Free State indicated the value of standard residential flood damage functions and the necessity for periodic updating to secure contemporary relevance. This article focuses on updating of the latter.*

*The article starts with an introduction to put the development, use and maintenance of standard residential flood damage functions in context with regard to the latest views on disaster risk management, risk assessment, disaster management legislation in South Africa and a computer model TEWA, in which the flood damage functions are used. Aspects that can affect flood damage are briefly discussed, followed by sections on the development and upgrading of structural flood damage functions for formal housing as well as functions for determining damage*

*to housing contents. The development of residential flood damage functions that can be applied nationally forms the main part of the paper and is followed by a brief summary statement.*

**KEY CONCEPTS:** Residential flood damage; flood damage functions; loss functions; disaster risk management

**TREFWOORDE:** Residensiële vloedskade; vloedskadefunksies; verliesfunksies; ramprisikobestuur

## UITTREKSEL

Ramprisikobestuur is 'n integrale deel van 'n wetenskaplike benadering om rampe te bestuur. Dit verwys na geïntegreerde, multisektorale, multi-dissiplinêre, organisatoriese en operasionele beplanningsprosesse en vaardighede om rampe te versag. Toepassing van die benadering vereis dat ramprisiko-analise onderneem moet word, vir welke doel vloedskadefunksie benodig word in geval van vloedrampe. 'n Vloedskadefunksie verbeeld wiskundig, tabellaries of grafies die verwantskap tussen vloedkenmerke soos diepte en/of vloeisnelheid van vloedwater en die skade aan 'n spesifieke grondgebruik. Navorsing wat aan die Universiteit van die Vrystaat gedoen is, het die waarde van standaard residensiële vloedskadefunksies beklemtoon, asook die noodsaaklikheid dat die inligting daarin vervat bygehou moet word, om te verseker dat dit eietydse gebruikswaarde behou. Hierdie artikel fokus op die bywerking van standaard vloedskadefunksies.

## INLEIDING

Waar die term “rampbestuur” voorheen algemeen gebruik is om kursusse en aksies wat met die bestuur van natuurlike en mensgemaakte rampe te make het, te identifiseer, word die term “ramprisikobestuur” deesdae eerder gebruik. 'n Hoofrede vir die verandering is die toenemende bewustheid en klem wat op die risiko-aspek van rampe geplaas word.<sup>1</sup> Die risiko-notasie voeg 'n belangrike dimensie toe tot die verstaan van die wyse waarop en die mate waartoe vloede en ander rampe die gemeenskap beïnvloed. Die rampbestuursraamwerk verwys na ramprisikobestuur as geïntegreerde, multisektorale, multi-dissiplinêre, organisatoriese en operasionele beplanningsprosesse en vaardighede met die oog op die versagting van rampe.

Tradisioneel was dit praktyk om die definisie van risiko in terme van kapitaalbelegging en verwagte rendement tot die ontwikkelaar of korporatiewe belegger te beperk. Hierdie vrywillige risikonemers het die kapasiteit om die vlak en tipe risiko wat hul bereid is om te neem, te bepaal, en om die grense en aanvaarbaarheid te spesifiseer. In teenstelling hiermee word onvrywillige risiko's wat deur ander beheer word dikwels op 'n groter groep afgedwing. Soos dit is, het diegene nie inspraak in byvoorbeeld oorhoofse water- of energiebeleid, die keuse van spesifieke projekte, of die ontwerp en implementering daarvan nie. Die risiko's waarmee hulle gekonfronteer word, beïnvloed hulle individuele welvaart, lewenswyse, lewenskwaliteit en selfs hulle geestelike wêreldbeskouing en oorlewingsmoontlikhede op 'n direkte wyse.<sup>2</sup>

Die neiging om burgerlikes, boere en ander potensieel kleiner geaffekteerdes uit te sluit, lei dikwels tot spanning en botsings omdat dit die beginsel verontagsaam dat diegene wat direk deur 'n besluit geraak word die beste geplaas is om die risiko's te bepaal wat hulle bereid is om te neem. Hierdie probleme word vererger wanneer daar nie op 'n prosedure ooreengekom is om aanvaarbare gevolge te verken en daaroor te onderhandel nie.<sup>2</sup>

Hantering van risiko's kan volgens die “World Commission on Dams” (2000)<sup>2</sup> nie afgeskaal word tot bloot die aanwending van aktuariële tabelle of wiskundige formules nie. Uiteindelik moet dit geïdentifiseer, duidelik verwoord en gekommunikeer word. Dit vereis dat bewusmaking van risiko uitgebrei moet word na 'n groter groep as net die regering of ontwikkelaars. Almal wat

daardeur beïnvloed word, sowel as die omgewing as openbare goed, moet ingesluit word. Dit is belangriker dat nievrywillige risikodraers gewettigde regte moet hê om met risiko-opnemers in 'n deursigtige proses oor gelyke beregtiging ten opsigte van risiko's en voordele te onderhandel.

In die rampbestuursraamwerk van Suid-Afrika wat daargestel is met die oog op die implementering van die Rampbestuurswet (Wetnr. 57 van 2002), word risiko's eksplisiet verreken. Vier sleutelprestasieareas word geïdentifiseer wat geïntegreerde institusionele vaardigheid vir rampbestuur, ramprisiko-analise, ramprisiko-vermindering en reaksie en herstel insluit. Vloedskadestudies as 'n onderdeel van vloedbestuur ressorteer onder ramprisiko-analise. Analise en risikobestuur is 'n essensiële deel van die vloedbestuursproses,<sup>3,4</sup> en 'n vloedvlakbestuursplan is derhalwe 'n risikobestuursplan wat sosiale, ekonomiese en ekologiese veranderlikes in ag neem.<sup>5</sup>

'n Rekenaarmodel (TEWA) wat aan die Universiteit van die Vrystaat<sup>6,4</sup> ontwikkel is om vloedskaade in stedelike gebiede in Suid-Afrika te bepaal en te bestuur, neem die risiko verbonde aan vloede eksplisiet in ag. Hierdie model is gebaseer op teorie en benaderings ontwikkel in byvoorbeeld die VSA, Engeland en Australië, en maak onder meer gebruik van vloedskaadefunksies, waar 'n vloedskaadefunksie 'n wiskundige vergelyking is wat die verwantskap tussen vloedkenmerke soos hoogte/diepte van vloedwater, vloeisnelheid van water en die skade wat aan 'n spesifieke grondgebruik veroorsaak word, kwantifiseer. Dit word dikwels ook grafies of tabellaries aangedui.

In navorsing wat aan die Universiteit van die Vrystaat gedoen is, is byvoorbeeld die waarde van standaard residensiële vloedskaadefunksies aangedui, asook die noodsaaklikheid dat die inligting daarin vervat bygehou/periodiek bygewerk moet word, om te verseker dat dit eietydse gebruikswaarde behou.<sup>6</sup> Voordat hiernatoe teruggekom word, word faktore wat vloedskaade beïnvloed eers bespreek.

## FAKTORE WAT VLOEDSKADE KAN BEÏNVLOED

Identifisering van vloedgevaar of -risiko is die mees fundamentele stap in enige vloedvlakbestuursprogram en is belangrik in die opvoeding van die publiek.<sup>7,8</sup>

Die risikofaktore sluit in: tempo van vloedspitsstyging; diepte van oorstroming; waterkwaliteit; vloeisnelheid en golwe; residensiële bevolking wat bedreig word; vervoernetwerke; institusionele gebruike in die vloedvlakte en vloedwaarskuwings en ontruimingsmaatreëls. Volgens die verslag oor riglyne van vloedvlakbestuur in Australië,<sup>3</sup> kan die faktore wat gevaar en ontwrigting veroorsaak in vier afdelings verdeel word, naamlik:

- Vloedeienskappe wat omvang, diepte, vloeisnelheid en tydsduur insluit.
- Topografie soos ontruimingsroetes en eilande.
- Bevolking in die gevaargebiede.
- Noodrampbestuur.

Ander faktore wat 'n groot impak op die omvang van vloedskaade uitoefen, sluit grondgebruik en die waarde van eiendom in.<sup>6</sup>

Vir beplannings- en bestuursdoeleindes word vloedvlaktes in dieselfde verslag verdeel in verskillende risikosones wat deur hidrologiese faktore bepaal word.<sup>3</sup> Hierdie risikosones bepaal dan watter maatreëls in die gebiede toegepas kan word. Indien die vloeisnelheid byvoorbeeld 1 m/s is en die diepte van oorstroming 0.4 m, lê die -sone in 'n lae gevaargebied, maar as die vloeisnelheid byvoorbeeld 1.4 m/s is en die diepte van oorstroming 1.2 m, is dit 'n hoë gevaargebied.

Verder word die vloedvlakte ook in hidrologiese seksies ingedeel, te wete vloedbane, vloedstooreas en die vloedgrens. 'n Vloedbaan is die area waar daar 'n beduidende hoeveelheid

water gedurende vloede vloei, terwyl vloedstoorareas die dele van die vloekvlakte is wat belangrik is vir die tydelike stoor van water. Vloedgrens verwys na die randgebied van die vloed.

Volgens Vos (1982)<sup>9</sup> sowel as Booysen (2001)<sup>6</sup> is diepte van oorstrooming en die waarde van eiendom die belangrikste veranderlikes vir die opstel van vloedskadefunksies.

## DIE ONTWIKKELING VAN STRUKTUURSKADEFUNKSIES VIR FORMELE BEHUISSING

Metodes wat in die volgende seksies bespreek word, is ontwikkel deur Booysen (1994;<sup>10</sup> 1996<sup>11</sup>). Resultate uit genoemde studies is bygewerk vir toepassing onder huidige toestande.

Om moontlike struktuurskade aan huise te voorspel, word in hierdie gedeelte gepoog om metodes vir die beraming van struktuurskade te ontwikkel. Skade aan geboue is 'n belangrike deel van residensiële skadefunksies. Daar bestaan verskeie benaderings om die struktuurskade te beraam. Penning-Rowse en Chatterton (1977)<sup>12</sup> maak onder andere van argitekte en bouerekenaars gebruik om die skade wat aan elektriese bedrading en pleisterwerk deur verskillende dieptes van oorstrooming veroorsaak word, teoreties te bereken. Smith et al. (1990)<sup>13</sup> verwys voorts na bogenoemde metode en 'n metode waar inligting van werklike vloede gebruik word.

Menings van 'n bouerekenaar en 'n argitek is ingewin om resultate van bogenoemde studies aan te pas sodat dit in huidige omstandighede gebruik kan word. Die aanpassing word gemaak om skade aan strukture van groot huise met 'n vloeroppervlakte van tussen 221 en 400m<sup>2</sup> volgens ABSA se klassifikasie<sup>14</sup> te bepaal. Hierdie tipe huise het in die tweede kwartaal van 2004 'n gemiddelde prys van R700 710 behaal.

Tabel 1 verskaf skade wat bepaal is aan die hand van menings van kundiges wat ingewin is gedurende navorsing wat Booysen (1994)<sup>10</sup> in Upington en Vereeniging gedoen het.

**TABEL 1:** Beraamde struktuurvloedskade aan groot huise (2004)

Diepte oorstroom (m)	Tipe Skade	Waarde in Rand van die item	Totaal in Rand perdiepte van oorstrooming
<b>0 – 0,10</b>	Vloerbedekking: Volvloermatte Keramiek teëls Vinyl teëls	36 000 12 000 8 000	
<b>TOTAAL</b>		<b>56 000</b>	<b>56 000</b>
<b>0,10 – 0,6</b>	Verf Muurproppe Kaste en rakke Deurkosyne	32 000 8 000 38 000 20 000	
<b>TOTAAL</b>		<b>98 000</b>	<b>154 000</b>
<b>1,2</b>	Skakelaars	56 000	
<b>TOTAAL</b>		<b>56 000</b>	<b>210 000</b>
<b>2,4 +</b>	Plafon en dakkappe Dakhout en bonte	160 000 50 000	
<b>TOTAAL</b>		<b>210 000</b>	<b>420 000</b>

Die metode wat in Tabel 1 gevolg is, weerspieël skade aan slegs een kategorie huis. Om die skadefunksie in verskillende vloedvlaktes te kan toepas, moet dit egter voorsiening maak vir meer as een kategorie. Navorsing wat in Sydney, Australië gedoen is, is gebruik om Tabel 1 se waardes na meer as een kategorie te verwerk. Na persoonlike kommunikasie met Booysen (1994)<sup>10</sup> is op hierdie benadering besluit omdat vloedskade-eienskappe tussen die twee lande ooreenstem. Die waardes wat uit die Sydney-navorsing verskry is, word verwerk sodat verhoudings tussen die waardes van klein- en medium-kategorie huise en groot-kategorie huise verkry kan word (Tabel 2). Die verhouding tussen die lae- (Kategorie 1) en hoë- (Kategorie 3), asook medium- (Kategorie 2) en hoë-kategorieë in die Sydneyverslag word per diepte van oorstroming bereken. Met 1m oorstroming is skade aan Kategorie 1 R2 334 en dit is 33 persent van die skade wat aan Kategorie 3 (R7 058) aangerig word. In die geval van 2m oorstroming is dit 67 persent.

Deur hierdie verhoudings op die Suid-Afrikaanse waardes toe te pas, kan die nodige aanpassings gemaak word om voorsiening te maak vir meer as een struktuurkategorie.

**TABEL 2:** Die verhouding tussen die verskillende residensiële waardekategorie huise in Sydney, Australië

Diepte oorstroom (m)	Skade in 1993 ( R ) Kategorie 1	Verhoudings*	Skade in 1993 ( R ) Kategorie 2	Verhoudings**	Skade in 1993 ( R ) Kategorie 3
0,2			1 797	0,46	3 934
1	2 334	0,33	4 283	0,61	7 058
2	7 082	0,67	8 591	0,43	10 624

\* Die verhouding tussen kategorie 1 en kategorie 3 se vloedskade

\*\* Die verhouding tussen kategorie 2 en kategorie 3 se vloedskade

Tabelle 1 en 2 word vervolgens gebruik om struktuurskadefunksies vir gebruik in Suid-Afrika op te stel. Dit word saamgevat in Tabel 3 wat op ABSA 2004 se huispryse gebaseer is.

**TABEL 3:** Struktuurskadefunksies in rand vir die Suid-Afrikaanse residensiële stedelike komponente, 2004

	Skade in Rand per diepte van oorstroming in meter					Gemiddelde huispryse
	0	0,1	0,6	1,2	2,4+	
<b>Klein huise (Kategorie 1)</b>	0	18 480	50 820	69 300	138 600	386 000
<b>Medium huise (Kategorie 2)</b>	0	42 000	115 000	156 000	312 000	506 000
<b>Groot huise (Kategorie 3)</b>	0	56 000	154 000	210 000	420 000	700 710

Vir 'n diepte van oorstroming van 0,6 is skade aan 'n groot huis R154 000. Skade aan klein huise word bereken deur 0,33 (verhouding tussen klein- en groot-kategorie huise in Tabel 2) te vermenigvuldig met R154 000.



## Inhoudskadefunksies

Viljoen, Vos en Marais (1977)<sup>15</sup> bespreek die metodiek wat in verskillende lande gevolg is. Hulle verwys na die Verenigde Koninkryk, Verenigde State van Amerika (VSA) en sekere ander lande. In die Verenigde Koninkryk verdeel Penning-Rowsell en Chatterton (1977)<sup>12</sup> die stedelike gebied in sosiale kategorieë wat die mense se bestedingsvermoë verteenwoordig. Binne hierdie sosiale kategorieë het Penning-Rowsell tipiese huise en tipiese inventarisse van die inhoud van die huise geïdentifiseer. Kosteberekenaars het vloedskades vir verskillende dieptes en duurte van oorstroming vir elke inventaris opgestel. Die ligging van geboue is vanaf lugfoto's en kontoerkaarte geïdentifiseer en die woonhuise is dan in verskillende kategorieë van enkel- tot dubbelverdiepings ingedeel. Die verwagte inventaris van die inhoud van elke gebou is aangeteken, tesame met die verwagte koste vir elke vloedstadium soos deur kosteberekenaars opgestel.

## DIE ONTWIKKELING VAN RESIDENSIËLE VLOEDSKADEFUNKSIES WAT NASIONAAL TOEGEPAS KAN WORD

Die belangrikste gebruik van vloedskadefunksies is die beraming van potensiële vloedskade wat weer 'n belangrike inset in vloedvlaktebestuur is. Potensiële vloedskade kan eerstens as indikator vir vloedskaderisiko gebruik word, waarna die impak van vloedskadeverminderingsaksies op potensiële vloedskade getoets kan word.

Tans is daar vloedskadefunksies vir net vier stedelike gebiede in Suid-Afrika, naamlik Upington, Vereeniging, Despatch en Uitenhage.<sup>11</sup> Wanneer vloedvlaktebestuur op ander gebiede toegepas moet word, ontbreek die nodige vloedskadefunksies dus. Twee benaderings kan aangewend word om hierdie probleem te oorkom. Eerstens kan 'n volledige opname in die gebied gedoen word waartydens die nodige inligting ingesamel word, of andersins kan standaard vloedskadefunksies (funksies wat in meer as een gebied gebruik kan word) gebruik word.

In hierdie afdeling word twee metodes ondersoek wat dit moontlik maak om vloedskadefunksies sonder uitgebreide opnames saam te stel. Eerstens word skade as 'n persentasie van totale waarde van items in huisvertrekke uitgedruk. Tweedens word die vloedskadefunksies wat vir Upington, Vereeniging,<sup>10</sup> Despatch en Uitenhage ontwikkel is, gekombineer om standaard vloedskadefunksies daar te stel.

Vir die opstel van persentasie funksies word skade as 'n persentasie van totale waarde in spesifieke vertrekke uitgedruk. Die totale waarde van die items in elke vertrek word bereken deur al die items in die vertrek se huidige waarde bymekaar te tel. Huidige waarde is wat die item op daardie stadium werd is en nie die waarde van 'n nuwe item nie; dus word ouderdom en waardevermindering in ag geneem. In tabel 4 word 'n voorbeeld van die berekening verskaf waar die totale waarde van die items in die spesifieke vertrek R80 560 is.

**TABEL 4:** 'n Voorbeeld om die persentasie vertrekinhoudskade te bepaal

Diepte oorstroom	0,1 m	0,3 m	0,6 m	1,2 m	1,5 m	2,4 m
Skade ( R )	5 120	12 258	28 012	62 023	76 300	80 560
%	6	15	35	77	95	100

Op 0,3m diepte oorstroming sal die skade R12 258 wees, wat 15 persent van R80 560 is. Die persentasie skade vir elke huis se vertrekke is op die wyse bereken. Oorspronklike skadedata per wooneenheid soos deur vraelyste bepaal, is verdeel in die vertrekkategorieë en as persentasie van totale waarde uitgedruk. Al die persentasies van dieselfde kategorieë (byvoorbeeld sitkamer) is saamgevoeg en 'n kwadratiese/'kromlynige' regressievergelyking is tussen diepte van oorstroming en persentasie skade bepaal. Vir die verskillende vertrekke/items is die vergelykings soos volg:

#### Sitkamer

$$Y = 4,43 + 115,66x - 32,81x^2 \quad R^2 = 0,89$$

#### Eetkamer / Kombuis

$$Y = -1,258 + 110,00x - 28,86x^2 \quad R^2 = 0,93$$

#### Slaapkamer

$$Y = 2,37 + 135,85x - 41,86x^2 \quad R^2 = 0,92$$

#### Ornamente

$$Y = -4,17 + 66,70x - 8,83x^2 \quad R^2 = 0,89$$

#### Ander

$$Y = 6,55 + 89,28x - 21,71x^2 \quad R^2 = 0,83$$

Waar:  $Y$  = persentasie skade van totale inhoudwaarde per vertrek  
 $x$  = diepte van oorstroming in meter

Die berekening van inhoudskade volgens die regressievergelykings verskyn in Tabel 5.

**TABEL 5:** Inhoudskade (R) volgens diepte van oorstroming uitgedruk as persentasie van totale huidige waarde van inhoud van 'n kategorie, 2004

% skade vir verskillende dieptes van oorstroming (m)										
Meters oorstroom	0	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
Sitkamer	0	23,71	34,49	62,45	83,81	98,60	100	100	100	100
Eetkamer/ Kombuis	0	19,59	29,15	54,35	74,37	89,18	98,81	100	100	100
Slaapkamer	2,37	27,87	39,36	68,81	90,73	100	100	100	100	100
Ander	6,55	23,54	31,38	52,30	69,32	82,42	91,62	96,91	98,30	98,30
Ornamente	0	8,82	15,05	32,67	48,71	63,15	76,01	87,28	96,96	100

Vir die omskakeling van hierdie persentasie skadefunksie na vloedskade in monetêre waarde moet vraelyste vir 'n ondersoekgebied voltooi word. Met hierdie vraelyste word die totale huidige waarde van die items in 'n vertrek vasgestel. Die totale huidige waarde word met persentasies uit Tabel 5 vermenigvuldig om skade per diepte van oorstroming te bereken. Totale waarde van die inhoud in byvoorbeeld 'n sitkamer van 'n respondēt word met 34,49 persent vermenigvuldig om die skade met 0,3m oorstroming te kry.

Bostaande is uiteraard slegs van toepassing op 'n bepaalde kategorie huis. Booysen (2001)<sup>6</sup> onderskei egter agt huiskategorieë in Suid-Afrika wat verkry is uit die studies waarna reeds verwys is. Nadat die wooneenhede in die agt kategorieë saamgevoeg is (Tabel 6), is kromlynige regressiepassings gedoen om standaard kategorieë daar te stel. Die resultaat verskyn in Tabel 7. Foto's van voorbeelde van wooneenhede wat volgens Tabel 6 geklassifiseer is, kan in Booysen (1994)<sup>10</sup> se magisterverhandeling gesien word.



**TABEL 6:** Kategorieë wooneenhede waarvolgens standaard vloedskadefunksies ingedeel kan word

Kategorieë	Beskrywing
Kategorie 1	Groot luukse woonhuis
Kategorie 2	Groot – hoë ekonomiese tipe woonhuis
Kategorie 3	Medium – hoë ekonomiese tipe woonhuis
Kategorie 4	Medium/middel ekonomiese tipe woonhuis
Kategorie 5	Klein/middel ekonomiese tipe woonhuis
Kategorie 6	Groot luukse – hoë ekonomiese tipe woonhuis (dubbelverdieping)
Kategorie 7	Groot – hoë ekonomiese tipe woonhuis (dubbelverdieping)
Kategorie 8	Groot/medium – hoë ekonomiese tipe woonhuis (dubbelverdieping)

**TABEL 7:** Die regressievergelyking vir die standaard huisinhoudvloedskadefunksie, 2004

Kategorieë	Funksie*	Bepalendheidskoeffisiënt
Kategorie 1	$Y = 12\,313 + 85\,706x - 21\,962x^2$	$R^2 = 0,66$
Kategorie 2	$Y = 5\,835 + 84\,735x - 21\,272x^2$	$R^2 = 0,63$
Kategorie 3	$Y = 1\,915 + 49\,186x - 21\,544x^2$	$R^2 = 0,49$
Kategorie 4	$Y = 229 + 39\,182x - 9\,114x^2$	$R^2 = 0,54$
Kategorie 5	$Y = 342 + 27\,475x - 7\,234x^2$	$R^2 = 0,69$
Kategorie 6	$Y = 24\,583 + 63\,030x - 4\,908x^2$	$R^2 = 0,29$
Kategorie 7	$Y = 35\,702 + 10\,172x + 2\,064x^2$	$R^2 = 0,25$
Kategorie 8	$Y = 12\,507 + 22\,211x - 2\,328x^2$	$R^2 = 0,26$

\* Y = skade in R-waarde (2004)  
x = diepte van oorstroming in meter

In tabelle 8 en 9 word die inhoudskade getoon.

**TABEL 8:** Standaard huisinhoudvloedskadefunksie vir algemene gebruik (enkelverdieping), 2004

Skade in Rand vir verskillende dieptes oorstroom (m)									
Meters oorstroom	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
Kategorie1	16 800	50 400	76 400	98 400	123200	127400	133000	135300	137500
Kategorie2	8 400	42 000	69 000	91 000	107400	118600	124600	125500	126900
Kategorie3	2 800	22 400	39 800	50 400	60 200	66 200	69 400	70 200	71 500
Kategorie4	300	15 400	28 200	39 200	47 600	53 800	57 400	59 000	60 200
Kategorie5	450	11 200	19 600	26 600	32 200	35 300	36 820	37 400	38 300

**TABEL 9:** Standaard huisinhoudvloedskadefunksie vir algemene gebruik (dubbelverdieping), 2004

Skade in Rand vir verskillende dieptes oorstroom (m)											
Meters oor-stroom	0	0,6	0,9	1,5	2,1	3	3,6	4,2	4,5	5,1	5,4
Kategorie 6	33600	99400	133600	197200	263200	361200	327600	492800	525000	590800	624400
Kategorie 7	62200	74200	81200	98000	117600	154000	182200	212800	229600	266000	283000
Kategorie 8	21700	43300	53400	70200	84700	100800	107800	112000	113400	113600	114200

Laastens word die struktuurskadefunksies wat ontwikkel is, by die inhoudskadefunksies gevoeg. Kategorie 1 (struktuurskadefunksie) word saam met Kategorie 5 (huisinhoudskadefunksie) gebruik, terwyl Kategorie 2 (struktuurskadefunksie) saam met Kategorie 4, 7 en 8 (huisinhoudskadefunksie) en Kategorie 3 (struktuurskadefunksie) saam met Kategorieë 1 tot 3 en 6 (huisinhoudskadefunksie) gebruik word. Kategorie 1 (struktuurskadefunksie) verteenwoordig 'n klein-tipe wooneenheid en word dus aan Kategorie 5 (huisinhoudskadefunksie) toegedeel omdat Kategorie 5 ook 'n klein-tipe huis verteenwoordig. Net so word Kategorie 2 ('n medium-tipe wooneenheid) aan Kategorieë 4, 7 en 8, wat medium-tipe huisinhoud voorstel gekoppel, terwyl Kategorie 3 aan Kategorieë 1, 3 en 6 toegedeel word, wat groot-tipe wooneenhede voorstel.

### SAMEVATTENDE OPMERKING

Die formulering van standaard vloedskadefunksies vir residensiële eiendom maak dit moontlik om vloedskade vir drie huisklasse wat algemeen in Suid-Afrika voorkom, relatief akkuraat, en met beduidende tyd en kostebesparing, te beraam. ABSA se huisprysgids, wat twee maal per jaar gepubliseer word en wat as een van die basiese insette by struktuurskade gebruik is, vergemaklik voorts ook die beramings en maak opdatering met prysveranderinge, maklik. Omvattende opnames mag egter nog van tyd tot tyd nodig wees, maar dit is baie tydrowend en duur.

### ENDNOTAS

1. Jordaan (2005). *Persoonlike Kommunikasie*, DiMTEC, Universiteit van die Vrystaat
2. World Commission on Dams. Enhancing Human Development: Rights & Negotiated Outcomes. *A New Framework for Decision-making 2000*. London: Earthscan Publications Ltd: 207 – 209
3. Floodplain management in Australia: best principles and guidelines (2000). *SCARM Report 73*. Colingwood, Australia: CSIRO Publishing
4. Viljoen, M.F., Du Plessis, L.A., Booysen, H.J., Weepener, H.L., Braune, M., Van Bladeren, D. & Butler, M. (2001). Flood Damage Management aids for integrated sustainable development planning in South Africa. *WRC Report No 889/1/01*.
5. Managing the Floodplain. *Emergency Management Practice Volume 3*. Canberra, Australia: Guidelines Union Offset Printers.
6. Booysen, H. J. (2001). Ontwikkeling van hulpmiddels vir die bestuur en beplanning van 'n stedelikeloedvlakte: 'n Gis toepassing. *Ph.D proefskrif*, Departement Geografie, Fakulteit Natuur- en Landbouwetenskappe, Universiteit van die Vrystaat.
7. Beven, K. & Carling, P. (eds.) (1994). Hydrological, Sedimentology and Geomorphological Implications

- of Floods: An Overview. *Hydrological, Sedimentology and Geomorphological Implications: Floods 1994*: 3-5. (1994). Flood Wave Attenuation due to Channel and Floodplain Storage and Effects on Flood Frequency. Archer DR *Hydrological, Sedimentology and Geomorphological Implications Floods 1994*: 41&42.
8. Ericksen (1985). *Anuflood in New Zealand, Part 1: Approaches to urban flood-loss reduction in New Zealand*. Hamilton: University of Waikato, Department of Geography. CRES Working Paper 1986/2.
  9. 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 vanloedverliese, deel i en ii. *Ph.D-verhandeling*, Departement Aardrykskunde, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
  10. Booysen, H. J. (1994). Die ontwikkeling van 'n rekenaarmodel vir vloedskadebepaling in die stedelike gebiede van die Republiek van Suid-Afrika. *M.A. Verhandeling*, Departement Geografie, Die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
  11. Booysen, H. J., Viljoen, M.F., De Villiers, G du T (1996). Konstruering van vloedskadefunksies vir die residensiële sektor van Upington: *Water SA* 22(1).
  12. Penning-Rowsell, E.C. & Chatterton, J.B. (1977). *The benefits of flood alleviation: a manual of assessment techniques*. Saxon House, Teakfield Limited.
  13. Smith, D.I., Handmer, J.W., Greenaway, M.A. & Lustig, T.L. (1990). *Losses and lessons from the Sydney floods of August, 1986, Volume 1 and Volume 2*. Canberra: Australian National University, Centre for Resource and Environmental Studies.
  14. ABSA Groep Beperk (2004). *Ekonomiese Perspektief*, Derde kwartaal 2004: 16 – 17.
  15. Viljoen, M.F., Vos, J.A. & Marais, P.J. (1977). *Vloedskades in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika, deel iii (volume 1 en volume 2): bevindings rakende die 1974-vloedskades vir verskillende riviertrajekte van die Oranje-, Vaal, Riet-, Seekoei- en Hartbeesrivier*. Bloemfontein: Die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing.