



# **Standaardmethode2004 Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen**

DWW-2005-005

Auteurs: M. Kok  
H.J. Huizinga  
A.C.W.M. Vrouwenvelder  
A. Barendregt



## Voorwoord

Voor u ligt het rapport Standaardmethode2004 Schade en Slachtoffers ten gevolge van overstromingen. Dit rapport is gebaseerd op het rapport Standaardmethode2002 Schade en Slachtoffers ten gevolge van overstromingen [2002], aangevuld met nieuwe inzichten opgedaan in de periode 2001 - 2004. De nieuwe inzichten betreffen aanpassing slachtofferfunctie op basis van onderzoek door DWW [Jonkman et al, 2004] en toevoeging evacuatiefactor op basis van onderzoek van de Universiteit Twente en HKV LIJN IN WATER [Barendregt et al., 2002; Maarseveen, 2004].

Met behulp van de Standaardmethode kunnen de schade en het aantal slachtoffers ten gevolge van een overstroming worden bepaald, die vervolgens worden meegenomen in een risicoanalyse. Bij het samenstellen van de Standaardmethode is gebruik gemaakt van de resultaten van diverse studies op het gebied van schade- en slachtofferbepaling.

Het in dit rapport beschreven onderzoek maakt deel uit van de projecten 'Veiligheid van Nederland in Kaart (VNK)' en 'Hoogwater Informatie Systeem (HIS)' geïnitieerd door Rijkswaterstaat. De directe begeleiding van het project was in handen van S.R. Holterman, M.R. van der Doef en A.M. Cappendijk-de Bok van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat.

Aan de totstandkoming van de eerste Standaardmethode 2000 werd medewerking door dr. ir. M. Kok en ir. N. Vrisou van Eck van HKV LIJN IN WATER en prof. ir. A.C.W.M. Vrouwenvelder van TNO Bouw. De herziening van de Standaardmethode 2000 tot de Standaardmethode 2002 is uitgevoerd door drs. H.J. Huizinga en ir. T.C. Meijerink van HKV LIJN IN WATER. De herziening van de Standaardmethode 2002 tot de Standaardmethode 2004 (in combinatie met de herziening van HIS-SSM v2.0.2 tot HIS-SSM v2.1) is uitgevoerd door A. Barendregt en H.J. Huizinga.



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
1.1	Algemeen .....	1
1.2	Leeswijzer .....	1
<b>2</b>	<b>Standaardmethode.....</b>	<b>3</b>
1.3	Algemeen .....	3
1.4	Dijkkringgebied met overstromingskans .....	4
1.5	Economische schade .....	4
<b>3</b>	<b>Representatief stellen overstromingsscenario's .....</b>	<b>7</b>
3.1	Hydraulische gegevens.....	8
3.2	Gebiedsgegevens .....	8
3.2.1	Bodemgebruik .....	8
3.2.2	Infrastructuur .....	9
3.2.3	Huishoudens.....	9
3.2.4	Inwoners .....	10
3.2.5	Bedrijven.....	11
3.2.6	Overig .....	12
3.3	Evacuatie gegevens .....	13
<b>4</b>	<b>Bepalen van de overstromingsschade .....</b>	<b>15</b>
3.4	Schade laagfrequent overstromende gebieden .....	15
3.4.1	Schadeberekening.....	15
3.4.2	Schadefactoren .....	16
3.4.3	Schadefactoren woningen.....	20
3.4.4	Maximale schadebedragen .....	24
3.5	Schade hoogfrequent overstromende gebieden.....	25
3.6	Onzekerheid in de overstromingsschade.....	27
<b>5</b>	<b>Bepalen aantal slachtoffers .....</b>	<b>29</b>
3.7	Algemeen .....	29
3.8	Berekening aantal slachtoffers.....	29
3.8.1	Slachtofferfunctie.....	29
3.8.2	Evacuatiefactor.....	30
<b>6</b>	<b>Bepalen overstromingsrisico.....</b>	<b>31</b>
6.1	Algemeen .....	31
6.2	Voorbeeld riviersituatie.....	31
6.3	Voorbeeld zeesituatie.....	32
<b>7</b>	<b>Referenties.....</b>	<b>33</b>

## Bijlagen

<b>Bijlage A</b>	<b>Definities en afkortingen</b>
<b>Bijlage B</b>	<b>Bedrijven</b>
<b>Bijlage C</b>	<b>Benodigde bestanden</b>
<b>Bijlage D</b>	<b>Delphi implementatie van schadefuncties woningen</b>
<b>Bijlage E</b>	<b>Delphi implementatie van slachtofferfunctie</b>
<b>Bijlage F</b>	<b>Onzekerheid in de bepaling van de overstromingsschade</b>

## Lijst van tabellen

Tabel 3-1:	Relatie tussen data uit CBS bodemgebruik en schadecategorieën ..... 9
Tabel 3-2:	Relatie tussen data uit het Nationaal Wegen Bestand en schadecategorie..... 9
Tabel 3-3:	Relatie tussen data uit Spoor_NS en schadecategorie ..... 9
Tabel 3-4:	Relatie tussen data uit Bridgis bestand woontypen en schadecategorieën ..... 10
Tabel 3-5:	Relatie data Geo-Marktprofiel personen bestand - schadecategorieën ..... 11
Tabel 3-6:	Relatie tussen data uit D&B bestand en schadecategorieën ..... 12
Tabel 3-7:	Relatie tussen data uit WIS bestand en schadecategorieën ..... 12
Tabel 0-1:	Relatie tussen schadecategorie, materiaal en kritieke stroomsnelheid..... 20
Tabel 0-2:	Standaardmethode Schade laagfrequent overstromende gebieden..... 25
Tabel 6-1:	Kans op falen van dijkvak 1 en/of dijkvak 2..... 31

## Lijst van figuren

Figuur 0-1:	Standaardmethode Schade en Slachtoffers ..... 3
Figuur 0-1:	Schadefactor landbouw en recreatie ..... 16
Figuur 0-2:	Schadefactor gemalen ..... 17
Figuur 0-3:	Schadefactor voertuigen ..... 17
Figuur 0-4:	Schadefactor wegen en spoorwegen ..... 18
Figuur 0-5:	Schadefactor gas en waterleidingen..... 18
Figuur 0-6:	Schadefactor elektra- en communicatiesystemen ..... 19
Figuur 0-7:	Schadefactor bedrijven ..... 19
Figuur 0-8:	Schadefactor eengezinswoningen en boerderijen (geen storm of stroming) ..... 22
Figuur 0-9:	Schadefactor laagbouwoningen (geen storm of stroming) ..... 22
Figuur 0-10:	Schadefactor middenbouwoningen (geen storm of stroming) ..... 23
Figuur 0-11:	Schadefactor hoogbouwoningen (geen storm/-stroming) ..... 23

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In dit deelrapport wordt de Standaardmethode 2004 Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen, in het vervolg aangeduid met Standaardmethode, beschreven waarmee de schade en het aantal slachtoffers ten gevolge van een overstroming kan worden bepaald. Deze gestandaardiseerde methode maakt het mogelijk de uitkomsten van verschillende studies met elkaar te vergelijken. De methode is ontwikkeld in het kader van de door Rijkswaterstaat uitgevoerde studie "Schade en Slachtoffers", met als doel te komen tot een breed gedragen methode voor de bepaling van schade en slachtoffers ten gevolge van een overstroming.

Voor de achtergronden van de Standaardmethode en een meer uitgebreide uitleg van de verschillende onderdelen wordt verwezen naar [Vrisou van Eck, Kok en Vrouwenfelder, 1999b] en [Briene et al, 2002].

## 1.2 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 is een overzicht gegeven van het proces dat wordt doorlopen bij het toepassen van de Standaardmethode. In de daarop volgende hoofdstukken wordt steeds een onderdeel van de Standaardmethode beschreven.

De Standaardmethode wordt toegepast op een dijkkringgebied. In Hoofdstuk 2 is beschreven hoe de overstromingskans voor dit gebied kan worden samengesteld.

Omdat een dijkkringgebied op vele manieren kan overstromen en het niet wenselijk is om voor al deze scenario's de schade en het aantal slachtoffers te berekenen, moet een manier worden gevonden om het aantal berekeningen te beperken. Om het aantal berekeningen te beperken, worden enkele scenario's representatief gesteld voor alle mogelijke overstromingen. De wijze waarop dit gebeurt is beschreven in Hoofdstuk 3.

Voor het berekenen van de schade en het aantal slachtoffers zijn gegevens nodig over het gebied en de overstromingsscenario's. Een beschrijving van deze gegevens is opgenomen in Hoofdstuk 4. De manier waarop de schade wordt berekend is beschreven in Hoofdstuk 5 en de manier waarop het aantal slachtoffers wordt berekend in Hoofdstuk 6.

Tot slot is in Hoofdstuk 7 beschreven hoe met behulp van de overstromingskansen en de uitkomsten van de schade- en slachtofferberekeningen het overstromingsrisico wordt bepaald.

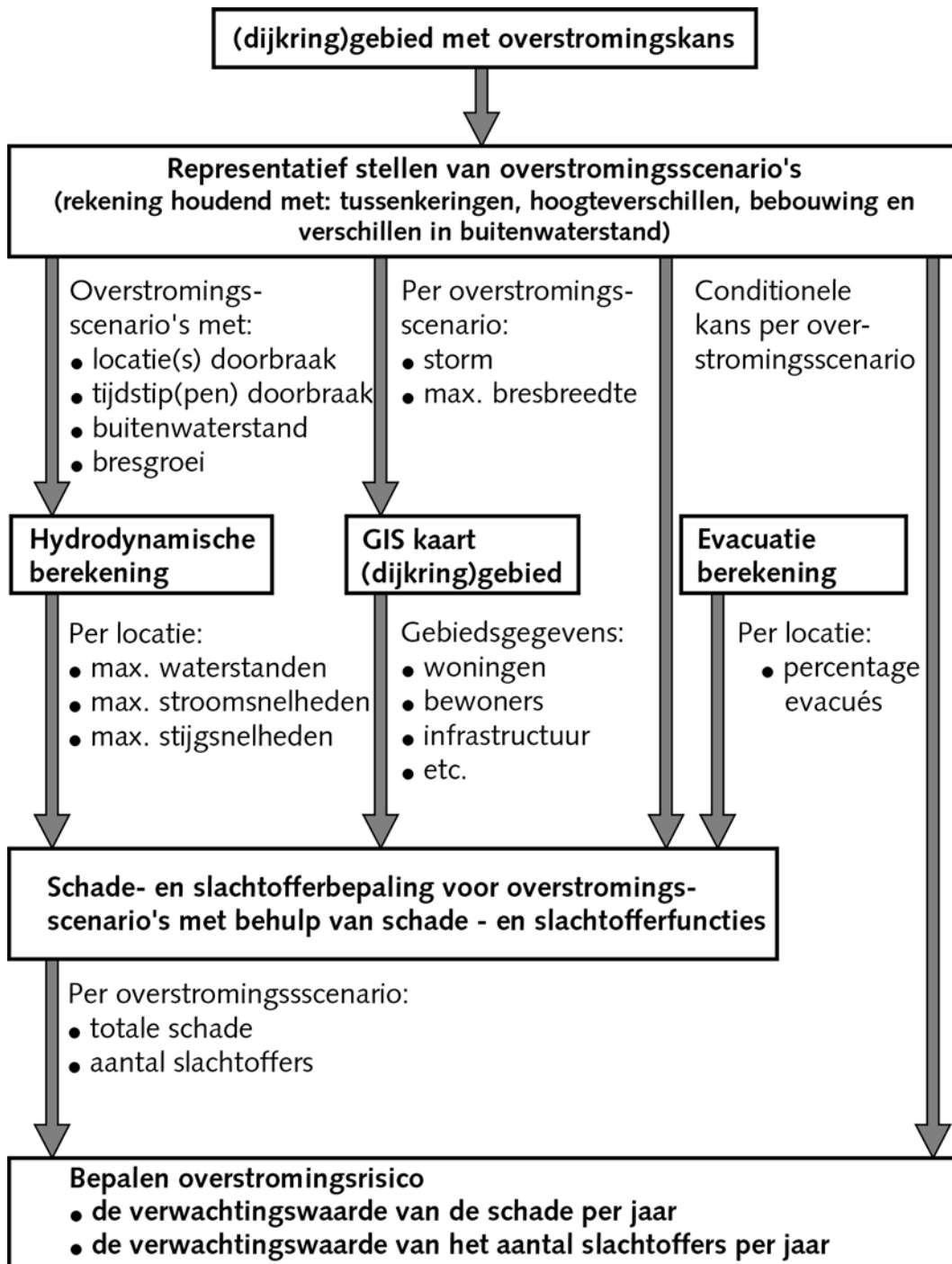




## 2 Standaardmethode

### 1.3 Algemeen

De 'Standaardmethode Schade en Slachtoffers' bestaat uit alle stappen, die doorlopen worden om van een (dijkring)gebied met een bijbehorende overstromingskans te komen tot het overstromingsrisico. Deze stappen zijn weergegeven in Figuur 2-1.



Figuur 0-1: Standaardmethode Schade en Slachtoffers

In de volgende paragraaf wordt beschreven hoe de kans op een overstroming van een dijkkringgebied kan worden benaderd; deze vormt de basis van de Standaardmethode. De overige onderdelen van de Standaardmethode (de tekstblokken in Figuur 2-1) worden in de hierop volgende hoofdstukken uitgelegd. Voor meer informatie omtrent de onderbouwing van gemaakte keuzes en het gebruik van de Standaardmethode wordt steeds verwezen naar [Vrisou van Eck, Kok en Vrouwenvelder, 1999b].

## 1.4 Dijkkringgebied met overstromingskans

De basis van de Standaardmethode Schade en Slachtoffers is een overstroming van een (dijkkring)gebied, bijvoorbeeld als gevolg van bezwijken van een waterkering. De kans op een overstromingsscenario wordt in de Standaardmethode als bekend verondersteld. Voor dijkkringgebieden kan deze overstromingskans worden bepaald met een rekenprogramma, zoals PC-Ring.

Een gebied kan echter op diverse manieren overstromen; zo kan bijvoorbeeld de dijk op één of meerdere plaatsen doorbreken en kan de buitenwaterstand waarbij de doorbraak plaatsvindt verschillen. De condities, waaronder een overstroming plaatsvindt, wordt een overstromingsscenario genoemd. Elk scenario resulteert in een specifiek overstromingspatroon met waterstanden en stroomsnelheden op alle locaties in het dijkkringgebied. Voor gebieden langs een rivier, die geen waterkering hebben, geldt dat de overstromingsdiepte en stroomsnelheden sterk afhankelijk zijn van de duur en hoogte van de afvoer.

De kans op een bepaald overstromingsscenario is gelijk aan de kans op de bijbehorende dijkdoorbraak(en) bij een bepaalde buitenwaterstand, die gedurende een bepaalde periode aanhoudt, gecombineerd met de kans op storm tijdens de overstroming (in verband met de golven).

## 1.5 Economische schade

Door een overstroming ontstaan verschillende typen schade. In de definitiestudie van het project 'Standaardmethode Schade en Slachtoffers' [WL, TNO en Bouwdienst, 1999] wordt onderscheid gemaakt tussen monetair waardeerbare schade en niet-monetair waardeerbare schade. De Standaardmethode heeft voor wat betreft de schade vooral betrekking op monetair waardeerbare schade; van niet-monetair waardeerbare schade is tot nu toe enkel het aantal dodelijke slachtoffers meegenomen.

Daarnaast wordt onderscheid gemaakt in primaire, secundaire en geïnduceerde schade. Dit onderscheid wordt gemaakt aan de hand van de locatie waar de schade optreedt. Primaire schade is de schade in het overstromingsgebied; secundaire schade is schade buiten het overstromingsgebied en geïnduceerde schade is schade, die niet direct aan het gebied kan worden toegewezen (bijv. reddingskosten).

In de Standaardmethode worden drie typen schade onderscheiden [Briene et al, 2002]:

1. directe schade;
2. directe schade ten gevolge van bedrijfsuitval;
3. indirecte schade ten gevolge van overstroming.

#### *Ad 1*

Onder directe schade valt de schade die optreedt aan objecten, kapitaalgoederen en roerende goederen vanwege het directe contact met water. Hiertoe behoren:

- herstelschade aan onroerende goederen in eigendom of huur: erven en opstallen;
- herstelschade aan productiemiddelen, zoals machinerie, apparatuur, procesinstallaties en transportmiddelen;
- schade aan inboedels;
- schade door verloren gaan van roerende goederen, zoals grondstoffen, hulpstoffen en producten (inclusief schade aan oogst).

#### *Ad 2*

Directe schade ten gevolge van bedrijfsuitval is de schade die voortvloeit uit de zakelijke verliezen door productiestilstand

#### *Ad 3*

De indirecte schade bestaat uit twee categorieën:

- schade bij toeleverende en afnemende bedrijven buiten het dijkkringgebied vanwege het (deels) wegvallen van de omzet. Deze schade is berekend aan de hand van de toegevoegde waarde per arbeidsplaats of hectare vermenigvuldigd met een sector specifieke multiplier. In de multiplier, berekend op nationaal schaalniveau, wordt geen rekening gehouden met substitutie-effecten buiten het dijkkringgebied en met toeleveranciers binnen het dijkkringgebied (zijn reeds verwerkt in de directe schade van een dijkkringgebied). Dit betekent dat het toepassen van de multiplier een overschatting kan zijn van de daadwerkelijke schade. Deze overschatting is groter naarmate het overstromde gebied groter is. Om deze reden kan in de Standaardmethode voor indirecte schade een reductiefactor worden meegegeven. De standaardwaarde voor deze reductiefactor bij indirecte schade is vastgesteld op 0.25;
- schade vanwege het doorsnijden van aan- en afvoerroutes, benaderd via reistijdverlies.

### **WAARDERINGSGRONDSLAG**

Bij het samenstellen van de schadefuncties voor de Standaardmethode zijn de volgende keuzes gemaakt:

- de schadefuncties en maximale schadebedragen zijn voor geheel Nederland gelijk; dit betekent dat, bij gegeven hydraulische condities, de schade aan een huis in Limburg gelijk is aan de schade van een identiek huis in het midden van Nederland;
- er wordt in de modellering (nog) geen onderscheid gemaakt tussen de schade in hoog- of laagfrequent overstromende gebieden: alle functies en schadebedragen gelden voor laagfrequent overstromende gebieden;
- er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de schade ten gevolge van overstromingen met zoet of zout water;
- de maximale schadebedragen zijn gebaseerd op vervangingswaarde of herbouwwaarde
- de schade wordt bepaald door de overstromingsdiepte, de golven en de stroomsnelheid. Het aantal slachtoffers wordt tevens gebaseerd op stijgsnelheid.

De kleinere schade bij een overstroming van een hoogfrequent overstromend gebied komt tot uitdrukking in een lager maximaal schadebedrag of een lagere schadefactor; per schadecategorie wordt aangegeven hoe het leereffect het beste tot uitdrukking komt in de te berekenen schade. In de literatuur is hierover echter nog maar weinig informatie beschikbaar. Voorgesteld wordt om voor de grens tussen laagfrequent en hoogfrequent overstromend een frequentie van eens in de 25 jaar te kiezen.

Het onderscheid tussen overstromingen met zout water enerzijds en zoet water anderzijds wordt niet gemaakt in de Standaardmethode, omdat dit verschil slechts geldt voor een beperkt aantal categorieën (landbouw en voertuigen) en omdat de verschillen tussen de bedragen relatief gering zijn.

Bij de bepaling van de maximale schadebedragen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd [Briene et al., 2002]:

#### **Directe schade**

- Voor objecten zoals woningen is uitgegaan van de herbouwwaarde: dat wil zeggen het bedrag dat nodig is om in geval van schade het object in zijn oorspronkelijke staat en op dezelfde plaats te herbouwen;
- Voor schade aan kapitaalgoederen, inboedels, voertuigen e.d. is uitgegaan van de vervangingswaarde. In feite gaat het hier om de marktwaarde van vergelijkbare goederen voor zover deze niet is verstoord door subsidies en dergelijke;
- In de landbouw dient daarnaast rekening te worden gehouden met het verloren gaan van de oogst, en/of het verlies van vee. Voor het bepalen van de daarmee samenhangende directe schade is uitgegaan van de productiewaarde. In feite gaat het hier om de marktwaarde van vergelijkbare producten en dieren

#### **Directe schade door bedrijfsuitval**

De maximale schadebedragen zijn in dijkkringgebieden (voor zover relevant) bepaald op basis van de toegevoegde waarde (dat wil zeggen de omzet minus de waarde van de ingekochte goederen). Bij een overstroming zal de productie immers (tijdelijk) stil komen te liggen, waardoor de inkoop van (voor het productieproces) benodigde goederen en diensten zal komen te vervallen.

#### **Indirecte schade**

De maximale schadebedragen voor indirecte schade die optreedt buiten getroffen dijkkringgebieden is eveneens bepaald op basis van het verlies aan toegevoegde waarde. Om deze schade te kunnen vaststellen is een Input/Output-analyse uitgevoerd. De hiermee samenhangende schade is niet verdisconteerd in de kentallen.

### 3 Representatief stellen overstromingsscenario's

Om het aantal door te rekenen overstromingsscenario's te beperken, moeten enkele scenario's representatief worden gesteld voor de mogelijke overstromingsscenario's. De kans op een overstromingsscenario en dus op een bepaalde schade is de gesommeerde kans op de scenario's met vergelijkbare gevolgen.

Bij het representatief stellen van overstromingsscenario's moet rekening worden gehouden met de verschillende patronen van de maximale overstromingsdiepte en stroomsnelheid in het gebied. Een overstromingsscenario kan representatief worden gesteld voor andere scenario's als de patronen van de maximale stroomsnelheden en de maximale overstromingsdiepte vergelijkbaar zijn. Bij het representatief stellen van de overstromingsscenario's moet daarom rekening worden gehouden met de factoren die de schade bepalen, dit zijn:

1. het verloop van de waterstand van het buitenwater;
2. de wind;
3. het mechanisme (bv afschuiving, golfoverslag, niet gesloten duiker);
4. het tijdstip van doorbraak (voor, tijdens, of na het hoogwater);
5. de bresgroeisnelheid (o.a. afhankelijk van het dijkmateriaal);
6. de locatie van het (de) doorbraakpunt(en).

Een andere schadeberekening hoeft dan ook alleen te worden gestart als er een wezenlijk ander overstromingspatroon ontstaat met ander stroomsnelheden en waterdieptes op plaatsen waar deze een verschillende uitwerking hebben. Aangezien er weinig ervaring is opgedaan met het representatief stellen van overstromingsscenario's en de methode nog niet is uitgekristalliseerd wordt de keuze van de uit te voeren overstromingsscenario's aan de gebruiker overgelaten. De gebruiker moet dan dus de dijkkring langslopen en de volgende vragen beantwoorden:

- worden er tussenkeringen gepasseerd?
- is er sprake van sterke niveauverschillen in het maaiveld?
- verandert het hydraulisch regime?
- ligt er bebouwing?

Voor elke vraag die met ja wordt beantwoord, is in principe de beschouwing van een extra overstromingsscenario nodig. Een meer uitgebreide uitleg van de manier, waarop scenario's representatief kunnen worden gesteld, is opgenomen in [Vrisou van Eck, Kok en Vrouwenfelder, 1999b]. Hierbij wordt ook aangegeven met welke principes de kans op een bres (of meerdere bressen) in een bedijkt gebied bepaald kan worden.

Op basis van representatieve overstromingsscenario's kan de schade en het aantal slachtoffers worden berekend. Per overstromingsscenario zijn de volgende gegevens nodig:

- de locaties van de doorbra(a)k(en), de tijdstip(pen) van de doorbra(a)k(en), de buitenwaterstand tijdens de doorbra(a)k(en) en de bresgroei ten behoeve van de hydrodynamische berekening;
- de maximale bresbreedte en het wel of niet optreden van een storm ten behoeve van de schade- en slachtofferberekening;
- de conditionele kans behorende bij het overstromingsscenario ten behoeve van het bepalen van het overstromingsrisico. Gegevens

## 3.1 Hydraulische gegevens

Om de verwachte economische schade en het verwachte aantal slachtoffers te kunnen berekenen dient een scenario te worden samengesteld, met daarin de volgende gegevens: de maximale overstromingsdiepte per locatie, de maximale stroomsnelheid (gemiddeld of per locatie), de stijgsnelheid (gemiddeld of per locatie), de beschuttingsfactor (gemiddeld of per locatie) en de aanwezigheid van storm(golven) in het gebied. De overstromingsdiepte, stijgsnelheid en eventueel de stroomsnelheid volgen uit de resultaten van een hydrodynamische berekening met DELFT-FLS/ DELFT-1D2D. De overige gegevens dienen door de gebruiker zelf te worden ingeschat.

## 3.2 Gebiedsgegevens

Om de schade en het aantal slachtoffers ten gevolge van een overstroming te berekenen met behulp van de Standaardmethode wordt gebruik gemaakt van geografisch georiënteerde gegevens over het gebruik van het gebied. Met deze gegevens kan voor een willekeurig gebied in Nederland een inventarisatie worden gemaakt van het aantal woningen, bewoners, bedrijven, oppervlakte landbouwgrond, enz. Voor de aan postcodegebieden gerelateerde bestanden met gebiedsgegevens zijn ook zogenoemde koppelbestanden nodig, zoals het postcodebestand. Een overzicht van de te gebruiken gegevens is gegeven in Tabel 5-2.

Alle geografisch georiënteerde gegevens worden omgevormd tot de standaard dataset. De standaard dataset heeft de naam SSM100NL2004.

Deze standaard dataset wordt gebruikt in combinatie met de 'HIS Schade en Slachtoffer Module versie 2.1'.

### 3.2.1 Bodemgebruik

In de Standaardmethode wordt gekozen voor het gebruik van het CBS bodembestand 1996, codes bg\_93. Het bestand is aangemaakt op 16 december 1999.

In de Standaardmethode worden de volgende CBS- categorieën gebruikt: landbouwgrond, bebouwde grond, bossen, recreatie en verkeer. De relaties tussen de subcategorieën van de gegevensbestanden en de schadecategorieën uit de Standaardmethode zijn weergegeven in Tabel 3-1.

<i>Schadecategorie</i>	<i>CBS nr.</i>	<i>CBS code</i>	<i>CBS Categorie</i>	<i>CBS Subcategorie</i>
glastuinbouw	11	bg_93	landbouwgrond	glastuinbouw
landbouw	12	bg_93	landbouwgrond	overig agrarisch gebruik
stedelijk gebied	31	bg_93	bebouwde grond	woongebied
extensieve recreatie	21	bg_93	bossen	bos
	51	bg_93	recreatie	parken en plantsoenen
	52	bg_93	recreatie	sportterreinen
intensieve recreatie	53	bg_93	recreatie	dagrecreatieve objecten en voorzieningen
	54	bg_93	recreatie	volkstuinten
	55	bg_93	recreatie	verblijfsrecreatie
vliegvelden	44	bg_93	verkeer	vliegvelden

Tabel 3-1: *Relatie tussen data uit CBS bodemgebruik en schadecategorieën*

### 3.2.2 Infrastructuur

In de Standaardmethode wordt gebruik gemaakt van het Nationaal Wegen Bestand van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van Rijkswaterstaat voor het bepalen van de schade aan de diverse categorieën wegen. Er is gebruik gemaakt van het NWB-W bestand 2002\_2 van juni 2002.

In het Nationaal Wegen Bestand zijn de wegen onderverdeeld naar de wegbeheerders (rijk, provincie, gemeente of waterschap); het bestand is afgeleid van de Top10vector. Aangenomen wordt dat een autoweg wordt beheerd door de provincie en de overige wegen door de gemeenten en waterschappen. Uit het Nationaal Wegen Bestand zijn de volgende gegevens gebruikt in de Standaardmethode.

<i>Schadecategorie</i>	<i>NWB type wegbeheerder</i>
rijkswegen	R
autowegen	P
overige wegen	G
overige wegen	W

Tabel 3-2: *Relatie tussen data uit het Nationaal Wegen Bestand en schadecategorie*

In de Standaardmethode is gekozen voor het gebruik van het bestand Spoor\_NS van de Nederlandse Spoorwegen (NS) voor het bepalen van de schade aan spoorwegen. De aanmaakdatum van het gebruikte bestand SPOOR\_NS is 20 oktober 1998. Uit het Spoor\_NS bestand zijn de volgende gegevens gebruikt in de Standaardmethode.

<i>Schadecategorie</i>	<i>type</i>
spoorwegen	alle

Tabel 3-3: *Relatie tussen data uit Spoor\_NS en schadecategorie*

### 3.2.3 Huishoudens

Om de schade aan woningen te bepalen wordt gebruik gemaakt van een door Bridgis aangeboden bestand met gegevens over het aantal woningen per geografische eenheid en het woningtype; het bestand WOONTYPE.TXT aangemaakt op 27 januari 2000. In dit bestand worden 14 woningtypen

onderscheiden: vrijstaand/ bungalows, twee onder een kap, rijtjeshuis/eengezinswoning, flats met 4 of minder verdiepingen, flat met meer dan 4 verdiepingen, etagewoning/maisonnette, etages/flats grachtenpand, herenhuis grachtenpand, zelfstandige bejaardenwoning, boerderij/tuinderij, studentenwoning/flat, woonboten, woonwagens, divers.

Om de schade aan de verschillende woningtypen te berekenen zijn de woningtypen onderverdeeld in 5 verschillende schadecategorieën: laagbouw, middenbouw, hoogbouw, eengezinswoningen en boerderijen. De relaties tussen de schadecategorieën en de woningtypen uit Bridgis zijn weergegeven in Tabel 3-4.

Bij het berekenen van de schade aan woningen is aangenomen, dat laagbouw uit 2 woonlagen, middenbouw uit 4 woonlagen en hoogbouw uit 6 woonlagen bestaat.

Om de schade aan inboedels te berekenen wordt aan elke woning één inboedel toegekend. De met de Standaardmethode berekende schade aan een woning heeft dus betrekking op zowel de opstalschade als schade aan de inboedel.

Om de schade aan voertuigen mee te nemen in de schadeberekening moet door de gebruiker het gemiddeld autobezit per persoon worden ingevoerd. In de Standaardmethode is gebruik gemaakt van gegevens, die ook gebruikt zijn in het project 'Maxschadekaarten'. In dat project is het gemiddeld autobezit in Nederland gelijk gesteld aan 0,38 voertuig per persoon. Uit gegevens van het Centraal Bureau voor Statistiek blijkt dat in 1999 gemiddeld 38,8% van de 1000 personen een auto bezat.

<i>Schadecategorie</i>	<i>Bridgis nr.</i>	<i>Woningtype Bridgis</i>
laagbouw	6	etage woning / maisonnette
	7	etage/flats / grachtenpand
middenbouw	4	flats <=4 etages
	11	studentenwoning / flat
hoogbouw	5	flats > 4 etages
boerderij	10	boerderij/ tuinderij
eengezinswoning	1	vrijstaand/bungalows
	2	twee onder één kap
	3	rijtjeshuizen/ eengezinswoning
	8	herenhuis grachtenpand
	9	zelfstandige bejaardenwoning
	13	woonwagens
	0	onbekend
14	divers	

Tabel 3-4: Relatie tussen data uit Bridgis bestand woontypen en schadecategorieën

### 3.2.4 Inwoners

Voor het bepalen van het aantal slachtoffers is een nieuwe database (SSM100NL2004) aangemaakt. Deze dataset is gelijk aan de dataset SSM100NL2002 met uitzondering van het aantal inwoners. Bij het berekenen van het aantal slachtoffers volgens de Standaardmethode wordt gebruik gemaakt van het personenbestand van Geo-Marktprofiel BV: GEO0200.TXT, aangemaakt



op 1 februari 2000. Het aantal bewoners van hoogbouw zijn in de Standaardmethode 2004 uit het gebruikte personenbestand van Geo-Marktprofiel gefilterd.

Bij het bepalen van het aantal slachtoffers wordt aangenomen dat bewoners in hoogbouw niet tot de slachtoffers van een overstroming behoren. Bij overstroming zullen bewoners van hoogbouw zichzelf op hogere verdiepingvloeren in veiligheid brengen. Hoogbouw is in dit kader gedefinieerd als bebouwing met meer dan drie bovengrondse verdiepingen.

De relaties tussen de data uit het Geo-Marktprofiel bestand en de schadecategorieën zijn als volgt.

<i>Schadecategorie</i>	<i>type</i>
slachtoffers	npers
voertuigen	nautos

Tabel 3-5: Relatie data Geo-Marktprofiel personen bestand - schadecategorieën

Het aantal voertuigen is 0.38 maal het aantal inwoners per postcode, inclusief bewoners van hoogbouw.

### 3.2.5 Bedrijven

Voor het berekenen van de schade voor bedrijven wordt gebruik gemaakt van het bedrijvenbestand van Dunn & Bradstreet met versienummer 2002/1. Uit dit bestand wordt het type bedrijf en het aantal werknemers afgeleid.

In het bestand Dunn & Bradstreet wordt onderscheid gemaakt in typen bedrijven met behulp van SIC-codes (Standard Industrial Classification). Tabel 4-6 geeft de relatie tussen SIC-code en classificatie als gehanteerd binnen de Standaardmethode.

In het Dunn & Bradstreet bestand is per bedrijf het aantal werknemers opgenomen. Op basis van dit aantal werknemers wordt de schade berekend voor bedrijven.

#### **NB**

De bedrijven met 5000 of meer werknemers op één locatie zijn verwijderd uit het Dun & Bradstreet-bestand. Het betreft hier namelijk veelal houdstermaatschappijen; hier worden ook werknemers op andere (veelal buitenlandse) locaties meegeteld.

Het rapport van het NEI [Briene et al, 2002] geeft schadebedragen per arbeidsplaats; in D&B daarentegen is het aantal werknemers opgenomen. In de Schademethode is om praktische redenen aangenomen dat werknemers en arbeidsplaatsen één op één kunnen worden gekoppeld. In werkelijkheid is het aantal arbeidsplaatsen iets kleiner (ca factor 0.9) dan het aantal werknemers per bedrijf. Deze factor verschilt echter per bedrijfstak.

<b>Schadecategorie</b>	<b>Omschrijving SIC- code</b>	<b>SIC- code</b>
delfstoffenwinning	Winning	1000-1400
industrie	Fabricatie	2000-3900
nutsbedrijven	Energie	4900
bouw	Aanneming	1500-1700
handel, horeca	Groothandel en Kleinhandel	5000-5900
	Hotels, pensions etc	7000
	Dienstverlening	7200-7400
	Herstellingsdiensten	7500-7600
	Film	7800
	Amusement	7900
transport en communicatie	Transport Communicatie	4000-4800
banken en verzekeringswezen	Banken en verzekeringen	6000-6400
	Vastgoed	6500-6600
	Holdings	6700
zorg, overige	Medische zorg	8000-8100
overheid	Educatieve instellingen	8200
	Sociale dienstverlening	8300
	Musea	8400
	Overige overheidsdiensten	8600 - 9900

Tabel 3-6: Relatie tussen data uit D&B bestand en schadecategorieën

### 3.2.6 Overig

Om de aan postcode gerelateerde gebiedsgegevens aan geografische locaties te kunnen koppelen wordt gebruik gemaakt van het 6 positie postcodebestand van Kadata (versie april 2002).

De locatie van gemalen en zuiveringsinstallaties wordt afgelezen uit de Waterstaatkundig Informatie Systeem (WIS) kaart. Hierbij is gebruik gemaakt van het WIS-bestand, dat is aangemaakt op 7 februari 1997.

Uit de coverage Kunstwerk zijn de volgende gegevens gebruikt in de Standaardmethode.

<b>Schadecategorie</b>	<b>WIS code</b>	<b>WIS type KuWerk</b>
zuiveringsinstallaties	4	RWZI
gemalen	15	Gemaal
	15	cap <> -6

Tabel 3-7: Relatie tussen data uit WIS bestand en schadecategorieën

'Cap <> -6' zijn gemalen met een capaciteit groter dan 6 m<sup>3</sup>/s of een onbekende capaciteit.

Voorafgaande aan het gebruik van het zuiveringsinstallaties-bestand in de Standaardmethode is de lijnen-geometrie van de zuiveringsinstallaties uit het WIS te worden vertaald naar punt-geometrie (1 punt per zuiveringsinstallatie).

Naast gemalen en zuiveringsinstallaties kunnen in een gebied objecten staan, die in geval van overstroming een omvangrijk onderdeel van de schade veroorzaken, maar niet zijn opgenomen in

de basisbestanden behorende bij de Standaardmethode. Voorbeelden hiervan zijn elektriciteitscentrales, kernenergiecentrales, grote chemische installaties, windmolens, kastelen en transportleidingen.

Om bijzondere objecten mee te nemen in de schadeberekening dient een nieuwe dataset te worden aangemaakt door de gebruiker, zie hiervoor de Gebruikershandleiding HIS- Schade en Slachtoffer Module versie 2.1.

### **3.3 Evacuatie gegevens**

Om het verwachte aantal slachtoffers te kunnen berekenen dient naast hydraulische gegevens (zie paragraaf 3.1) een scenario te worden samengesteld met daarin de evacuatiefactor. De evacuatiefactor is een waarde tussen 0 en 1 en geeft de fractie weer van het aantal mensen dat preventief geëvacueerd is uit het gebied. De fractie mensen dat preventief geëvacueerd is volgt uit de resultaten van een berekening met de EvacuatieCalculator [Universiteit Twente, 2004] en de Evacuatie PreProcessor van HIS (HIS-EPP). Een beschrijving van HIS-EPP is opgenomen in Bijlage F van de Gebruikershandleiding [2004].



## 4 Bepalen van de overstromingsschade

### 3.4 Schade laagfrequent overstromende gebieden

#### 3.4.1 Schadeberekening

Er zijn verschillende manieren om de schade ten gevolge van een overstroming te bepalen. Een algemeen gebruikte formule om de overstromingsschade te berekenen is:

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i n_i S_i$$

met  $\alpha_i$  = schadefactor categorie i  
 $n_i$  = aantal eenheden in categorie i  
 $S_i$  = maximale schade per eenheid in categorie i

De schadefactor  $\alpha_i$  wordt afgeleid van een schadefunctie. Per categorie is er een schadefunctie. De factor geeft de invloed weer van de hydraulische condities, zoals bijvoorbeeld overstromingsdiepte. Op de schadefactor zijn de volgende parameters van invloed:

- overstromingsdiepte (m)
- stroomsnelheid (m/s)
- kritieke stroomsnelheid (m/s)
- stijgsnelheid (m/uur) (van betekenis voor het bepalen van het aantal slachtoffers)
- materiaalfactor (bouw materiaal woningen: stenen of beton)
- beschuttingsfactor
- aanwezigheid van storm(golven)

De totale schade in een gebied is de som van de directe, directe schade door bedrijfsuitval en indirecte schade in alle voorkomende categorieën. Voorbeelden van categorieën zijn landbouw, woningen, voertuigen, infrastructuur, enz. De categorieën hebben eenheden in de vorm van het aantal m<sup>2</sup>, objecten, meters of arbeidsplaatsen. Onder schade als gevolg van bedrijfsuitval wordt verstaan de schade bij toeleverende en afnemende bedrijven buiten het dijkkringgebied vanwege het (deels) wegvallen van de omzet. Deze schade is berekend aan de hand van de toegevoegde waarde per arbeidsplaats of hectare vermenigvuldigd met de multiplier voor de desbetreffende sector. In de multiplier, berekend op nationaal schaalniveau, wordt geen rekening gehouden met substitutie-effecten buiten het dijkkringgebied en met toeleveranciers binnen het dijkkringgebied (zijn reeds verwerkt in de directe schade van een dijkkringgebied). Dit betekent dat het toepassen van de multiplier een overschatting kan zijn van de daadwerkelijke schade. Deze overschatting is groter naarmate het overstroomde gebied groter is. Om deze reden kan in de Standaardmethode een reductiefactor worden meegegeven. Standaard dient een reductiefactor voor indirecte schade te worden aangenomen van 0.25.

De schadefactoren uit de Standaardmethode zijn afgeleid van de studie "Tweede Waterkeringen Hoeksche Waard" [Vrouwenvelder, 1997]. In deze studie is gebruik gemaakt van het TAW-model met uitzondering van de categorie woningen en bedrijven, die bepaald wordt met behulp van het Boertien1-model.

### 3.4.2 Schadefactoren

Navolgend zijn de schadefactoren weergegeven, die worden toegepast bij het bepalen van de schade in laagfrequent overstromende gebieden.

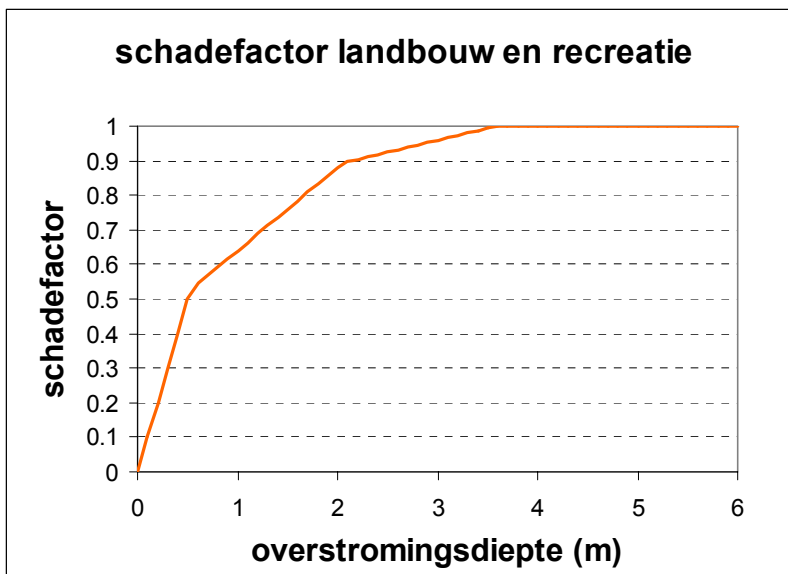
De in de functies gebruikte parameters zijn:

- $d$  = overstromingsdiepte (m)
- $u$  = stroomsnelheid (m/s)
- $u_{kr}$  = kritieke stroomsnelheid (m/s)
- $w$  = stijgsnelheid (m/uur)
- $\beta$  = materiaalfactor
- $r$  = beschuttingsfactor
- $s$  = aanwezigheid van storm(golven)

#### Landbouw en recreatie en vliegvelden

De schadefactor voor landbouw, recreatieterreinen en vliegvelden is:

$$\alpha_{\text{landbouw en recreatie}} = \text{MIN}(d, 0.24d \leq 0.4, 0.07d \leq 0.75, 1)$$

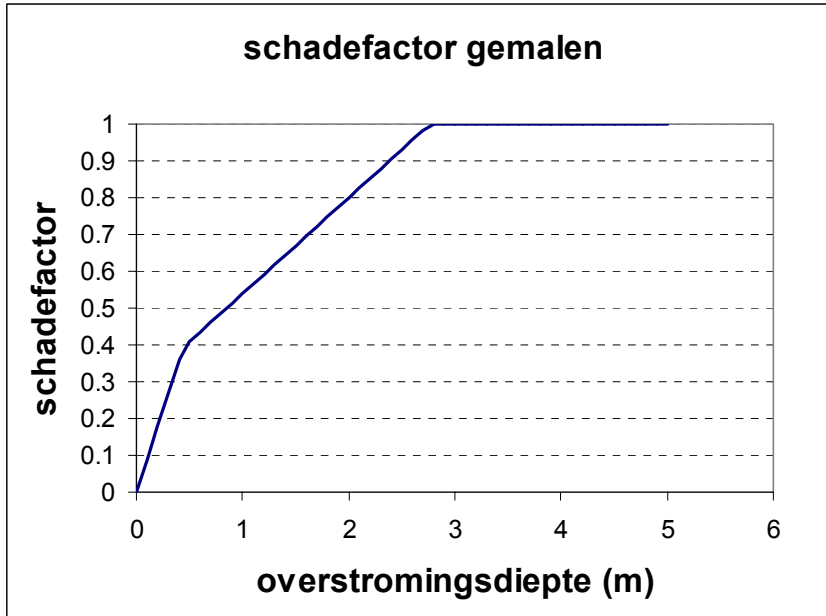


Figuur 0-1: Schadefactor landbouw en recreatie

**Gemalen**

De schadefactor voor gemalen is:

$$\alpha_{\text{gemalen}} = \text{MIN}(0.9d, 0.26d + 0.28, 1)$$

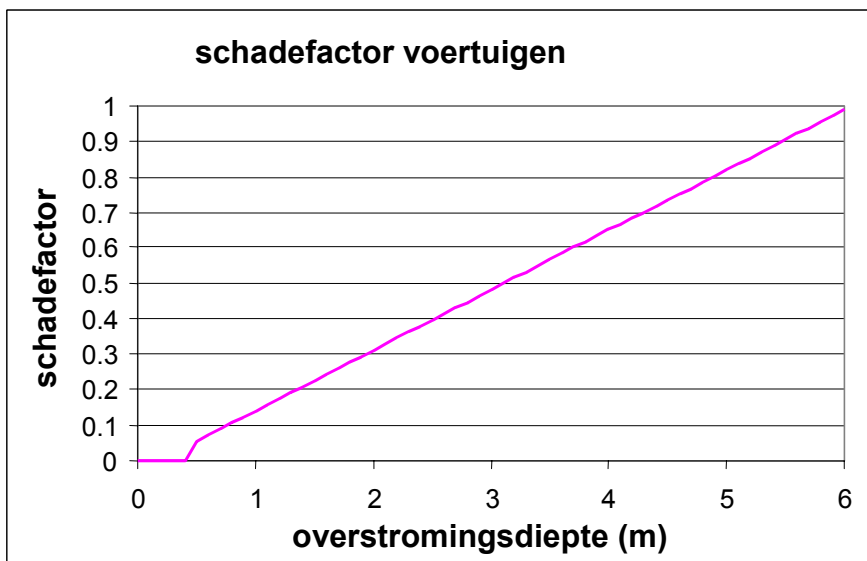


Figuur 0-2: Schadefactor gemalen

**Voertuigen**

De schadefactor voor voertuigen is:

$$\alpha_{\text{vervoersmiddelen}} = \text{MIN}(0.17d, -0.03, 0.72d - 0.3, 0.31d + 0.1, 1)$$

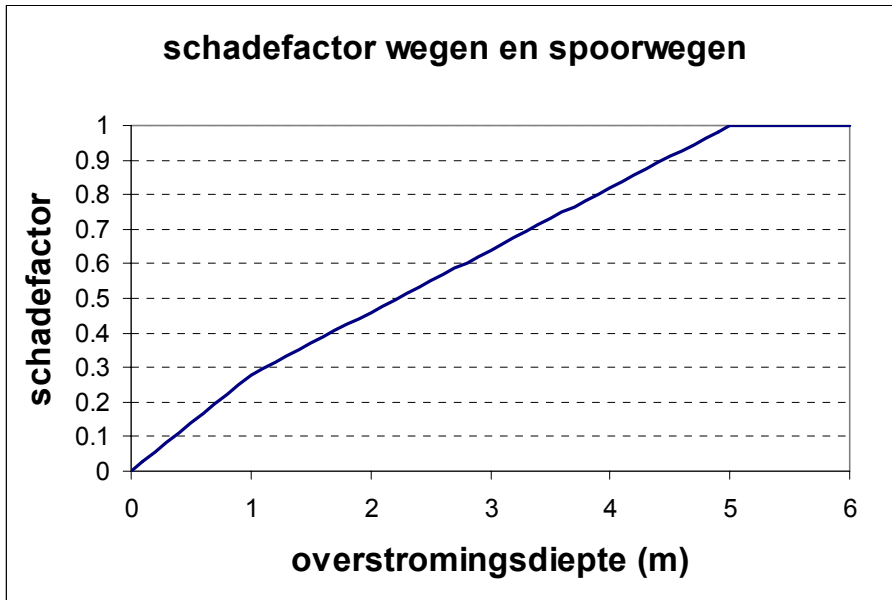


Figuur 0-3: Schadefactor voertuigen

## Wegen en spoorwegen

De schadefactor voor wegen en spoorwegen is:

$$\alpha_{\text{wegen en spoorwegen}} = \text{MIN}(0.28d, 0.18d + 0.1, 1)$$

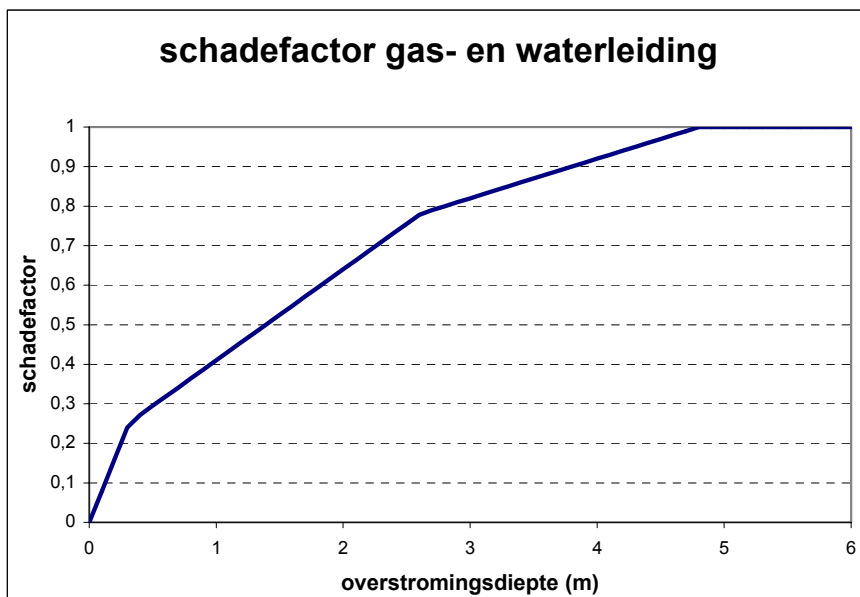


Figuur 0-4: Schadefactor wegen en spoorwegen

## Gas- en waterleidingen

De schadefactor voor gas- en waterleidingen is:

$$\alpha_{\text{gas- en waterleiding}} = \text{MIN}(0.8d, 0.23d + 0.18, 0.10d + 0.52, 1)$$



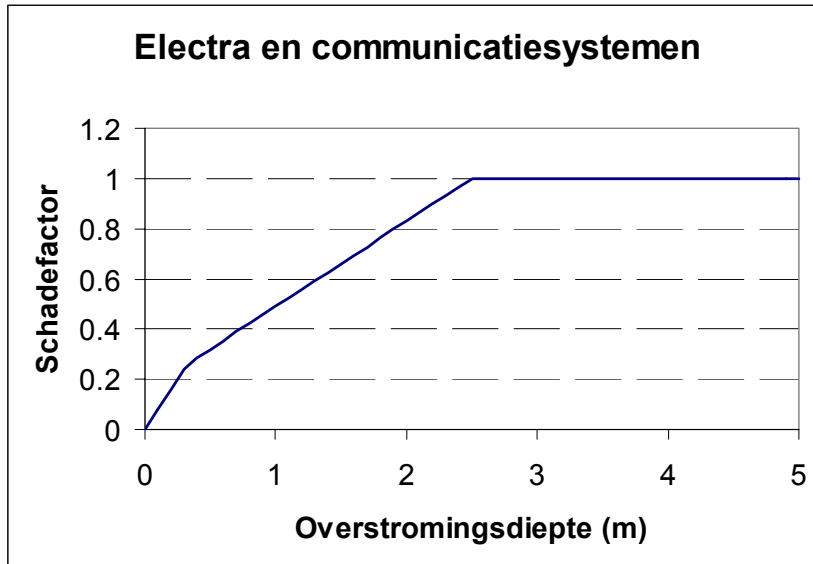
Figuur 0-5: Schadefactor gas en waterleidingen



### Elektra en communicatie(systemen)

De schadefactor voor elektra- en communicatiesystemen is:

$$\alpha_{\text{elektra en communicatiesystemen}} = \text{MIN}(0.8d, 0.34d + 0.15, 1)$$

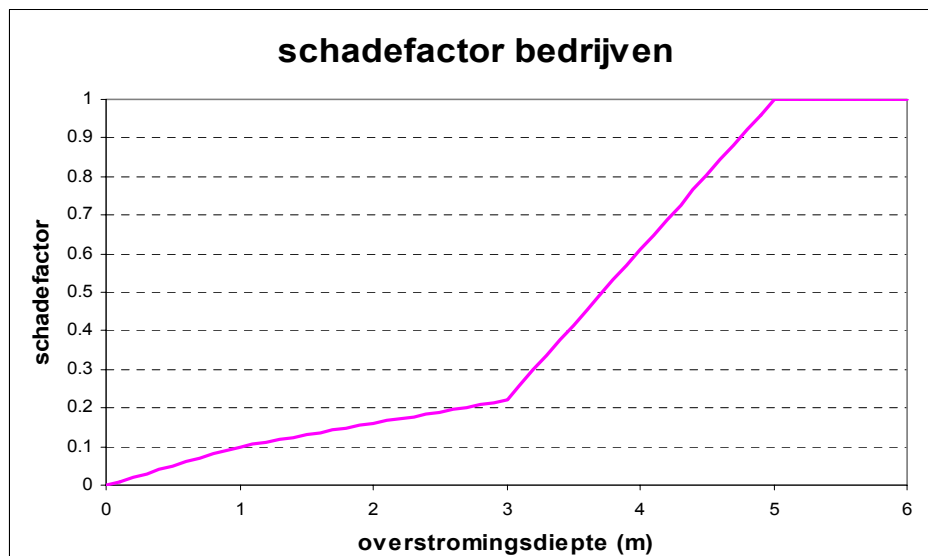


Figuur 0-6: Schadefactor elektra- en communicatiesystemen

### Bedrijven

De schadefactor voor bedrijven is:

$$\alpha_{\text{industrie}} = \begin{cases} 0.1d & \text{voor } d = [0, 1] \\ 0.06d + 0.04 & \text{voor } d = (1, 3] \\ 0.39d - 0.95 & \text{voor } d = (3, 5] \\ 1 & \text{voor } d > 5 \end{cases}$$



Figuur 0-7: Schadefactor bedrijven

### 3.4.3 Schadefactoren woningen

De schadefactoren voor eengezinswoningen, boerderijen, laag-, midden- en hoogbouwwoningen worden gebruikt voor het berekenen van zowel de opstalschade als de inboedelschade.

In de schadefactoren voor de verschillende typen woningen is behalve de waterstand ook de invloed van golven (in geval van storm) en de stroomsnelheid van belang. Door deze twee factoren kan een woning namelijk instorten en is de schade maximaal.

#### Waterdiepte en stroomsnelheid

Bij het berekenen van de schade wordt eerst bepaald welke bebouwing instort ten gevolge van hoge stroomsnelheden en welke bebouwing een schadefactor 1 heeft, omdat het water het grootste deel van de woning heeft bereikt.

Om te bepalen of woningen instorten tengevolge van hoge stroomsnelheden<sup>1</sup>, moet een kritieke stroomsnelheid worden opgegeven in de schademodule. De waarde moet per overstromingsscenario worden ingevoerd door de gebruiker. Als de stroomsnelheid volgens het hydraulische model groter is dan de in rekening te brengen kritieke stroomsnelheid is de schadefactor gelijk aan 1. De in de schademodule op te geven kritieke stroomsnelheid heeft betrekking op alle (midden)hoogbouwwoningen in het overstromingsgebied; voor andere woningtypen wordt de kritieke stroomsnelheid afgeleid van de opgegeven waarde. De waarde van de stroomsnelheid waarbij gebouwen kunnen instorten ligt tussen de 1 en 8 m/s.

**In de Standaardmethode moet altijd gerekend worden met een kritieke stroomsnelheid van 8 m/s.**

De kritieke stroomsnelheid voor eengezinswoningen, boerderijen en laagbouwwoningen bedraagt  $\frac{1}{4}$  van de in de schademodule opgegeven kritieke stroomsnelheid. Deze waarde ligt lager omdat de muren van dit type woning slechts bestand zijn tegen stroomsnelheden van 1 à 2 m/s, terwijl gietbeton bestand is tegen stroomsnelheden tot max. ca. 8 m/s.

Schadecategorie	Materiaal	In schademodule te gebruiken kritieke stroomsnelheid
Eengezinswoningen en boerderijen	Metselwerk	4 – 8 m/s (* $\frac{1}{4}$ = 1 – 2)
Laagbouwwoningen	Metselwerk	4 – 8 m/s (* $\frac{1}{4}$ = 1 – 2)
Middenbouwwoningen	Gietbeton	6 – 8 m/s
Hoogbouwwoningen	Gietbeton	6 – 8 m/s

Tabel 0-1: Relatie tussen schadecategorie, materiaal en kritieke stroomsnelheid

#### Storm

Na het bepalen van de schadefactor tengevolge van waterdiepte en (te hoge) stroomsnelheden wordt de kans op instorten van de bebouwing ten gevolge van de golven bepaald indien er sprake is van een storm. Deze kans wordt meegenomen in de uiteindelijke schadefactor. (N.B. indien  $u > u_{kr}$  (of  $u > \frac{1}{4} u_{kr}$ ) dan  $\alpha(d) = 1$ )

De kans op het instorten van een woning door golven tijdens storm wordt als volgt bepaald:

<sup>1</sup> Uit de literatuur wordt niet duidelijk bij welke waterstand hoge stroomsnelheden een gevaar vormen voor woningen. Bij het samenstellen van de hydraulische gegevens voor een berekening kan bijvoorbeeld worden gekozen om de stroomsnelheden alleen dan mee te nemen als de maximale waterstand minstens een halve meter is.

$$P_{f \text{ bij storm}} = \beta * 10^{-3} d^{1.8} r$$

met:  $\beta$  = materiaalfactor

$r$  = beschuttingsfactor

In de Standaardmethode is aangenomen dat de materiaalfactor voor eengezinswoningen, boerderijen en laagbouwwoningen 0.8 is en voor (midden)hoogbouwwoningen 0.4.

De beschuttingsfactor moet per scenario worden geschat en kan als vaste waarde en als grid worden ingevoerd. De beschuttingsfactor is een reciproque waarde met een waarde tussen nul en een; het is dus eigenlijk een blootstellingsfactor. Bij waarde één is er geen beschutting, bij waarde nul is de beschutting maximaal.

Opgemerkt wordt dat de invloed van golven op de schade aan woningen in een overstromingsgebied beperkt is (max. 1%) en alleen meetelt bij grotere overstromingsdiepten.

### **Totale schadefactor**

De totale schadefactor voor woningen (op basis van overstromingsdiepte en stroomsnelheid en kans op instorten door storm) wordt als volgt bepaald:

$$\alpha = P_{f \text{ bij storm}} * 1 + (1 - P_{f \text{ bij storm}}) * \alpha(d, u)$$

met:

$\alpha(d, u)$  = schadefactor op basis van overstromingsdiepte en stroomsnelheid

$P_{f \text{ bij storm}}$  = kans op falen bij storm

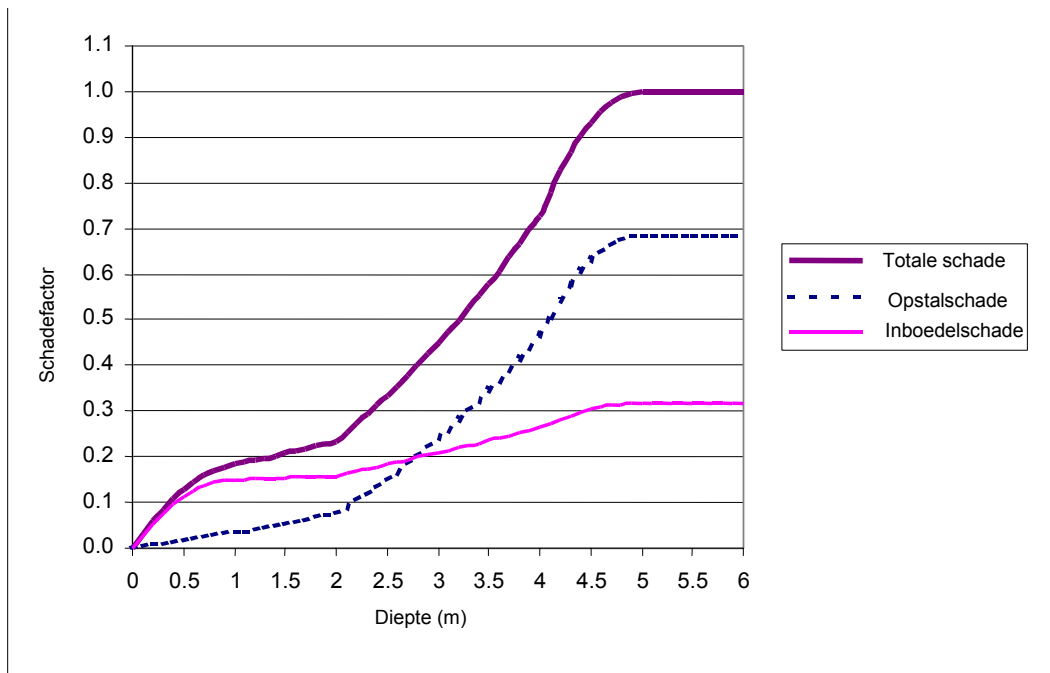
### **Eengezinswoningen en boerderijen**

De schadefactor voor eengezinswoningen en boerderijen heeft zowel betrekking op de schade aan de woning (opstalschade) als de schade aan de inboedel. De schadefunctie is een gewogen sommatie van de Boertien- functies voor inboedelschade en opstalschade. Bij het eventueel aanpassen van het maximale schadebedrag of de schadefunctie moet dus rekening worden gehouden met de verhouding tussen de beide schadebedragen.

De schadefunctie is oorspronkelijk gebaseerd op een mediaan schadebedrag voor inboedels van NLG100.000 en voor de opstalschade van eengezinswoningen en boerderijen NLG 215.500. Het verhoudingsgetal is 0.46.

In de Standaardmethode zijn de schadebedragen voor eengezinswoningen respectievelijk 70.000 Euro en 171.000 Euro. Het nieuwe verhoudingsgetal is 0.41. Het verschil tussen beide verhoudingsgetallen is dermate gering dat een aanpassing van de schadefunctie niet nodig is. Overwogen is om in de Standaardmethode de functie voor Boerderijen enigszins te wijzigen van de functie voor Eengezinswoningen. De schadebedragen zijn respectievelijk 70.000 Euro en 332.000 Euro, waardoor het verhoudingsgetal uitkomt op 0.22. Om praktische redenen is de schadefunctie niet gewijzigd.

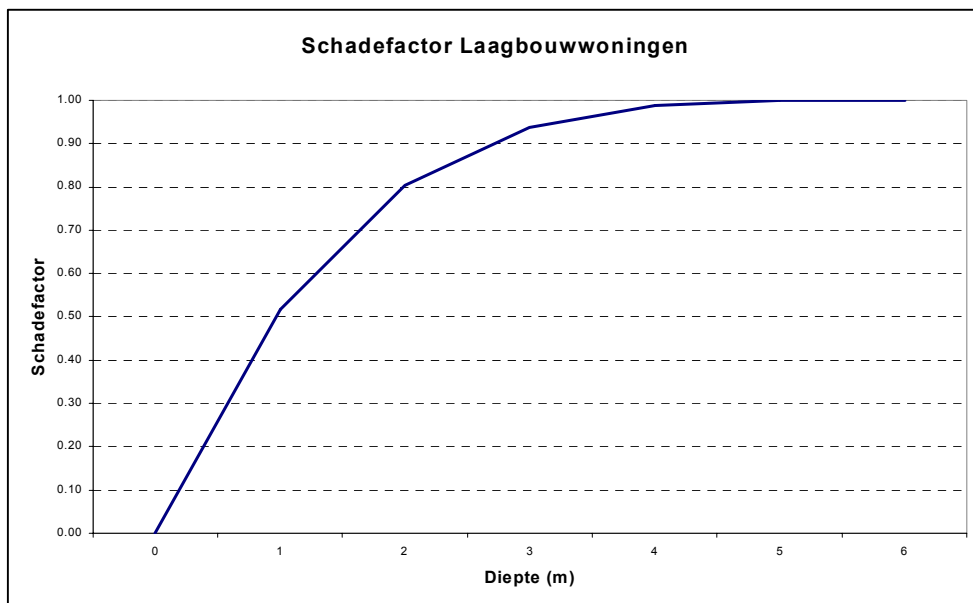
De schadefunctie is vrij gecompliceerd; de implementatie van de schadefunctie in Delphi bron-code is opgenomen in Bijlage D. In de volgende grafiek is de schadefunctie voor de inboedel-, de opstalschade en de totale schade weergegeven.



Figuur 0-8: Schadefactor eengezinswoningen en boerderijen (geen storm of stroming)

### Laagbouwwoningen

De schadefactor voor laagbouwwoningen heeft zowel betrekking op de schade aan de woning (opstalschade) als de schade aan de inboedel. Bij het berekenen van de schade aan laagbouwwoningen is aangenomen, dat laagbouw uit 2 woonlagen bestaat. De concave vorm van de functies voor meerlagenbouw geeft aan dat in meerlagenbouw de onderste lagen vaak woonfuncties bevatten, die voor alle lagen van belang zijn. Denk bijvoorbeeld aan kelderboxen en aan centrale installaties en centrale ruimten op de begane grond. Schade op de eerste woonlagen heeft dus ook gevolgen voor de woonlagen erboven. De implementatie van de schadefunctie in Delphi bron-code is opgenomen in Bijlage D. In de volgende grafiek is de schadefunctie weergegeven.



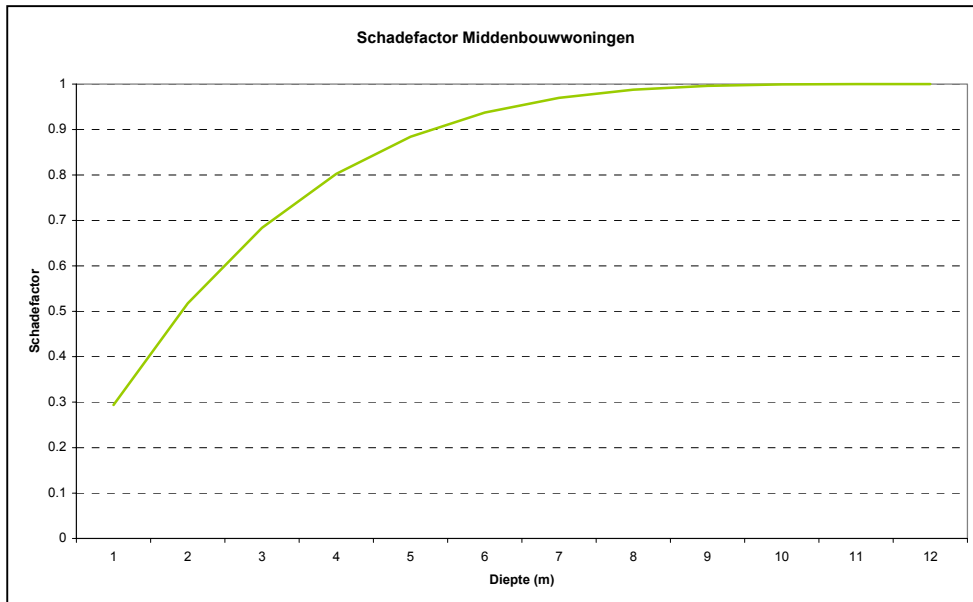
Figuur 0-9: Schadefactor laagbouwwoningen (geen storm of stroming)

### Middenbouwwoningen

De schadefactor voor middenbouwwoningen heeft zowel betrekking op de schade aan de woning (opstalschade) als de schade aan de inboedel.

Bij het berekenen van de schade aan middenbouwwoningen is aangenomen, dat middenbouw uit 4 woonlagen bestaat.

De implementatie van de schadefunctie in Delphi bron-code is opgenomen in Bijlage D. In de volgende grafiek is de schadefunctie weergegeven.

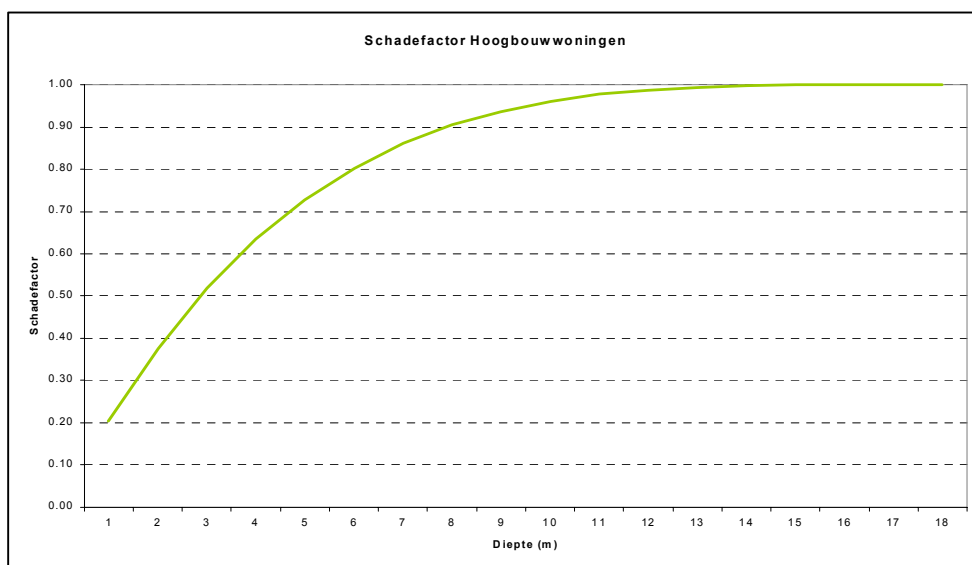


Figuur 0-10: Schadefactor middenbouwwoningen (geen storm of stroming)

### Hoogbouwwoningen

De schadefactor voor hoogbouwwoningen heeft zowel betrekking op de schade aan de woning (opstalschade) als de schade aan de inboedel.

Bij het berekenen van de schade aan hoogbouwwoningen is aangenomen, dat hoogbouw uit 6 woonlagen bestaat. De implementatie van de schadefunctie in Delphi bron-code is opgenomen in Bijlage D. In de volgende grafiek is de schadefunctie weergegeven.



Figuur 0-11: Schadefactor hoogbouwwoningen (geen storm-/stroming)

### 3.4.4 Maximale schadebedragen

In de volgende tabel zijn alle categorieën weergegeven, die zijn opgenomen in de Standaardmethode, inclusief de bijbehorende functies, max. schadebedragen en gebruikte bestanden. De gegevens voor wat betreft de maximale schadebedragen zijn ontleend aan [Briene et al, 2002]. De maximale schadebedragen zijn gebaseerd op het prijspeil 2000.

	<i>Schadecategorie</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Maximaal schadebedrag (€)</i>	<i>Schadefunctie</i>	<i>Bestand</i>
Grondgebruik	Landbouw direct	m <sup>2</sup>	1,50	1	CBS bodemgebruik
	Landbouw indirect	m <sup>2</sup>	1,60	1	CBS bodemgebruik
	Glastuinbouw direct	m <sup>2</sup>	40,10	1	CBS bodemgebruik
	Glastuinbouw indirect	m <sup>2</sup>	4,00	1	CBS bodemgebruik
	Stedelijk gebied direct	m <sup>2</sup>	48,60	1	CBS bodemgebruik
	Intensieve recreatie direct	m <sup>2</sup>	10,90	1	CBS bodemgebruik
	Extensieve recreatie direct	m <sup>2</sup>	8,90	1	CBS bodemgebruik
	Vliegvelden direct	m <sup>2</sup>	1 197	1	CBS bodemgebruik
	Vliegvelden b.u.	m <sup>2</sup>	36	1	CBS bodemgebruik
Infrastructuur	Rijkswegen direct	m	1 450	4	NWB
	Rijkswegen indirect	m	650	4	NWB
	Autowegen	m	980	4	NWB
	Overige wegen	m	270	4	NWB
	Spoorwegen direct	m	25 150	4	Spoor_NS
	Spoorwegen indirect	m	86	4	Spoor_NS
	Spoorwegen b.u.	m	151	4	Spoor_NS
Huishoudens	Laagbouwwoning	stuk	172 000	9	Bridgis woningtypen
	Middenbouwwoning	stuk	172 000	10	Bridgis woningtypen
	Hoogbouwwoning	stuk	172 000	11	Bridgis woningtypen
	Eengezinswoning	stuk	241 000	8	Bridgis woningtypen
	Boerderij	stuk	402 000	8	Bridgis woningtypen
	Voertuigen	stuk	1 070	3	bewerkt Bridgis personen bestand
Bedrijven	Delfstofwinning direct	abp	1 820 000	7	D&B
	Delfstofwinning indirect	abp	116 000	7	D&B
	Delfstofwinning b.u.	abp	84 000	7	D&B
	Industrie direct	abp	279 000	7	D&B
	Industrie indirect	abp	70 000	7	D&B
	Industrie b.u.	abp	62 000	7	D&B
	Nutsbedrijven direct	abp	620 000	7	D&B
	Nutsbedrijven indirect	abp	163 000	7	D&B
	Nutsbedrijven b.u.	abp	112 000	7	D&B
	Bouw direct	abp	10 000	7	D&B
	Bouw indirect	abp	26 000	7	D&B
	Bouw b.u.	abp	45 000	7	D&B
	Handel, horeca direct	abp	20 000	7	D&B
	Handel, horeca indirect	abp	3 500	7	D&B
Handel, horeca b.u.	abp	7 500	7	D&B	

	<b>Schadecategorie</b>	<b>Eenheid</b>	<b>Maximaal schadebedrag (€)</b>	<b>Schadefunctie</b>	<b>Bestand</b>
	Banken, verzekeringen direct	abp	90 000	7	D&B
	Banken, verzekeringen indirect	abp	7 000	7	D&B
	Banken, verzekeringen b.u.	abp	14 000	7	D&B
	Transport, communicatie direct	abp	75 000	6	D&B
	Transport, communicatie indirect	abp	6 400	6	D&B
	Transport, communicatie b.u.	abp	11 200	6	D&B
	Zorg, overige direct	abp	20 000	7	D&B
	Zorg, overige indirect	abp	6 300	7	D&B
	Zorg, overige b.u.	abp	3 400	7	D&B
	Overheid direct	abp	60 000	7	D&B
	Overheid indirect	abp	2 200	7	D&B
	Overheid b.u.	abp	9 200	7	D&B
Overig	Gemalen	stuk	747 200	2	WIS
	Zuiveringsinstallatie	stuk	10 853 000	5	WIS

Tabel 0-2: Standaardmethode Schade laagfrequent overstromende gebieden

Voor de bovenstaande tabel gelden de volgende afkortingen en codes:

*b.u* : bedrijfsuitval

*abp* : arbeidsplaats

1: Schadefunctie 'Landbouw en recreatie en vliegvelden'

2: Schadefunctie 'Gemalen'

3: Schadefunctie 'Voertuigen'

4: Schadefunctie 'Wegen en spoorwegen'

5: Schadefunctie 'Gas- en waterleidingen'

6: Schadefunctie 'Electra- en communicatiesystemen'

7: Schadefunctie 'Bedrijven'

8: Schadefunctie 'Eengezinswoningen en boerderijen'

9: Schadefunctie 'Laagbouwwoningen'

10: Schadefunctie 'Middenbouwwoningen'

11: Schadefunctie 'Hoogbouwwoningen'

Een overzicht van de benodigde bestanden is gegeven in Bijlage C.

### 3.5 Schade hoogfrequent overstromende gebieden

Voor het invullen van de eventueel afwijkende schadefuncties en maximale schadebedragen voor hoogfrequent overstromende gebieden is nader onderzoek nodig; in eerste instantie kan gebruik worden gemaakt van de schadefuncties en –bedragen, die betrekking hebben op laagfrequent overstromende gebieden.

Hieronder is een eerste voorzet gegeven van de manier waarop de schadefuncties of de maximale schadebedragen kunnen worden aangepast voor het berekenen van de schade in hoogfrequent overstromende gebieden.

- De directe schade aan akkerbouw, tuinbouw, glastuinbouw en veeteelt zal gelijk zijn in beide typen gebieden. Gebieden, die vaker overstromen, zullen meestal minder intensief worden gebruikt en het vee zal bij hoge rivierwaterstanden in onbedijkte gebieden niet meer in het

gebied aanwezig zijn. Het maximale schadebedrag en de schadefunctie zijn dus gelijk voor hoog- en laagfrequent overstromende gebieden.

- Aangenomen wordt dat landbouwkapitaalgoederen minder vaak aanwezig zijn in hoogfrequent overstromende gebieden; hiertoe wordt het maximale schadebedrag aangepast.
- Stedelijk gebied dat tenminste eens per 25 jaar overstroomt, zal ingericht zijn op het onder water staan en op het (snel) afvoeren van water. De maximale schade zal daarom kleiner zijn.
- De schade aan stort- en opslagplaatsen in hoogfrequent overstromende gebieden zal vergelijkbaar zijn met die in laagfrequent overstromende gebieden. Hetzelfde geldt voor de schade aan oppervlaktewater, extensieve recreatie en vliegvelden.
- De schade aan intensieve recreatie zal lager zijn in hoogfrequent overstromende gebieden, aangezien de bouwmethodes hierop aangepast zullen zijn.
- De maximale schade aan rijks-, auto- en overige wegen, spoorwegen en startbanen van vliegvelden zal lager zijn in hoogfrequent overstromende gebieden, aangezien bij de aanleg rekening zal zijn gehouden met een eventuele overstroming.
- Gemalen, elektriciteitscentrales en rioolwaterzuiveringsinstallaties staan bij uitstek in laagfrequent overstromende gebieden. Hetzelfde geldt voor boezemwater en hoofdwatgangen.
- Door aangepaste bouwmethodes zal de schade aan woningen lager zijn; dit wordt goed weergegeven door het maximale schadebedrag lager te nemen dan bij laagfrequent overstromende gebieden.
- De schade aan inboedels zal voor overstromingsdieptes tot 3 m minder zijn, bijvoorbeeld omdat bewoners deze op de eerste verdieping hebben gestald of omdat bewoners minder parketvloeren hebben. Bij overstromingsdieptes boven 3 m zal de schade echter vergelijkbaar zijn met de schade in laagfrequent overstromende gebieden. Dit kan worden weergegeven door de schadefactor voor inboedels aan te passen bij overstromingsdiepten kleiner of gelijk aan 3 m.
- De maximale schade (directe kosten) aan industrie in hoogfrequent overstromende gebieden zijn lager dan in laagfrequent overstromende gebieden, omdat bij de inrichting en bouw rekening is gehouden met een mogelijke overstroming.
- De schade aan voertuigen in hoogfrequent overstromende gebieden zal beduidend lager zijn dan in laagfrequent overstromende gebieden; bewoners zullen voorafgaand aan de overstroming hun voertuig verwijderen. Dit kan worden meegenomen door de schadefactor te verkleinen.
- De schade ten gevolge van een doorbraak van een dijk, kade of duin is in beide type gebieden gelijk.
- De verminderde opbrengst van akkerbouw, tuinbouw en glastuinbouw zal in beide type gebieden gelijk zijn.
- De bedrijven in hoogfrequent overstromende gebieden zijn gebouwd en ingericht op een overstroming; de bedrijven zullen daarom sneller hun werkzaamheden weer op pakken. De maximale schade door bedrijfsuitval zal daarom minder zijn.
- De indirecte schadebedragen voor bedrijven zullen gelijk zijn in beide typen gebieden.

Zolang er nog geen nader onderzoek is uitgevoerd naar de verschillende schades, wordt voorgesteld om (indien van toepassing) het maximale schadebedrag in een hoogfrequent overstromend gebied 25% lager te kiezen dan het maximale schadebedrag in een laagfrequent overstromend gebied. Dit kan de gebruiker doen door de berekende schade met 25% te handmatig verlagen.



### 3.6 Onzekerheid in de overstromingsschade

In de studie [Egorova, 2004] is een methode ontwikkeld voor het schatten van de onzekerheid in de overstromingsschade berekend volgens de StandaardMethode met HIS-SSM. Uitgegaan is van het maximale schadebedrag en de schadefunctie als belangrijkste bronnen van onzekerheid voor het bepalen van de schade als gevolg van een overstroming. De ontwikkelde methode sluit aan bij de huidige versie van de Standaardmethode. De onzekerheid is gepresenteerd in de vorm van kansverdelingen. De onzekerheid is gepresenteerd in termen van kansverdelingen. Een uitgebreide samenvatting van deze studie is opgenomen in Bijlage F.

De modellen geven een relatief kleine onzekerheid in de totale schade. De afwijking van het 5de en 95ste percentiel van de verwachte waarde is gemiddeld 15-20%. De variatiecoëfficiënt is in de meeste gevallen ongeveer 10%. Dit kan worden verklaard door de kleine onzekerheid van het maximale schadebedrag per eenheid object per schadecategorie (NEI). Bijvoorbeeld, de schadecategorie gezinswoningen heeft de meeste invloed op de totale schade en heeft een variatiecoëfficiënt van ongeveer 15%. Deze onzekerheid is van dezelfde orde van grootte als de onzekerheid in de totale overstromingsschade.



## 5 Bepalen aantal slachtoffers

### 3.7 Algemeen

Er kunnen verschillende typen slachtoffers worden onderscheiden. Omdat enkel methoden voor het bepalen het aantal dodelijke slachtoffers beschikbaar zijn en in deze studie de nadruk ligt op het toepassen van bestaande kennis, wordt in de Standaardmethode alleen invulling gegeven aan het bepalen van het aantal dodelijke slachtoffers. Methodes voor het bepalen van aantal gewonde personen, aantal dood vee en aantal getroffen vee zijn niet opgenomen in de Standaardmethode.

De functie ter bepaling van het aantal slachtoffers tijdens overstromingen is ten opzichte van de vorige versie van de StandaardMethode aangepast met nieuwe inzichten op basis van onderzoek door DWW [Jonkman et al, 2004].

In de Standaardmethode kunnen slachtoffers vallen door:

1. het optreden van hoge overstromingsdiepten,
2. het optreden van een hoge stijgsnelheid (kritieke stijgsnelheid: 0.5 m/uur), en
3. grote stroomsnelheden, nabij de bres (kritiek stroomsnelheid: 2 m/s).

Daarnaast kan in de StandaardMethode rekening gehouden worden met de mogelijkheden van het preventief evacueren van mensen uit een gebied.

### 3.8 Berekening aantal slachtoffers

#### 3.8.1 Slachtofferfunctie

Het aantal slachtoffers wordt in de Standaardmethode berekend met behulp van de factor  $f$ . Dit is het deel van de mensen dat niet gered wordt bij snelle overstroming. Deze factor is afhankelijk van de (1) overstromingsdiepte, (2) de stijgsnelheid en (3) de stroomsnelheden.

Er wordt onderscheid gemaakt in drie situaties waarvoor een aparte schadefunctie geldt. Schadefunctie (1) geldt voor die gebieden met een grote stroomsnelheid (kritieke stroomsnelheid is groter dan 2 m/s). Als gevolg van grote stroomsnelheden kunnen slachtoffers vallen doordat gebouwen waarin zij zich bevinden instorten. Schadefunctie (2) geldt voor de gebieden waar de stijgsnelheid groter is dan 0.5 m/uur. Als gevolg van snel stijgend water zullen mensen niet meer in staat zijn om te vluchten naar hogere gronden. Schadefunctie (3) geldt voor de overige gebieden. Onder overige gebieden wordt verstaan, gebieden waar slachtoffers niet vallen door grote stijg- of stroomsnelheden, maar wel als gevolg van bijvoorbeeld onderkoeling, vermoeiing of doordat mensen bekned raken. Voor elke locatie (rastercel) geldt slechts 1 schadefunctie.

Met:

- $w$  = stijgsnelheid (m/uur)
- $h$  = waterdiepte (m)
- $v$  = stroomsnelheid (m/s)
- $f$  = slachtofferfactor (-)

geldt voor slachtoffers door grote stroomsnelheden (meestal nabij de bres):

$$f(h) = 1 \quad \text{als } h \cdot v \geq 7 \text{ en } v \geq 2$$

geldt voor slachtoffers door grote stijgsnelheid:

$$f(h) = 1.45 \cdot 10^{-3} \cdot e^{1.39h} \quad \text{als } w \geq 0.5 \text{ en } 1.5 \leq h \leq 4.7$$

$$f(h) = 1 \quad \text{als } w \geq 0.5 \text{ en } h > 4.7$$

geldt voor slachtoffers in overige gebieden:

$$f(h) = 1.34 \cdot 10^{-3} \cdot e^{0.59h} \quad \text{als } w < 0.5 \text{ en } h > 0$$

$$f(h) = 1.34 \cdot 10^{-3} \cdot e^{0.59h} \quad \text{als } w \geq 0.5 \text{ en } h < 1.5$$

Bij de bepaling van het aantal slachtoffers wordt rekening gehouden met hoogbouw. Bij overstroming zullen bewoners van hoogbouw een grotere kans hebben om gered te worden; immers zij kunnen zichzelf op hogere verdiepingsvloeren in veiligheid brengen. Hoogbouw is in dit kader gedefinieerd als bebouwing met meer dan drie bovengrondse verdiepingen. Aangenomen wordt dat personen die zich in hoogbouw bevinden veilig zijn en als geëvacueerd kunnen worden beschouwd. Vandaar dat in de dataset SSM100NL2004 van de StandaardMethode2004 inwoners gekoppeld aan hoogbouw niet meer voorkomen.

De implementatie van de schadefunctie in Delphi bron-code is opgenomen in Bijlage E.

Met de huidige programmatuur voor overstromingsberekeningen is het mogelijk om een uitvoerbestand te maken met de maximale waterstand per locatie en een uitvoerbestand met de stroomsnelheid per locatie. Deze twee bestanden kunnen als grid worden ingelezen in HIS-SSM. De gebruiker moet zelf nagaan of gebruik moet worden gemaakt van de maximaal optredende stijgsnelheid of een stijgsnelheid op een willekeurig tijdstip tijdens de (fictieve) overstromingsberekening. In het laatste geval moet de gebruiker zelf bekijken op welk tijdstip tijdens de overstromingsberekening de stijgsnelheden moeten worden uitgevoerd (en vervolgens dienen als invoer voor de slachtofferberekening met HIS-SSM).

### 3.8.2 Evacuatiefactor

In de Standaardmethode is het mogelijk om de fractie van het totaal aantal mensen, dat van tevoren geëvacueerd wordt ( $f_e$ ), mee te nemen. Met behulp van de EvacuatieCalculator (EC) kan het aantal mensen worden berekend per postcodegebied dat in het gebied achter blijft [Universiteit Twente, 2004]. Met behulp van de Evacuatie PreProcessor van HIS (HIS-EPP), die is beschreven in de Gebruikershandleiding kunnen deze aantallen worden omgezet naar de fractie van het totaal aantal mensen dat preventief geëvacueerd wordt. Daarnaast is het mogelijk om handmatig een factor in te voeren. In een situatie zonder waarschuwingstijd en dus zonder evacuatie kan de factor  $f_e$  gelijk worden gesteld aan 0. In een situatie met waarschuwingstijd en een georganiseerde evacuatie kan deze factor oplopen tot 1.

In HIS-SSM wordt het aantal berekende slachtoffers vermenigvuldigd met de '1- $f_e$ ' om de invloed van de evacuatiemogelijkheden mee te nemen.

## 6 Bepalen overstromingsrisico

### 6.1 Algemeen

Uit de schade- en slachtofferberekeningen volgen per overstromingsscenario de totale schade en het aantal slachtoffers in een (dijkring)gebied. Hiermee wordt in combinatie met de conditionele kans per overstromingsscenario het risico bepaald.

Er zijn verschillende definities van risico mogelijk. In de 'Standaardmethode Schade en Slachtoffers' is het risico ten gevolge van een overstroming gedefinieerd als het product van de kans op overstroming en de monetaire schade, of het aantal slachtoffers (risico= kans x gevolg).

Met een risicoberekening wordt de verwachtingswaarde van de schade of het aantal slachtoffers bepaald. De algemene formule voor de berekening van een verwachtingswaarde van de schade of het aantal slachtoffers wordt gegeven door:

$$\text{Verwachtingswaarde} = \int \int \dots \int S(x) f(x) dx$$

met:  $S$  = schade of slachtoffers  
 $x$  = vector met alle stochasten  
 $f$  = kansdichtheidsfunctie van  $x$

De stochasten zijn de belastingen op de waterkering, de sterkteparameters van de waterkering, modelonzekerheden, situaties binnen de dijkring, etc

### 6.2 Voorbeeld riviersituatie

In deze paragraaf wordt een voorbeeld gegeven van een riviersituatie. Aangenomen is dat er  $n$  dijkvakken zijn binnen het dijkringgebied. Uit een berekening met PC-ring en de schadeberekening volgen: de kansen  $P(F_i)$ , de kansen  $P(F_i \text{ en } F_j)$  en de schade  $S$ .

Hierin is  $P(F_i)$  de kans op het falen van dijkvak  $i$  en  $P(F_i \text{ en } F_j)$  de kans op falen van de vakken  $i$  en  $j$  gezamenlijk.

In het geval dat de dijkring uit 2 vakken bestaat beschikken we dus over:  $P(F_1)$  en  $P(F_2)$ ,  $P(F_1 \text{ en } F_2)$  en  $S_1$  en  $S_2$ .

	<b>Gebeurtenis</b>	<b>Kans</b>	<b>Schade</b>
1	dijkvak 1 faalt en 2 niet	$P(F_1) - P(F_1 \text{ en } F_2)$	$S_1$
2	dijkvak 2 faalt en 1 niet	$P(F_2) - P(F_1 \text{ en } F_2)$	$S_2$
3	dijkvak 1 faalt en 2 ook	$P(F_1 \text{ en } F_2)$	??

Tabel 6-1: Kans op falen van dijkvak 1 en/of dijkvak 2

Voorlopig lijkt een bruikbare strategie te zijn om de meest ongunstige schade te kiezen:

$$\text{Risico} = \{P(F_1) - P(F_1 \text{ en } F_2)\}S_1 + \{P(F_2) - P(F_1 \text{ en } F_2)\}S_2 + P(F_1 \text{ en } F_2) * \max(S_1, S_2)$$

Een andere mogelijkheid is een opdeling naar evenredigheid:

$$Risico = \frac{[P(F_1) S_1 + P(F_2) S_2] P(Falen)}{[P(F_1) + P(F_2)]}$$

### 6.3 Voorbeeld zeesituatie

Voor zeedijken liggen de zaken weer iets anders, doordat het ontlastingseffect niet optreedt. Hierdoor komt de kans op het falen van dijkvak 1 en dijkvak 2 daadwerkelijk neer op het falen van beide.

$$Risico = \{P(F_1) - P(F_1 \text{ en } F_2)\} S_1 + \{P(F_2) - P(F_1 \text{ en } F_2)\} S_2 + P(F_1 \text{ en } F_2) (S_1 \text{ en } S_2)$$

Hooguit is er dan nog een tijdsverschil tussen de verschillende doorbraken. Dit tijdsverschil kan wellicht verwaarloosd worden.

Voor n dijkvakken zijn soortgelijke varianten denkbaar. Men groepeert dan eerst alle dijkvakken met gelijke schade tot een "superdijkvak". Vervolgens past men op de superdijkvakken of de variant van de maxima toe (samen met de Ditlevsen-variant van de faalkansberekening ten behoeve van het overstromingsrisico, zie [Vrouwenvelder; 1999]) of de evenredige verdeling.

## 7 Referenties

- Barendregt, A., J.M. van Noortwijk, M.F.A.M. van Maarseveen, S.I.A. Tutert, M.H.P. Zuidgeest, K.M. van Zuilekom, 2002. *Evacuatie bij dreigende overstromingen*. HKV [LJN IN WATER](#) en Universiteit Twente. September 2002.
- Barendregt, A. en J.M. van Noortwijk, 2004. *Bepalen beschikbare en benodigde tijd voor evacuatie bij dreigende overstromingen*. HKV [LJN IN WATER](#). Juni 2004.
- Beijersbergen, J.A. en J.G. Westerhoven, 1991. *Secundaire Waterkeringen, Inundatieberekeningen Hoeksche Waard, Resultaten*; Provincie Zuid-Holland, Dienst Water en Milieu. 26 januari 1991.
- Briene, M., Koppert, S., Koopman, A. en A.Verkenis, 2002. *Financiële onderbouwing kengetallen hoogwaterschade*; NEI B.V.; 2002.
- Burrough P.A. and R.A. McDonell, 1998. *Principles of Geographical Information Systems*; Oxford University Press. 1998.
- Centraal Bureau voor de Statistiek; *Statistisch jaarboek 2000*. Januari 2000.
- CUR en TAW, 1990. *Probabilistic design of flood defences, Report 141*; CUR. juni 1990
- De Jonge, J.J., 1997. *Tweede Waterkeringen Hoeksche Waard, Schademodellering, Bureaustudie*; Waterloopkundig Laboratorium/WL. Januari 1997.
- De Leeuw, A., F. den Heijer en J.J. de Jonge, 1998. *Onafhankelijk onderzoek Markermeer, Technisch inhoudelijke en integrerende studie, deelrapport 4: schadebepaling bij inundatie*; Waterloopkundig Laboratorium/WL. April 1998.
- Dijkman, M., J. Huizinga, R. Waterman en A. Barendregt, 2004. *HIS- Schade en Slachtoffer Module Versie 2.1, Systeemdocumentatie*. HKV [LJN IN WATER](#) en Geodan IT. November 2004.
- Egorova, R., 2004. Uncertainty in flood damage estimation. HKV [LJN IN WATER](#) en Universiteit Delft. Juli, 2004.
- Huizinga, H.J., M. Dijkman, A. Barendregt en R. Waterman, 2004. *HIS- Schade en Slachtoffer Module. Versie 2.1. Gebruikershandleiding*. HKV [LJN IN WATER](#) en Geodan. November 2004.
- Jak, M., 1998. *Projectplan Standaardmethodiek Schade- en slachtofferbepaling*; Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde. Augustus 1998.
- Jonkman et al, 2004. *Methode voor de bepaling van het aantal slachtoffers ten gevolge van een grootschalige overstroming - Onderbouwing van de slachtofferfuncties voor de Standaardmethode Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen*. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde. Mei 2004.
- Jongorius, F.N., 1997. *Handleiding voor gebruik legenda's bij topbestanden*; Meetkundige Dienst, afdeling GAG. November 1997.
- Kok, M. , 1997. *Schadefuncties buitendijkse gebieden*; HKV [LJN IN WATER](#). Oktober 1997.
- Maarseveen, M., M. Zuidgeest, K. van Zuilekom, 2004. *De Evacuatie Calculator (EC), versie 1.0. Achtergronden, modelfilosofie en modellering*. Universiteit Twente, Afdeling Verkeer, Vervoer en Ruimte. Enschede. April 2004.

- Maarseveen, M., M. Zuidgeest, K. van Zuilekom, 2004. *De Evacuatie Calculator (EC), versie 1.0. Technische Documentatie*. Universiteit Twente, Afdeling Verkeer, Vervoer en Ruimte. Enschede, April 2004.
- Meetkundige Dienst, 1998. *Atlas Basispakket Geo-Gegevens, Digitale geografische basisbestanden voor het Ministerie van Verkeer en Waterstaat*. Februari 1998.
- Rand European-American Center for Policy Analysis, 1993. *Investigating Basic Principles of River Dike Improvement; Safety Analysis, Cost Estimation and Impact Assessment*. 1993.
- Snuverink, M.A.M. e.a., 1998. *Schade bij inundatie van buitendijkse industrie*. Tebodin. december 1998.
- TNO Bouw, 1989. *Bijlage I van rapport IBBC BI-89-224*. December 1989.
- Vrisou van Eck, N., Kok, M. en A.C.W.M. Vrouwenvelder, 1999a. *Standaardmethode Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen, deel 1: Standaardmethode*. December 1999.
- Vrisou van Eck, N., Kok, M. en A.C.W.M. Vrouwenvelder, 1999b. *Standaardmethode Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen, deel 2: Achtergronden*. December 1999.
- Vrouwenvelder, A.C.W.M., 1997a. *Tweede Waterkeringen Hoeksche Waard, Voorbereiding TAW-advies, Evaluatie schade/slachtofferberekening*; TNO. Februari 1997.
- Vrouwenvelder, A.C.W.M., 1997b. *Case Study Kabeljauwsche Waard. Risico-analytische benadering*; TNO. Maart 1997.
- Vrouwenvelder, A.C.W.M., 1999. *Theoriehandleiding PC-Ring, Deel C: Rekentechnieken, 3e concept*; TNO Bouw. Januari 1999
- Vrouwenvelder, A.C.W.M. en C.M. Steenhuis, 1997. *Tweede Waterkeringen Hoeksche Waard. Berekening van het aantal slachtoffers bij verschillende inundatiescenario's*. TNO. Februari 1997.
- Vrouwenvelder, A.C.W.M. en P.H. Waarts, 1994. *TAW-E Rapport Risico-Analyse*. TNO. Januari 1994
- Waarts, P.H., 1992. *Methode voor de bepaling van het aantal doden als gevolg van inundatie*; TNO. September 1992.
- Waterloopkundig Laboratorium en RAND European-American Center for Policy Analysis, 1993. *Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterkingen, deelrapport 1: Veiligheid tegen overstromingen*. 1993.
- Waterloopkundig Laboratorium\WL, Bouwdienst Rijkswaterstaat en Dienst Weg en Waterbouwkunde Rijkswaterstaat, 1994. *Onderzoek Watersnood Maas, Deelrapport 9, Schademodellering*. December 1994.
- Wit, A.J.W. de, Th.G.C. van der Heijden en H.A.M. Thunnissen, 1999. *Vervaardiging en nauwkeurigheid van het LGN3-grondgebruiksbestand*. SC-DLO. 1999.
- WLI Delft hydraulics, TNO Bouw en Bouwdienst Rijkswaterstaat, 1999. *Standaardmethode Schade- en Slachtofferbepaling, Definitiestudie*. Maart 1999.



### **Overige bronnen**

Bridgis BV; *CataloGIS*

[www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)

[www.ncgi.nl](http://www.ncgi.nl)

[www.geodan.nl](http://www.geodan.nl)

[www.bridgis.nl](http://www.bridgis.nl)

[www.tdn.nl](http://www.tdn.nl)

[www.esrinl.com](http://www.esrinl.com)

[www.wldelft.nl](http://www.wldelft.nl)



## **Bijlage A Definities en afkortingen**

### **Woordenlijst algemeen**

Nieuwwaarde	De aankoopwaarde van een object
Overstromingssscenario	De condities, waaronder een overstroming plaatsvindt.
Schade	Alle financiële en/of economische gevolgen van een overstroming.
Slachtoffers	Alle dodelijke slachtoffers als gevolg van verdrinking tijdens de overstroming.
Vervangingswaarde	Het bedrag benodigd om een object te vervangen door een vergelijkbaar object



## Bijlage B Bedrijven

In het bestand Dunn & Bradstreet wordt onderscheid gemaakt in de volgende typen bedrijven.

Omschrijving SIC-Code	SIC-Code	delfstofwinning	industrie	nutsbedrijven	Bouw	handel/horeca	transport en communicatie	banken en verzekeringswezen	zorg, overige	overheid
Teelt	100-900									
Winning	1000-1400	X								
Aanneming	1500-1700				X					
Fabricatie	2000-3900		X							
Transport Communicatie	4000-4800						X			
Energie	4900			X						
Groothandel en Kleinhandel	5000-5900					X				
Banken en verzekeringen	6000-6400							X		
Vastgoed	6500-6600							X		
Holdings	6700							X		
Hotels, pensions etc	7000					X				
Dienstverlening	7200-7400					X				
Herstellingsdiensten	7500-7600					X				
Film	7800					X				
Amusement	7900					X				
Zorg, overige	8000-8100								X	
Educatieve instellingen	8200									X
Sociale dienstverlening	8300									X
Musea	8400									X
Overige overheids- diensten	8500-9900									X

Kruistabel schadecategorieen en "D&B"-bestand



## Bijlage C Benodigde bestanden

Hieronder is een overzicht gegeven van de voor de toepassing van de Standaardmethode Schade en Slachtoffers benodigde bestanden. Per bestand is aangegeven waar het beschikbaar is.

<b>Bestand</b>	<b>Beschikbaar</b>
6 PPC bestand	Basispakket Geogegevens
CBS Bodemgebruik	Basispakket Geogegevens
Nationaal Wegen Bestand	Basispakket Geogegevens
NS-Spoor	Basispakket Geogegevens
Bridgis woontype	aankoop
Geo-Marktprofiel personen	aankoop
Dunn & Bradstreet bedrijven	aankoop
WIS	Basispakket Geogegevens





## Bijlage D Delphi implementatie van schadefuncties woningen

### Eengezinswoningen en boerderijen

```
//=====
Function BOERTIEN_inboedels (d,u,w,r,s,ukr: Double):double;
var p, rs, s1:Double;
begin
  if d <= 0 then
    rs := 0
  else if d>=5 then
    rs := 1
  else if u > 0.25*ukr then
    rs := 1
  else begin
    if (s<>0){storm} then p:= 0.8E-3 * power(d,1.8) * r else p:=0;
    if d<=1 then s1 := -0.470*sqr(d) + 0.940*d //0,1
    else if d<=2 then s1 := 0.030*d + 0.44 //1,2
    else if d<=4 then s1 := 0.005*sqr(d) + 0.135*d + 0.21 //2,4
    else s1 := -0.170*sqr(d) + 1.700*d - 3.25; //4,5
    rs := max(0,min(1,s1));
    rs := p*1+(1-p)*rs;
  end;
  result := max(0,min(1,rs));
end;
//=====
Function BOERTIEN_opstal(d,u,w,r,s,ukr: Double):double;
var p, rs, s1 :Double;
begin
  if d <= 0 then
    rs := 0
  else if d>=5 then
    rs := 1
  else if u > 0.25*ukr then
    rs := 1
  else begin
    if (s<>0){storm} then p:= 0.8E-3 * power(d,1.8) * r else p:=0;

    if d<2 then s1 := 0.005*sqr(d) + 0.045*d //0,2
    else if d<4 then s1 := 0.045*sqr(d) + 0.015*d - 0.1 //2,4
    else s1 := -0.32 *sqr(d) + 3.2 *d - 7; //4,5
    rs := max(0,min(1,s1));

    rs := p*1+(1-p)*rs;
  end;
  result := max(0,min(1,rs));
end;
//=====
Function SSM_EengezinswoningenEnBoerderijen (d,u,w,r,s,ukr : Double):double;stdcall;
var f:double;
```

```

begin
//Boertien_woningen + Boertien_inboedels
f:=215500/315500;
result:=f*Boertien_opstal(d,u,w,r,s,ukr) +(1-f)*Boertien_inboedels(d,u,w,r,s,ukr);
end;
//=====

```

## Laagbouwwoningen

```

//=====
begin
if d <= 0 then
alpha := 0
else if u > 0.25*ukr then
alpha := 1
else if s <> 0 {ja} then begin
P:=(0.8E-3 * power(d,1.8) * r)
else
P:= 0
begin
s1 := P+(1-P)*(1 - sqr(sqr((1 - max(0,min(d,6))/6)))));
alpha := max(0,min(1,s1));
End
End;
result:= alpha
end
//=====

```

## Middenbouwwoningen

```

//=====
begin
if d <= 0 then
alpha := 0
if (u>ukr) then
alpha := 1
else if s <> 0 {ja} then begin
P:=((0.8E-3 * power(d,1.8) * r > 0.5)
else
P:=0
begin
s1 := P+(1-P)*(1 - sqr(sqr((1 - max(0,min(d,12)/12)))));
alpha := max(0,min(1,s1));
End
End;
result:= alpha
end
//=====

```

## Hoogbouwwoningen

```
//=====
begin
  if d <= 0 then
     $\alpha := 0$ 
  else if u > ukr then
     $\alpha := 1$ 
  else if s <> 0 {ja} then begin
     $P := (0.4E-3 * \text{power}(d, 1.8) * r)$ 
  else
     $P := 0$ 
  begin
     $s1 := P + (1 - P) * (1 - \text{sqr}(\text{sqr}((1 - \text{max}(0, \text{min}(d, 18))/18))))$ ;
     $\alpha := \text{max}(0, \text{min}(1, s1))$ 
  End
End;
result:= $\alpha$ ;
end
//=====
```



## Bijlage E Delphi implementatie van slachtofferfunctie

//=====

De functies zijn geïmplementeerd in de DLL van HIS-SSM versie 2.1 (SSMFUNC.dll) als toevoeging op de reeds bestaande slachtofferfunctie.

De codering van de functies in de DLL is als volgt:

```
Function SSM_Slachtoffers_DWW2004(d,u,w,r,s,ukr: Double):double;
{d = waterdiepte
u = stroomsnelheid
w = stijgsnelheid}
var
  rs :double;
begin
  If ((d * u) >= 7) And (u >= 2) Then
    rs := 1
  Else If (w < 0.5) And (d > 0) Then
    begin
      rs := 1.34E-3*EXP(0.59*d);
      rs :=min(max(rs,0),1);
    end
  Else If (w >= 0.5) And (d > 0) And (d < 1.5) Then
    begin
      rs := 1.34E-3*EXP(0.59*d);
      rs :=min(max(rs,0),1);
    end
  Else If (w >= 0.5) And (d >= 1.5) And (d <= 4.7) Then
    begin
      rs := 1.45E-3*EXP(1.39*d);
      rs :=min(max(rs,0),1);
    end
  Else If (w >= 0.5) And (d > 4.7) Then
    rs := 1
  Else
    rs := 0;
  result := rs;
end;
```

Als aanvulling op de gepubliceerde slachtofferfunctie is de slachtofferfactor begrensd tot het domein [0,1] door toevoeging van extra code.

//=====



## **Bijlage F Onzekerheid in de bepaling van de overstromingsschade**

Deze bijlage bevat een uitgebreide nederlandse samenvatting van het onderzoek van Regina Egorova 'Uncertainty in flood damage estimation' [Egorova, 2004].

### ***Samenvatting – 'Uncertainty in flood damage estimation'***

Ieder jaar veroorzaken overstromingen over de gehele wereld grote schade. Projecten worden uitgevoerd bedoeld om de veiligheid tegen overstromen langs de grote rivieren te vergroten en de kans op en de gevolgen van een overstroming te verkleinen. Onderzoeken worden uitgevoerd om de huidige operationele methoden voor het ontwerp van hoogwaterkeringen en de schatting van overstromingsrisico's te verbeteren. Ondanks de inspanningen om overstromingen met de bijbehorende gevolgen beter te voorspellen en te voorkomen, bestaat absolute veiligheid tegen overstromingen door hoogwater niet.

In het onderzoeksproject "De Veiligheid van Nederland in Kaart" (VNK) wordt voor een aantal dijkkringgebieden in Nederland onderzoek uitgevoerd naar de kansen op en de gevolgen van een overstroming. Het voorliggende onderzoek is onderdeel van het project VNK en gaat in op de gevolgen van een overstroming en de bijbehorende onzekerheden.

De gevolgen van een overstroming (in dit geval schade en slachtoffers) kunnen worden bepaald met behulp van de Schade en Slachtoffermodule van het Hoogwater Informatie Systeem (HIS-SSM). De verwachtingswaarde van de schade wordt bepaald met de methode en gegevens die in HIS-SSM geïmplementeerd zijn. Deze methode, de zogenaamde Standaardmethode Schade en Slachtoffers, is een deterministische methode voor het bepalen van de gevolgen (schade en slachtoffers) van overstromingen waarbij de onzekerheden niet expliciet worden meegenomen. De Standaardmethode is gebaseerd op nationale statistische databases, hydraulische informatie en schadefuncties (die een functie zijn van de waterdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid). Deze schadefuncties met bijbehorende maximale schadebedragen zijn gebaseerd op inschattingen van experts en op beschikbare (statistische) informatie.

### **Doelstelling**

Het doel van de studie is het kwantificeren van de onzekerheid in de overstromingsschade, gegeven een overstromingsscenario.

In deze rapportage is een methode ontwikkeld voor het bepalen van de onzekerheid in de overstromingsschade, waarna de methode is toegepast voor één dijkkringgebied. De methode sluit aan bij de huidige versie van de Standaardmethode (versie 2.0). De aanpak is gebaseerd op dezelfde principes (ruimtelijke verdeling) als de HIS-SSM. De onzekerheid is gepresenteerd in termen van kansverdelingen.

### **Standaardmethode Schade en Slachtoffers**

De Standaardmethode Schade en Slachtoffers bestaat uit alle stappen die doorlopen worden om van een dijkkringgebied met bijbehorende overstromingskans het overstromingsrisico te bepalen. Per overstromingsscenario volgt uit de schade en slachtofferberekeningen de totale schade en het aantal slachtoffers in een dijkkringgebied. Voor de monetaire schade wordt onderscheid gemaakt in

directe overstromingsschade, directe schade ten gevolge van bedrijfsuitval en indirecte schade in het gebied zelf ten gevolge van overstroming.

De overstromingsschade wordt voor diverse typen grondgebruik, zgn. schadecategorieën, berekend, zoals bijvoorbeeld landbouw, woningen, voertuigen, infrastructuur etc. Deze schadecategorieën hebben eenheden in de vorm van het aantal m<sup>2</sup>, objecten, meters of arbeidsplaatsen.

De schade wordt in de methode berekend met behulp van de volgende formule:

$$S = \sum_i^m S_i \sum_j^n \alpha_{ij} n_{ij}$$

met  $\alpha_{ij}$  = schadefactor schadecategorie i in cel j  
 $n_{ij}$  = aantal eenheden in schadecategorie i in cel j  
 $S_i$  = maximale schade per eenheid in schadecategorie i  
 $n$  = aantal gridcellen  
 $m$  = aantal schadecategorieën

De schadefactor wordt afgeleid van een schadefunctie. Per schadecategorie is een schadefunctie gedefinieerd. De schadefactor is gedefinieerd als de fractie van de maximaal mogelijke schade als functie van de hydraulische condities, zoals overstromingsdiepte en stroomsnelheid. De maximale schadebedragen per categorie opgenomen in de Standaardmethode zijn gebaseerd op een studie van het Nederlands Economisch Instituut (NEI).

De totale schade in een dijkkringgebied is de som van de directe overstromingsschade, directe schade door bedrijfsuitval en indirecte schade in alle voorkomende categorieën.

### **Aanpak en resultaten**

Het ontwikkelen van een methode voor het bepalen van de onzekerheid in de overstromingsschade (de onzekerheidsverdeling) is beperkt tot de onzekerheidsbronnen die naar verwachting het meest bijdragen aan de totale onzekerheid. Er vanuit gaande dat het overstromingsscenario gegeven is, zijn dat de volgende bronnen van onzekerheid:

- de onzekerheid in de maximale schade
- de onzekerheid in de schadefunctie

In eerste instantie is door literatuuronderzoek inzicht verkregen in methoden voor het bepalen van de onzekerheid bij de bepaling van de overstromingsschade. Vervolgens is een methode ontwikkeld om de onzekerheidsverdeling van de overstromingsschade te kunnen bepalen. Hierna is de methode toegepast op een casestudie, te weten dijkkring 14 – Centraal Holland. Er is gekozen voor deze dijkkring vanwege de grootste bevolkingsdichtheid en de hoogste economische waarde.

De gevolgde aanpak bestaat uit de volgende vier stappen:

1. Modelleren van de onzekerheid in het maximale schadebedrag
2. Modelleren van de onzekerheid in de schadefunctie
3. Modelleren van de ruimtelijke afhankelijkheid van de schade
4. Uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse

#### **1. Modelleren van de onzekerheid in het maximale schadebedrag**



Met de maximale schade, ook wel maximaal schadebedrag genoemd, wordt bedoeld de maximaal mogelijk schade per eenheid object (bijvoorbeeld huis, deel van een weg). Om de onzekerheid in het maximale schadebedrag te modelleren is gebruik gemaakt van het rapport van het NEI waarin de schadebedragen worden onderbouwd. In deze rapportage is naast het gemiddelde verwachte maximale schadebedrag voor de verschillende categorieën per eenheid ook een ondergrens (5de percentiel) en bovengrens (95ste percentiel) gegeven. Het 5de en 95ste percentiel hebben respectievelijk een onderschrijdingskans van 5% en een overschrijdingskans van 5%.

Om de onzekerheid te representeren is een bepaalde kansverdeling gekozen en de parameters van de verdeling geschat. Verschillende kansverdelingen zijn geanalyseerd (gammaverdeling, gegeneraliseerde gammaverdeling, driehoeksverdeling en betaverdeling). Om de onzekerheid in het maximale schadebedrag te beschrijven is gekozen voor de best fittende verdeling, te weten de driehoeksverdeling, gegeven de percentielen en de verwachte waarde.

## **2. Modelleren van de onzekerheid in de schadefunctie**

De schadefunctie geeft de relatie weer tussen de schade en de hydraulische kenmerken van een overstroming (waterdiepte, stroomsnelheid) als een fractie van het maximale schadebedrag per categorie.

Om de onzekerheid in de schadefunctie te representeren is gebruik gemaakt van de betaverdeling. De reden hiervoor is dat de betaverdeling speciaal geschikt is voor het representeren van onzekerheid in variabelen die groter dan 0 en kleiner dan 1 zijn (zoals fracties en kansen). Voor de gekozen betaverdeling geldt dat de verwachting gelijk is aan de uitkomst van HIS-SSM en de variantie evenredig is met een bepaalde coëfficiënt. Hoe groter deze coëfficiënt, des te groter de onzekerheid in de schadefunctie. De gekozen beta bij de kansverdeling hangt af van deze coëfficiënt en heeft een waarde tussen 0 en 1.

## **3. Modelleren van de ruimtelijke afhankelijkheid van de schade**

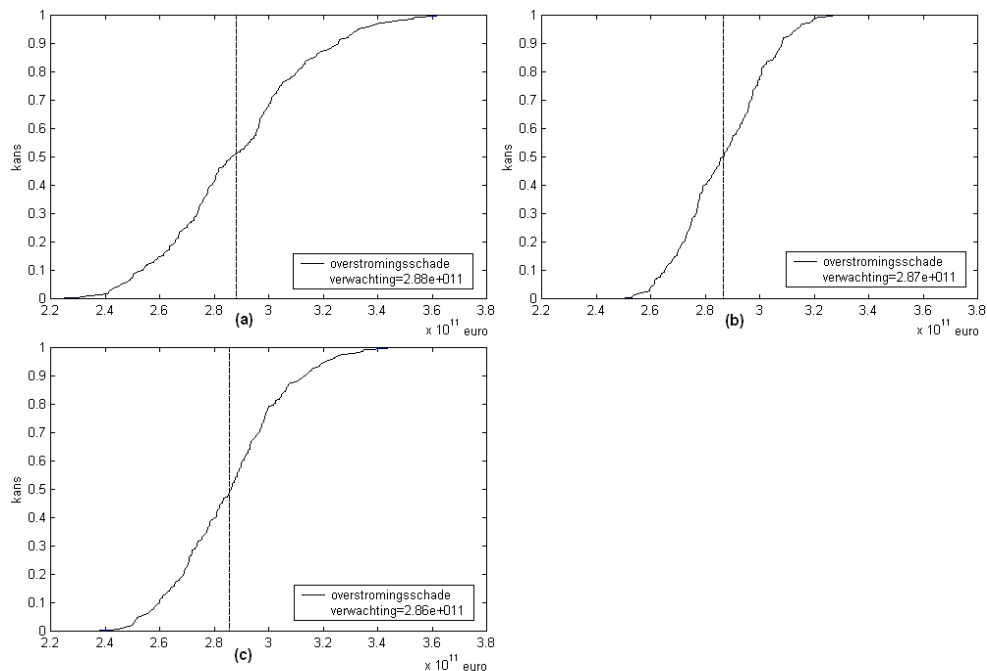
Voor het bepalen van de totale schade voor een gebied worden in de Standaardmethode de schadebedragen voor de verschillende cellen per categorie gesommeerd. In HIS-SSM wordt de schade als gevolg van een overstroming bepaald per cel (100 meter\*100 meter). In de voorgaande stappen zijn twee bronnen van onzekerheid gemodelleerd: het maximale schadebedrag met de driehoeksverdeling en de schadefunctie met de betaverdeling. Het maximale schadebedrag verschilt niet per cel en is alleen afhankelijk van de schadecategorie. De schadefunctie daarentegen varieert voor iedere categorie per cel. Om nu de schadebedragen inclusief de onzekerheid per cel te sommeren voor een dijkkringgebied dient bekend te zijn in welke mate de schadefuncties voor de verschillende cellen ruimtelijke afhankelijk zijn.

Hiervoor zijn drie verschillende modellen doorgerekend. Deze modellen onderscheiden zich door het verschil in benadering van de afhankelijkheid tussen de schade in de gridcellen. Het eerste model gaat uit van volledige ruimtelijke afhankelijkheid van de schadefuncties in de cellen in het overstromde gebied. Het tweede model gaat uit van onafhankelijkheid tussen de schadefuncties in de cellen in het overstromde gebied. Het derde model is gebaseerd op een indeling van waterdieptes in verschillende klassen en volledige afhankelijkheid tussen de cellen binnen een klasse en volledige onafhankelijkheid van de cellen tussen de verschillende klassen.

Een vergelijking van de drie afhankelijkheidsmodellen is gemaakt. Hiervoor is de ontwikkelde methode, voor het verkrijgen van de kansverdeling van de overstromingsschade, in MATLAB geprogrammeerd en toegepast op dijkkring 14, Zuid-Holland. Monte-Carlo-simulatie is toegepast, met slechts 250 trekkingen vanwege de rekenduur, voor het modelleren van de onzekerheid van

de maximale schades en de schadefuncties. Het resultaat is uitgedrukt in een kansverdeling van de schade als gevolg van een overstroming. Hierbij is onderscheid gemaakt in drie overstromingsscenario's: een waterstand van 2m+NAP, 0m+NAP, 2m-NAP.

De drie modellen (volledige afhankelijkheid, onafhankelijkheid en gedeeltelijke afhankelijkheid) laten eenzelfde tendens zien in de kansverdeling van de overstromingsschade. Toch is er een verschil in de grootte van de spreiding van de mogelijke schadebedragen, of wel in de betrouwbaarheid. Dit effect is weergegeven in onderstaande figuren (a, b, c). Hierin zijn de resultaten weergegeven voor de toepassing van de drie afhankelijkheidsmodellen voor de schatting van de schade als gevolg van een overstroming met een waterstand van 2m+NAP. De berekening van dit overstromingsscenario met HIS-SSM voor dijkkring 14 geeft een totale schade van € 283 miljard. Figuur (a) geeft de kansverdeling weer van de overstromingsschade in dijkkring 14 berekend met de aanname van volledige afhankelijkheid. In figuur (b) is de kansverdeling weergegeven van de overstromingsschade in dijkkring 14 uitgaande van onafhankelijkheid. De resultaten met het derde model, waarin de schadebedragen per cel compleet afhankelijk zijn voor onafhankelijke waterdiepte-klassen, is weergegeven in figuur (c). De figuren laten zien dat het model met volledige afhankelijkheid resulteert in de grootste spreiding van de totale schadebedragen. Het model met onafhankelijkheid heeft de kleinste spreiding. De reden waarom de onzekerheid bij volledige afhankelijkheid groter is dan bij onafhankelijkheid is als volgt: bij volledige afhankelijkheid geldt dat een extreem grote schade in de ene gridcel ook gepaard gaat met een extreem grote schade in een andere gridcel. Bij onafhankelijkheid wisselen grote en lage schades elkaar echter af en wordt de onzekerheid zodoende meer "uitgemiddeld". Daarnaast laten de figuren zien dat de afwijking van de verwachte waarde ten opzichte van de schade bepaald met HIS-SSM nog geen 2% is. Dit wordt met name veroorzaakt door statistische fluctuaties ten gevolge van de Monte-Carlo-methode.



De resultaten voor de drie overstromingsscenario's zijn weergegeven in onderstaande tabel. De tabel geeft per combinatie van overstromingsscenario en onzekerheidsmodel de verwachte schade, het 5e en 95ste percentiel, de standaarddeviatie en de variatiecoëfficiënt. De variatiecoëfficiënt is gedefinieerd als de ratio van de standaarddeviatie en de verwachting.

Waterstand (scenario)	Schade HIS (miljard €)	Model*	Schade (miljard €)			Standaarddev. (miljard €)	Variatie- coëfficiënt
			verwachting	5%	95%		
2 m+NAP	283	1	288	245	333	26.6	0.092
		2	287	261	313	16.3	0.057
		3	286	252	321	20.1	0.070
0 m NAP	141	1	152	127	181	16.1	0.105
		2	151	137	166	8.8	0.058
		3	146	128	167	12.2	0.084
2 m-NAP	57	1	61	46	78	9.9	0.163
		2	61	55	66	3.3	0.055
		3	61	52	71	5.9	0.097

\*model 1 = volledige afhankelijkheid, model 2 = onafhankelijkheid, model 3 = gedeeltelijke afhankelijkheid

De tabel laat zien dat voor alle modellen het derde scenario (2m-NAP) een grotere spreiding heeft, in vergelijking met de andere twee overstromingsscenario's. Deze grotere spreiding kan worden verklaard door de gekozen kansverdeling van de schadefuncties. Hierbij is aangenomen dat de onzekerheid laag is voor grote en kleine waterdiepten en dat de onzekerheid groot is voor gemiddelde waterdiepten (tussen 1 en 4 meter). Bij het gekozen overstromingsscenario met een waterstand van 2m-NAP hoort een waterdiepte van 1 tot 4 meter.

#### 4. Uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse

In de eerste gevoeligheidsanalyse is de invloed van de twee bronnen van onzekerheid op de schadeschatting onderzocht. Hiervoor is de kansverdeling van de totale schade voor de volgende twee situaties bepaald:

- a. de schadefunctie is gegeven en de enige bron van onzekerheid is het maximale schadebedrag
- b. het maximale schadebedrag is gegeven en de enige bron van onzekerheid is de schadefunctie

Op basis van de verkregen kansverdelingen is geconcludeerd dat voor het model met onafhankelijkheid de onzekerheid in de schadefunctie geen effect heeft op de kansverdeling van het totale schadebedrag. De onzekerheid wordt met name bepaald door het maximale schadebedrag.

Een tweede gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd waarin de invloed van de mate van onzekerheid in de schadefunctie op het totale schadebedrag is onderzocht. In het ontwikkelde model in deze studie is het aan de gebruiker overgelaten om aan te geven hoe onzeker de schadefunctie is door een bepaalde coëfficiënt te specificeren. In de gevoeligheidsanalyse zijn verschillende waarden voor deze coëfficiënt ingevuld. Hieruit volgt dat de keuze voor de coëfficiënt in belangrijke mate de kansverdeling van de overstromingsschade beïnvloedt.

Een derde gevoeligheid die is onderzocht is het effect op de kansverdeling van de schade indien de maximale schadebedragen ruimtelijk afhankelijk zijn voor alle schadecategorieën in plaats van onafhankelijk. Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat in het geval zowel het maximale schadebedrag als de schadefunctie onzeker zijn (model met volledige afhankelijkheid en model

met gedeeltelijke afhankelijkheid) de verschillen met het oorspronkelijke model, waarin de maximale schadebedragen onafhankelijk zijn, niet groot zijn. Voor het model met onafhankelijke schadefuncties is wel duidelijk een verschil te zien. Dit kan als volgt worden verklaard: de onzekerheid van de schadefunctie heeft geen grote invloed waardoor de kansverdeling van de totale schade met name wordt bepaald door de onzekerheid in de maximale schadebedrag.

### **Conclusies en aanbevelingen**

In deze rapportage is een methode ontwikkeld voor het schatten van de onzekerheid in de overstromingsschade waarbij de methode is toegepast voor één dijkkringgebied. Uitgegaan is van het maximale schadebedrag en de schadefunctie als belangrijkste bronnen van onzekerheid voor het bepalen van de schade als gevolg van een overstroming. De ontwikkelde methode sluit aan bij de huidige versie van de Standaardmethode. De onzekerheid is gepresenteerd in de vorm van kansverdelingen.

Een belangrijk aspect in de modellering van de kansverdeling van de schade is het modelleren van de ruimtelijke afhankelijkheid van de schade. Uit de analyse van de resultaten kan worden geconcludeerd dat de extremen voor het bepalen van de overstromingsschade met een zekere betrouwbaarheid worden gevormd door de modellen met volledige ruimtelijke afhankelijkheid en onafhankelijkheid. Het model met ruimtelijke onafhankelijkheid van de cellen geeft een te betrouwbare schatting (een kleine spreiding) van de overstromingsschade en houdt onvoldoende rekening met de onzekerheid in de schadefuncties. Volledige ruimtelijke afhankelijkheid resulteert in een grote spreiding en een benadering die aan de "veilige kant" zit. Aanbevolen is dan ook om uit te gaan van het model waarin de schadebedragen per cel volledig afhankelijk zijn voor onafhankelijke waterdiepte-klassen, omdat deze meer realistische resultaten geeft.

De modellen geven een relatief kleine onzekerheid in de totale schade. De afwijking van het 5de en 95ste percentiel van de verwachte waarde is gemiddeld 15-20%. De variatiecoëfficiënt is in de meeste gevallen ongeveer 10%. Dit kan worden verklaard door de kleine onzekerheid van het maximale schadebedrag per eenheid object per schadecategorie (NEI). Bijvoorbeeld, de schadecategorie gezinswoningen heeft de meeste invloed op de totale schade en heeft een variatiecoëfficiënt van ongeveer 15%. Deze onzekerheid is van dezelfde orde van grootte als de onzekerheid in de totale overstromingsschade.

Daarnaast worden de volgende aanbevelingen gedaan voor vervolg onderzoek:

- Aanbevolen wordt het aantal trekkingen te vergroten om de kansverdelingen van de totale schade nauwkeuriger te berekenen.
- Aanbevolen wordt meningen van experts te verkrijgen voor het verbeteren van de schattingen van de onzekerheid in de schadefuncties. Dit omdat in eerste instantie de onzekerheid is geschat door het projectteam en niet op basis van data.
- Aanbevolen wordt het huidige model te verbeteren door gebruik te maken van kennis van het regionale systeem en historische overstromingsdata.
- Aanbevolen wordt om meer aandacht te besteden aan het modelleren van ruimtelijke afhankelijkheid in de schade. De aanname van afhankelijkheid is in deze situatie zeker niet geschikt.